

53. MSKN

53. Międzynarodowe Seminarium Kół Naukowych w Olsztynie

„Interdyscyplinarny charakter
inteligentnych specjalizacji”

TOM 1

AKTUALNE PROBLEMY BADAWCZE NAUKI BIOMEDYCZNE I TECHNICZNE

nauki biologiczne | nauki o zdrowiu | nauki o żywności
 nauki rolnicze, leśne i ochrony środowiska | nauki weterynaryjne
 nauki zootechniczne i rybactwa

Organizatorzy:



Patronat honorowy:

Rektor Uniwersytetu Warmińskiego-Mazurskiego
dr. hab. Jerzy A. Przyborowski, prof. UWM
Wojewoda Warmińsko-Mazurski Radosław Król
Marszałek Województwa Warmińsko-Mazurskiego Marcin Kuchciński
Samorząd Studencki UWM

Patronat medialny:

Studenckie Koło Telewizyjne ZOOM UWM
Radio UWM FM
Wiadomości Uniwersyteckie

Sponsorzy i partnerzy:



AGROWIT

**Aktualne problemy badawcze.
Tom 1.
Nauki biomedyczne i techniczne**

Redakcja naukowa
mgr Magdalena Łada

Korekta i redakcja
Aleksandra Radziszewska
Jolanta Rżanek

Projekt okładki
Kaja Żabińska

© Copyright by Grupa Wydawnicza FNCE
© Copyright by texts Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Wydawnictwo Naukowe FNCE



**ISBN 978-83-68074-86-4
Poznań 2024**

SPIS TREŚCI

Wstęp	9
53. MSKN – Komitet organizacyjny	11
53. MSKN – recenzenci	13

SEKCJA NAUK O ZDROWIU

Żywnościowy aspekt niepłodności kobiet	17
Karolina Łukasiewicz, Paulina Prostko	
Aspekt dietetyczny w transplantacji nerki z uwzględnieniem stosowanej immunosupresji	27
Martyna Magalska	
Styl życia studentów Wydziału Nauk Ekonomicznych Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie.....	37
Zuzanna Skrzecz, Rafał Skoczeń	
Stan wiedzy wśród aktywnych zawodowo nauczycieli i nauczycielek szkół podstawowych oraz ponadpodstawowych w zakresie udzielania pierwszej pomocy przedmedycznej.....	47
Mateusz Sosnowy, Jakub Rydelin	
Badanie świadomości społecznej na temat niespecyficznych zaburzeń odżywiania	57
Agata Studenna	

SEKCJA NAUK MEDYCZNYCH

Wpływ niedoboru snu na wybrane aspekty funkcjonowania organizmu.....	78
Lilianna Jasińska	
Witamina D ₃ a czerniak skóry w badaniach próbujących rozstrzygnąć problemy zdrowia publicznego	89
Karolina Kaczmarczyk	
Papierosy elektroniczne w świetle medycyny opartej na dowodach naukowych ..	99
Emilia Lemkowska	

Zastosowanie Matrycy INTEGRA® DRT w leczeniu pourazowej rany uda u dziecka - opis przypadku i przegląd literatury..... 108
Oliwia Płonkowska, Maria Jarząbek

Torbiel Tarlova jako rzadka przyczyna bólu brzucha 117
Jovan Radičević, Łukasz Klepacki

Wykorzystanie sztucznej inteligencji w obszarach nowych odkryć produktów leczniczych 122
Anastasiia Shostak

SEKCJA NAUK BIOLOGICZNYCH

Mykologiczne zanieczyszczenia bakalii dostępnych w supermarketach 135
Urszula Grykin

Jak mikrobiota jelitowa wpływa na nasze zdrowie psychiczne?..... 144
Agata Niestępska

Czy grzyby zawsze mają aromat grzybowy? Przegląd związków chemicznych odpowiedzialnych za zapach grzybów 155
Aniela Szymanek

Nanokompozyty tlenku grafenu dekorowane nanocząstkami wybranych metali jako czynnik antybakteryjny 163
Cezary Wawryło, Sławomir Jaworski

Grzyby strzępkowe zanieczyszczające przyprawy – na przykładzie pieprzu czarnego 177
Dominika Ziplińska

SEKCJA NAUK O ŻYWNOŚCI

Opinie i postawy pracowników gastronomii wobec wykorzystania owadów jadalnych 187
Szymon Andrzejewski, Bartosz Gąsiniak

Ocena zachowań konsumentów związanych ze zrównoważonym rozwojem żywności – aspekty środowiskowe i społeczne w kontekście decyzji zakupowych 203
Amelia Czerwińska, Katarzyna Olszewska

Preferencje konsumentów w zakresie spożycia czekolady 224
Katarzyna Dołęgowska

Porównawcza ocena jakości wybranych owoców jagodowych świeżych i mrożonych.....	233
Dominika Gąska	
Wpływ sztucznej inteligencji na innowacje w branży spożywczej.....	241
Kinga Karwacka	
Sensoryczna ocena jakości wybranych dodatków do deserów.....	251
Tadeusz K. Lorkowski, Gabriela H. Grugel	
Możliwości wykorzystania w gastronomii owadów jadalnych w opinii konsumentów.....	266
Marta Popielarczyk, Kamila Żukowska	
Wpływ warunków stresowych na przeżywalność i wirulencję pałeczek <i>Listeria monocytogenes</i> izolowanych z żywności.....	280
Piotr Radomski	
Porównanie cech organoleptycznych i właściwości zdrowotnych chałw przygotowanych z różnych surowców bazowych.....	290
Kamila Żukowska	

SEKCJA NAUK ROLNICZYCH, LEŚNYCH I OCHRONY ŚRODOWISKA

Entomofauna szkodliwa uprawy rzepaku ozimego.....	302
Przemysław Białokórski	

SEKCJA NAUK WETERYNARYJNYCH

Występowanie pierwotniaków z rodzaju <i>Eimeria</i> sp. w hodowli alpaka.....	317
Mateusz Adamczyk	
Ziarniniakowo-ropne zapalenie skóry i kości u kameleona jemeńskiego (<i>Chamaeleo calyptratus</i>) wywołane infekcją grzybiczą.....	325
Marta Durska	
Czy uraz mechaniczny siekaczy mlecznych może wykluczyć z rozrodu?.....	337
Magdalena Filianowicz	
Mało poznane schorzenie u koni – Shivering Syndrome.....	345
Maria Jarząbek, Katarzyna Panek	
Ocena skuteczności preparatu Exzolt (fluralaner) w zwalczaniu <i>Dermanyssus gallinae</i> w przemysłowym kurniku kur niosek.....	357
Laura Kiełńska	

Aplikacja jako narzędzie ułatwiające ocenę bólu u klaczy po porodzie oraz analiza użyteczności skali bólowej w pracy lekarza weterynarii, zootechnika i hodowcy zwierząt	365
Karolina Krajutowicz	
Badanie morfometryczne jelit kurcząt brojlerów otrzymujących białko pochodzące od larw muchy czarnej (<i>Hermetia illucens</i> L.)	377
Adrianna Michniewicz	
Leczenie ropomacicza u suk: porównanie dostępnych protokołów leczenia	386
Gabriela Panek, Wiktoria Najberg	
Zwierzęta studentów weterynarii – stan wiedzy parazytologicznej na podstawie badania ankietowego	398
Rafał Pysiak	
Wpływ ekspozycji zarodków danio pręgowanego (<i>Danio rerio</i>) na etanol na wczesnym etapie rozwoju na ich dalszy rozwój i behavior	411
Małgorzata Rasińska	
Wykorzystanie badania ultrasonograficznego w wykrywaniu osadów mineralnych w pęcherzu moczowym krów mlecznych	417
Katarzyna Różańska, Nikola Durkowska	
Wieloogniskowe ziarniniakowe zapalenie spojówki przypominające guzkowe zapalenie nadtwardówki u psa – opis przypadku	423
Aleksandra Sypniewska	
Analiza objawów neurologicznych u psów z niedoczynnością tarczycy	432
Antonina Wróbel, Marta Krzemińska	

SEKCJA NAUK ZOOTECHNICZNYCH I RYBACTWA

Profilowanie białek plemników najądrzowych psa (<i>Canis lupus familiaris</i>) w grupach o dobrej i słabej ruchliwości	445
Maja Kamińska, Marzena Mogielnicka-Brzozowska	

SEKCJA NAUK TECHNICZNYCH I MATEMATYCZNYCH

Mikrouslugi i Kafka jako nowoczesne aplikacje komercyjne	461
Iwo Stanisławski, Mateusz Zwierzyński	

WSTĘP

Szanowni Państwo,

Mam zaszczyt oddać w Państwa ręce monografię, będącą zbiorem artykułów przygotowanych przez Uczestników 53. Międzynarodowego Seminarium Kół Naukowych „Interdyscyplinarny charakter Inteligentnych specjalizacji”, które odbyło się na Uniwersytecie Warmińsko-Mazurskim w Olsztynie w dniach 27-28 maja 2024 r. Tomy niniejszej publikacji zawierają najlepsze prace z zakresu nauk medycznych, o zdrowiu i o żywności, weterynaryjnych i zootechnicznych, biologicznych, humanistycznych i społecznych, ekonomicznych, polityczno-prawnych oraz rolniczych, leśnych i ochrony środowiska. Autorami tych prac są Studenci i Doktoranci uczestniczący w 53. MSKN.

Organizatorem 53. Międzynarodowego Seminarium Kół Naukowych było Studenckie Koło Naukowe Zarządzania Zasobami Ludzkimi Creative z Wydziału Nauk Ekonomicznych UWM w Olsztynie pod opieką mgr Magdaleny Łady, zaś organizatorem wspomagającym było Studenckie Koło Naukowe Mykologów z Wydziału Biologii i Biotechnologii pod opieką dr hab. Anny Biedunkiewicz.

W tegorocznej edycji projektu wzięło udział 221 studentów i doktorantów z uczelni wyższych w Polsce. Obrady odbywały się w 12. sekcjach tematycznych obejmujących swoim zakresem niemal wszystkie dyscypliny naukowe UWM w Olsztynie.

Serdeczne podziękowania kieruję do osób zaangażowanych w organizację tego wydarzenia, w tym nauczycieli akademickich UWM w Olsztynie, którzy pomagali w realizacji konferencji, wszystkich Koordynatorów sekcji, Członków komisji, Recenzentów nadesłanych prac, Pełnomocników Dziekanów ds. Kół Naukowych oraz Kół Naukowych.

Szczególne podziękowania składam Prorektorowi ds. Studenckich dr hab. Sławomirowi Przybylińskiemu, prof. UWM oraz Pełnomocnikowi Rektora ds. Kół Naukowych prof. dr. hab. inż. Adamowi Okorskiemu, prof. UWM za życzliwość i zaangażowanie.

Dziękuję wszystkim uczestnikom 53. MSKN, którzy wytrwale pracowali naukowo. Mam nadzieję, że monografia, którą Państwu przekazuję, będzie ciekawą i inspirującą lekturą.

mgr Magdalena Łada

Przewodnicząca Komitetu Organizacyjnego
53. Międzynarodowego Seminarium Kół Naukowych

53. MSKN – KOMITET ORGANIZACYJNY

Główny koordynator seminarium – mgr Magdalena Łada

Organizator Seminarium – Studenckie Koło Zarządzania Zasobami Ludzkimi Creative

Współorganizator Seminarium – Studenckie Koło Naukowe Mykologów

Koło Aktywizacji i Wspierania Animatorów KAWA: dr Izabela Szatrawska

Koło Biologii Medycznej „Exon”: prof. dr hab. Nina Smolińska

Koło Naukowe Miłośników Roślin Ozdobnych: dr inż. Beata Płoszaj-Witkowska

Koło Naukowe Parazytologii „VERMIS”: dr Katarzyna Kubiak

Koło Naukowe Zarządzania Środowiskowego „PROSPERO”: dr inż. Wojciech Truszkowski

Naukowe Koło Biotechnologów: dr Agata Żmijewska

Naukowe Koło Hodowców Trzody Chlewnej: dr inż. Dorota Bugnacka

Naukowe Koło Młodych Konstruktorów: dr inż. Paweł Pietkiewicz

Sekcja nauk medycznych: dr n. med. Katarzyna Jezierska-Woźniak, dr Emilia Sinderewicz

Studenckie Koło Naukowe „Rozród Koni”: dr hab. Anna Rapacz-Leonard

Studenckie Koło Naukowe Higieny Żywności i Toksykologii: dr inż. Magdalena Polak-Śliwińska

Studenckie Koło Naukowe Technologów Przetwórstwa Surowców Roślinnych: dr hab. inż. Małgorzata Tańska, prof. UWM

Studenckie Koło Naukowe Towaroznawczej Oceny Sensorycznej: dr inż. Anna Gątorska

Studenckie Koło Naukowe Ustrojów Politycznych „CASUS”: dr Dobrochna Ossowska-Salamonowicz, dr Monika Giżyńska

Studenckie Koło Telewizyjne ZOOM: dr Magdalena Golińska-Konecko

Studenckie Koło Zarządzania Zasobami Ludzkimi Creative: dr hab. inż. Mirosława Witkowska-Dąbrowska prof. UWM, mgr Magdalena Łada

Studenckie Koło Naukowe Mykologów: dr hab. Anna Biedunkiewicz

53. MSKN – RECENZENCI

Sekcja nauk rolniczych, leśnych i ochrony środowiska

prof. dr hab. Bożena Kordan
dr hab. Agnieszka Kosewska, prof. UWM

Sekcja nauk społecznych i pedagogiki

dr Iwona Staszkiwicz-Grabarczyk
dr Małgorzata Stańczak
dr hab. Krzysztof Szatravski, prof. UWM
dr hab. Małgorzata Ciczowska-Giedziun,
prof. UWM,
dr Lidia Domańska
dr Martyna Kotyśko
dr Izabela Szatravska
dr Agata Fijałkowska-Mroczek

Sekcja nauk polityczno-prawnych

mgr Marek Gmerski
dr Dobrochna Ossowska-Salamonowicz
dr Monika Giżyńska
dr Radosław Fordoński
dr hab Magdalena Rzewuska
dr Krystyna Ziółkowska
dr Bogna Przybyszewska Szter
dr Robert Dziembowski
dr Andrzej Gawliński
dr Arkadiusz Tomczyk
dr Monika Ziniewicz

Sekcja nauk o żywności

dr hab. inż. Małgorzata Tańska, prof.
UWM

dr n. wet. inż. Magdalena Polak-Śliwińska
dr inż. Anna Gątorska
dr inż. Lucyna Kłębukowska
dr inż. Beata Paszczyk
dr inż. Joanna Ciborska
dr inż. Joanna Łuczyńska
dr inż. Elżbieta Haponiuk
dr inż. Justyna Bojarska
dr inż. Natalia Żak
dr hab. inż. Marzena Danowska-Oziewicz,
prof. UWM
dr inż. Marta Czarnowska-Kujawska

Sekcja nauk biologicznych

dr Kamil Dobrzyń
dr Łukasz Pauksztó
dr Aleksandra Kurzyńska
dr hab. Anna Biedunkiewicz
dr Barbara Strojny-Cieślak

Sekcja nauk ekonomicznych

dr hab. Małgorzata Juchniewicz, prof.
UWM
dr hab. inż. Mirosława Witkowska-Dą-
browska prof. UWM
dr inż. Katarzyna Chrobocińska
dr Kamil Kotliński
dr Agnieszka Napiórkowska-Baryła
dr inż. Zbigniew Nasalski
dr Wioletta Wierzbicka
dr Karol Wojtowicz

Sekcja nauk weterynaryjnych

prof. dr hab. Andrzej Rychlik
dr Remigiusz Gałęcki
dr hab., prof. UWM Zenon Pidsudko
dr Joanna Pajdak-Czaus
dr hab., prof. UWM Michał Załęcki
dr hab. Krystyna Makowska

Sekcja nauk medycznych

dr n med. Katarzyna Jezierska-Woźniak
dr inż. Emilia Sinderewicz
mgr inż. Joanna Staszkiwicz-Chodor

Sekcja nauk humanistycznych

dr hab. Renata Makarewicz, prof. UWM
dr Magdalena Żmijkowska
dr Marta Cichy

dr Magdalena Golińska-Konecko
dr Grzegorz Kała
dr Czesław Kiński
dr Dominika Kotuła

**Sekcja nauk zootechnicznych
i rybactwa**

dr hab. Marek Lecewicz, prof. UWM
dr hab. inż. Marzena Mogielnicka-Brzo-
zowska, prof. UWM

Sekcja nauk o zdrowiu

dr Katarzyna Kubiak
dr hab. Ewa Kupcewicz, prof. UWM
dr Hanna Szymańska
dr Małgorzata Kuśmierczyk

SEKCJA NAUK O ZDROWIU

Karolina Łukasiewicz

Paulina Prostko

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Koło Naukowe Żywienia i Profilaktyki Żywieniowej

158149@student.uwm.edu.pl

Opiekun: dr inż. Joanna Ciborska

ŻYWIENIOWY ASPEKT NIEPŁODNOŚCI KOBIEC

Wstęp

Z raportu przedstawionego przez Światową Organizację Zdrowia (*World Health Organization*, WHO) w 2023 roku, dotyczącego niepłodności wynika, że 1 na 6 osób doświadcza niepłodności, co stanowi około 17% całej populacji. Podkreśla się, że niezbędne jest opracowanie skutecznej i niedrogiej metody leczenia oraz sposobów diagnozowania przyczyn niepłodności, dostępnej dla każdego, ze względu na porównywalny problem nie tylko w krajach wysokorozwiniętych, ale również w krajach o umiarkowanej zamożności i ubogich [23].

Przyczyny niepłodności wśród kobiet są złożone i różnorodne, mogą obejmować między innymi zarówno czynniki hormonalne, genetyczne, jak i te związane ze stylem życia [7, 5]. Ze względu na złożoność problemu, coraz częściej poszukuje się bardziej holistycznych metod, które wpłyną korzystnie na odsetek urodzeń. Zmiana sposobu odżywiania się jest naukowo udowodnionym sposobem na poprawę płodności kobiet, stosowanym zarówno samodzielnie, jak i wspomagająco przy farmakoterapii. Prawidłowa podaż witamin, składników mineralnych oraz makroelementów wpływa na płodność kobiecą między innymi poprzez zmniejszenie stanu zapalnego, wpływ na gospodarkę hormonalną oraz modulację mikrobioty jelitowej [10]. Zrozumienie roli, jaką dieta pełni w kontekście niepłodności, może przyczynić się do opracowania nowych metod prewencji i leczenia tego zaburzenia.

1. Etiologia i leczenie niepłodności

Niepłodność jest to niemożność zajścia w ciążę w ciągu 12 miesięcy przy regularnych stosunkach bez zabezpieczenia. Przyczyny niepłodności są wieloczynnikowe i mogą

obejmować zaburzenia owulacji, nieprawidłowości w obrębie macicy, niedrożność jajowodów i czynniki otrzewnowe [15].

O zaburzeniach owulacji mówimy wtedy, gdy cykle miesięczkowe są częstsze niż co 21 dni lub rzadsze niż co 35 dni. Do najczęstszych przyczyn zaburzeń owulacji zalicza się PCOS (zespół policystycznych jajników; *polycystic ovary syndrome*), otyłość, zaburzenia odżywiania, które mogą prowadzić do niepłodności bezowulacyjnej, choroby tarczycy czy zaburzenia w wydzielaniu prolaktyny. Nieprawidłowości, jakie można zauważyć w obrębie narządu rodnego, to: niedrożność jajowodów, endometrioza, zmniejszona rezerwa jajnikowa czy zaburzenia w obrębie macicy i szyjki macicy [7]. Do innych czynników, które negatywnie będą oddziaływać na kobiecą płodność zalicza się: wiek powyżej 35. roku życia, palenie papierosów, oddziaływanie stresu, stany zapalne, niektóre infekcje czy czynniki genetyczne [5].

Leczenie niepłodności u kobiet polega w pierwszej kolejności na szczegółowym wywiadzie, który obejmuje badanie fizykalne, biochemiczne oraz wywiad środowiskowy, a następnie poznaniu przyczyny niepłodności, w celu dobrania odpowiedniej metody leczenia. Przykładowo farmakoterapię zaleca się w sytuacji zaburzeń czynności jajników, natomiast w przypadku patologii jajowodów zalecany jest w miarę możliwości zabieg korygujący lub *in vitro* [27]. Jednym ze sposobów, który pozytywnie wpływa w rozwiązywaniu problemów z zajściem w ciążę, jest zmiana stylu życia, w tym diety i aktywności fizycznej [17].

2. Problem niepłodności wśród kobiet w Polsce i na świecie

Zaburzenia płodności stają się coraz częstszym problemem, z którym zmagają się osoby w wieku reprodukcyjnym. Określa się, że w Polsce niepłodność dotyczy od 1 miliona do 1,5 miliona par, które w znacznej mierze nie korzystają z opieki ginekologiczno-położniczej. Ze względu na brak aktualnych badań oraz danych odnośnie do niepłodności wśród Polaków sugeruje się, że odsetek osób zmagających się z tym problemem w Polsce jest zbliżony do średniej określonej przez Światową Organizację Zdrowia [16, 20].

Według globalnego raportu WHO „Szacunkowe dane dotyczące częstości występowania niepłodności w latach 1990–2021” możliwość wystąpienia niepłodności wśród dorosłych określa się na 17,5% w ciągu życia, a niepłodności okresowej na 12,6%, z czego różnice między państwami wysoko-, średnio- oraz niskorozwiniętymi są nieznaczące, co wskazuje na globalizację problemu. Podkreślono również brak pełnych i aktualnych danych odnośnie do niepłodności męskiej, co może utrudniać rozpoznanie problemu wśród par [23].

Niepłodność może być spowodowana wieloma czynnikami. Szacuje się, że około 35% przyczyn niepłodności związanych jest z aspektem kobiecym, natomiast u męż-

czyzn szacuje się je na około 30%. Wyróżnianie są również przypadki, gdy niepłodność dotyczy obojga partnerów bądź nie jest możliwe określenie przyczyny [16].

Kluczowymi czynnikami niepłodności wśród kobiet są zaburzenia o podłożu hormonalnym, ze szczególnym uwzględnieniem nieregularnej owulacji, która w największej liczbie przypadków związana jest z wystąpieniem zespołu policystycznych jajników (PCOS). Wskazuje się, że w 80% przypadków PCOS występują problemy z regularną owulacją [15]. Tak jak wspomniano wcześniej, należy również uwzględnić, że na płodność, poza aspektem klinicznym, mają wpływ czynniki związane ze stylem życia, takie jak: aktywność fizyczna, używki czy dieta [3, 15].

3. Wpływ sposobu odżywiania na płodność kobiet

3.1. Aspekty żywieniowe obniżające płodność

Nieprawidłowy sposób odżywiania może stanowić jeden z czynników predysponujących do zaburzeń płodności wśród kobiet [14, 33]. Badania wskazują, że tzw. „dieta zachodnia” może mieć znaczący wpływ na zwiększone ryzyko niepłodności. Stwierdzenie „dieta zachodnia” odnosi się do częstego spożywania produktów wysokoprzetworzonych bogatych w nasycone kwasy tłuszczowe, w tym tłuszcze trans oraz o dużej zawartości węglowodanów prostych, jednocześnie z niską częstotliwością spożycia warzyw, owoców, produktów pełnoziarnistych czy ryb [15, 16]. Ten model żywieniowy charakteryzuje się wysokim indeksem glikemicznym, zwiększoną energetycznością diety, a zmniejszonym spożyciem antyoksydantów, w tym witamin i składników mineralnych, co może skutkować wystąpieniem niedoborów w organizmie [14, 15, 24].

Dieta związana ze zmniejszonym spożyciem żywności zawierającej przeciwutlenia-cze może przyczynić się do zaburzeń owulacji. Badania sugerują, że nieodpowiednie spożycie witamin antyoksydacyjnych (A, C, E), witamin z grupy B (ze szczególnym uwzględnieniem kwasu foliowego oraz B₁₂) oraz witaminy D, ale również składników mineralnych, takich jak żelazo, jod, selen czy mangan, może negatywnie wpływać na gospodarkę hormonalną oraz możliwość zajścia w ciążę [15, 33].

Potencjalnymi czynnikami mogącymi zaburzać płodność kobiet, w szczególności owulacje, są alkohol i kofeina [15]. Badania nie są jednoznaczne w odniesieniu do alkoholu, podkreśla się zależność między spożywaną dawką a negatywnym wpływem na płodność [26]. Mimo braku konkretnych przeciwwskazań należy podkreślić, że alkohol negatywnie wpływa na cały organizm, co przyczynia się do pogorszenia stanu zdrowia [19]. Również brakuje badań dotyczących wpływu kofeiny na płodność, bez wpływu powinno być spożycie kofeiny w przypadku dziennej dawki na poziomie 200–300 mg, jednak należy podkreślić, że przekroczenie wyżej wymienionej ilości może wpływać negatywnie na proces owulacji [15, 16].

3.2. Modele żywieniowe wspomagające płodność

Model żywieniowy ma znaczący wpływ na organizm oraz różne mechanizmy w nim zachodzące [8]. Jednym z najpopularniejszych sposobów odżywiania jest dieta śródziemnomorska, która według badań wykazuje pozytywne oddziaływanie we wsparciu leczenia niepłodności. Model ten charakteryzuje się wysoką zawartością związków przeciwutleniających, wynikającą z dużej podaży warzyw, owoców oraz tłuszczów bogatych w wielonienasycone kwasy tłuszczowe, a dodatkowo cechuje się wysokim spożyciem błonnika, białka pochodzenia roślinnego oraz produktów o niskim indeksie glikemicznym [15, 19, 26]. Przeprowadzone badania kohortowe wskazują, że śródziemnomorski model żywieniowy pozwala zwiększyć szanse zajścia w ciążę za pomocą zapłodnienia *in vitro* [3, 8, 14].

Innym modelem żywieniowym, który został opracowany w celu wsparcia leczenia niepłodności, jest „dieta płodności”, która skupia się na spożyciu dobrej jakości tłuszczów, czyli ograniczeniu kwasów tłuszczowych trans na rzecz nienasyconych kwasów tłuszczowych, wprowadzeniu większej ilości białka roślinnego, zachowaniu niskiego indeksu glikemicznego, wysokiej podaży żelaza (głównie niehemowego, co ma związek również ze zwiększeniem ilości spożywanego białka roślinnego), ale również wysokotłuszczowych produktów mlecznych. Stosowanie tego modelu przyniosło poprawę płodności wśród chorych na zespół policystycznych jajników [15, 26].

3.3. Makroskładniki a niepłodność

Jednym z istotniejszych czynników mogących wpływać na zaburzenia owulacji występujące w niepłodności jest żywność o wysokim indeksie glikemicznym. Należy podkreślić, że duża ilość węglowodanów prostych w diecie przyczynia się do zakłócenia mechanizmów działania insuliny, która również wpływa na pracę gonad [15, 33]. Wyżej wymienione modele żywienia podkreślają stosowanie produktów pełnoziarnistych, które mają niższy indeks glikemiczny, a dodatkowo zwiększają podaż błonnika w diecie i mają charakter przeciwutleniający. Badania wskazują, że wprowadzenie do diety produktów pełnoziarnistych wspomogło pozytywną odpowiedź na leczenie niepłodności [3, 15].

Innym elementem diety, na który należy zwrócić szczególną uwagę, jest ilość i jakość spożywanych tłuszczów ze szczególnym uwzględnieniem rodzaju tłuszczu. Podkreśla się, że dieta bogata w nasycone kwasy tłuszczowe i kwasy tłuszczowe *trans* może znacząco zaburzać funkcjonowanie układu rozrodczego [3, 26]. Natomiast zauważa się, że spożycie jednonienasyconych kwasów tłuszczowych może poprawić płodność, co skutkuje możliwym skróceniem czasu starania się o ciążę. Należy podkreślić, że zarówno jedno- i wielonienasycone kwasy tłuszczowe mają charakter przeciwzapalny, który korzystnie wpływa na wspomaganie leczenia niepłodności [8, 15].

Białko pochodzenia zwierzęcego wraz z innymi czynnikami żywieniowymi może negatywnie wpływać na płodność poprzez zaburzenia owulacji czy zmniejszoną ilość pęcherzyków antralnych [3, 26]. Badania wskazują, że zmniejszenie podaży białka zwierzęcego o 5% na rzecz białka roślinnego stanowczo zmniejszyło ryzyko zaburzeń związanych z owulacją, co może wskazywać, że zwiększone spożycie produktów roślinnych korzystnie oddziałuje na różne mechanizmy w organizmie [19].

3.4. Ziołolecznictwo

Badania sugerują, że wśród kobiet rośnie zainteresowanie stosowaniem leków ziołowych jako alternatywy dla leczenia farmakologicznego. Powodem takiego stanu rzeczy mogą być wysokie koszty leczenia czy szerokie skutki uboczne stosowanych leków. Fitoterapia uważana jest za bezpieczny sposób leczenia niepłodności czy wspomagania płodności wśród kobiet, które coraz częściej sięgają po fitoestrogeny [2].

W doniesieniach naukowych ziołami najczęściej badanymi pod kątem poprawy płodności kobiet są: rumianek, niepokalanek pospolity, ashwagandha, koniczyzna czerwona, herbata chińska, palma daktylowa, cynamon, koper włoski, czarnuszka, lukrecja, żeń-szeń, czyściec. Badania skupiały się na różnych obszarach, w tym na leczeniu PCOS, braku miesiączki czy hiperandrogenizmu. Wykazano, że wszystkie te rośliny wykazują skuteczność w poprawie płodności poprzez różne mechanizmy działania [2, 4].

3.5. Suplementacja

Suplementacja z odpowiednio zbilansowaną dietą może pozytywnie wpływać na poprawę płodności wśród kobiet [33]. Stosowanie suplementacji zaleca się w przypadku potrzeby uzupełnienia występujących niedoborów w organizmie. Kluczowym składnikiem w okresie przygotowań do posiadania potomstwa jest stosowanie kwasu foliowego w celu zapewnienia odpowiedniego rozwoju cewy nerwowej u płodu. Należy podkreślić, że rynek suplementów nie jest uregulowany prawnie, co może wskazywać na brak skuteczności składników zawartych w suplementach [31].

Wskazuje się, że suplementacja, którą należałoby wprowadzić w przypadku kobiet w okresie rozrodczym, powinna obejmować kwas foliowy, witaminę D, selen, cynk, żelazo oraz jod, a parametry te powinny być kontrolowane za pomocą badań biochemicznych [33]. Witamina D znacząco wpływa na gospodarkę hormonalną organizmu, zwiększając również insulinowrażliwość tkanek, co korzystnie wpływa na płodność. Należy również podkreślić, że znaczna część osób ma jej niedobór, co dodatkowo wskazuje na potrzebę jej suplementacji [15, 26].

Innym składnikiem żywieniowym, który prawdopodobnie pozytywnie wpływa na proces rozrodczy, są kwasy tłuszczowe omega-3, co z kolei wynika z działania przeciwutleniającego oraz wspomagającego wzrost wrażliwości tkanek na insulinę. Dodatkowo

zauważono, że kwasy tłuszczowe omega-3 korzystnie oddziałują na stężenie hormonu luteinizującego oraz hormonu folikulotropowego, czyli kluczowych hormonów związanych z owulacją [15, 26].

W suplementacji związanej z poprawieniem płodności coraz większe znaczenie ma inozytol, który stosowany jest w formie izomerów, głównie mio-inozytolu [31]. Istotę jego stosowania podkreśla się poprzez wpływ na dwa kluczowe czynniki związane z poprawieniem płodności wśród kobiet. W głównym aspekcie izomery inozytolu uczestniczą w sygnalizacji procesów w osi podwzgórze – przysadka – gonady, wspomagając owulację oraz są istotne w mechanizmie działania insuliny, wspomagając wrażliwość tkanek na ten hormon, oba te procesy powodują coraz częstsze stosowanie tego suplementu [11, 31].

4. Mikrobiota oraz probiotykoterapia w wspomaganiu leczenia niepłodności

Mikrobiom człowieka jako ekosystem składa się z różnego rodzaju bakterii, grzybów archeonów czy pierwotniaków, naturalnie występujących zarówno w ciele człowieka, jak i na całej powierzchni skóry [1]. Dowiedziono, że mikrobiota człowieka poprzez przemianę różnego rodzaju substratów oraz ich metabolity wpływa na zdrowie człowieka [9]. Mikrobiota ma zdolność między innymi do produkcji witamin, trawienia niestrawnych dla organizmu resztek pokarmowych, może wpływać na stan skóry, jamy ustnej czy na odporność organizmu. Odpowiedzialne za to są głównie różnego rodzaju gatunki bakterii, które pozytywnie lub negatywnie będą oddziaływać na żywiciela w zależności od składu ilościowego oraz jakościowego mikrobioty [29].

4.1. Mikrobiota narządów rozrodczych

Jedną z funkcji, jaką mikrobiota pełni, jest wpływ na narządy rozrodcze oraz płodność. Badania wykazały, że mikroorganizmy obecne są nie tylko w pochwie, ale również w jajnikach, jajowodach i macicy, a w największej ilości spośród wszystkich bakterii występują z rodzaju *Lactobacillus*. Udowodniono, że bakterie te odpowiedzialne są za ochronę organizmu żywiciela przed zasiedlaniem bakterii chorobotwórczych, a ich niedobór powiązany jest z zapaleniami i nowotworami narządów rozrodczych czy endometriozą. U kobiet, które zmagają się z niepłodnością, wykryto natomiast zwiększone ilości *Ureaplasma* i *Gardnerella* [29]. Venneri i inni (2022) w swojej pracy podkreślają również, że dysbioza w mikrobiocie narządów płciowych kobiety charakteryzuje się oprócz zmniejszonej liczebności *Lactobacillus*, zwiększeniem ilości bakterii beztlenowych, takich jak *Prevotella*, *Mobiluncus*, *Mycoplasma* oraz wcześniej wspomnianych *Gardnerella* i *Ureaplasma* [30].

4.2. Mikrobiota jelitowa

Dla zdrowia narządów rozrodczych czy wydzielania hormonów, oprócz mikrobiomu pochwy, jajników, jajowodów czy macicy, równie ważny jest mikrobiom jelitowy. Dysbioza jelitowa będzie powodować upośledzone wchłanianie składników odżywczych, powodować ogólnoustrojowy stan zapalny, poprzez między innymi wzrost przepuszczalności jelit oraz wpływać na poziom hormonów płciowych. Wszystkie te czynniki mają wpływ na płodność kobiet. Co więcej, ilość bakterii *Lactobacillus*, licznie występujących w pochwie, zależna jest od ich ilości w jelitach. Zmiany w ilości poszczególnych mikroorganizmów zależne są od schorzenia, które wywołuje niepłodność. W przypadku PCOS obserwuje się zwiększony udział *Escherichia*, *Shigella* oraz *Bacteroidetes*, natomiast w endometriozie wykazano zaburzony stosunek *Firmicutes/Bacteroidetes*. Z tego względu przy doborze probiotyków należy podchodzić indywidualnie do każdego schorzenia [10].

4.3. Dietoterapia w celu modulacji mikrobioty

Interwencje dietetyczne w celu modulacji mikrobiomu kobiet mogą być skutecznym działaniem we wspomaganiu leczenia niepłodności. Badania wskazują, że w chorobach, którym często towarzyszy niepłodność, takich jak jednostki chorobowe o podłożu zapalnym, zaburzenia metaboliczne czy otyłość, obserwuje się zaburzenia w składzie ilościowym i jakościowym mikroorganizmów jelitowych [12]. Zmiany w diecie mogą wpłynąć w 60% na skład występującej mikrobioty [21].

Wspomniana wcześniej tzw. „dieta zachodnia” wpływa negatywnie na ogólne zdolności rozrodcze, jak również na mikrobiotę jelitową. Wysokie spożycie cukrów prostych, tłuszczów i białka pochodzenia zwierzęcego charakterystyczne dla tego typu diety, powoduje dysbiozę mikroorganizmów w środowisku jelitowym [22].

Innymi czynnikami, wpływającymi na stan mikrobioty jelitowej, są takie elementy diety, jak witaminy i składniki mineralne, polifenole oraz spożycie soli, alkoholu i produktów zawierających kofeinę [22]. Wzorcową dietą, która obfituje w składniki pozytywnie wpływające na mikrobiotę oraz ogranicza te negatywnie działające, jest dieta śródziemnomorska. Wzoruje się ona na sposobie żywienia ludności basenu Morza Śródziemnego, gdzie spożywa się duże ilości owoców, warzyw, białka oraz tłuszczów pochodzenia roślinnego, a także ziaren, orzechów, nasion i ziół. Stosuje się natomiast umiarkowane ilości nabiału oraz niewielkiej ilości czerwonego mięsa i tłuszczów nasyconych. Dieta taka pozytywnie wpływa na jelita poprzez wzrost liczby producentów krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych, czyli bakterii rozkładających błonnik i inne polisacharydy [21]. Wykazano, że osoby przestrzegające diety śródziemnomorskiej są mniej narażone na nowotwory, choroby kardio-metaboliczne oraz wykazują zmniejszone ryzyko niepłodności wśród kobiet [21, 28]. W związku z powyższymi

doniesieniami o zmianach w mikrobiocie przy obniżonej płodności pojawiły się badania dotyczące skuteczności suplementacji probiotykami w celu leczenia niepłodności. Badania te znacząco różnią się w zakresie: drogi podania, rodzaju podawanych mikroorganizmów, dawki i czasu podania. Jak dotąd istnieją pojedyncze doniesienia o skuteczności takich interwencji, jednakże niewielka ilość oraz heterogeniczność badań nie pozwala na wysunięcie ostatecznych wniosków dotyczących wpływu probiotykoterapii na niepłodność [6, 13, 18, 25]

Podsumowanie

W przypadku problemu, jakim jest niepłodność kobiet, rola prawidłowego żywienia, w tym podaży energii oraz składników odżywczych, wykazuje istotne znaczenie. Do czynników wpływających na niemożność zajścia w ciążę zalicza się między innymi zaburzenia owulacji, nieprawidłowości w obrębie macicy, niedrożność jajowodów, czynniki otrzewnowe oraz czynniki środowiskowe. Leczenie obejmować może farmakoterapie czy operacje, ale również pomocna w tym przypadku jest odpowiednio skomponowana dieta oraz aktywność fizyczna. Częste spożycie produktów wysokoprzetworzonych, bogatych w cukry proste, tłuszcze trans oraz tłuszcze zwierzęce jest skorelowane ze zwiększonym ryzykiem otyłości, która z kolei przyczynia się do zaburzeń płodności. Dietą, która pozytywnie wpływa na zdolności rozrodcze kobiet jest model diety śródziemnomorskiej, polegający na spożywaniu dużej ilości warzyw, owoców oraz tłuszczów bogatych w wielonienasycone kwasy tłuszczowe, a dodatkowo charakteryzuje się wysokim spożyciem błonnika pokarmowego, białka pochodzenia roślinnego oraz produktów o niskim indeksie glikemicznym. Suplementy korzystnie wpływające na płodność zawierają składniki, które często występują w diecie w niedomiarze. Obejmują one: witaminę D, kwas foliowy, selen, cynk, żelazo, jod oraz kwasy tłuszczowe omega-3. Dodatkowo korzystna wydaje się być suplementacja inozytem. W profilaktyce oraz leczeniu niepłodności pomocne mogą być też zioła. Dieta ma również wpływ na mikrobiom pochwy oraz jelit. Dysbioza obu tych środowisk przyczyniać będzie się między innymi do zaburzonej gospodarki hormonalnej, niedoborów pokarmowych oraz ryzyka inwazji żywiciela przez drobnoustroje chorobotwórcze. Szacuje się, że dieta jest w stanie zmienić skład ilościowy oraz jakościowy mikrobioty w 60%.

Bibliografia

- [1] Adak A., Khan M.R. 2019. An insight into gut microbiota and its functionalities. *Cell Mol Life Sci.* ;76(3):473–493. doi: 10.1007/s00018-018-2943-4.
- [2] Akbaribazm M., Goodarzi N., Rahimi M. 2021. Female infertility and herbal medicine: An overview of the new findings. *Food Sci Nutr.* 15;9(10):5869–5882. doi: 10.1002/fsn3.2523.

- [3] Aoun, A., Khoury, V. E., & Malakieh, R. 2021. Can Nutrition Help in the Treatment of Infertility?. *Preventive nutrition and food science*, 26(2), 109–120. Pobrane z: <https://doi.org/10.3746/pnf.2021.26.2.109> (dostęp?).
- [4] Arentz S., Abbott J.A., Smith C.A., Bensoussan A. 2014 Herbal medicine for the management of polycystic ovary syndrome (PCOS) and associated oligo/amenorrhoea and hyperandrogenism; a review of the laboratory evidence for effects with corroborative clinical findings. *BMC Complement Altern Med.* 18;14:511. doi: 10.1186/1472-6882-14.
- [5] Bashiri A., Halper K.I., Orvieto R. 2018. Recurrent Implantation Failure-update overview on etiology, diagnosis, treatment and future directions. *Reprod Biol Endocrinol.* 5;16(1):121. doi: 10.1186/s12958-018-0414-2.
- [6] Blancafort C., Llácer J. 2023. Can probiotics enhance fertility outcome? Capacity of probiotics as a single intervention to improve the feminine genital tract microbiota in non-symptomatic reproductive-aged women. *Front Endocrinol (Lausanne).* 19;13:1081830. doi: 10.3389/fendo.2022.1081830.
- [7] Carson S.A., Kallen A.N. 2021. Diagnosis and Management of Infertility: A Review. *JAMA.* 6;326(1):65–76. doi: 10.1001/jama.2021.4788.
- [8] Ciebiera M., Esfandyari S., Siblini H., Prince L., Elkafas H., Wojtyła C., Al-Hendy A., Ali M. 2021. Nutrition in Gynecological Diseases: Current Perspectives. *Nutrients.* 13(4):1178. Pobrane z: <https://doi.org/10.3390/nu13041178> (dostęp?).
- [9] Derrien M, Veiga P. 2017. Rethinking Diet to Aid Human-Microbe Symbiosis. *Trends Microbiol.* 25(2):100–112. doi: 10.1016/j.tim.2016.09.011.
- [10] Fabozzi G., Verdone G., Allori M., Cimadomo D., Tatone C., Stuppia L., Franzago M., Ubaldi N., Vaiarelli A., Ubaldi F.M., Rienzi L., Gennarelli G. 2022. 2020. Personalized Nutrition in the Management of Female Infertility: New Insights on Chronic Low-Grade Inflammation. *Nutrients.* 3;14(9):1918. doi: 10.3390/nu14091918.
- [11] Gambioli R., Forte G., Buzzaccarini G., Unfer V., Laganà A.S. 2021. Myo-Inositol as a Key Supporter of Fertility and Physiological Gestation. *Pharmaceuticals.* ; 14(6):504. Pobrane z: <https://doi.org/10.3390/ph14060504> (dostęp?).
- [12] García-Velasco J.A., Budding D., Campe H., Malfrather S.F., Hamamah S., Santjohanser C., Schuppe-Koistinen L., Nielsen H.S., Vieira-Silva S., Laven J. 2020. The reproductive microbiome - clinical practice recommendations for fertility specialists. *Reprod Biomed Online.* 41(3):443–453. doi: 10.1016/j.rbmo.2020.06.014.
- [13] Han Q., Chen Z.J., Du Y. 2022. Dietary supplementation for female infertility: Recent advances in the nutritional therapy for premature ovarian insufficiency. *Front Microbiol.* 17;13:1001209. doi: 10.3389/fmicb.2022.1001209.
- [14] Jahangirifar, M., Taebi, M., Nasr-Esfahani, M. H., & Askari, G. H. 2019. Dietary Patterns and The Outcomes of Assisted Reproductive Techniques in Women with Primary Infertility: A Prospective Cohort Study. *International journal of fertility & sterility*, 12(4), 316–323. Pobrane z: <https://doi.org/10.22074/ijfs.2019.5373> (dostęp?).
- [15] Jurczewska J., Szostak-Węgierek D. 2022. The Influence of Diet on Ovulation Disorders in Women—A Narrative Review. *Nutrients.* 14(8):1556. Pobrane z: <https://doi.org/10.3390/nu14081556> (dostęp?).
- [16] Koperwas, M., Glowacka, M. 2017. Problem niepłodności wśród kobiet i mężczyzn—epidemiologia, czynniki ryzyka i świadomość społeczna. *Aspekty zdrowia i choroby*, 2(3), 31–49.
- [17] Lindsay T.J., Vitrikas K.R. 2015. Evaluation and treatment of infertility. *Am Fam Physician.* 1;91(5):308–14. Erratum in: *Am Fam Physician.* 2015 Sep 15;92 (6):437.
- [18] López-Moreno A., Aguilera M. 2020. Probiotics Dietary Supplementation for Modulating Endocrine and Fertility Microbiota Dysbiosis. *Nutrients.* 13;12(3):757. doi: 10.3390/nu12030757.

- [19] Łakoma K., Kukharuk O., Śliż D. 2023. The Influence of Metabolic Factors and Diet on Fertility. *Nutrients*. 15(5):1180. Pobrane z: <https://doi.org/10.3390/nu15051180> (dostęp?).
- [20] Łukaszuk, K., Koziół, K., Jakiel, G., Jakimiuk, A., Jędrzejczak, P., Kuczyński, W., Kurzawa R., Pawelczyk L., Radwan M., Spaczyński R., Wielgoś M., Wołczyński, S. 2018. Diagnostyka i leczenie niepłodności—rekomendacje polskiego towarzystwa medycyny rozrodu i embriologii (PTMRIe) oraz polskiego towarzystwa ginekologów i położników (PTGP). *Ginekologia i Perinatologia Praktyczna*, 3(3), s.112–140.
- [21] Merra G., Noce A., Marrone G., Cintoni M., Tarsitano M.G., Capacci A., De Lorenzo A. 2020. Influence of Mediterranean Diet on Human Gut Microbiota. *Nutrients*. 2020 Dec 22;13(1):7. doi: 10.3390/nu13010007.
- [22] Moszak M., Szulińska M., Bogdański P. 2020. You Are What You Eat-The Relationship between Diet, Microbiota, and Metabolic Disorders-A Review. *Nutrients*. 15;12(4):1096. doi: 10.3390/nu12041096.
- [23] Raport globalny Światowej Organizacji Zdrowia z dnia 3 kwietnia 2023 r. “Szacunkowe dane dotyczące częstości występowania niepłodności w latach 1990–2021” (dostęp 19.04.2024 r.).
- [24] Sawaniewska B., Gajewska D., Lange E. 2019. Wpływ sposobu żywienia na płodność kobiet i mężczyzn. *Kosmos*. 68. S. 227–237. 10.36921/kos.2019_2539.
- [25] Schenk M., Grumet L., Sternat J., Reinschissler N., Weiss G. 2021. Effect of probiotics on vaginal *Ureaplasma parvum* in women suffering from unexplained infertility. *Reprod Biomed Online*. 43(3):503–514. doi: 10.1016/j.rbmo.2021.06.004.
- [26] Skoracka K., Ratajczak A.E., Rychter A., Dobrowolska A., Kreła-Każmierczak I. Female Fertility and the Nutritional Approach: The Most Essential Aspects. *Adv Nutr*. 2021 Dec 1;12(6):2372–2386. doi: 10.1093/advances/nmab068. PMID: 34139003; PMCID: PMC8634384.
- [27] Szamatowicz M., Szamatowicz J. 2020. Proven and unproven methods for diagnosis and treatment of infertility. *Adv Med Sci*. 2;65(1):93–96. doi: 10.1016/j.advms.2019.12.008.
- [28] Szmidt M.K., Granda D., Madej D., Sicinska E., Kaluza J. 2023. Adherence to the Mediterranean Diet in Women and Reproductive Health across the Lifespan: A Narrative Review. *Nutrients*. 28;15(9):2131. doi: 10.3390/nu15092131.
- [29] Tomaiuolo R., Veneruso J., Cariati F., D’Argenio W. 2020. Microbiota and Human Reproduction: The Case of Female Infertility. *High Throughput*;9(2):12. doi: 10.3390/ht9020012.
- [30] Venneri M.A., Franceschini E., Sciarra F., Rosato E., D’Ettorre G., Lenzi A. 2022. Human genital tracts microbiota: dysbiosis crucial for infertility. *J Endocrinol Invest*. 45(6):1151–1160. doi: 10.1007/s40618-022-01752-3.
- [31] Vitagliano A, Petre G.C., Francini-Pesenti F, De Toni L., Di Nisio A., Grande G., Foresta C., Garolla A.. 2021. Dietary Supplements for Female Infertility: A Critical Review of Their Composition. *Nutrients*. 13(10):3552. Pobrane z: <https://doi.org/10.3390/nu13103552> (dostęp?).
- [32] Yadav M, Verma MK, Chauhan NS. 2018. A review of metabolic potential of human gut microbiome in human nutrition. *Arch Microbiol*. 200(2):203–217. doi: 10.1007/s00203-017-1459-x.
- [33] Zajac A., Adamska-Szewczyk A. 2021. Zaburzenia płodności a dieta. Interdyscyplinarność, czyli współczesne wyzwanie dla naukowców cz.6/11 (6)

Martyna Magalska

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
Koło Naukowe Żywienia i Profilaktyki Żywieniowej UWM
E-mail: 167973@student.uwm.edu.pl
Opiekun: Dr inż. Joanna Ciborska

ASPEKT DIETETYCZNY W TRANSPLANTACJI NERKI Z UWZGLĘDNIENIEM STOSOWANEJ IMMUNOSUPRESJI

Wykaz skrótów

2HPG – 2-godzinne stężenie glukozy w osoczu po doustnym podaniu glukozy
ADA – Amerykańskie Towarzystwo Diabetologiczne
AvS – Nasiona, pestki awokado
BMI – *Body Mass Index* - Wskaźnik masy ciała
CNI – Inhibitory kalcyneuryny
CsA – *Cyclosporine A* – cyklosporyna
ESKD – *End stage kidney disease* – Końcowe stadium choroby nerek, schyłkowa niewydolność nerek
FK506 – Takrolimus
FPG – Glukoza w osoczu na czczo
GCS – Glikokortykosteroidy
ONS – *Oral Nutritional Supplements* – Doustne suplementy pokarmowe
PChN – Przewlekła choroba nerek
PEW – *Protein – Energy Wasting* – Niedożywienie białkowo-energetyczne
PTDM – *Post-transplant diabetes mellitus* - cukrzyca po przeszczepieniu narządu
RPG – Losowa glukoza w osoczu
TAC – *Tacrolimus* – takrolimus
UNOS – *United Network for Organ Sharing*

Wstęp

Pacjenci dializowani, oczekujący na transplantację narządów spędzają część swojego życia na stacjach dializ podłączeni do maszyn. Przeszczep nerki jest dla nich szansą na odzyskanie dawnego życia, sprawności fizycznej oraz sprzyja komfortowi psychicznemu i psychospołecznemu. Grupa pacjentów oczekujących na nerkę lub będących już po przeszczepie jest zagrożona wieloma metabolicznymi zaburzeniami powiązanymi z ich aktualnym stanem zdrowia oraz prawdopodobnym przejściem na leczenie farmakologiczne, mające za zadanie obniżenie odporności organizmu w celu przyjęcia narządu. Występująca cukrzyca, nadczynność przytarczyc i otyłość utrudniają optymalizację stanu chorego, jego parametrów biochemicznych oraz pozytywnych rokowań dotyczących pracy przeszczepionego narządu [13]. Postępowanie dietetyczne u pacjentów nefrologicznych podczas różnych stadiów tej choroby odgrywa dużą rolę w zmniejszeniu skutków ubocznych leczenia.

Kwasica metaboliczna, hiperkaliemia, zaburzenia gospodarki kwasowo-zasadowej i elektrolitowej powszechnie występują u biorców przeszczepu nerki. Jednym z zespołów zaburzeń metabolicznych występującym najczęściej oraz mających duży wpływ na przebieg przyjęcia przeszczepu jest nadciśnienie tętnicze. Przyczyną jego wystąpienia są zarówno czynniki wynikające z powikłań ESKD, jak i czynniki związane z transplantacją narządu [17]. Otyłość często powiązana z nadciśnieniem tworzy poważne trudności medyczne i chirurgiczne. Ponad połowa wszystkich biorców ma nadwagę – wskaźnik masy ciała BMI > 25 lub jest otyła BMI > 30. U pacjentów poddawanych zarówno przewlekłej hemodializie, jak i dializie otrzewnowej otyłość występuje w 20% przypadków [1]. Dlatego monitorowanie stanu odżywienia u pacjentów transplantacyjnych, dializowanych i chorych przewlekle ma istotne znaczenie w całym procesie leczenia pacjenta.

Cel pracy

Praca będzie miała na celu analizę stanu odżywienia pacjentów po transplantacji nerki, ukazanie wpływu i działania immunosupresji na organizm człowieka. Omówione zostaną problemy żywieniowe oraz choroby współistniejące, które towarzyszą pacjentom przez cały okres leczenia. Poruszone zostanie zagadnienie dotyczące zmian metabolicznych zachodzących po przeszczepieniu narządu. Opisany zostanie wpływ diety na ogólną pracę nerek i możliwe interakcje z przyjmowanymi lekami.

Przedstawione zostaną choroby dietozależne u pacjentów nefrologicznych. Podczas omawiania zagadnień farmakokinetyki leków uwzględniona zostanie cyklosporyna i takrolimus.

1. Immunosupresja – takrolimus i cyklosporyna, działanie na poziomie metabolicznym

Przygotowanie do zabiegu, utrzymanie sprawnego narządu oraz patologie układu odpornościowego są powodem przyjmowania leków immunosupresyjnych. Istnieje kilka klas farmakologicznych, a wśród leków najczęściej stosowanych występuje inhibitor kalcyneuryny takrolimus (*FK506*). Niski indeks terapeutyczny utrudnia utrzymanie docelowego stężenia takrolimusu we krwi. Nawet jeżeli jego stężenia mieszczą się w zakresie terapeutycznym w warunkach klinicznych, to pod kontrolą własną pacjenta może wystąpić działanie toksyczne lub w niektórych wypadkach odrzut narządu. Najczęstszymi skutkami ubocznymi są nefrotoksyczność, neurotoksyczność, cubetogeneza, zaburzenia żołądkowo-jelitowe i nadciśnienie tętnicze. Te działania niepożądane występują globalnie i są zależne od dawki [8]. Joncquel i wsp. (2023) [8] przeprowadzili badanie odnoszące się do analizy metabolicznej takrolimusu i obniżenia ochrony przed stresem oksydacyjnym, a wyniki ich badań wskazują na specyficzny profil metaboliczny, z uwzględnieniem stężenia kwasu pipekolowego w osoczu, które wzrasta u pacjentów przyjmujących takrolimus.

Przeważnie schematy immunosupresyjne obejmują wcześniej wspomniany inhibitor kalcyneuryny oraz wspomagający lek antyproliferacyjny i steroidy. U pacjentów wysokiego ryzyka stosowana jest silniejsza immunosupresja, polegająca na dodaniu terapii indukcyjnej różnymi przeciwciałami monoklonalnymi lub poliklonalnymi. Wpłynąć może ona na korzystniejsze wyniki leczenia pacjenta i zmniejsza ryzyko odrzutu narządu. Sama immunosupresja dzieli się na: leki, które hamują produkcję cytokin biorących udział w aktywacji komórek i ich ekspansji klonalnej oraz na inhibitory kalcyneuryny (CNI), do których należy omawiana cyklosporyna A (CsA) i takrolimus (TAC). Dwoma podgrupami są również leki hamujące podział komórek i inhibitory sygnału proliferacji. Długotrwałe leczenie CNI zwiększa ryzyko wystąpienia nowotworów złośliwych, przewlekłej dysfunkcji przeszczepu allogenicznego oraz może prowadzić do nadprodukcji wolnych rodników [5]. Inhibitory kalcyneuryny mogą wykazywać potencjalną interakcję z apiksabanem. Jest to lek często stosowany poza wskazaniami rejestracyjnymi u biorców nerek i płuc [10].

Immunosupresja ma negatywny wpływ na stan odżywienia pacjenta. Takrolimus, cyklosporyna, ewerolimus i syrolimus mają niekorzystny profil metaboliczny. Wszystkie prowadzić mogą do dyslipidemii, nadciśnienia tętniczego i hiperkaliemii. Omawiane inhibitory CNI i m-TOR, a także glikokortykosteroidy (GCS) mogą powodować cukrzycę potransplantacyjną (PTDM). Działania niepożądane, obejmujące zaburzenia żołądkowo-jelitowe, które przyczyniają się do złego wchłaniania i dysbiozy, przysięga się pacjentom przyjmującym mykofenolan mofetylu.

Interakcje pomiędzy lekiem i spożywaną żywnością odgrywają istotną rolę w utrzymaniu minimalnego stężenia leku we krwi oraz uniknięcia toksyczności. Cyklospo-

ryna i takrolimus metabolizowane są przez cytochrom P450 oraz enzymy CYP3A4 i CYP3A5. Z powodu drogi metabolizmu tych leków ograniczenia dotyczą spożywania grejpfruta, soku grejpfrutowego, pomelo oraz przypraw, takich jak kurkuma i imbir. Preparaty ziołowe, na przykład ostropest plamisty (*silybum marianum*), hamują cytochrom CYP3A4, co powoduje zwiększenie stężenia TAC i CsA we krwi. Podczas spożycia niektórych grup żywności może dojść do zmiany adsorpcji samego leku, a dzieje się to w przypadku posiłków wysokotłuszczowych, które opóźniają wchłanianie TAC [6].

1.1 Hepatotoksyczność cyklosporyny

Uszkodzenie wątroby spowodowane hepatotoksycznością cyklosporyny jest uważane za poważny globalny problem zdrowotny. Cyklosporyna A (CsA) jest jednym z dwóch powszechnie stosowanych inhibitorów kalcyneuryny w celu skutecznego tłumienia odporności po operacji przeszczepienia narządu, jednak jej długie podawanie powoduje wiele problemów zdrowotnych, zwłaszcza nefrotoksyczność i hepatotoksyczność. Zaangażowane w hepatotoksyczność za pośrednictwem CsA są trzy główne mechanizmy: stres oksydacyjny, stan zapalny i apoptoza. Cyklosporyna może również sprzyjać uszkodzeniom i fragmentacji DNA w komórkach nerkowych oraz plemnikach [3].

W kilku badaniach prowadzonych na zwierzętach stwierdzono, że podawanie CsA zaburza czynność i strukturę wątroby [4,5]. Faheem i wsp. (2022) [5] udowodnili, że CsA powoduje wysoki wzrost poziomu enzymów wątrobowych, bilirubiny całkowitej i dialdehydu malonowego, jednocześnie znacznie obniżając poziom albuminy, glutationu i enzymów przeciwutleniających u leczonych. We wnioskach również ujęto aminian pirynu (PP) jako obiecujący środek zapobiegający hepatotoksyczności CsA.

Elmoslemany i wsp. (2021) [4] badali nasiona awokado i ich związek z łagodzeniem nefrotoksyczności zależnej od stresu oksydacyjnego, ale zwiększających immunosupresję indukowaną przez cyklosporynę u szczurów [4]. W badaniu histopatologicznym potwierdzono zmiany biochemiczne i molekularne, które towarzyszyły nefrotoksyczności CsA. Wszystkie szkodliwe efekty wywołane przez cyklosporynę, z wyjątkiem immunosupresji, zostały złagodzone przez karmienie szczurów 5% proszkiem z nasion awokado (AvS) przez 4 tygodnie. Stosowany AvS wzmacniał działanie immunosupresyjne i posiadał potencjalny łagodzący wpływ na nefrotoksyczność indukowaną przez CsA. W związku z tym może być stosowany z CsA w leczeniu transplantacyjnym w celu złagodzenia nefrotoksyczności.

Pestki awokado i ich związek z powyższym działaniem mogą odnosić się do wysokiej zawartości karotenoidów, jednonienasyconych kwasów tłuszczowych oraz związków fenolowych, takich jak kwas hydroksybenzoesowy, kwas cynamonowy i katechina. Nasiona wykazują się właściwościami przeciwutleniającymi, przeciwnowotworowymi, przeciwbakteryjnymi, przeciwbaczymi, przeciwcukrzycowymi i hipolipidemicznymi, co może dobrze wpływać na ich prozdrowotne właściwości, które powinny być wykorzystane jako składnik żywności funkcjonalnej [4].

2. PTDM – cukrzyca potransplantacyjna a immunosupresja inhibitorem kalcyneuryny – takrolimusem

Cukrzyca potransplantacyjna jest często występującym zaburzeniem u biorców przeszczepów nerek, jak i innych narządów litych. Jej klasyfikację potwierdza się wcześniejszym wykluczeniem cukrzycy typu 1 i 2 lub zespołu metabolicznego u pacjenta przed przeszczepem. U chorych leczonych schematem łączącym takrolimus, kwas mykofenolowy i steroidy, PTDM występuje w 20–30% przypadków. Inhibitory kalcyneuryny, do których należy takrolimus, są podstawą immunosupresji i przyczyniają się do zmniejszonego uwalniania insuliny z komórek beta trzustki [20, 7]. Wincenci i wsp. (2007) [18] w swoich badaniach potwierdzili wyższą diabetogenność takrolimusu w porównaniu ze stosowaną cyklosporyną u pacjentów z przeszczepionym narządem. Cukrzyca tego typu zwiększa ryzyko problemów sercowo-naczyniowych, chorób naczyń obwodowych oraz wiąże się z ponad 60% wzrostem ryzyka niepowodzenia przeszczepu i prawie 90% wzrostem ryzyka zgonu [18].

Amerykańskie Towarzystwo Diabetologiczne (ADA) wcześniej sklasyfikowało PTDM w kategorii „innych specyficznych typów” cukrzycy, ale opisano ją ostatecznie jako „cukrzycę po przeszczepie narządu”. Skonkretyzowali oni również kryteria diagnostyczne pod kątem cukrzycy i stanu przedcukrzycowego. Do tych kryteriów należą następujące: upośledzona glukoza na czczo – FPG 100–126 mg/dl (5,6–6,9 mmol/l), upośledzona tolerancja glukozy – FPG < 7,0 mmol/L oraz 2HPG 7,8–11,0 mmol/L, zwiększone ryzyko cukrzycy – HbA1c 5,7–6,4%, prawidłowa tolerancja glukozy, FPG < 110 mg/dl (5,6 mmol/l) oraz 2HPG < 140 mg/dl (7,8 mmol/l) i HbA1c < 5,7% [7, 16].

Sformułowano 7 zaleceń dotyczących diagnostyki PTDM, do których zalicza się wykluczenie przejściowej hiperglikemii potransplantacyjnej, rozszerzenie badań przesiewowych w kierunku PTDM o monitorowanie glikemii po posiłku oraz pomiar HbA1c. Zaleca się stosowanie schematów immunosupresyjnych dających najkorzystniejsze wyniki w zakresie przeżycia pacjenta i przeszczepu, niezależnie od ryzyka PTDM. Kolejne 3 zalecenia dotyczyły rozszerzenia badań podstawowych, translacyjnych i klinicznych w PTDM, aby zająć się obszarami pozostałych kontrowersji i domysłów. Wyżej wspomniany pomiar HbA1c może być pomocny w diagnozie cukrzycy po przeszczepie, a także w klinicznej ocenie przebiegu hiperglikemii po transplantacji narządu [7].

Wiele czynników wpływa na kontrolę poziomu glukozy we krwi pacjenta w fazie bezpośrednio po przeszczepie, w tym dawka steroidów, czynność nerek i wyjściowa kontrola glikemii [2].

Modyfikacja stylu życia wraz z doustną terapią przeciwcukrzycową insuliną jest odpowiednim podejściem etapowym do leczenia późnego PTDM, ale w przypadku hiperglikemii bezpośrednio po przeszczepie zaleca się odwrotne postępowanie. Insulina jest jedynym bezpiecznym i skutecznym środkiem w kontekście przyjmowania podczas leczenia wysokich dawek glikokortykosteroidów we wczesnym okresie po

zabiegu. Postępowanie w cukrzycy po przeszczepie w pełnym aspekcie zilustrowane zostało w tabeli przedstawiającej zaktualizowane ramy diagnostyki (tabela 1) [16].

Tabela 1. Diagnostyka i postępowanie w cukrzycy po przeszczepie [16]

Diagnoza, badania	Czas po przeszczepie (dni)	Kontrola, zarządzanie
Brak możliwości diagnozy PTDM	0–7	Insulina
	8–45	Insulina Doustne środki przeciwiglikemiczne
1. Doustny test tolerancji glukozy 2. Glukoza na czczo 3. HbA1c	46–365	Modyfikacja stylu życia Doustne środki przeciwiglikemiczne Insulina
1. Doustny test tolerancji glukozy 2. HbA1c 3. Glukoza na czczo	>365	

Opracowane na podstawie: Sharif A., Hecking M., De Vries A.P.J.: Proceedings From an International Consensus Meeting on Posttransplantation Diabetes Mellitus: Recommendations and Future Directions. 2014. (ryc 1) [16].

3. Otyłość w transplantacji

Otyłość jest zaburzeniem metabolicznym, które jest ściśle związane z mniejszą możliwością kwalifikacji do przeszczepu nerki lub innych narządów twardych. Duża część ośrodków transplantacyjnych wymaga spełnienia kryteriów dotyczących wskaźnika BMI przed wpisaniem na listę oczekujących. Niektóre z ośrodków przyjęło górną granicę BMI 35–45 kg/m². *United Network for Organ Sharing* (UNOS) na podstawie swoich badań z wykorzystaniem danych wykazały zmniejszone prawdopodobieństwo otrzymania przeszczepu przy rosnącym BMI >25 kg/m². Dane UNOS wykazały również, że 20% wszystkich ośrodków transplantacyjnych nie zarejestrowało ani jednego chorego otyłego pacjenta z BMI >40 kg/m² [2].

Sama otyłość odgrywa znaczącą rolę w pojawieniu się zespołu metabolicznego, a zwłaszcza wcześniej omawianej cukrzycy potransplantacyjnej (PTDM), która zwiększa śmiertelność wśród pacjentów. Podczas wystąpienia cukrzycy zastosować można nowe opcje leczenia, takie jak inhibitory kotransportera sodowo-glukozowego 2 (SGLT-2) i agoniści receptora glukagonopodobnego peptydu 1 (GLP-1), które mają działanie kardioprotekcyjne i renoprotekcyjne u pacjentów bez przeszczepu. Jednakże zaobserwowano paradoks otyłości u pacjentów dializowanych, w którym wysoki BMI wiąże się z lepszym przeżyciem, gdyż pacjenci dializowani mogą doświadczać

niedożywienia z powodu objawów niewydolności narządu i moczniczy. Komplikuje to kwestię, jak dużą utratę masy ciała należy zalecić przed przeszczepem.

Dieta u osób dializowanych przygotowywanych do przeszczepu powinna zostać odpowiednio zbilansowana pod względem białka, płynów, zawartości potasu, fosforu i sodu. W przypadku otyłości bardzo niskokaloryczna dieta, wysokie spożycie białka zalecane dla tych pacjentów w czasie dializ oraz regularna aktywność fizyczna stanowią źródło problemów (tabela 2) [11].

Tabela 2. Dieta w przygotowaniu do przeszczepu – dializoterapia [11, 15, 21]

Dieta, zalecenia	Pacjent, możliwości
Dieta niskokaloryczna w przypadku otyłości	Trudna do przestrzegania w dłuższej perspektywie, zwłaszcza u pacjentów dializowanych.
Zalecane wysokie spożycie białka dla pacjentów podczas dializ	Czasem pacjenci otyli z powodu niedożywienia zależnego od niedoborów witamin i składników mineralnych nie spożywają wystarczającej ilości białka. U pacjentów niedożywionych pod względem ilości kalorii i białka może występować również niedożywienie białkowo-energetyczne (PEW).
Regularna aktywność fizyczna	U pacjentów hemodializowanych nie zawsze jest możliwa ze względu na zmęczenie związane z dializami. Choroby współistniejące oraz wysoki wiek pacjenta utrudniają mogą poruszanie się.
Niższa zawartość sodu w diecie	Pacjenci tracą apetyt podczas spożywania potraw przygotowanych mniejszą ilością soli niż zazwyczaj spożywali.
Kontrola potasu, sodu, fosforu	Ograniczenie niektórych produktów.
Dieta niskobiałkowa z odpowiednim zapotrzebowaniem kalorycznym wynoszącym 25–35 kcal/kg/dzień, Stosowana jeszcze przed dializami w przewlekłej chorobie nerek. Ograniczenie białka do 0,55–0,6 g/kg/dobę.	Słaby apetyt spowodowany objawami moczniczy i ograniczeniem białka może prowadzić do niskiego spożycia kalorii, a to skutkuje również niedożywieniem białkowo-energetycznym (PEW). Pomocnymi preparatami są doustne suplementy pokarmowe (ONS) o niższej zawartości białka.

Opracowane na podstawie: Martin-Moreno P.L., Shin H.S., Chandraker A.: Obesity and Post-Transplant Diabetes Mellitus in Kidney Transplantation. 2021.[11]; Sahathevan S., Khor B.H., Ng H.M. i wsp.: Understanding Development of Malnutrition in Hemodialysis Patients: A Narrative Review. 2020 [15]; Yang W.C., Hsieh H.M., Chen J.P. i wsp.: Efficacy and Safety of a High-Energy, Low-Protein Formula Replacement Meal for Pre-Dialysis Chronic Kidney Disease Patients: A Randomized Controlled Trial. 2023 r.[21]

4. Odporność po transplantacji narządu

Ryzyko zakażenia u chorych z obniżoną odpornością wiąże się z ekspozycją epidemiologiczną na patogeny i intensywnością immunosupresji stosowanej do zapobiegania odrzuceniu przeszczepu. Wiele czynników wpływa na immunologiczne działanie leków immunosupresyjnych, zalicza się do nich genetykę wrodzoną i nabytą odpowiedź immunologiczną danej osoby oraz metabolizm leków [14]. Pomiar poziomu leków immunosupresyjnych jest niezbędny do kontroli toksyczności leków, monitorowania możliwości odrzucenia przeszczepu i wystąpienia infekcji. Różnego rodzaju zakażenia występowały częściej podczas wyższych stężeń minimalnych inhibitorów kalcineuryny (CNI) po przeszczepieniu nerki. W kilku badaniach opisano wyniki związane z zakażeniem dla różnych kombinacji immunosupresyjnych [19, 12], a w nich skupiono się na ewerolimusie i belataceptie oraz ich wpływie i porównaniu przeżywalności pacjentów. W przypadku wielu leków leczenie opiera się na dawkowaniu zgodnym z masą ciała lub efekcie końcowym terapii, na przykład odwrócenie odrzucenia narządu czy wyczerpanie limfocytów T. Zastosowanie mykofenolan mofetylu w immunosupresji jest przykładem takiego procesu [14].

Podsumowanie

Prowadzenie dietetyczne pacjenta nefrologicznego w czasie dializy lub po przeszczepie narządu wiąże się z odpowiedzialnością i dużym zaangażowaniem. U tego rodzaju chorych występuje wiele czynników wpływających na ich stan odżywienia: cukrzyca potransplantacyjna, niedożywienie białkowo-energetyczne, mocznica, brak apetytu, brak aktywności fizycznej, czynniki psychospołeczne, immunosupresja oraz ograniczenia wynikające z diety. Warto również zwrócić uwagę na różnicę w zaleceniach spożycia białka. Różni się ono w zależności od etapu choroby nerek – przewlekłej niewydolności, schyłkowej, dializ i etapu sprawnego narządu. Terapia lekami immunosupresyjnym niesie również za sobą skutki uboczne i działania niepożądane, lecz jest to jedna ze skuteczniejszych form utrzymania przeszczepu. PTDM często występuje u pacjentów transplantacyjnych, a zatem kontrola glukozy i parametrów z nią związanych jest kluczowa do utrzymania przeszczepu i zapobiegnięcia ryzyku zgonu z powodu chorób sercowo-naczyniowych. Za tematem wystąpienia PTDM stoi również szeroko pojęta otyłość. Opieka dietetyczna w celu zmniejszenia otyłości zdawać się będzie kluczowa do całościowej terapii, związanej z utrzymaniem narządu lub sprawniejszej dializy.

Podsumowując – prowadzenie osoby po przeszczepieniu nerki jest trudne ze względu na złożoność wynikającą z ogólnego stanu zdrowia i metod leczenia poprzez silną farmakoterapię.

Bibliografia

- [1] Bentata Y.: Obesity in Living-Donor Kidney Transplant: What Risks for the Donor and the Recipient?. 2021.
- [2] Cohen E., Korah M., Callender G., i wsp.: Metabolic Disorders with Kidney Transplant. 2020.
- [3] El-Magd, M.A., Zedan, A.M.G., Zidan, N.S., i wsp.: Avocado Seeds-Mediated Alleviation of Cyclosporine A-Induced Hepatotoxicity Involves the Inhibition of Oxidative Stress and Proapoptotic Endoplasmic Reticulum Stress. 2022.
- [4] Elmoslemany, A.M., El-Magd M.A., Ghamry, H.L., i wsp.: Avocado Seeds Relieve Oxidative Stress-Dependent Nephrotoxicity but Enhance Immunosuppression Induced by Cyclosporine in Rats. 2021.
- [5] Faheem SA., El-Sayed NM., Moustafa YM., i wsp.: Pyrvinium pamoate ameliorates cyclosporin A- induced hepatotoxicity via the modulation of Wnt/ β -catenin signaling and up-regulation of PPAR- γ . 2022.
- [6] Górska M., Kurnatowska I.: Nutrition Disturbances and Metabolic Complications in Kidney Transplant Recipients: Etiology, Methods of Assessment and Prevention – A Review. 2022.
- [7] Hecking M., Sharif A., Eller K., i wsp.: Management of post-transplant diabetes: immunosuppression, early prevention, and novel antidiabetics. 2020.
- [8] Joncquel M., Labasque J., Demaret J., i wsp.: Targeted Metabolomics Analysis Suggests That Tacrolimus Alters Protection against Oxidative Stress. 2023.
- [9] Kwiatkowska M., Oldakowska-Jedynak U., Wojtaszek E., i wsp.: Potencjalny wpływ immunosupresji na stres oksydacyjny i miażdżycę u biorców przeszczepu nerki. 2021.
- [10] Mansell H., Shoker A., Alcorn J., i wsp.: Pharmacokinetics of apixaban and tacrolimus or cyclosporine in kidney and lung transplant recipients. 2022.
- [11] Martin-Moreno P.L., Shin H.S., Chandraker A.: Obesity and Post-Transplant Diabetes Mellitus in Kidney Transplantation. 2021.
- [12] Pascual J., Berger S.P., Witzke O., i wsp.: Everolimus with Reduced Calcineurin Inhibitor Exposure in Renal Transplantation. 2018.
- [13] Pepe J., Cipriani C., Sonato C., i wsp.: Cardiovascular manifestations of primary hyperparathyroidism: a narrative review. 2017.
- [14] Roberts M.B., Jay A Fishman J.A.: Immunosuppressive Agents and Infectious Risk in Transplantation: Managing the “Net State of Immunosuppression”. 2020.
- [15] Sahathevan S., Khor BH., Ng HM., i wsp.: Understanding Development of Malnutrition in Hemodialysis Patients: A Narrative Review. 2020.
- [16] Sharif A., Hecking M., De Vries A.P.J., i wsp.: Proceedings From an International Consensus Meeting on Posttransplantation Diabetes Mellitus: Recommendations and Future Directions. 2014.
- [17] Tantisattamo E., Ho B.T., Workeneh B.T.: Metabolic Changes After Kidney Transplantation. 2021.
- [18] Vincenti F., Friman S., Scheuermann E., i wsp.: Results of an International Randomized Trial Comparing Glucose Metabolism Disorders and Outcome with Cyclosporine Versus Tacrolimus. 2007.
- [19] Vincenti F.M.D., Rostaing L.M.D., Ph.D., i wsp.: Belatacept and Long-Term Outcomes in Kidney Transplantation. 2016.

- [20] Wissing K.M., Abramowicz D., Weekers L., i wsp.: Prospective randomized study of conversion from tacrolimus to cyclosporine A to improve glucose metabolism in patients with posttransplant diabetes mellitus after renal transplantation. 2018.
- [21] Yang WC., Hsieh HM., Chen JP., i wsp.: Efficacy and Safety of a High-Energy, Low-Protein Formula Replacement Meal for Pre-Dialysis Chronic Kidney Disease Patients: A Randomized Controlled Trial. 2023.

Zuzanna Skrzecz

Rafał Skoczeń

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Wydział Nauk Ekonomicznych

Studenckie Koło Naukowe „Voyager”

162679@student.uwm.edu.pl

Opiekun koła dr Aneta Omelan

STYL ŻYCIA STUDENTÓW WYDZIAŁU NAUK EKONOMICZNYCH UNIWERSYTETU WARMIŃSKO- -MAZURSKIEGO W OLSZTYNIE

Wprowadzenie

Pojęcie „styl życia” współcześnie zyskało wiele znaczeń o węższym bądź szerszym rozumieniu samego zagadnienia. Niemniej jednak wszystkie te interpretacje uznają styl życia za kluczowy czynnik wpływający na samopoczucie zarówno fizyczne, jak i psychiczne. Wpływ decyzji, jakie podejmujemy odnośnie zachowań pro- i antyzdrowotnych może być znaczący, potencjalnie (nawet aż w 50%) wpływając na ogólny stan zdrowia danej osoby. Niezbędne elementy prozdrowotnego stylu życia obejmują przede wszystkim regularną aktywność fizyczną, przeznaczanie w ciągu doby odpowiedniej ilości czasu na odpoczynek i sen, unikanie zażywania substancji odurzających, palenia wyrobów tytoniowych, spożywania dużych ilości alkoholu, stosowanie zdrowej i prawidłowo zbilansowanej diety oraz kultywowanie skutecznych strategii zarządzania stresem. Wymienione powyżej zachowania wspólnie odgrywają kluczową rolę w ochronie i poprawie zdrowia, a także ogólnej jakości życia [4]. Według definicji Światowej Organizacji Zdrowia (World Health Organization, WHO) zdrowy styl życia jest sposobem postępowania, który zmniejsza ryzyko wystąpienia poważnej choroby lub przedwczesnej śmierci, pozwala bardziej cieszyć się życiem zarówno jednostce, jak i jej bliskim [11]. Spośród zachowań antyzdrowotnych za szczególnie szkodliwe uważa się palenie wyrobów tytoniowych i spożywanie alkoholu. Osoba uzależniona oprócz tego, że szkodzi sobie, szkodzi także osobom znajdującym się w jej otoczeniu [4].

Współczesne życie studenckie jest dynamiczne i pełne wyzwań, które wpływają na decyzje dotyczące stylu życia. Czas studiów to czas przejściowy pomiędzy młodością

a dorosłością, który wiąże się z wieloma zmianami środowiskowymi, społecznymi, a także behawioralnymi. W tym czasie kształtuje się też wiele nawyków, które mogą mieć długoterminowe skutki dla zdrowia. Szczególnie ważne jest wówczas zwiększanie świadomości wśród studentów, jakie skutki mogą przynieść niewłaściwe nawyki żywieniowe, stres, brak aktywności fizycznej oraz nadużywanie substancji szkodliwych. Celowe zatem wydaje się monitorowanie stylu życia tej grupy społecznej poprzez badania naukowe.

Tegoroczny MSKN odbywa się pod hasłem „Interdyscyplinarny charakter inteligentnych specjalizacji”. 29 sierpnia 2022 roku Samorząd województwa warmińsko-mazurskiego podjął decyzję o powołaniu czwartej inteligentnej specjalizacji (IS) regionu o nazwie „Zdrowe życie”. Podstawowym założeniem tego projektu jest dbanie o zdrowie mieszkańców regionu i turystów poprzez oferowanie różnorodnych produktów powiązanych z leczeniem, ale również profilaktyką zdrowotną. Autorzy projektu IS zwracają uwagę między innymi na zwiększającą się świadomość konsumencką w odniesieniu do zdrowego stylu życia, co związane jest także z dbałością o kondycję fizyczną, odporność, właściwe odżywianie, życie w „zgodzie z naturą”, poszukiwanie harmonii, work-life balance, unikanie produktów wysoko przetworzonych. Jesteśmy absolwentami kierunku turystyka i rekreacja, który jest powiązany z założeniami tego projektu. Zarówno z autopsji, jak i z badań prowadzonych przez członków Studenckiego Koła Naukowego VOYAGER wiemy, jaki styl życia prowadzą studenci tego kierunku. Niemniej aktualnie studiujemy na zupełnie innym kierunku, niezwiązanym ze zdrowiem i z badawczego punktu widzenia wydało nam się interesujące, jaki styl życia prowadzą nasi nowi koledzy z wydziału Nauk Ekonomicznych (WNE), którzy (w odróżnieniu od studentów TiR) nie otrzymują na studiach wiedzy i umiejętności z zakresu szeroko rozumianego dbania o swoje zdrowie. W kontekście wspomnianej Inteligentnej Specjalizacji interesujące wydawało się również ustalenie czy w przyszłości studenci WNE będą potencjalnymi klientami przedsiębiorstw specjalizujących się w szeroko rozumianej profilaktyce czy raczej w leczeniu i rehabilitacji, dlatego za cel badań przyjęto styl życia studentów Wydziału Nauk Ekonomicznych Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie.

Cel pracy

Celem pracy była ocena stylu życia studentów Wydziału Nauk Ekonomicznych Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie pod kątem występowania zachowań pro- i antyzdrowotnych.

Material i metody

W niniejszej pracy zastosowano badania ilościowe, posługując się metodą sondażu diagnostycznego. Ze względu na cel i przedmiot badań zastosowano technikę ankiety. Narzędziem badawczym wykorzystanym w badaniach był autorski kwestionariusz ankiety. Kwestionariusz składał się z 25 pytań zamkniętych dotyczących spożywania alkoholu, palenia papierosów, regularności spożywania posiłków, upodobań żywieniowych i stosowanych diet, a także aktywności fizycznej i poziomu radzenia sobie ze stresem. Uzyskane w trakcie badań dane opracowano za pomocą statystyki opisowej.

Badania zostały przeprowadzone na przełomie marca i kwietnia 2024 roku. W badaniach wzięło udział 155 studentów studiów I i II stopnia Wydziału Nauk Ekonomicznych Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie. 58,1% respondentów stanowiły kobiety. Wiek badanych mieścił się w przedziale 18–35 lat. Najwięcej respondentów stanowili studenci w wieku 23 lat (28,4%). Najmniej liczną grupą, byli respondenci w wieku 26, 31 i 35 lat (po 0,6% wskazań). Większość ankietowanych (63,2%) to osoby mieszkające w mieście, posiadające dobrą sytuację materialną (48,4%). Ponad 36% ankietowanych studentów w trakcie studiów mieszka w wynajętym mieszkaniu/ pokoju.

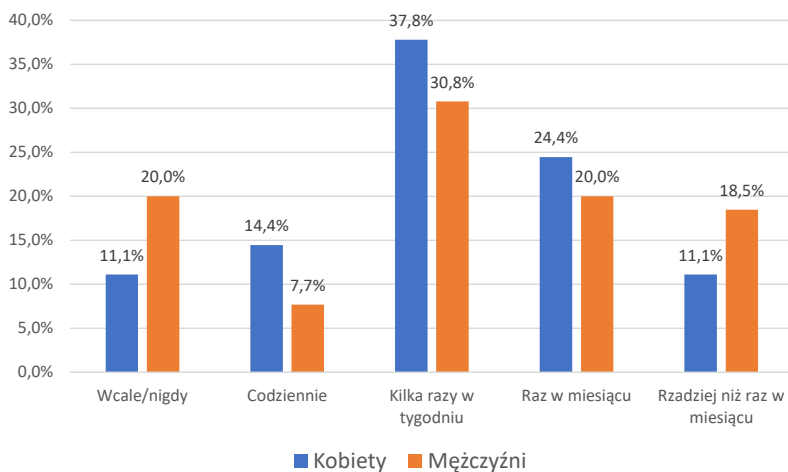
Wyniki

Największy odsetek respondentów (35,5%) podejmuje aktywność ruchową kilka razy w tygodniu, z czego 37,8% to kobiety i 30,8% mężczyźni, a najmniejszy (11,8%) codziennie, z czego 14,4% to kobiety i 7,7% mężczyźni. Większość badanych studentów spożywa alkohol - abstynenci stanowią jedynie 11,6%; 41,3% badanych studentów pali papierosy. Pozostali (48,4%) nie palą (w tym 38,7% nie paliło nigdy, a 9,7% rzuciło palenie), a 10,3% ankietowanych pali tylko okazjonalnie. Najwięcej z badanych osób zadeklarowało spożywanie co najmniej raz w tygodniu owoców (46,1%) oraz warzyw (38,3%), natomiast jeśli chodzi o spożycie mięsa, najliczniejsza grupa respondentów (34,4%) sięga po nie codziennie, tak jak w przypadku nabiału (41,6% wskazań). Jeśli chodzi o regularność spożywania posiłków, to najliczniejsza grupa respondentów (43,9%) je nieregularnie. Prawie połowa badanych przeznacza średnio w ciągu dnia na sen mniej niż 8 godzin. Znaczna część badanych (64,9%) spędza w ciągu dnia więcej niż 4 godziny na korzystaniu z urządzeń elektronicznych.

Tabela 1. Zachowania badanych w obszarze odżywiania

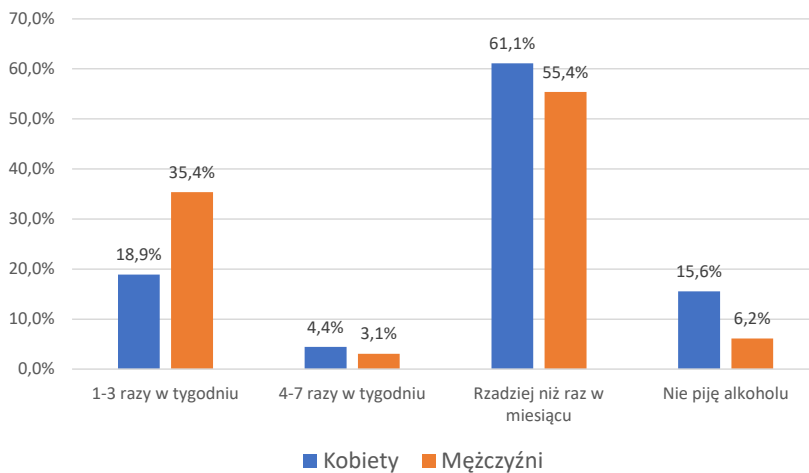
Odpowiedź	Kobiety (N=90)		Mężczyźni (N=65)		Ogółem (N=155)	
	N	%	N	%	N	%
Jak często i regularnie spożywasz posiłki (w ciągu dnia)?						
1-2 posiłki	9	10,0%	13	20,0%	22	14,2%
3 posiłki regularnie	28	31,1%	21	32,3%	49	31,6%
5 posiłków regularnie	12	13,3%	4	6,2%	16	10,3%
Odżywiam się nieregularnie	41	45,3%	27	41,5%	68	43,9%
Jak często spożywasz owoce?						
Częściej niż raz dziennie	11	12,2%	7	10,8%	18	11,7%
Raz dziennie	23	25,6%	14	21,5%	37	24,0%
Co najmniej raz w tygodniu	42	46,7%	29	44,6%	71	46,1%
Rzadko	13	14,4%	15	23,1%	28	18,2%
Jak często spożywasz warzywa?						
Częściej niż raz dziennie	19	21,1%	7	10,8%	26	16,9%
Raz dziennie	22	24,4%	15	23,1%	37	24,0%
Co najmniej raz w tygodniu	35	38,9%	24	36,9%	59	38,3%
Rzadko	13	14,4%	19	29,2%	32	20,8%
Jak często spożywasz mięso?						
Nie jem mięsa	9	10,0%	2	3,1%	11	7,1%
Codziennie	28	31,1%	25	38,5%	53	34,4%
Dwa razy w tygodniu	21	23,3%	12	18,5%	33	21,4%
Kilka razy w tygodniu	24	26,7%	24	36,9%	48	31,2%
Kilka razy w miesiącu	7	7,8%	2	3,1%	9	5,8%
Jak często spożywasz nabiał?						
Nie jem nabiału	5	5,6%	5	7,7%	10	6,5%
Codziennie	37	41,1%	27	41,5%	64	41,6%
Dwa razy w tygodniu	13	14,4%	8	12,3%	21	13,6%
Kilka razy w tygodniu	28	31,1%	19	29,2%	47	30,5%
Kilka razy w miesiącu	6	6,7%	6	9,2%	12	7,8%

Źródło: badania własne.



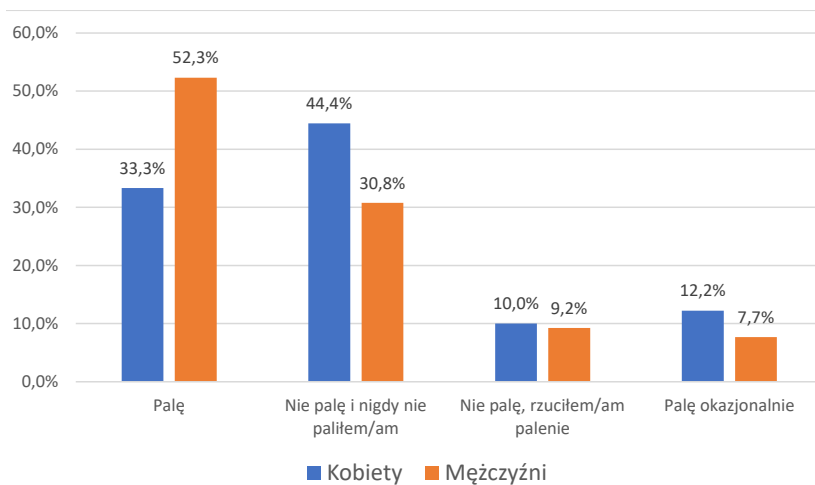
Wykres 1. Częstość podejmowania aktywności ruchowej przez respondentów, %, N=155

Źródło: badania własne



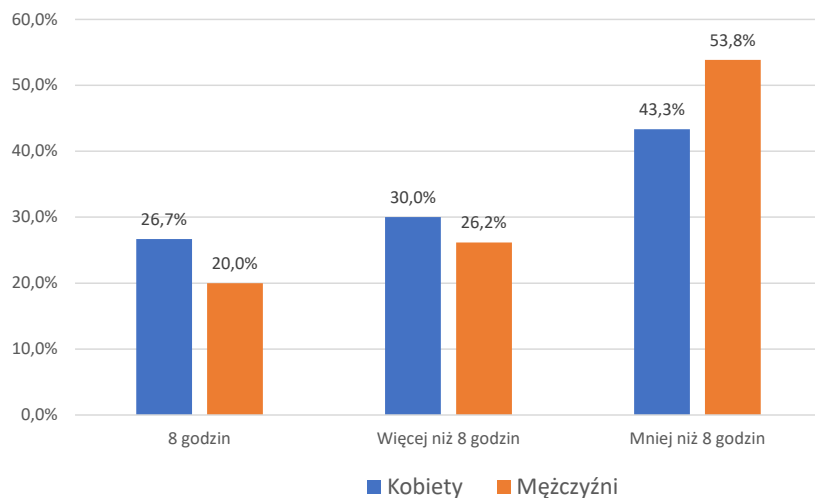
Wykres 2. Częstość spożywania alkoholu przez respondentów, %, N=155

Źródło: badania własne



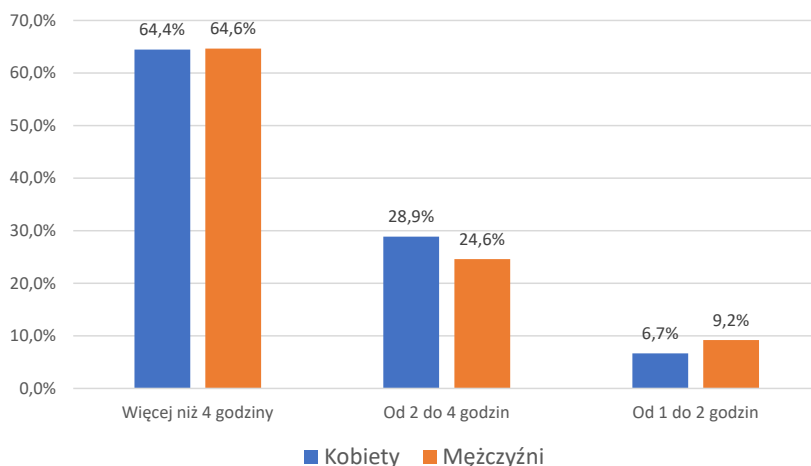
Wykres 3. Częstość sięgania po wyroby tytoniowe, %, N=155

Źródło: badania własne



Wykres 4. Średni czas przeznaczany na sen przez respondentów, %, N=155

Źródło: badania własne



Wykres 5. Średni czas przeznaczany dziennie przez respondentów na korzystanie z urządzeń elektronicznych, %, N=155

Źródło: badania własne

Dyskusja

Niespełna połowa badanych studentów podejmuje aktywność ruchową w czasie wolnym kilka razy w tygodniu lub codziennie. Pozostali nie wypełniają podstawowych zaleceń dotyczących aktywności fizycznej, podejmując ją zdecydowanie rzadziej. W badanym przypadku to kobiety wykazują większą chęć do podejmowania aktywności ruchowej niż mężczyźni. Dla porównania preferowana częstość podejmowania aktywności fizycznej przez studentów uczelni warszawskich wynosiła dwa razy w tygodniu u ponad połowy ankietowanych (Krzyżanowska, 2018). Nie jest to zadowalający wynik. Według WHO osoby dorosłe w wieku od 18 do 64 roku życia na aktywność fizyczną powinny poświęcać co najmniej od 150 do 300 minut, wykonując aerobową aktywność fizyczną o umiarkowanej intensywności lub od 75 do 150 minut, wykonując aerobową aktywność fizyczną o dużej intensywności (Kubica, 2021).

Ponad połowa ankietowanych studentów spożywa alkohol rzadziej niż raz w miesiącu, a 11,6% nie spożywa go wcale. Niezadowalający jest fakt, iż jedna czwarta z nich sięga po napoje wysokoprocentowe z dużą częstotliwością (1–3 razy w tygodniu). Życie studenckie, imprezy i częste spotkania towarzyskie sprzyjają spożyciu dużych ilości alkoholu, jednak takie zachowania są ryzykowne i mogą prowadzić do uzależnień w przyszłości. Inne, zdecydowanie bardziej alarmujące wyniki, uzyskano podczas badań przeprowadzonych wśród studentów śląskich uniwersytetów. Zaledwie 1,5% ankietowanych nie spożywa alkoholu, prawie 50% pije alkohol 1–2 razy w tygo-

dniu, a 31,6% spożywa go 1–2 razy w miesiącu (Brodziak – Dopierała i inni, 2021). Na tym tle badani studenci WNE UWM w Olsztynie wypadają dużo lepiej, co jednak (ze względu na zagrożenia związane ze spożywaniem alkoholu) nie jest pocieszające.

Palenie wyrobów tytoniowych to bardzo niebezpieczny nałóg, który prowadzi do wielu chorób (Szeszenia – Dąbrowska i inni, 2009). Pomimo tego w badanej grupie około 42% to osoby palące. Zadowolający jest fakt, że 38,7% ankietowanych nie pali i nigdy nie paliło. Zupełnie inne wyniki uzyskały Zarzeczna-Baran i Wojdak Haasa (2007). Badani studenci Akademii Medycznej w Gdańsku to zdecydowanie osoby niepalące. Sporadycznie pali zaledwie 17%, zaś 67% to osoby, które nigdy nie paliły. W przypadku wyrobów tytoniowych, jak i alkoholu, kobiety również górują nad mężczyznami, którzy sięgają po nie zdecydowanie częściej.

Większość ankietowanych spożywa warzywa i owoce co najmniej raz w tygodniu. Niestety mężczyźni po raz kolejny wypadają gorzej, spożywają oni mniej warzyw i owoców niż kobiety. Podobny wynik uzyskała Kowalska (2010), badając zwyczajnie żywieniowe studentów Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu. Spożycie warzyw i owoców przynajmniej raz w tygodniu zadeklarowało 45% badanych studentów. Według zasad zdrowego żywienia po owoce i warzywa powinno się sięgać kilka razy dziennie, a zatem badani w większości nie stosują się do tej zasady.

Najwięcej ankietowanych spożywa mięso codziennie. Dla porównania większość przebadanych studentów z Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu (87,3%) spożywa mięso kilka razy w tygodniu. Zgodnie z piramidą zdrowego żywienia i aktywności fizycznej, mięso drobiowe należy spożywać 2–3 razy w tygodniu, a tzw. czerwone jak najrzadziej. Niestety nie uzyskano danych, jaki rodzaj mięsa preferują badani, ale i tak można stwierdzić, że jedzą go więcej, niż zalecają dietetycy.

Prawie połowa badanych spożywa nabiał codziennie, co jest zgodne z zaleceniami dietetyków (Narodowy Instytut Zdrowia Publicznego PZH – BIP 2024). W tym przypadku wyniki kobiet i mężczyzn są bardzo zbliżone.

W odżywianiu się znaczenie ma nie tylko sama żywność, ale również regularność posiłków. Ponad czterdzieści procent respondentów przyznało, że odżywia się nieregularnie (45,3% kobiet i 41,5% mężczyzn). Zbliżone wyniki uzyskał Kowalcze i inni (2015). Forma studiów i zajęcia trwające do późnych godzin zdecydowanie nie sprzyjają regularnemu spożywaniu posiłków w ciągu dnia. Nie jest to dobre dla młodego organizmu i często powoduje problemy zdrowotne układu pokarmowego.

Sen to kolejny ważny element życia. Od jego jakości i długości zależy nasze samopoczucie psychiczne i fizyczne. Badania wykazały, że prawie połowa ankietowanych studentów przeznaczona na sen w ciągu doby mniej niż 8 godzin, z czego większy odsetek to mężczyźni. Bardzo zbliżony wynik uzyskała Romanowska-Tołłoczko (2011). Ponad połowa z grupy badanych przez nią studentów poświęca na sen w ciągu doby od 6 do 8 godzin. Zalecana przez National Sleep Foundation's długość snu, dla osób w wieku 18–25 lat to czas od 7 do 9 godzin. Dopuszczalna minimalna długość snu to 6 godzin, a maksymalna to około 10/11 godzin. Ilość snu stanowczo szkodliwa dla

zdrowia dla tej grupy wiekowej to mniej niż 6 godzin oraz więcej niż 11 godzin w ciągu doby (Hirshkowitz i inni, 2015). A zatem można przypuszczać, że połowa badanych studentów WNE UWM raczej nie dosypia, co może negatywnie wpływać na ich zdrowie. Niemniej taki właśnie „stan rzeczy” kojarzy się z tzw. życiem studenckim i generalnie z okresem młodości.

Korzystanie z urządzeń elektronicznych jest w dzisiejszych czasach powszechne. Dotyczy to również badanej grupy młodzieży studenckiej. Badania wykazały, że zdecydowana większość z nich (niemal identyczna liczba kobiet jak i mężczyzn) spędza ponad 4 godziny w ciągu dnia, używając tego typu urządzeń. Dla porównania wśród studentów badanych przez Rettingier i Mróz (2016) odsetek osób poświęcających tyle godzin na korzystanie z urządzeń elektronicznych wyniósł jedynie 10%. Rozbieżność ta może wynikać przede wszystkim z różnicy czasu pomiędzy przeprowadzonymi badaniami. Obecny rozwój technologii i postęp informatyczny sprawiły, że wiele kwestii przenosi się do Internetu, zarówno jeśli chodzi o naukę w trakcie studiów i korzystanie z elektronicznych źródeł, jak i spędzanie wolnego czasu poprzez aktywność na portalach społecznościowych. Niemniej wynik uzyskany przez badanych budzi niepokój. Porównując czas spędzany przed ekranem komputera/z telefonem w rękę z czasem przeznaczanym na aktywność fizyczną, widzimy sporą rozbieżność. Badani regularnie, każdego dnia poświęcają czas (ponad cztery godziny) na bierne ruchowo korzystanie z Internetu, a nie znajdują czasu (i najpewniej chęci) na aktywność fizyczną, która powinna być stałym elementem ich planu dnia.

Wnioski

W odniesieniu do wszystkich badanych czynników można przyjąć, że kobiety częściej niż mężczyźni przestrzegają zasad zdrowego życia.

Na podstawie uzyskanych danych można stwierdzić, że z punktu widzenia szeroko rozumianego zdrowia, w badanej grupie największym „problemem” jest brak regularnej aktywności fizycznej, spożywanie alkoholu oraz palenie papierosów przez większość ankietowanych.

Bibliografia

- [1] Bandrowska-Kaim, A., Dębowska-Mróz, M., Repeć, R., 2018. Ocena zachowań komunikacyjnych uczniów szkół średnich i studentów w Radomiu. *Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe*, 19(12), 734–740.
- [2] Brodziak-Dopierała, B., Fischer, A., Ahnert, B., Bem, J., 2021. Spożycie alkoholu wśród studentów śląskich uczelni. *Medycyna Środowiskowa*, 23(1–4), 26–32.

- [3] Czapiewska, N., Robakowska, M., Słęczak, D., Robakowski, P., 2021. Aspekty stylu życia studentów studiów medycznych. Wybrane aspekty stanu zdrowia osób mieszkających na terenie Polski–przeгляд i badania. Tom, 20.
- [4] Klocek, T. S., Witek, P., Wawrzonkowski, P., Binek, A., Woźniak, N., Krzych, Ł., 2022. Styl życia studentów Śląskiego Uniwersytetu Medycznego w Katowicach w latach 2005 i 2020. In *Annales Academiae Medicae Silesiensis*. Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach (No. 76, pp. 112–117).
- [5] Kowalcze, K., Turyk, Z., Drywień, M., 2015. Wybrane zwyczaje i zachowania żywieniowe studentek dietetyki Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach. Miejsce wydania?.
- [6] Kowalska, A., 2010. Zwyczaje żywieniowe studentów Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu. *Roczniki Państwowego Zakładu Higieny*, 61(3).
- [7] Krzyżanowska, A., 2018. Formy aktywności ruchowej preferowane przez studentów uczelni warszawskich. *Turystyka i Rozwój Regionalny*, (10), 43–51.
- [8] Kubica, A., 2021. Aktualne rekomendacje dotyczące aktywności fizycznej. Interwencje z zakresu zdrowia publicznego wspierające aktywność fizyczną., Ruskowska Joanna Agnieszka, Kwaśniewska Magdalena Adres publikacji w Repozytorium URL/Publication address in Repository, 74(10), 1376–1414.
- [9] Rettingier, R., Mróz, F., 2016. Turystyka aktywna a spędzanie czasu wolnego przez studentów kierunku „Turystyka i rekreacja” wybranych szkół wyższych w Małopolsce
- [10] Romanowska-Tolłoczko, A., 2011. Styl życia studentów oceniany w kontekście zachowań zdrowotnych. *Hygeia public health*, 46(1), 89–93.
- [11] World Health Organization, 1999. Healthy living: what is a healthy lifestyle? WHO Regional Office for Europe. Copenhagen.
- [12] Zarzeczna-Baran, M., Wojdak-Haasa, E., 2007. Wiedza studentów akademii medycznej w Gdańsku o niektórych elementach stylu życia. *Probl Hig Epidemiol*, 88(1), 55–5.
- [13] Hirshkowitz M. i inni, 2015. Zalecenia dotyczące czasu snu opracowane przez National Sleep Foundation: metodologia i podsumowanie wyników. *Zdrowie snu* 1,1: 40–43.
- [14] Szeszenia-Dąbrowska, N., Dziańkowska-Zaborszczyk, M. E., Zapobiegawczej, Z. M., i Zapobiegawczej, K. M. S., & KALETA, D., 2009. Ocena wiedzy pielęgniarek na temat szkodliwości palenia tytoniu oraz umiejętności prowadzenia poradnictwa antytytoniowego.

Mateusz Sosnowy

Jakub Rydelin

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Studenckie Koło Naukowe Ratownictwa Medycznego

jakub.rydelin@student.uwm.edu.pl

Opiekun: dr inż. Ewa Kowalska

STAN WIEDZY WŚRÓD AKTYWNYCH ZAWODOWO NAUCZYCIELI I NAUCZYCIELEK SZKÓŁ PODSTAWOWYCH ORAZ PONADPODSTAWOWYCH W ZAKRESIE UDZIELANIA PIERWSZEJ POMOCY PRZEDMEDYCZNEJ

Wstęp

Pierwsza pomoc przedmedyczna [10] to działania podejmowane wobec poszkodowanej osoby, mające na celu ochronę jej zdrowia i życia do czasu przybycia specjalistycznej pomocy medycznej. Działania te obejmują czynności, takie jak ułożenie poszkodowanego w pozycji bocznej bezpieczniej czy prowadzenie resuscytacji krążeniowo-oddechowej. Łańcuch przeżycia określa w jasny i zrozumiały sposób czynności, które świadek zdarzenia powinien podjąć u poszkodowanego, u którego doszło do nagłego zatrzymania krążenia (NZK). Zgodnie z nim pierwsze trzy czynności należą do osoby niemedycznej, udzielającej pomocy przed przybyciem Zespołu Ratownictwa Medycznego (ZRM). Na ogniwa „łańcucha przeżycia” składają się następujące etapy: wczesne rozpoznanie NZK i wezwanie pomocy, wczesne rozpoczęcie resuscytacji krążeniowo-oddechowej, rozpoczęcie defibrylacji oraz wdrożenie czynności zaawansowanych zabiegów resuscytacyjnych (ALS) i opieka poresuscytacyjna. Umiejętność udzielania pierwszej pomocy przedmedycznej jest niezwykle ważna, aby uratować życie lub ograniczyć skutki wynikające z nagłego zatrzymania krążenia lub innych sytuacji zagrożenia zdrowia i życia. Zgodnie z artykułem 4 Ustawy o Państwowym Ratownictwie Medycznym [13], każdy obywatel ma obowiązek udzielenia pierwszej pomocy przedmedycznej, o ile jego własnemu życiu i zdrowiu nie zagraża niebezpieczeństwo. Odwołując się do artykułu 162 Kodeksu Karnego [14], zaniechanie udzielenia pierwszej pomocy podlega karze pozbawienia wolności do lat 3.

W Polsce do szkół podstawowych i ponadpodstawowych uczęszcza niemalże 3,3 miliona uczniów [5], natomiast w województwie warmińsko-mazurskim blisko 172 tysiące [12]. Przebywające w szkołach dzieci i młodzież narażone mogą być na różnego rodzaju sytuacje zagrażające zdrowiu lub życiu. Sprawia to, że nauczyciele powinni dysponować szeroką oraz aktualną wiedzą w zakresie pierwszej pomocy przedmedycznej, co zapewniałoby bezpieczeństwo ich uczniom.

Cel pracy

Celem pracy było zweryfikowanie stanu wiedzy wśród aktywnych zawodowo nauczycielek i nauczycieli szkół podstawowych oraz ponadpodstawowych w zakresie udzielania pierwszej pomocy przedmedycznej.

Materiał i metody

Badanie przeprowadzono w lutym 2024 roku, metodą sondażu diagnostycznego. Zastosowano autorski kwestionariusz ankiety składający się z 27 pytań jednokrotnego wyboru. Kwestionariusz zawierał 6 pytań demograficzno-społecznych oraz 19 pytań dotyczących udzielania pierwszej pomocy przedmedycznej. Dwa ostatnie pytania odnosiły się do źródeł, z jakich ankietowani czerpią wiedzę na temat pierwszej pomocy oraz znajomości lokalizacji najbliższego miejsca pracy automatycznego defibrylatora zewnętrznego (AED). Ankiety przeprowadzono wśród nauczycielek i nauczycieli szkół podstawowych oraz ponadpodstawowych na terenie Olsztyna w województwie warmińsko-mazurskim. Liczba respondentów wynosiła 185 osób, w tym 143 kobiety oraz 42 mężczyźni. Do oceny wiedzy respondentów zastosowano metodę punktową. Prawidłowej odpowiedzi przypisano 1 punkt, błędnej 0 punktów. Maksymalna do uzyskania liczba punktów wynosiła 19. Respondentów klasyfikowano zgodnie z liczbą uzyskanych punktów do czterech grup: grupa 1 (15–19 pkt) – bardzo dobry poziom wiedzy, grupa 2 (10–14 pkt) – dobry poziom wiedzy, grupa 3 (5–9 pkt) – średni poziom wiedzy oraz grupa 4 (0–4 pkt) – słaby poziom wiedzy. Ankietowani, którzy uczą matematyki, fizyki, chemii, przyrody informatyki oraz biologii zakwalifikowani zostali do grupy nauczycieli przedmiotów ścisłych. Osoby uczące innych przedmiotów niż wymienione powyżej stanowią grupę nauczycieli humanistycznych.

Wyniki

Przeprowadzone badanie pozwoliło na podział respondentów ze względu na wiek w przedziałach (20–29 lat, 30–39 lat, 40–49 lat, 50–59 lat, 60 i więcej lat), a także na

staż pracy (0–5 lat, 6–10 lat, 11–15 lat oraz 16 i więcej lat). Dane zostały zaprezentowane w tabeli 1.

Tabela 1. Wiek oraz staż pracy respondentów

Cechy populacji	Grupy	Respondenci	
		Liczba ankietowanych	Odsetek (%)
Wiek (lata)	20–29	7	4
	30–39	35	18
	40–49	66	36
	50–59	53	29
	60– ↑	24	13
Staż pracy (lata)	0–5	15	8
	6–10	18	9
	11–15	38	21
	16– ↑	114	62

Wiedza respondentów w zakresie podstawowych zabiegów resuscytacyjnych (BLS)

W przebadanej grupie 185 dydaktyków na pytanie odnoszące się do możliwości odstąpienia od oddechów ratowniczych w resuscytacji krążeniowo-oddechowej 56% (n – 104) osób zaznaczyło błędną odpowiedź, iż nie można zaniechać oddechów. Odpowiedź, która dopuszcza wyłącznie uciskane klatki piersiowej, udzieliło 43% (n – 79) ankietowanych. Większość respondentów 82% (n – 152) poprawnie wskazało, że udrożnienie dróg oddechowych powinno się odbyć poprzez zastosowanie rękoczynu czoło-żuchwa. Znaczna część ankietowanych – 68% (n – 126) dobrze sprawdzałoby oddech u osoby nieprzytomnej przez 10 sekund, 8% (n – 15) wybrało 60 sekund, 5% (n – 9) 5 sekund oraz 17% (n – 35) wskazało 30 sekund. W zagadnieniu odnoszącym się do fizjologicznej liczby oddechów na minutę u osoby dorosłej 48% (n – 89) ankietowanych prawidłowo wskazało na przedział od 12 do 18, 7% (n – 13) zaznaczyło zakres 5–15, 36% (n – 66) przedział 20–30 oraz 9% (n – 17) – 15–25. Według 68% (n – 126) respondentów jeden oddech jest wskazaniem do rozpoczęcia resuscytacji krążeniowo-oddechowej (RKO), co jest poprawną odpowiedzią. RKO przy 60 oddechach na minutę rozpoczęłoby 2% (n – 4) respondentów, a 4% (n – 7) podjęłoby się tej czynności przy 16 oddechach na minutę. 24% (n – 44) osób biorących udział w badaniu, za poprawną odpowiedź uznało 12 oddechów na minutę. W kwestii stosunku uciśnień klatki piersiowej do oddechów ratowniczych w trakcie prowadzenia RKO poszkodowanego dorosłego, 84% (n – 156) podało prawidłowy stosunek 30:2. Zdaniem 48% (n – 89) ankietowanych poprawną głębokość, na jaką powinno się uci-

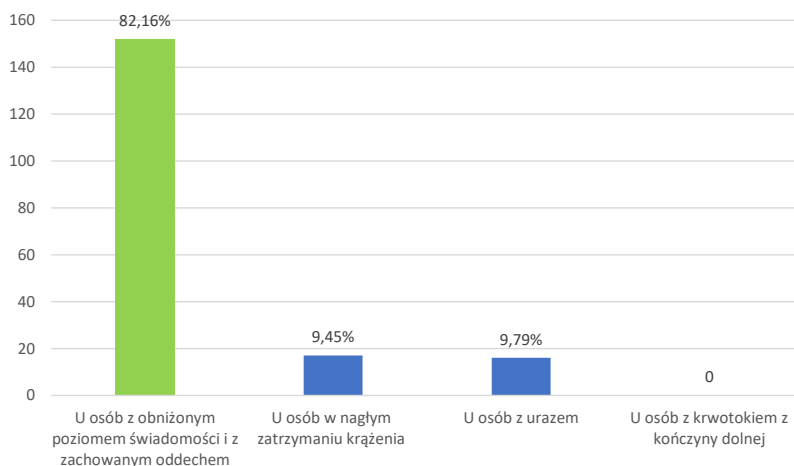
skać klatkę piersiową w RKO, to 5–6 cm, co jest prawidłową odpowiedzią, natomiast 21% (n – 39) z nich twierdzi, że prawidłowa głębokość to 3–4 cm. Kolejne 17% (n – 31) respondentów wybrało odpowiedź 4–5 oraz 15% (n – 28) – 2–3 cm. W pytaniu dotyczącym częstotliwości uciśnień klatki piersiowej, 55% (n – 102) ankietowanych zaznaczyło poprawnie, że jest to 100–120 uciśnień na minutę. W resuscytacji krążeniowo-oddechowej dziecka w wieku 5 lat, zdecydowana większość respondentów, 75% (n – 139), dobrze zastosowałaby stosunek uciśnień klatki piersiowej do oddechów ratowniczych 15:2. W przypadku RKO noworodka 88% (n – 163) badanych wykonałoby poprawnie uciśnięcia klatki dwoma palcami. Według większości ankietowanych, 57% (n – 106) wymagana jest ocena tętna na poziomie pierwszej pomocy przedmedycznej, a zdaniem 45% (n – 79) nie jest to konieczne, co jest poprawną odpowiedzią.

Wiedza ankietowanych na temat hipoglikemii

Zdecydowana większość ankietowanych 74% (n – 137) poprawnie wskazała, że hipoglikemia to obniżone stężenie glukozy we krwi, natomiast 23% (n – 42), że ta jednostka chorobowa dotyczy podwyższonego stężenia glukozy we krwi. Pozostali respondenci uznali, że hipoglikemia oznacza prawidłowy poziom glukozy we krwi. Spośród 185 ankietowanych, 86% (n – 160) osób poprawnie odpowiedziało, że charakterystycznymi objawami hipoglikemii są niepokój, nudności, ból głowy, drżenie rąk, mrowienie wokół ust, kołatanie serca, nadmierna potliwość, splątanie, utrata przytomności, a także zaburzenia mowy.

Wiedza ogólna w zakresie podstawowych czynności pierwszej pomocy przedmedycznej

Znaczna większość, 82% (n – 152), poprawnie odpowiedziało, iż pozycje boczna bezpieczną należy zastosować w przypadku osób z obniżoną świadomością oraz zachowanym oddechem. 8% (n – 16) zastosowałoby daną pozycję u osób z nagłym zatrzymaniem krążenia, a 10% (n – 17) u osób z urazem (rys. 1). W pytaniu, w którym zostały wymienione objawy obejmujące zawroty głowy, nudności, potliwość, mroczki przed oczami i uczucie zbliżającej się utraty przytomności 91% (n – 168) osób wskazało prawidłowo, że objawy te wskazują na stan przedomdleniowy. Kolejne 6% (n – 10) ankietowanych wskazało, że objawy te dotyczą reakcji alergicznej na jad owadów, zaś 4% (n – 7), że są to objawy stanu padaczkowego. Postępowaniem 90% (n – 166) ankietowanych w przypadku krwotoku z nosa byłoby pochylenie głowy do przodu, zaciśnięcie skrzydełek nosa oraz zastosowanie zimnego okładu na kark, co jest prawidłowym postępowaniem. Natomiast 10% (n – 19) zastosowałoby ciepły okład na kark, odchyliłoby głowę poszkodowanego do tyłu oraz przepłukałoby nos wodą. U poszkodowanej osoby, która doznała napadu drgawek 65% (n – 122) nauczycieli nie-



Rysunek 1 Kiedy należy zastosować pozycję boczną bezpieczną?

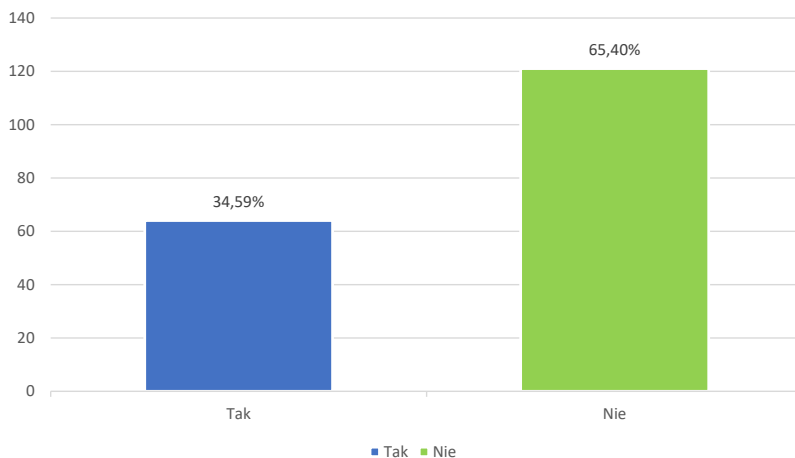
poprawnie przytrzymałoby głowę poszkodowanego lub umieściłoby w ustach poszkodowanego podłużny przedmiot czy uniosłoby kończyny dolne chorego do góry. Pozostali ankietowani, 34% (n – 63), prawidłowo wskazali, że jeśli poszkodowany znajduje się w miejscu bezpiecznym, nie należy go ruszać do momentu ustania ataku drgawek. Zdecydowana większość respondentów, czyli 94% (n – 174), w przypadku zadławienia poprawnie zastosowałoby uderzenia międzyłopatkowe oraz uciśnięcia nadbrzusza. Próbę wydobycia ciała obcego z jamy ustnej podjęłoby 4% (n – 7) ankietowanych, natomiast 1% (n – 4) podjęłaby się wykonania 5 oddechów ratowniczych.

Wiedza respondentów na temat lokalizacji najbliższego szkole automatycznego defibrylatora zewnętrznego (AED), znajomości numerów alarmowych oraz źródła posiadanej wiedzy

Większość ankietowanych, bo aż 164 osoby, zna numer na pogotowie ratunkowe. Wśród respondentów 21 osób nie wskazało poprawnego numeru. Wyniki wiedzy nauczycieli odnośnie lokalizacji najbliższego szkole AED zostały zaprezentowane na Rys. 2. Jedynie 35% (n – 64) dysponuje wiedzą, gdzie znajduje się najbliższy AED, 65% (n – 121) nie posiada takiej wiedzy. Podstawowym źródłem wiedzy w zakresie pierwszej pomocy dla badanych nauczycieli są szkolenia 45% (n – 84), a następnie internet 31,35% (n – 58), telewizja 9,47% (n – 17), książki 9,11% (n – 16) oraz praca 4,76% (n – 7).

Klasyfikacja punktowa respondentów

Według klasyfikacji, o której wspomniano w materiałach i metodach, 96 respondentów ma bardzo dobry poziom wiedzy w zakresie pierwszej pomocy przedmedycznej,



Rysunek 2 Wiedza respondentów na temat miejsca lokalizacji najbliższej szkole AED

zdobywając od 15 do 19 punktów w ankiecie. Następne 63 osoby zostały zakwalifikowane do grupy z dobrym poziomem wiedzy, uzyskując od 10 do 14 punktów. Średni poziom wiedzy wykazało 23 ankietowanych oraz 3 osoby mają słaby poziom wiedzy. Liczba respondentów, którzy udzielali kiedykolwiek pierwszej pomocy wynosi 59 (32%). Pozostali uczestnicy badania nigdy nie udzielali pierwszej pomocy. Po dokonaniu porównania w różnicy stanu wiedzy między nauczycielami przedmiotów ścisłych a humanistycznych wynosi 1% ($n = 2$).

Dyskusja

Na nauczycielach każdego dnia ciąży duża odpowiedzialność za bezpieczeństwo dzieci i młodzieży w różnym wieku. Biegłość w zakresie pierwszej pomocy przedmedycznej powinna być ogólnodostępna i regularnie odświeżana, szczególnie w szkołach. Niestety przeprowadzone badanie wykazuje, że nie wszyscy nauczyciele mają odpowiednią wiedzę w tym zakresie. Powodem tego mogą być informacje czerpane z niesprawdzonych źródeł, takich jak niepoparte badaniami naukowymi treści internetowe. Al Gharsan i Alarfaj [1] przeprowadzili w 2019 r. badania wśród nauczycieli rządowych szkół w Arabii Saudyjskiej na temat ich wiedzy w zakresie udzielania pierwszej pomocy przedmedycznej. Najczęstszym źródłem czerpania wiedzy przez nauczycieli w wyżej wymienionym badaniu były internet oraz telewizja. Wyniki ankiet przeprowadzonych wśród nauczycieli olsztyńskich szkół wykazały, że najczęściej stosowanym źródłem wiedzy dotyczącej pierwszej pomocy były obowiązkowe szkolenia BHP w miejscu pracy.

Nauczyciele mają obowiązek szkolenia się z zakresu pierwszej pomocy przedmedycznej nie rzadziej niż co 5 lat [15]. Niepraktykowana i niepowtarzana wiedza w za-

kresie pierwszej pomocy powoduje, że nauczyciele nie są pewni swojej wiedzy i boją się udzielać pomocy. Rozwiązaniem tego problemu mogłoby być wprowadzenie częstszych i regularnych szkoleń prowadzonych przez wykwalifikowanych medyków. W szkołach organizowane są spotkania z poszczególnymi grupami zawodowymi, np. policjantami, w celu edukacji. Dobrym pomysłem byłoby zorganizowanie podobnych spotkań z ratownikami medycznymi, którzy prezentowaliby, jak udzielanie pomocy wygląda w rzeczywistości, czy np. jak często zdarzają się wypadki i jaka jest ich charakterystyka. Niosłoby to korzyści zarówno dla uczniów, jak i nauczycieli.

Zdarzają się sytuacje, w których pomoc nie została udzielona lub została udzielona zbyt późno. Taka sytuacja miała miejsce pod Częstochową w 2007 roku, gdzie podczas wychowania fizycznego u uczennicy pierwszej klasy gimnazjum doszło do nagłego zatrzymania krążenia [6]. Świadcowie zdarzenia, w tym nauczyciel wychowania fizycznego, nie udzielili podstawowych zabiegów resuscytacyjnych (BLS). Poszkodowana została jedynie ułożona w pozycji bocznej bezpiecznej. W wyniku późno rozpoczętych podstawowych zabiegów resuscytacyjnych u uczennicy doszło do niedotlenienia mózgu, co skutkowało wystąpieniem encefalopatii niedokrwiennej mózgu oraz czterokończynowego niedowładu spastycznego.

Jak wskazują wyniki uzyskane przez autorów, 32% ankietowanych nigdy nie udzielało pierwszej pomocy medycznej. Zdecydowanie większy odsetek nauczycieli podejmował się tych działań w szkołach Arabii Saudyjskiej, bo aż połowa ankietowanych [1].

Według Jankowskiego [7] nagłe zatrzymanie krążenia jest to ustanie lub znaczne upośledzenie mechanicznej czynności serca, cechujące się brakiem reakcji chorego na bodźce, brakiem wyczuwalnego tętna na dużych tętnicach oraz bezdechem lub agonalnym oddechem. Ważnym aspektem jest poprawne rozpoznanie NZK. Osoba udzielająca pierwszej pomocy powinna udrożnić drogi oddechowe rękoczynem czoło-żuchwa oraz sprawdzić oddech przez 10 sekund. Jeden lub brak oddechu jest wskazaniem do rozpoczęcia resuscytacji. Na poziomie pierwszej pomocy nie jest zalecana ocena tętna, gdyż brak oddechu ostatecznie spowoduje zatrzymanie akcji serca [11]. Ankietowani w pytaniu odnoszącym się do postępowania przy NZK najczęściej odpowiadali poprawnie. Najczęstszymi przyczynami NZK wśród osób dorosłych są choroby sercowo-naczyniowe, zaś u dzieci są to: zadławienie, podduszenie czy też podtopienie [4]. Powoduje to odmienny schemat podstawowych zabiegów resuscytacyjnych we wskazanych grupach wiekowych. W przypadku osób dorosłych stosunek uciśnięć klatki piersiowej do oddechów ratowniczych wynosi 30:2. Wobec powyższego, większość ankietowanych (84%) poprawnie podjęłaby prowadzenie resuscytacji krążeniowo-oddechowej u osoby dorosłej. Stanowi to zdecydowanie lepszy wynik, niż uzyskany przez nauczycieli ankietowanych w szkołach Polski centralnej [3]. Bakalarski wskazuje, że poprawnych odpowiedzi na temat resuscytacji krążeniowo-oddechowej u dorosłych udzieliło 69% ankietowanych nauczycieli. Mechanizm zatrzymania krążenia u dzieci determinuje rozpoczęcie resuscytacji od 5 oddechów ratowniczych, a następnie schemat uciśnięć do oddechów w stosunku 15:2. Podczas RKO możliwe jest

odstąpienie od oddechów ratowniczych, w sytuacjach, gdy osoba udzielająca pomocy nie jest odpowiednio przeszkolona lub wykonanie ich jest niemożliwe [11]. Zaniechanie przystąpienia do resuscytacji krążeniowo-oddechowej niesie za sobą konsekwencje zarówno dla poszkodowanego jak i świadka zdarzenia. W wyniku długotrwałego niedotlenienia, poszkodowany może doznać trwałego uszczerbku na zdrowiu lub ponieść śmierć, a osoba, która nie udzieliła pomocy, gdy nie groziło jej niebezpieczeństwo, narażona jest na pozbawienie wolności do lat 3 [14].

W ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat na świecie odnotowano wzrost otyłości wśród dzieci i młodzieży, czego wynikiem jest zwiększona zachorowalność na cukrzycę typu II [16]. Według badań w Polsce szacuje się wzrost otyłości wśród dzieci aż o 7% na przestrzeni 15 lat [9]. Uwarunkowaniami wpływającymi na otyłość są czynniki genetyczne oraz środowiskowe. Na czynniki środowiskowe składają się między innymi zachowania rodziców w kwestii aktywności fizycznej oraz stylu żywienia. Cukrzyca jest chorobą metaboliczną charakteryzującą się podwyższonym stężeniem glukozy we krwi. Dzieli się ona na cukrzycę typu I oraz typu II. Cukrzyca typu I polega na autoimmunologicznej destrukcji komórek β trzustki, które odpowiedzialne są za wydzielanie insuliny. Typ II cukrzycy powoduje utratę zdolności komórek β do prawidłowego wydzielania insuliny, towarzyszy jej insulinooporność [8]. Cukrzyca może prowadzić do hipoglikemii, która oznacza spadek stężenia glukozy we krwi poniżej 70 mg/dl. Taki spadek stężenia glukozy może objawiać się bólem i zawrotami głowy, drżeniem mięśniowym, czy uczuciem mrowienia skóry twarzy. W przedstawionych wynikach niestety nie wszyscy wiedzieli, czym jest hipoglikemia oraz jakie są jej objawy, a ważne jest, by nauczyciele mając świadomość, który z ich uczniów choruje na cukrzycę, znali objawy hipoglikemii oraz wiedzieli, jak udzielić pomocy. W ramach pierwszej pomocy przedmedycznej, u chorego przytomnego, u którego wystąpiły objawy hipoglikemii nauczyciel powinien podać doustnie tabletki zawierające glukozę w dawce 15–20 g. Jeżeli nie posiada przy sobie tabletek z glukozą, powinien podać produkty zawierające podobną ilość cukru. Jeśli poszkodowany jest nieprzytomny, należy podać mu glukozę w postaci żelu, który zarówno wchłania się z policzka, jak i zostaje częściowo połykany. Zespół ratownictwa medycznego należy wezwać, gdy poszkodowany stracił przytomność lub jest nieprzytomny oraz kiedy stan chorego nie uległ poprawie. Każdy nauczyciel, którego uczniowie chorują na cukrzycę, powinien zapoznać się z wytycznymi dotyczącymi postępowania w przypadku hipoglikemii [18].

Zadławienie jest stanem bezpośredniego zagrożenia życia, którego przyczyną jest dostanie się ciała obcego do dróg oddechowych. Najczęściej jest nim kęs pokarmowy, lecz w przypadku dzieci mogą to być np. małe elementy zabawek. Postępowanie w zadławieniu u osób dorosłych i dzieci polega na zachęcaniu do kaszlu, wykonaniu do 5 uderzeń międzyłopatkowych, a jeżeli nie przynosi to skutku należy wykonać rękoczyn Heimlicha, czyli uciśnięcia nadbrzusza [11]. U niemowląt, w sytuacji, gdy uderzenia międzyłopatkowe nie przynoszą zamierzonych efektów, należy wykonać 5 uciśnięć klatki piersiowej [17]. W momencie, gdy osoba poszkodowana straci przytomność,

należy postępować zgodnie z schematem podstawowych zabiegów resuscytacyjnych [11]. W takim przypadku ważna jest znajomość algorytmu oraz zgodne z nim postępowanie. W przeprowadzonym badaniu duża większość nauczycieli poprawnie postąpiłaby w przypadku zadławienia u ucznia.

Zajęcia wychowania fizycznego są obciążone dużym ryzykiem wystąpienia urazów ortopedycznych, takich jak skręcenia, zwichnięcia czy złamania. Słusznym rozwiązaniem może być wyposażenie nauczycieli wychowania fizycznego w sprzęt medyczny do stabilizacji kończyn, np. szyny Kramera, ale także bandaże, kołnierz ortopedyczny czy spray chłodzący, który wykorzystywany jest do chwilowego działania przeciwbólowego. Ważne jest, aby nauczyciele wychowania fizycznego potrafili w odpowiedni sposób wykorzystać dany sprzęt. Przy złamaniu kończyny należy zastosować się do zasady Potta, czyli usztywnienie dwóch sąsiadujących stawów. Postępowanie te może zapobiec powstawaniu urazów wtórnych [2].

Wnioski

Przeprowadzone badanie wskazuje, że nauczyciele szkół podstawowych i ponadpodstawowych na terenie Olsztyna w większości wykazują się bardzo dobrą wiedzą w zakresie udzielania pierwszej pomocy przedmedycznej. Według analizy różnica w zakresie wiedzy na temat udzielania pierwszej pomocy pomiędzy nauczycielami uczącymi przedmiotów ścisłych a nauczycielami przedmiotów humanistycznych jest znikoma. Badanie ukazuje, że kobiety uzyskały większą liczbę punktów niż mężczyźni. Najlepszy wynik uzyskały kobiety w wieku 20–29, bo aż (81%).

Bibliografia

- [1] AL Gharsan M., Alarfaj I., 2019. Knowledge and practice of secondary school teachers about first aid. *J Family Med Prim Care*, 8: 1587–93 [in English] DOI: 10.4103/jfmpc.jfmpc_76_19
- [2] Alson L., R., Han K., Campbell E., J., International Trauma Life Support 2022 [in English]
- [3] Bakalarski P., 2020. Assessment of teachers' knowledge about first aid. *Crit Care Innov*, 3(1): 18–23 [in English] DOI: 10.32114/CCI.2020.3.1.18.23
- [4] Borówka A. 2015 r. Zasady resuscytacji u dzieci - różnice w zabiegach zależne od wieku dziecka – praktyczne wytyczne dla opiekunów
- [5] Edukacja w roku szkolnym 2022/2023 (wyniki wstępne), Główny Urząd Statystyczny
- [6] <https://czestochowa.wyborcza.pl/czestochowa/7,89625,23013334,sad-czestochowa-gmina-opatow-ma-placic-za-dramat-uczennicy.html> (dostęp 2024.04.19)
- [7] Jankowski M., Cebula G. 2023. Nagłe zatrzymanie krążenia. *Medycyna Praktyczna*. Pobrane z: <https://www.mp.pl/interna/chapter/B16.II.2.1>. (dostęp 2024.03.18)
- [8] Katra B. 2017. Cukrzyca typu 2. *Medycyna Praktyczna*. Pobrane z: <https://www.mp.pl/cukrzyca/cukrzyca/typ2/65891,cukrzyca-typu-2> (dostęp 2024.03.18)

- [9] Kocięba-Łaciak A. 2022. Wpływ pandemii COVID-19 na otyłość u dzieci – konieczność wdrożenia programu profilaktyki otyłości. *Pediatr Med Rodz*, 18 (2): 125–129. DOI: 10.15557/PiMR.2022.0017
- [10] Kuczyc J., Klimaszewska K. 2022. Pierwsza pomoc przedmedyczna – podstawy i zasady udzielania. W: Klimaszewska K., Krajewska-Kułak E. *Współczesne wyzwania w ochronie zdrowia*. Tom VI. 237–259
- [11] Olasveengen T.M., Semeraro F., Ristagno G., et. al., 2021. European Resuscitation Council Guidelines 2021: Basic Life Support. *Resuscitation*, 161: 98-114 [in English] DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2021.02.009>
- [12] Urząd Statystyczny w Olsztynie, Warmińsko-Mazurski Ośrodek Badań Regionalnych, Województwo Warmińsko-Mazurskie w liczbach 2022
- [13] Ustawa z dnia 8 września 2006 r. o Państwowym Ratownictwie Medycznym art. 4
- [14] Ustawa z dnia 6 czerwca 1997 r. Kodeks karny art. 162. Dz. U. 1997 Nr 88 poz. 553
- [15] Rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 27 lipca 2004 r. w sprawie szkolenia w dziedzinie bezpieczeństwa i higieny pracy - na podstawie art. 237(5) ustawy z dnia 26 czerwca 1974 r. - Kodeks pracy
- [16] Szalabska D., Jędryszek K., Grajek M., Sobczyk K., Alcer K., Działach E. 2020. Narastający problem występowania otyłości i cukrzycy wśród dzieci i młodzieży. W: Nyćkowiak J., Leśny J. *Badania i Rozwój Młodych Naukowców w Polsce. Część III*. 89–95
- [17] Van de Voorde P., Turner N.M., Djakow J., et. al., 2021. European Resuscitation Council Guidelines 2021: Paediatric Life Support. *Resuscitation*, 161: 327–387 [in English] DOI: 10.1016/j.resuscitation.2021.02.015
- [18] Zideman A. D., Singletary M. Eunice., Borra V., et. al., European Resuscitation Council Guidelines 2021: First aid. *Resuscitation*, 161: 270-290 [in English] DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2021.02.013>

Agata Studenna

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Koło Naukowe Żywienia i Profilaktyki Żywieniowej

Opiekun: dr inż. Joanna Ciborska

BADANIE ŚWIADOMOŚCI SPOŁECZNEJ NA TEMAT NIESPECYFICZNYCH ZABURZEŃ ODŻYWIANIA

Wstęp

W obliczu rosnącej liczby przypadków niespecyficznych zaburzeń odżywiania (NSZO) zrozumienie i świadomość społeczna na ten temat stają się coraz bardziej istotne. Choć tego typu zaburzenia mogą być mniej rozpoznawalne niż typowe zaburzenia odżywiania, mają znaczący wpływ na zdrowie psychiczne i fizyczne osób nimi dotkniętych. Badania nad świadomością społeczną na temat niespecyficznych zaburzeń odżywiania mogą pomóc zidentyfikować luki w wiedzy i zrozumieniu społecznym problemu oraz wyznaczyć obszary wymagające pogłębionej edukacji i wyjaśnienia. Analizując poziom wiedzy, postaw i opinii społecznych na ten temat, można lepiej zrozumieć, jak społeczeństwo postrzega te zaburzenia, jakie są powszechne przekonania i błędy oraz jakie są główne potrzeby edukacyjne. Badania te mogą także dostarczyć wskazówek dotyczących skutecznych strategii edukacyjnych i społecznych mających na celu poprawę świadomości na temat tego typu chorób oraz zmniejszenie stygmatyzacji z nimi związanej. Ponadto zrozumienie społecznej świadomości może przyczynić się do lepszego dostosowania programów profilaktycznych i interwencyjnych oraz zapewnienia wsparcia dla osób dotkniętych tymi zaburzeniami. Wraz ze wzrostem zainteresowania społecznego i naukowego tym tematem, rodzi się nadzieja na zwiększenie świadomości i zrozumienia społecznego.

Wprowadzenie do niespecyficznych zaburzeń odżywiania: definicje, objawy i wpływ społeczny

Niespecyficzne zaburzenia odżywiania (NSZO) stanowią złożoną kategorię problemów zdrowotnych, które charakteryzują się zaburzeniami w zakresie nawyków żywienio-

wych, ale nie spełniają kryteriów diagnostycznych innych zaburzeń odżywiania, takich jak anoreksja nervosa (AN) czy bulimia nervosa (BN) [11]. Pomimo ich mniejszej rozpoznawalności, NSZO mają istotny wpływ na zdrowie fizyczne i psychiczne osób nimi dotkniętych, jak również na ich funkcjonowanie społeczne. Definicje NSZO różnią się w zależności od ram diagnostycznych przyjętych w danym kontekście badawczym. Jednakże istotne cechy wspólne obejmują nieprawidłowe nawyki żywieniowe, takie jak unikanie posiłków, restrykcyjne diety czy cykle nadmiernego jedzenia i ograniczenia, które prowadzą do znacznego niepokoju i dyskomfortu psychicznego. W odróżnieniu od innych zaburzeń odżywiania NSZO często nie są oparte na lęku przed przybraniem na wadze, lecz mogą wynikać z innych czynników, takich jak kontrola emocji czy pragnienie osiągnięcia idealnego wyglądu. Objawy NSZO mogą manifestować się na różne sposoby, w tym zmianami masy ciała, zaburzeniami miesiączkowania u kobiet, osłabieniem, zmęczeniem oraz zaburzeniami emocjonalnymi, takimi jak depresja czy poczucie lęku. Istotnym aspektem NSZO jest również ich wpływ na funkcjonowanie społeczne jednostki, włączając w to ograniczenia w życiu zawodowym, społecznym i rodzinnym, izolację społeczną oraz problemy w relacjach interpersonalnych. Jednym z charakterystycznych objawów NSZO jest restrykcyjne podejście do jedzenia, manifestujące się poprzez unikanie spożywania pokarmów, kontrolowanie kaloryczności posiłków, wykluczanie konkretnych grup produktów żywnościowych lub stosowanie rygorystycznych diet. Tego rodzaju restrykcje żywieniowe mogą prowadzić do niedoborów pokarmowych, zaburzeń gospodarki elektrolitowej oraz deficytów składników odżywczych, co negatywnie wpływa na funkcjonowanie organizmu [11]. Kolejnym powszechnym objawem NSZO są tzw. „epizody objadania się”, które charakteryzują się nadmiernym spożyciem pokarmu w krótkim czasie, często towarzyszącym uczuciu braku kontroli nad jedzeniem. Po takich epizodach może następować uczucie winy, wstydu czy lęku przed przybraniem na wadze, co prowadzi do podjęcia kompensacyjnych zachowań, takich jak wymiotowanie, nadmierna aktywność fizyczna czy stosowanie środków farmakologicznych. Dodatkowo NSZO mogą manifestować się poprzez zaburzenia percepcji ciała, które objawiają się zniekształconym lub nieprawidłowym obrazem własnego ciała. Jednostki dotknięte NSZO mogą przeceniać swoją wagę, widząc siebie jako zbyt grube nawet przy niskim wskaźniku masy ciała, co prowadzi do niezadowolenia z wyglądu oraz zaburzeń funkcjonowania społecznego i emocjonalnego. Nie można także pominąć wpływu NSZO na funkcjonowanie psychiczne jednostki, które objawiać się może w postaci zaburzeń nastroju, depresji, lęku czy izolacji społecznej. Te objawy mogą być rezultatem kompleksowych mechanizmów psychologicznych związanych z NSZO, takich jak poczucie braku kontroli, niezadowolenie z wyglądu czy niskie poczucie własnej wartości. Osoby dotknięte NSZO często doświadczają zaburzeń nastroju, które mogą się przejawiać w postaci depresji, uczucia smutku, bezradności czy apatii. Te emocje mogą być związane z poczuciem niezadowolenia z wyglądu, niskiej samooceny oraz trudnościami związanymi z kontrolą nad jedzeniem. Osoby z NSZO często doświadczają silnych uczuć lęku,

związanego z obawą przed przybraniem na wadze, utratą kontroli nad jedzeniem czy odrzuceniem społecznym. Te obawy mogą prowadzić do zachowań unikających spożywania pokarmu, nadmiernej aktywności fizycznej oraz izolacji społecznej. Jednym z charakterystycznych objawów NSZO jest zniekształcony lub nieprawidłowy obraz własnego ciała, który prowadzi do nieustającego niezadowolenia z wyglądu oraz do podejmowania ekstremalnych działań w celu zmiany swojego ciała. NSZO często prowadzi do izolacji społecznej, gdyż osoby dotknięte tymi zaburzeniami mogą unikać spotkań towarzyskich, posiłków w grupie oraz innych aktywności społecznych związanych z jedzeniem. To zjawisko może prowadzić do pogłębiania się problemu, gdyż izolacja może zwiększać uczucie samotności i obniżać jakość życia [11]. Zrozumienie i identyfikacja tych objawów psychologicznych NSZO są kluczowe dla skutecznego diagnozowania, leczenia i wsparcia osób dotkniętych tymi zaburzeniami. Warto również podkreślić, że odpowiednie wsparcie psychologiczne może odegrać istotną rolę w procesie zdrowienia dla osób zmagających się z NSZO.

Jednocześnie nie można pominąć wpływu społecznego NSZO na jednostki dotknięte tymi zaburzeniami. Zmiany wagi ciała, zaburzenia miesiączkowania u kobiet, osłabienie, zmęczenie oraz problemy emocjonalne, takie jak depresja czy lęk, stanowią częste objawy NSZO, które mogą znacząco wpływać na funkcjonowanie społeczne jednostki. Ograniczenia w życiu zawodowym, społecznym i rodzinnym, izolacja społeczna oraz trudności w relacjach interpersonalnych mogą pogłębiać cierpienie osób zmagających się z NSZO [11]. NSZO mogą również wpływać na życie zawodowe i edukacyjne jednostki, ponieważ mogą prowadzić do zmniejszenia wydajności pracy, braku skupienia, zmniejszenia energii oraz trudności w koncentracji. Osoby zmagające się z NSZO mogą również doświadczać trudności w utrzymaniu regularnych obowiązków zawodowych lub szkolnych z powodu częstych myśli i obaw związanych z jedzeniem i kontrolą wagi. Jednym z najbardziej dotkliwych aspektów społecznego funkcjonowania osób z NSZO jest stygmatyzacja i społeczne odrzucenie. Osoby zmagające się z tymi zaburzeniami mogą doświadczać uprzedzeń, niezrozumienia i wykluczenia ze strony otoczenia społecznego, co może prowadzić do pogłębienia problemu oraz utrudnić im uzyskanie wsparcia i pomocy. Społeczne funkcjonowanie osób z NSZO może być znacząco zakłócone ze względu na negatywne skutki tych zaburzeń w relacjach interpersonalnych, życiu zawodowym oraz aktywnościach społecznych. W związku z tym istotne jest zrozumienie tych wyzwań społecznych oraz zapewnienie odpowiedniego wsparcia i pomocy dla osób dotkniętych NSZO, aby mogły one skutecznie radzić sobie z tymi trudnościami i powrócić do zdrowia społecznego [11].

Diagnostyka NSZO

Diagnostyka niespecyficznych zaburzeń odżywiania (NSZO) jest procesem złożonym, który wymaga uwzględnienia różnorodnych czynników, w tym objawów fizycznych,

psychologicznych i społecznych. Diagnostyka NSZO zaczyna się od szczegółowego wywiadu oraz oceny klinicznej przeprowadzanej przez specjalistę, takiego jak lekarz psychiatra, psycholog kliniczny czy terapeuta. W trakcie wywiadu istotne jest zebranie informacji dotyczących historii zaburzeń odżywiania, objawów fizycznych i psychicznych, czynników wyzwalających oraz skutków tych objawów w życiu codziennym pacjenta. Istotnym etapem diagnostyki NSZO jest ocena spełnienia kryteriów diagnostycznych ustalonych przez klasyfikacje medyczne, takie jak DSM-5 (Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders) lub ICD-10 (International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems). Kryteria te obejmują specyficzne objawy zaburzeń odżywiania, takie jak restrykcyjne nawyki żywieniowe, nadmierny wysiłek fizyczny, zaburzenia wagi ciała oraz zaburzenia percepcji ciała. W celu diagnozy NSZO istotne jest przeprowadzenie kompleksowej oceny objawów fizycznych, takich jak zmiany wagi ciała, zaburzenia miesiączkowania u kobiet, niedobory składników odżywczych, zaburzenia elektrolitowe oraz inne powikłania zdrowotne związane z ograniczonym spożyciem pokarmu. Diagnostyka NSZO wymaga również oceny objawów psychologicznych, takich jak zaburzenia nastroju, lęki, obsesyjne myśli na temat jedzenia i wagi ciała, zniekształcony obraz ciała oraz trudności w funkcjonowaniu społecznym i zawodowym. Badania psychologiczne, kwestionariusze samooceny oraz wywiad z bliskimi mogą być przydatne w identyfikacji tych objawów. Istotnym elementem diagnostyki NSZO jest wykluczenie innych przyczyn zaburzeń odżywiania, takich jak anoreksja nervosa, bulimia nervosa, zaburzenia psychiczne czy choroby fizyczne, które mogą mieć podobne objawy. Diagnostyka NSZO często wymaga współpracy z zespołem specjalistów, takich jak lekarze, psycholodzy, dietetycy, psychodietetycy oraz pielęgniarki. Integracja różnych perspektyw i umiejętności może pomóc w pełniejszym zrozumieniu problemu oraz w zapewnieniu kompleksowej opieki dla pacjenta. Diagnostyka niespecyficznych zaburzeń odżywiania jest procesem złożonym, który wymaga uwzględnienia wielu czynników, w tym objawów fizycznych, psychologicznych, społecznych oraz kontekstu życiowego pacjenta. Właściwa diagnoza jest kluczowa dla skutecznego leczenia i wsparcia osób dotkniętych NSZO, dlatego też istotne jest przeprowadzenie kompleksowej oceny klinicznej przez doświadczonych specjalistów. Diagnostyka niespecyficznych zaburzeń odżywiania (NSZO) może być trudna z wielu powodów, które obejmują zarówno czynniki związane z samym pacjentem, jak i czynniki związane z procesem diagnozy. Objawy NSZO mogą być subtelne i zmienne, co sprawia, że mogą być trudne do zidentyfikowania i interpretacji. Osoby dotknięte NSZO mogą próbować ukryć swoje zachowania związane z jedzeniem i kontrolą wagi, co utrudnia dokładną ocenę objawów przez specjalistów. NSZO mogą manifestować się na wiele różnych sposobów, co sprawia, że nie ma jednoznacznych kryteriów diagnostycznych. Ponadto objawy NSZO mogą się nakładać na objawy innych zaburzeń psychicznych lub fizycznych, co dodatkowo komplikuje proces diagnozy. W przeciwieństwie do bardziej znanych zaburzeń odżywiania, takich jak anoreksja nervosa czy bulimia nervosa, NSZO nie mają jednoznacznych kryteriów diagnostycznych. Istnieją

różne definicje i ramy diagnostyczne NSZO, co może prowadzić do różnic w diagnozowaniu i klasyfikacji tych zaburzeń. NSZO są mniej znane i mniej rozpoznawane niż inne zaburzenia odżywiania, co może prowadzić do opóźnionej diagnozy i leczenia. Brak świadomości społecznej na temat NSZO może sprawić, że osoby dotknięte tymi zaburzeniami nie otrzymają odpowiedniej pomocy i wsparcia w odpowiednim czasie. Zaburzenia odżywiania, w tym NSZO, są często obarczone stygmatem społecznym, co może prowadzić do oporu ze strony pacjentów wobec diagnozy i leczenia. Osoby zmagające się z NSZO mogą unikać szukania pomocy ze strachu przed oceną i stygmatyzacją ze strony innych. Diagnoza niespecyficznych zaburzeń odżywiania może być trudna z powodu skomplikowanej natury objawów, zróżnicowanych prezentacji klinicznych, braku jednolitych kryteriów diagnostycznych, niskiej świadomości społecznej oraz stygmatyzacji. Właściwe zrozumienie tych wyzwań może pomóc w doskonaleniu procesów diagnozy i leczenia NSZO oraz w zapewnieniu odpowiedniej pomocy dla osób dotkniętych tymi zaburzeniami.

Czynniki predysponujące do zachorowania na NSZO

Omówienie czynników predysponujących do niespecyficznych zaburzeń odżywiania (NSZO) wymaga uwzględnienia zarówno czynników genetycznych, biologicznych, jak i psychospołecznych. Badania wskazują na istnienie pewnego stopnia dziedziczności zaburzeń odżywiania. Osoby mające krewnych pierwszego stopnia z historią zaburzeń odżywiania, takich jak anoreksja nervosa czy bulimia nervosa, mogą być bardziej narażone na rozwój NSZO. Czynniki genetyczne mogą wpływać na skłonność do perfekcjonizmu, kontrolowania wagi oraz na występowanie zaburzeń nastroju, co z kolei może predysponować do NSZO. Istnieją również biologiczne czynniki ryzyka związane z funkcjonowaniem układu nerwowego, układu hormonalnego oraz układu pokarmowego, które mogą predysponować do NSZO. Na przykład, zmiany w poziomach neuroprzekaźników, takich jak serotonina czy dopamina, mogą wpływać na regulację nastroju oraz na kontrolę apetytu i jedzenia, co może zwiększać ryzyko wystąpienia NSZO. Czynniki psychologiczne, takie jak niskie poczucie własnej wartości, perfekcjonizm, lęk, depresja, trudności emocjonalne czy przeżycia traumatyczne, mogą stanowić istotne predyspozycje do NSZO. Osoby o niższym poczuciu własnej wartości mogą szukać potwierdzenia i kontroli poprzez jedzenie i kontrolę wagi, co może prowadzić do rozwoju zaburzeń odżywiania. Presja społeczna związana z nierealistycznymi standardami piękna, medialne promowanie szczupłej sylwetki oraz nadmierne zainteresowanie wyglądem ciała mogą predysponować do rozwoju NSZO. Dodatkowo doświadczanie przemocy, zaniedbania lub przemoc emocjonalna w dzieciństwie może zwiększać ryzyko wystąpienia zaburzeń odżywiania w późniejszym życiu. Środowisko, w którym jednostka się rozwija, może mieć istotny wpływ na ryzyko wystąpienia NSZO. Na przykład, stresujące wydarzenia życiowe, zmiany życiowe, trudności

rodzinne czy presja rówieśnicza mogą stanowić czynniki ryzyka dla rozwoju NSZO. Rozpoznanie i zrozumienie czynników predysponujących do niespecyficznego zaburzenia odżywiania jest istotne dla skutecznej prewencji, diagnozowania i leczenia tych zaburzeń. Właściwa ocena i identyfikacja tych czynników może pomóc we wskazaniu osób narażonych na ryzyko wystąpienia NSZO oraz w opracowaniu odpowiednich strategii prewencyjnych i interwencyjnych.

Leczenie NSZO

Leczenie niespecyficznego zaburzenia odżywiania (NSZO) obejmuje kompleksowy i wieloaspektowy proces, który wymaga integracji różnych metod terapeutycznych oraz wsparcia zarówno fizycznego, jak i psychologicznego. Pierwszym krokiem w leczeniu NSZO jest dokładna ocena stanu pacjenta, która obejmuje zarówno ocenę fizyczną, jak i psychologiczną. Ocena fizyczna ma na celu zidentyfikowanie ewentualnych powikłań zdrowotnych związanych z zaburzeniami odżywiania, takich jak niedobory składników odżywczych, zaburzenia elektrolitowe czy osłabienie organizmu. Ocena psychologiczna ma na celu zidentyfikowanie czynników psychologicznych i społecznych przyczyniających się do zaburzeń odżywiania oraz identyfikację ewentualnych zaburzeń współwystępujących, takich jak depresja, lęki czy zaburzenia osobowości. W przypadku NSZO istotne jest zapewnienie pacjentowi odpowiedniej opieki medycznej w celu stabilizacji stanu zdrowia fizycznego. Obejmuje to monitorowanie wagi ciała, monitorowanie parametrów fizjologicznych, leczenie powikłań zdrowotnych oraz przywracanie równowagi elektrolitowej i odżywczej. Terapia żywieniowa jest kluczowym elementem leczenia NSZO i polega na przywracaniu zdrowych nawyków żywieniowych, poprawie stosunku do jedzenia oraz nauczaniu umiejętności zdrowego odżywiania. Terapeuci żywieniowi wspierają pacjentów w opracowaniu zrównoważonych planów żywieniowych, edukując ich na temat roli różnych składników odżywczych, pokazując zdrowe strategie radzenia sobie z emocjonalnym jedzeniem oraz pomagając w przezwyciężaniu lęków związanych z jedzeniem. Terapia behawioralna ma na celu zmianę niezdrowych wzorców myślenia, przekonań i zachowań związanych z jedzeniem i kontrolą wagi. Obejmuje ona techniki poznawczo-behawioralne, takie jak trening umiejętności radzenia sobie z trudnymi emocjami, terapię poznawczo-behawioralną oraz terapię poznawczą zorientowaną na ciało. Terapia behawioralna pomaga pacjentom w identyfikacji i zmianie negatywnych myśli i przekonań związanych z jedzeniem, kontrolą wagi i wyglądem, co prowadzi do poprawy zdrowia psychicznego i fizycznego. Wsparcie społeczne odgrywa istotną rolę w procesie leczenia NSZO, ponieważ zapewnia pacjentom zrozumienie i akceptację ze strony bliskich oraz innych osób zmagających się z podobnymi problemami. Wsparcie społeczne może obejmować udział w grupach wsparcia, terapii rodzinnej oraz wsparcie ze strony przyjaciół, partnera życiowego i innych bliskich osób. W niektórych przypadkach NSZO może być

konieczne zastosowanie farmakoterapii, zwłaszcza w przypadku współistniejących zaburzeń psychicznych, takich jak depresja, lęki czy zaburzenia obsesyjno-kompulsywne. Leki mogą być stosowane w celu złagodzenia objawów depresji, lęków, zaburzeń snu oraz kontroli impulsywnych zachowań. Terapia psychoedukacyjna ma na celu zwiększenie świadomości pacjentów na temat zaburzeń odżywiania, poprawę zrozumienia przyczyn i mechanizmów tych zaburzeń oraz przekazanie praktycznych umiejętności radzenia sobie z nimi. Obejmuje ona edukację na temat zdrowego stylu życia, roli emocji w jedzeniu, znaczenia regularnych posiłków oraz technik radzenia sobie ze stresem i trudnymi emocjami. Istotne jest zapewnienie pacjentowi kontynuacji opieki i wsparcia po zakończeniu aktywnego leczenia NSZO. Regularne kontrole lekarskie, terapia grupowa, grupy wsparcia oraz wsparcie ze strony bliskich mogą pomóc w utrzymaniu zdrowego stylu życia i zapobieganiu nawrotom zaburzeń odżywiania.

Leczenie niespecyficznych zaburzeń odżywiania (NSZO) stanowi wyzwanie dla osób dotkniętych tymi zaburzeniami oraz dla specjalistów zajmujących się ich terapią. Choć znaczenie diagnozy i leczenia NSZO jest coraz bardziej uznawane, to jednak proces terapeutyczny napotyka na szereg trudności, które utrudniają skuteczną interwencję. NSZO mają wieloaspektowy charakter, wynikający z interakcji różnych czynników biologicznych, psychologicznych i społecznych. Ich złożoność sprawia, że terapeuci muszą przyjmować holistyczne podejście do leczenia, uwzględniając zarówno aspekty fizyczne, jak i psychologiczne problemu. Osoby dotknięte NSZO często nie zdają sobie sprawy z powagi swojego stanu zdrowia lub nie akceptują diagnozy. Negacja objawów lub niechęć do leczenia mogą prowadzić do oporu wobec terapii oraz uniemożliwiać skuteczne leczenie. Zmiana niezdrowych wzorców żywieniowych i myślenia związanych z jedzeniem wymaga silnej motywacji oraz zaangażowania ze strony pacjenta. Jednakże osoby z NSZO często mają trudności w zaakceptowaniu potrzeby zmiany oraz utrzymania motywacji do kontynuowania terapii. Objawy NSZO mogą być zmienne i podlegać cyklicznym zmianom, co utrudnia ocenę postępów terapeutycznych oraz podejmowanie odpowiednich decyzji terapeutycznych. Pacjenci mogą doświadczać nawrotów objawów, co wymaga ciągłej modyfikacji strategii terapeutycznych. NSZO często współwystępują z innymi zaburzeniami psychicznymi, takimi jak depresja, lęki czy zaburzenia osobowości. Współistnienie tych problemów komplikuje proces terapeutyczny i może wymagać zindywidualizowanego podejścia do każdego pacjenta. Terapeuci mogą napotykać trudności w nawiązywaniu relacji terapeutycznej z pacjentami dotkniętymi NSZO. Pacjenci mogą być nieufni wobec osób trzecich lub mieć trudności w otwieraniu się, co utrudnia budowanie zaufania i efektywną komunikację. Społeczne i kulturowe normy dotyczące wyglądu ciała mogą wpływać na oczekiwania wobec pacjentów z NSZO oraz na ich samopoczucie. Presja społeczna może utrudniać proces akceptacji własnego ciała i zmiany szkodliwych wzorców zachowań. Zrozumienie tych trudności jest kluczowe dla skutecznego leczenia NSZO i opracowania odpowiednich strategii terapeutycznych, które uwzględniają specyficzne potrzeby i wyzwania pacjentów dotkniętych tymi zaburzeniami[12].

Mity i stereotypy o NSZO

Niespecyficzne zaburzenia odżywiania (NSZO) są otoczone wieloma mitami i stereotypami, które mogą utrudniać zrozumienie problemu oraz skuteczne diagnozowanie i leczenie. Te błędne przekonania wpływają zarówno na postrzeganie osób dotkniętych tymi zaburzeniami przez społeczeństwo, jak i na samych pacjentów. Jednym z najczęstszych mitów jest przekonanie, że NSZO to niepoważny problem. W rzeczywistości te zaburzenia mogą mieć poważny wpływ na zdrowie fizyczne i psychiczne jednostki. Pomimo że nie spełniają wszystkich kryteriów diagnostycznych bardziej znanych zaburzeń, takich jak anoreksja czy bulimia, konsekwencje NSZO mogą być równie poważne. Osoby dotknięte tymi zaburzeniami mogą doświadczać problemów zdrowotnych, takich jak niedożywienie, zaburzenia elektrolitowe, a także poważnych problemów psychologicznych, w tym depresji i lęków. Innym powszechnym mitem jest przekonanie, że zaburzenia odżywiania dotyczą wyłącznie młodych kobiet. Chociaż młode kobiety są często diagnozowane z zaburzeniami odżywiania, NSZO mogą dotyczyć osoby w każdym wieku, niezależnie od płci, statusu społecznego czy pochodzenia etnicznego [13]. Mężczyźni, dzieci, osoby starsze i osoby z różnych grup etnicznych również mogą cierpieć na te zaburzenia, co jest często pomijane ze względu na dominujące stereotypy. Wiele osób wierzy, że zaburzenia odżywiania wynikają wyłącznie z dążenia do szczupłej sylwetki. Choć presja społeczna i kulturowe ideały piękna mogą przyczyniać się do rozwoju NSZO, przyczyny tych zaburzeń są złożone i wieloczynnikowe. Czynniki genetyczne, biologiczne, psychologiczne, takie jak niska samoocena czy traumatyczne doświadczenia, oraz społeczne, takie jak presja rówieśnicza i wpływ mediów, odgrywają istotną rolę w ich rozwoju. Stereotyp, że osoby z NSZO zawsze są bardzo szczupłe, również nie oddaje rzeczywistości. NSZO mogą występować u osób o różnej masie ciała. Niektóre osoby z NSZO mogą być szczupłe, inne mogą mieć wagę w normie lub nawet nadwagę. Wygląd zewnętrzny nie jest jednoznacznym wskaźnikiem obecności zaburzeń odżywiania, co utrudnia diagnozę opartą wyłącznie na obserwacji fizycznej [11,14]. Kolejnym błędnym przekonaniem jest to, że zaburzenia odżywiania są wyborem stylu życia. W rzeczywistości NSZO są poważnymi zaburzeniami psychicznymi, a osoby nimi dotknięte potrzebują specjalistycznej pomocy i wsparcia. Nie jest to wybór, lecz stan wymagający interwencji medycznej i terapeutycznej. [8,9] Wielu ludzi uważa, że terapia NSZO jest szybka i prosta. Leczenie tych zaburzeń jest jednak procesem złożonym i długotrwałym, wymagającym zintegrowanego podejścia obejmującego terapię psychologiczną, wsparcie żywieniowe oraz często farmakoterapię. Terapia wymaga czasu, zaangażowania i współpracy zarówno ze strony pacjenta, jak i zespołu terapeutycznego. Inny mit głosi, że można wyzdrowieć z NSZO bez pomocy specjalistów. Samodzielne wyzdrowienie jest jednak niezwykle trudne i rzadko możliwe. Profesjonalna pomoc jest kluczowa dla skutecznego leczenia, a wsparcie specjalistów, takich jak psychoterapeuci, dietetycy i lekarze, jest niezbędne do uzyskania trwałych rezultatów. Wreszcie istnieje przekonanie, że NSZO

są zawsze widoczne. NSZO mogą być niewidoczne na pierwszy rzut oka, ponieważ osoby cierpiące na te zaburzenia mogą ukrywać swoje objawy i nie ujawniać swojego stanu zdrowia, co sprawia, że zaburzenia te mogą pozostawać niezauważone przez otoczenie. Rozumienie i dekonstruowanie tych mitów i stereotypów jest kluczowe dla poprawy świadomości społecznej na temat NSZO, co może przyczynić się do lepszego wsparcia osób dotkniętych tymi zaburzeniami oraz skuteczniejszego leczenia [10, 15].

Rola mediów społecznościowych w kontekście NSZO

Media społecznościowe odgrywają coraz większą rolę w życiu codziennym wielu ludzi, wpływając na różne aspekty ich zdrowia psychicznego, w tym na zachowania i postępowanie związane z jedzeniem. W kontekście niespecyficznych zaburzeń odżywiania (NSZO), media społecznościowe mogą mieć zarówno pozytywne, jak i negatywne skutki. [12, 13] Media społecznościowe często promują nierealistyczne i nieosiągalne standardy piękna poprzez filtry, edytowane zdjęcia i treści prezentujące wyidealizowane sylwetki. Tego rodzaju treści mogą prowadzić do porównywania się z innymi, co z kolei może powodować niską samoocenę, niezadowolenie z własnego ciała oraz zwiększać ryzyko rozwoju NSZO. Na platformach, takich jak Instagram czy TikTok, często promowane są diety i plany ćwiczeń, które mogą być ekstremalne lub niezdrowe. Influencerzy i celebryci mogą propagować restrykcyjne diety jako sposób na osiągnięcie „idealnej” sylwetki, co może prowadzić do naśladowania tych niezdrowych wzorców przez użytkowników. Hasła i obrazki związane z „fitspiration” (motywacją do bycia fit) mogą również wywoływać presję, aby osiągnąć określoną formę fizyczną, co często wiąże się z nadmiernym wysiłkiem fizycznym i restrykcyjnymi nawykami żywieniowymi [1]. To zjawisko może być szczególnie szkodliwe dla osób już predysponowanych do zaburzeń odżywiania. Grupy i społeczności online mogą nieświadomie wspierać i wzmacniać niezdrowe zachowania, takie jak nadmierne liczenie kalorii, kompulsywne ćwiczenia czy wycofywanie się z życia społecznego w celu kontrolowania wagi. Fora internetowe i zamknięte grupy mogą promować tzw. „pro-ana” (pro-anoreksja) i „pro-mia” (pro-bulimia) treści, co jest szczególnie niebezpieczne [16, 13].

Należy jednakże pamiętać o pozytywnym aspekcie mediów społecznościowych. Media społecznościowe mogą służyć jako platforma do edukacji na temat zdrowego odżywiania, akceptacji ciała i rozpoznawania zaburzeń odżywiania. Specjaliści z zakresu zdrowia, organizacje pozarządowe i osoby, które przeżyły zaburzenia odżywiania, mogą dzielić się swoją wiedzą i doświadczeniem wspierając innych. Osoby dotknięte NSZO mogą znaleźć wsparcie i zrozumienie w grupach online i społecznościach internetowych. Takie grupy mogą oferować emocjonalne wsparcie, dzielić się poradami dotyczącymi zdrowia psychicznego oraz wspierać w procesie zdrowienia [5]. Kampanie w mediach społecznościowych mogą promować pozytywne podejście do ciała, zdrowe nawyki żywieniowe oraz zachęcać do szukania pomocy w przypadku

problemów związanych z odżywianiem. Hashtagi i akcje społeczne mogą mobilizować społeczność do wspólnego działania i zwiększania świadomości na temat NSZO. Media społecznościowe ułatwiają dostęp do specjalistów z zakresu zdrowia psychicznego i dietetyki. Wielu profesjonalistów prowadzi profile na platformach, takich jak Instagram, YouTube czy TikTok, oferując wartościowe informacje, porady oraz wsparcie dla osób zmagających się z NSZO. Rola mediów społecznościowych w kontekście niespecyficznych zaburzeń odżywiania jest złożona i dwojaka. Choć mogą one promować nierealistyczne standardy piękna i wzmacniać niezdrowe zachowania, mają również potencjał do edukacji, wsparcia i promowania zdrowych nawyków[7]. Kluczowe jest zrozumienie tych dynamik oraz podejmowanie świadomych działań, zarówno przez użytkowników, jak i twórców treści, aby minimalizować negatywne skutki i maksymalizować pozytywne wpływy mediów społecznościowych na zdrowie psychiczne i fizyczne społeczeństwa[3, 2].

Cel i metodyka pracy

Celem pracy było przeprowadzenie oraz analiza badań dotyczących świadomości społecznej na temat NSZO. Badania przeprowadzone zostały drogą internetową, za pomocą platformy GOOGLE FORMS. Jako narzędzie diagnostyczne wykorzystano autorski kwestionariusz. Charakterystyka grupy objętej badaniem została przedstawiona poniżej (Tab. 1).

Tabela 1. Charakterystyka wiekowa badanej grupy

Wiek	Liczba osób	% Udział
18-26 lat	55	67,9%
27-35 lat	5	6,2%
36-50 lat	17	21%
>50 lat	4	4,9%

Źródło: opracowanie własne

Tabela 2. Podział badanej grupy pod względem płci

Płeć	Liczba osób	% Udział
Kobieta	73	90,1%
Mężczyzna	7	8,6%
Osoba niebinarna	1	1,2%

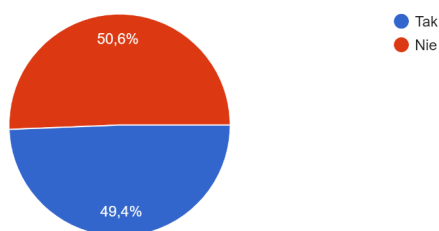
Źródło: opracowanie własne

Wyniki i dyskusja

W tabeli 2 przedstawiono procentowy udział poszczególnych płci w badanej grupie. Odnotowano znaczącą przewagę kobiet. Kobiety są statystycznie bardziej narażone na zaburzenia odżywiania niż mężczyźni. To może wpływać na ich większe zainteresowanie tematyką i chęć uczestniczenia w badaniach dotyczących świadomości na ten temat. Kobiety mogą być bardziej skłonne do uczestniczenia w ankietach i dzielenia się swoimi doświadczeniami związanymi z zaburzeniami odżywiania. Kobiety częściej mówią o swoich problemach zdrowotnych, co mogło przyczynić się do wyższej liczby respondentek. Media i kultura popularna często przedstawiają zaburzenia odżywiania jako problem, który dotyczy głównie kobiet. To może wpływać na to, kto decyduje się uczestniczyć w badaniach na ten temat i kto czuje się zobowiązany do podzielenia się swoją wiedzą i doświadczeniami.

Czy spotkałeś/aś się z terminem " niespecyficzne zaburzenia odżywiania"?

81 odpowiedzi

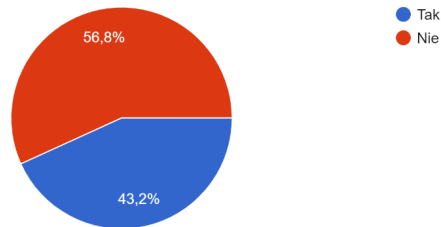


Rysunek 1. Czy spotkałeś/aś się z terminem " niespecyficzne zaburzenia odżywiania"?

Na powyższym wykresie przedstawiono rozkład odpowiedzi na pytanie "Czy spotkałeś/aś się z terminem " niespecyficzne zaburzenia odżywiania" ?(Rys. 1) Rezultat 50,6% respondentów nieznających tego terminu może wynikać z niedostatecznej edukacji na temat różnych rodzajów zaburzeń odżywiania. Podczas gdy anoreksja i bulimia są szeroko znane, NSZO często nie są omawiane w mediach i programach edukacyjnych. Edukacja zdrowotna i kampanie społeczne zazwyczaj koncentrują się na bardziej rozpoznawalnych zaburzeniach, takich jak anoreksja i bulimia, co prowadzi do mniejszej świadomości na temat NSZO. To zjawisko może sprawiać, że osoby z niespecyficznymi zaburzeniami odżywiania pozostają niezdiagnozowane lub są źle zrozumiane. Niski poziom świadomości na temat niespecyficznych zaburzeń odżywiania wskazuje na potrzebę zwiększenia edukacji i informacji na ten temat. Kampanie informacyjne powinny być bardziej wszechstronne i uwzględniać różnorodność form zaburzeń odżywiania, aby lepiej edukować społeczeństwo [3, 1].

Kolejne pytanie, z jakim mierzyli się respondenci brzmiało: "Czy potrafisz nazwać co najmniej dwa rodzaje NSZO?" Niespełna 57% osób udzieliło odpowiedzi przeczącej

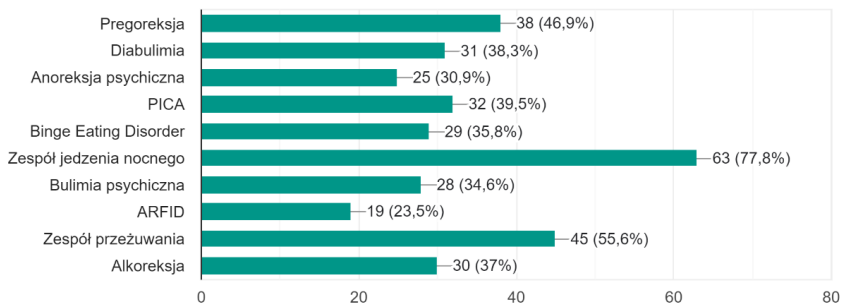
Czy potrafisz nazwać co najmniej dwa rodzaje niespecyficznych zaburzeń odżywiania?
81 odpowiedzi



Rysunek 2. Czy potrafisz nazwać co najmniej dwa rodzaje niespecyficznych zaburzeń odżywiania?

(Rys. 2). Tak wysoki odsetek negatywnych odpowiedzi może świadczyć o niskim poziomie świadomości ankietowanych na temat niespecyficznych zaburzeń odżywiania. Zjawisko to jest wypadkową wielu różnorodnych czynników. Jednym z nich może być brak edukacji na temat zdrowia psychicznego, zarówno na poziomie szkół podstawowych, ponadpodstawowych, jak i uczelni wyższych. Kolejnym czynnikiem mogącym wpływać na brak znajomości NSZO przez społeczeństwo jest trudność w zrozumieniu mechanizmów ZO (zaburzeń odżywiania). Niespecyficzne zaburzenia odżywiania mogą być trudniejsze do zrozumienia, ponieważ obejmują szeroki zakres objawów, które nie pasują do konkretnych kategorii [4, 5].

Które z poniższych zaburzeń możemy zaliczyć do grupy niespecyficznych zaburzeń odżywiania
81 odpowiedzi



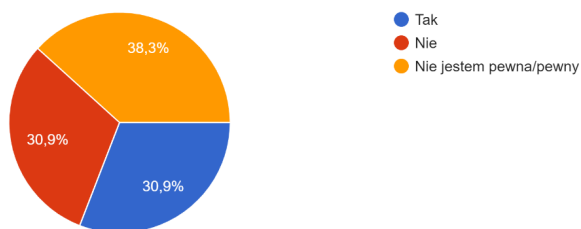
Rysunek 3. Które z poniższych zaburzeń możemy zaliczyć do grupy niespecyficznych zaburzeń odżywiania

Na powyższym wykresie zilustrowano rozkład odpowiedzi na pytanie: „Które z poniższych zaburzeń możemy zaliczyć do grupy niespecyficznych zaburzeń odżywiania?” Największy odsetek ankietowanych wskazało na odpowiedź: zespół jedze-

nia nocnego oraz zespół przeżuwania. Najmniej odpowiedzi zanotowano przy takich NSZO, jak : alkoreksja, arfid czy BED (binge eating disorder). Jest to zaburzenie odżywiania polegające na ograniczaniu spożycia kalorii z jedzenia, aby móc spożywać alkohol bez przybierania na wadze. Jest to stosunkowo nowe i mniej znane zaburzenie, co może tłumaczyć niską świadomość na ten temat. ARFID charakteryzuje się unikaniem jedzenia lub ograniczaniem spożycia pokarmu bez obaw o wagę lub sylwetkę [8]. Choć ARFID zostało wprowadzone do klasyfikacji DSM-5, świadomość tego zaburzenia wciąż jest ograniczona, zwłaszcza w porównaniu z bardziej znanymi zaburzeniami odżywiania. BED polega na regularnym spożywaniu bardzo dużych ilości jedzenia w krótkim czasie, często z uczuciem utraty kontroli. Pomimo że BED jest jednym z najczęstszych zaburzeń odżywiania, może być mniej rozpoznawalne jako niespecyficzne zaburzenie odżywiania, ponieważ często jest traktowane jako odrębna jednostka diagnostyczna [13].

Czy jesteś świadomy/a różnic między niespecyficznymi zaburzeniami odżywiania a innymi zaburzeniami żywieniowymi, takimi jak anoreksja nervosa czy bulimia nervosa?

81 odpowiedzi



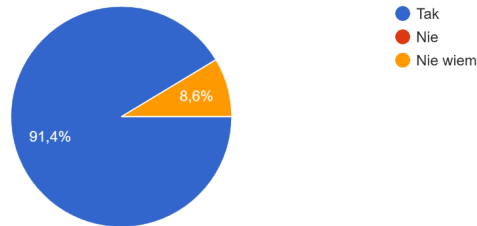
Rysunek 4. Czy jesteś świadomy/a różnic między niespecyficznymi zaburzeniami odżywiania a innymi zaburzeniami żywieniowymi, takimi jak anoreksja nervosa czy bulimia nervosa?

Kolejnym aspektem badania była ocena świadomości różnic między niespecyficznymi zaburzeniami odżywiania a innymi ZO. Tylko 31% badanych potwierdziło, iż są świadomi wyżej wspomnianych różnic. Pozostała część badanych odpowiedziała, iż nie jest świadoma tych różnic, bądź nie ma pewności co do poprawności swojej wiedzy. Informacje na temat różnic między specyficznymi i niespecyficznymi zaburzeniami odżywiania są często niedostatecznie prezentowane w edukacji zdrowotnej i kampaniach informacyjnych. Programy edukacyjne zazwyczaj koncentrują się na najbardziej znanych formach zaburzeń odżywiania, takich jak anoreksja i bulimia, pomijając mniej specyficzne zaburzenia [7].

W tym pytaniu respondenci wyrażali swoją opinię na temat związku między niespecyficznymi zaburzeniami odżywiania a innymi problemami zdrowotnymi, takimi jak depresja, stany lękowe czy zaburzenia snu. Ponad 91% badanych wyraża przekonanie, iż istnieje silny związek między NSZO a innymi zaburzeniami psychicznymi.

Czy istnieje według Ciebie związek między niespecyficznymi zaburzeniami odżywiania a innymi problemami zdrowotnymi, takimi jak depresja, lęki czy zaburzenia snu?

81 odpowiedzi

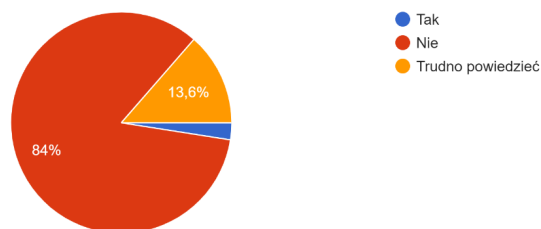


Rysunek 5. Czy istnieje według Ciebie związek między niespecyficznymi zaburzeniami odżywiania a innymi problemami zdrowotnymi, takimi jak depresja, lęki czy zaburzenia snu?

Badania sugerują, że zaburzenia odżywiania i inne problemy zdrowia psychicznego mogą mieć wspólne podłoże genetyczne i neurobiologiczne. Czynniki genetyczne i zaburzenia neuroprzekazników mogą predysponować jednostki do rozwijania zarówno NSZO, jak i innych zaburzeń psychicznych. Osoby z niespecyficznymi zaburzeniami odżywiania często doświadczają wysokiego poziomu stresu, traumy lub innych trudnych doświadczeń życiowych. Takie wydarzenia mogą prowadzić do rozwoju zarówno zaburzeń odżywiania, jak i problemów, takich jak depresja czy zaburzenia lękowe. Niespecyficzne zaburzenia odżywiania mogą wpływać na inne aspekty zdrowia psychicznego. Na przykład, niezdrowe nawyki żywieniowe mogą prowadzić do problemów ze snem, co z kolei może nasilać objawy depresji i lęku. Zrozumienie związku między NSZO a innymi problemami psychicznymi jest kluczowe dla opracowania skutecznych strategii leczenia. Osoby z NSZO często wymagają wsparcia w zakresie zdrowia psychicznego, aby poradzić sobie z współwystępującymi zaburzeniami. Podnoszenie

Czy uważasz, że społeczeństwo doświadcza wystarczającej edukacji na temat niespecyficznych zaburzeń odżywiania?

81 odpowiedzi



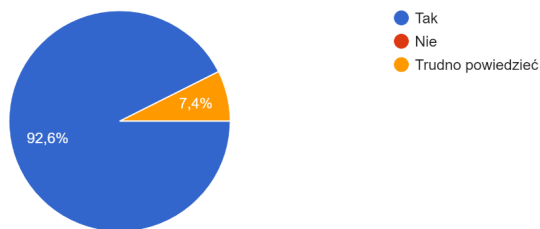
Rysunek 6. Czy uważasz, że społeczeństwo doświadcza wystarczającej edukacji na temat niespecyficznych zaburzeń odżywiania?

świadomości na temat związku między NSZO a innymi zaburzeniami psychicznymi może pomóc w redukcji stygmatyzacji związanej z zaburzeniami odżywiania. Zrozumienie, że NSZO często współwystępują z innymi problemami zdrowia psychicznego, może promować bardziej empatyczne i holistyczne podejście do osób dotkniętych tymi zaburzeniami [5, 6, 9].

Na pytanie „Czy uważasz, że społeczeństwo doświadcza wystarczającej edukacji na temat niespecyficznych zaburzeń odżywiania?” 84% respondentów odpowiedziało „nie,” 13,6% odpowiedziało „trudno powiedzieć,” a reszta odpowiedziała „tak.” Z badania wynika, że społeczeństwo nie jest dostatecznie wyedukowane na temat niespecyficznych zaburzeń odżywiania (NSZO). Aż 84% respondentów stwierdziło, że brakuje im wystarczającej wiedzy na ten temat, co wskazuje na poważny problem w edukacji zdrowotnej. Niewielkie wzmianki o NSZO w mediach i kampaniach informacyjnych sprawiają, że wiele osób nie jest świadomych istnienia tych zaburzeń. Ponadto programy szkolne i uniwersyteckie rzadko uwzględniają szczegółowe informacje na temat mniej znanych form zaburzeń odżywiania, co prowadzi do luki w wiedzy. Brak odpowiedniego szkolenia specjalistów dodatkowo utrudnia diagnozowanie i leczenie NSZO. W efekcie osoby cierpiące na te zaburzenia często pozostają bez odpowiedniej pomocy i wsparcia. Zwiększenie świadomości społecznej na temat NSZO jest kluczowe dla poprawy diagnozowania, leczenia oraz jakości życia osób dotkniętych tymi problemami. [4, 15]

Czy uważasz, że kultura społeczna i media odgrywają zasadniczą rolę w kształtowaniu postrzegania ciała i zachowań żywieniowych, co może przyczyni...rozwoju niespecyficznych zaburzeń odżywiania?

81 odpowiedzi



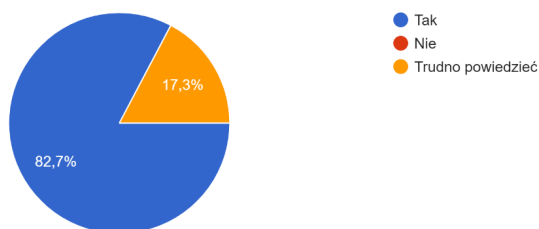
Rysunek 7. Czy uważasz, że kultura społeczna i media odgrywają zasadniczą rolę w kształtowaniu postrzegania ciała i zachowań żywieniowych, co może przyczynić się do rozwoju niespecyficznych zaburzeń odżywiania?

Z badania wynika, że 92,6% respondentów uważa, iż kultura społeczna i media odgrywają zasadniczą rolę w kształtowaniu postrzegania ciała i zachowań żywieniowych, co może przyczynić się do rozwoju niespecyficznych zaburzeń odżywiania. Media promują często nierealistyczne i wyidealizowane wizerunki ciała, które mogą prowadzić do presji na osiągnięcie określonego wyglądu. Ta presja jest dodatkowo wzmacniana przez media społecznościowe, gdzie filtrowane i retuszowane zdjęcia tworzą fałszywe

standardy piękna. Kultura społeczna, która często łączy szczupłość z sukcesem i atrakcyjnością, może prowadzić do niezdrowych zachowań żywieniowych i obsesji na punkcie wyglądu. Brak różnorodności w przedstawianiu ciał w mediach może sprawiać, że osoby niepasujące do promowanego ideału czują się nieakceptowane. W rezultacie, wiele osób może rozwijać niespecyficzne zaburzenia odżywiania jako sposób radzenia sobie z presją społeczną i niską samooceną. Edukacja i promowanie zdrowego podejścia do ciała i jedzenia są kluczowe, aby przeciwdziałać negatywnym wpływom kultury i mediów na zdrowie psychiczne [3, 9, 11].

Czy zgadzasz się, że rozwijanie umiejętności radzenia sobie ze stresem może pomóc w zapobieganiu zaburzeniom odżywiania?

81 odpowiedzi



Rysunek 8. Czy zgadzasz się, że rozwijanie umiejętności radzenia sobie ze stresem może pomóc w zapobieganiu zaburzeniom odżywiania?

Z badania wynika, że 82,7% respondentów uważa, iż umiejętność zarządzania stresem może skutecznie zapobiegać zaburzeniom odżywiania. Stres często przyczynia się do problemów z odżywianiem, ponieważ jednostki mogą wykorzystywać jedzenie jako sposób na radzenie sobie z trudnymi emocjami. Rozwijanie technik relaksacyjnych, medytacji, regularnej aktywności fizycznej oraz zdrowego zarządzania czasem może znacznie zmniejszyć ryzyko pojawienia się tych zaburzeń. Dodatkowo te umiejętności wzmacniają odporność psychiczną, co pomaga w radzeniu sobie z presją społeczną i innymi wyzwaniami życiowymi.

Podsumowanie

Badanie przeprowadzone na temat świadomości niespecyficznych zaburzeń odżywiania (NSZO) oraz ich związków z innymi problemami zdrowotnymi przyniosło szereg istotnych wniosków, które mogą mieć znaczący wpływ na przyszłe podejście do edukacji, diagnozowania i leczenia tych zaburzeń. Przeważająca większość respondentów, bo aż 84%, uważa, że społeczeństwo nie posiada wystarczającej wiedzy na temat niespecyficznych zaburzeń odżywiania. Wynik ten wskazuje na poważny deficyt edukacyjny w obszarze zdrowia psychicznego i odżywiania, co może prowa-

dzić do opóźnień w diagnozowaniu oraz niewłaściwego leczenia osób dotkniętych NSZO. Istnieje pilna potrzeba zwiększenia świadomości poprzez kampanie informacyjne oraz włączenie bardziej szczegółowej edukacji na temat tych zaburzeń w programy szkolne i uniwersyteckie. Kultura społeczna i media odgrywają kluczową rolę w kształtowaniu postrzegania ciała i zachowań żywieniowych, co potwierdziło 92,6% badanych. Promowanie nierealistycznych standardów piękna przez media prowadzi do wzrostu presji społecznej na osiągnięcie określonego wyglądu, co może sprzyjać rozwojowi NSZO. Media społecznościowe, z ich filtrowanymi i retuszowanymi obrazami, dodatkowo wzmacniają te negatywne wpływy. W odpowiedzi na te zagrożenia, konieczne jest wprowadzenie kampanii promujących różnorodność ciała i zdrowe podejście do odżywiania. Ponad 91% respondentów uważa, że istnieje silny związek między niespecyficznymi zaburzeniami odżywiania a innymi problemami zdrowotnymi, takimi jak depresja, stany lękowe czy zaburzenia snu. To przekonanie podkreśla konieczność holistycznego podejścia do diagnozowania i leczenia NSZO, uwzględniającego współwystępujące zaburzenia psychiczne. Wczesne rozpoznanie tych powiązań może poprawić efektywność interwencji terapeutycznych i zapobiec pogłębianiu się problemów zdrowotnych. Wyniki badania wskazują, że 82,7% respondentów zgadza się, iż rozwijanie umiejętności radzenia sobie ze stresem może pomóc w zapobieganiu zaburzeniom odżywiania. Stres jest często kluczowym czynnikiem wywołującym problemy z odżywianiem, a skuteczne techniki radzenia sobie z nim, takie jak medytacja, regularna aktywność fizyczna i zdrowe zarządzanie czasem, mogą znacząco zmniejszyć ryzyko wystąpienia NSZO. Edukacja w zakresie zarządzania stresem powinna stać się integralnym elementem programów profilaktyki zaburzeń odżywiania. Brak dostatecznej edukacji na temat niespecyficznych zaburzeń odżywiania zarówno w społeczeństwie, jak i wśród specjalistów, jest wyraźnie widoczny. Istnieje potrzeba lepszego szkolenia dla profesjonalistów z dziedziny zdrowia psychicznego i medycyny, aby mogli skutecznie diagnozować i leczyć NSZO. Ponadto, wprowadzenie kompleksowych programów edukacyjnych w szkołach i miejscach pracy może znacząco poprawić świadomość i wiedzę na temat tych zaburzeń, co z kolei może prowadzić do lepszej prewencji i wsparcia dla osób dotkniętych NSZO. Badanie jasno pokazuje, że istnieje poważny deficyt w świadomości społecznej na temat niespecyficznych zaburzeń odżywiania, co ma bezpośredni wpływ na zdolność do ich efektywnego diagnozowania i leczenia. Kultura społeczna i media mają ogromny wpływ na postrzeganie ciała i zachowania żywieniowe, co może sprzyjać rozwojowi tych zaburzeń. Rozwijanie umiejętności radzenia sobie ze stresem oraz edukacja w zakresie zdrowia psychicznego są kluczowe dla zapobiegania NSZO. W odpowiedzi na te wyzwania niezbędne jest wprowadzenie bardziej szczegółowych programów edukacyjnych, kampanii informacyjnych oraz lepszego szkolenia dla specjalistów, aby skutecznie wspierać osoby dotknięte niespecyficznymi zaburzeniami odżywiania.

Wnioski

- Istnieje poważny deficyt w świadomości społecznej na temat niespecyficznych zaburzeń odżywiania, co ma bezpośredni wpływ na zdolność do ich efektywnego diagnozowania i leczenia.
- Rozwijanie umiejętności radzenia sobie ze stresem oraz edukacja w zakresie zdrowia psychicznego są kluczowe dla zapobiegania NSZO.
- Kultura społeczna i media odgrywają znaczącą rolę w kształtowaniu postrzegania ciała i zachowań żywieniowych.

Bibliografia

- [1] Amianto F, Ottone L., Abbate Daga G., Fassino S. 2015. Binge-eating disorder diagnosis and treatment: a recap in front of DSM-5. *BMC Psychiatry*, 15: 70.
- [2] Białek-Dratwa A., Szymańska D., Grajek M., Krupa-Kotara K., Szczepańska E., Kowalski O. 2022. ARFID-Strategies for Dietary Management in Children. *Nutrients*, 14(9): 1739.
- [3] Bryant-Waugh R., Micali N., Cooke L., Lawson E.A., Eddy K.T., Thomas J.J. 2019. Development of the Pica, ARFID, and Rumination Disorder Interview, a multi-informant, semi-structured interview of feeding disorders across the lifespan: A pilot study for ages 10-22. *Int J Eat Disord*, 52(4): 378–387.
- [4] Canals J., Arija Val V. 2022. Factores de riesgo y estrategias de prevención en los trastornos de la conducta alimentaria [Risk factors and prevention strategies in eating disorders]. *Nutr Hosp*, 39(Spec No2): 16–26. Spanish.
- [5] Dingemans A.E., van Furth E.F. 2015. Eetstoornissen niet anderszins omschreven: een echte eetstoornis [EDNOS is an eating disorder of clinical relevance, on a par with anorexia and bulimia nervosa]. *Tijdschr Psychiatr*, 57(4): 258–264.
- [6] Fetahi E., Søgaard A.S., Sjögren M. 2022. Estimating the Effect of Motivational Interventions in Patients with Eating Disorders: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Pers Med*, 12(4): 577.
- [7] Giel K.E., Bulik C.M., Fernandez-Aranda F., Hay P., Keski-Rahkonen A., Schag K., Schmidt U., Zipfel S. 2022. Binge eating disorder. *Nat Rev Dis Primers*, 8(1): 16.
- [8] Hay P. 2020. Current approach to eating disorders: a clinical update. *Intern Med J*, 50(1): 24–29. doi: 10.1111/imj.14691.
- [9] Kaidesoja M., Cooper Z., Fordham B. 2023. Cognitive behavioral therapy for eating disorders: A map of the systematic review evidence base. *Int J Eat Disord*, 56(2): 295–313.
- [10] Le Floch M., Crohin A., Duverger P., Picard A., Legendre G., Riquin E. 2022. Prevalence and phenotype of eating disorders in assisted reproduction: a systematic review. *Reprod Health*, 19(1): 38.
- [11] Monteleone A.M., Cascino G. 2021. A systematic review of network analysis studies in eating disorders: Is time to broaden the core psychopathology to non specific symptoms. *Eur Eat Disord Rev*, 29(4): 531–547.
- [12] Pilecki M.W., Sałapa K., Józefik B. 2016. Socio-cultural context of eating disorders in Poland. *J Eat Disord*, 4: 11.
- [13] Ruscitti C., Rufino K., Goodwin N., Wagner R. 2016. Difficulties in emotion regulation in patients with eating disorders. *Borderline Personal Disord Emot Dysregul*, 3: 3. doi: 10.1186/s40479-016-0037-1.

- [14] Tecuta L., Gardini V., Schumann R., Ballardini D., Tomba E. 2021. Irrational Beliefs and Their Role in Specific and Non-Specific Eating Disorder Symptomatology and Cognitive Reappraisal in Eating Disorders. *J Clin Med*, 10(16): 3525. doi: 10.3390/jcm10163525.
- [15] Valbrun L.P., Zvonarev V. 2020. The Opioid System and Food Intake: Use of Opiate Antagonists in Treatment of Binge Eating Disorder and Abnormal Eating Behavior. *J Clin Med Res*, 12(2): 41–63.
- [16] Walenda A., Bogusz K., Kopera M., Jakubczyk A., Wojnar M., Kucharska K. 2021. Emotion regulation in binge eating disorder. Regulacja emocji w zaburzeniu z napadami objadania się. *Psychiatria polska*, 55(6): 1433–1448.

**SEKCJA NAUK
MEDYCZNYCH**

Lilianna Jasińska

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

SKN Chorób Wewnętrznych w ujęciu holistycznym

e-mail: lilianna.jasinska@student.uwm.edu.pl

Opiekun: dr n.med. Magdalena M. Zakrzewska

WPLYW NIEDOBORU SNU NA WYBRANE ASPEKTY FUNKCJONOWANIA ORGANIZMU

Wstęp

Sen to fizjologiczny, pojawiający się cyklicznie, czynnościowy stan ośrodkowego układu nerwowego, w którym dochodzi do odwracalnej utraty świadomości. Jest on podstawową potrzebą biologiczną organizmu, która warunkuje jego prawidłowe funkcjonowanie. Człowiek przesypia średnio 1/3 swojego życia, a zapotrzebowanie na sen jest cechą osobniczą i zależy od wieku. Zalecana długość snu dla dorosłego człowieka to między 7 a 9 godzin na dobę. Sen składa się z dwóch naprzemiennie występujących faz – fazy NREM (Non-Rapid Eye Movement) i fazy REM (Rapid Eye Movement). W fazie NREM dochodzi do ograniczenia aktywności mózgu, pozwala to na zmniejszenie metabolizmu mózgu, co z kolei wpływa na zmniejszenie przepływu krwi przez ten narząd. W tej fazie aktywność części przywspółczulnej przeważa nad aktywnością części współczulnej autonomicznego układu nerwowego. Skutkuje to zmniejszeniem częstości skurczów serca i oddechów, spadkiem ciśnienia tętniczego, obniżeniem temperatury ciała i napięcia mięśniowego. W fazie NREM następuje głęboki odpoczynek, dlatego jest ona nazywana snem głębokim. W fazie REM dochodzi do czasowej przewagi aktywności części współczulnej, co przejawia się wzrostem częstości skurczów serca, wzrostem ciśnienia tętniczego, a częstość oddechów jest nieregularna. W tym okresie występują także spontaniczne izolowane skurcze mięśni, które mogą skutkować między innymi szybkimi ruchami gałek ocznych [2]. Podczas snu dochodzi do rozwoju układu nerwowego, regulacji metabolizmu i funkcji immunologicznych. Sen wpływa także na procesy konsolidacji pamięci oraz na ogólne samopoczucie [14]. Sen jest regulowany zarówno przez czynniki zewnętrzne, takie jak oświetlenie, jak i przez czynniki wewnętrzne – hormon alfa-melanotropowy, insulinę, hormony przewodu pokarmowego czy cytokiny [2]. Deprywacja snu, czyli jego niedobór, to stan, kie-

dy zarówno niedostateczna ilość, jak i jakość snu, wpływa na wydajność organizmu i zdrowie. Biorąc pod uwagę liczne role snu, jego niedobór może wpływać na wiele aspektów życia [14].

Cel pracy

Celem badania jest zwrócenie uwagi na złożoność problemu, jakim jest niedobór snu oraz jego długofalowe konsekwencje dla funkcjonowania organizmu człowieka na podstawie dostępnych publikacji naukowych.

Rola niedoboru snu w rozwoju otyłości

Według definicji Światowej Organizacji Zdrowia (WHO) nadwaga i otyłość to nieprawidłowe lub nadmierne nagromadzenie tłuszczu, które stanowi zagrożenie dla zdrowia. Nieprawidłowości w zakresie masy ciała wyznacza się na podstawie wskaźnika BMI (Body Mass Index), którego wartość przekracza 25 dla nadwagi i 30 dla otyłości. Według WHO w 2022 roku 1 na 8 ludzi na świecie żyło z otyłością, a w porównaniu z rokiem 1990 liczba dorosłych z otyłością podwoiła się, natomiast liczba otyłych nastolatków wzrosła czterokrotnie. Nadwaga i otyłość są skutkiem braku równowagi między przyjmowaną energią z żywności a zużywaniem energii podczas aktywności fizycznej, jednak jest to choroba o podłożu wieloczynnikowym. Narastający problem nadwagi i otyłości staje się wyzwaniem dla systemu ochrony zdrowia [24]. Otyłość zwiększa ryzyko cukrzycy typu 2, zespołu metabolicznego, chorób sercowo-naczyniowych, nowotworów, wpływa na zdrowie kości i płodność [17]. Jednym z czynników predysponujących do otyłości są zaburzenia cyklu dobowego i wynikająca z tego deprywacja snu.

Fizjologicznie organizm funkcjonuje w cyklu 24-godzinnym, podzielonym na okres jasności i ciemności. Cyklem dobowym kierują neurony w jądrze nadskrzyżowaniowym w przednio-podstawnej części podwzgórza, które przyjmują rolę głównego generatora cyklu okołodobowego. Cyklowi dobowemu podlega między innymi wydzielanie melatoniny. Zwiększona aktywność szyszynki, wydzielającej melatoninę, przypada na okres nocy, a minimalna synteza melatoniny przypada na okres dnia. Sen i cykl okołodobowy wpływają również na wydzielanie hormonów apetytu. W nocy spada wydzielanie greliny, hormonu pobudzającego apetyt, a wzrasta wydzielanie leptyny, która odpowiada za zmniejszenie apetytu [6].

W badaniu prowadzonym przez A.D. Calvina i jego zespół [3] sprawdzano wpływ restrykcji snu o 2/3 normalnego czasu jego trwania, przez 8 nocy, na ilość przyjmowanej z pokarmem energii, wydatek energetyczny i na poziom krążących we krwi hormonów – leptyny i greliny. Badanie obejmowało 11 mężczyzn i 6 kobiet, z czego do grupy badawczej losowo wybrano 5 mężczyzn i 3 kobiety. W analizie wyników wyka-

zono, że grupa z restrykcją snu przyjmowała średnio 559 kcal na dobę (kcal/d) więcej, w porównaniu do czasu, kiedy nie była objęta restrykcją, a grupa kontrolna 118 kcal/d mniej w porównaniu do czasu przed badaniem, co dało sumarycznie wzrost przyjmowanych kcal w grupie objętej restrykcją o 677 kcal/d. Nie wykazano znaczącej różnicy w wydatku energetycznym i w poziomie leptyny i greliny w obu grupach [3]. Zwiększenie przyjmowanej energii przy zachowanym wydatku energetycznym skutkuje dodatnim bilansem energetycznym, a więc przyczynia się do wzrostu masy ciała [1].

Z przeprowadzonych badań wynika, że u osób poddanych ograniczeniu snu dochodzi do aktywacji ośrodków nagrody w skorupie, jądrze półleżącym, wzgórze, wyspie i korze przedczołowej. Wiąże się to z wybieraniem przez te osoby żywności o większej kaloryczności i postrzeganej jako mniej zdrowa – głównie wysokowęglowodanową, bogatą w tłuszcze, a także słodzone napoje czy alkohol. Osoby te wykazywały także zwiększoną skłonność do jedzenia hedonistycznego [6]. Zachowania te również prowadzą do powstania dodatniego bilansu energetycznego.

Wiele badań prowadzonych na szczurach wykazało, że melatonina ma działanie zapobiegające wzrostowi masy ciała, a także obniża stężenie insuliny i glukozy. Poziom melatoniny jest zależny od długości okresu ciemności w ciągu doby. Przez powszechne w codziennym życiu sztuczne oświetlenie doszło do znacznego skrócenia okresu ciemności, który obejmuje tylko okres snu, co przekłada się na obniżenie poziomu melatoniny [17]. Tak więc, gdy skracamy okres snu, dochodzi do zmniejszenia ochronnego działania melatoniny na przyrost masy ciała.

Rola niedoboru snu w zaburzeniach metabolicznych

Częstość zaburzeń metabolicznych, szczególnie cukrzycy typu 2, według WHO w ostatnich 30 latach wzrosła dramatycznie i dotyczy całego świata. Dane WHO wskazują, że na świecie na cukrzycę chorują 422 miliony ludzi, z czego 95% stanowią zachorowania na cukrzycę typu 2 [25]. Cukrzyca typu 2 wiąże się z opornością tkanek na insulinę lub z niedostateczną produkcją insuliny przez komórki Beta wysp Langerhansa w trzustce, co skutkuje brakiem zdolności do gospodarowania glukozą, a w rezultacie hiperglikemią. Jednymi z głównych czynników rozwoju cukrzycy są nadwaga i otyłość, które prowadzą do insulinooporności tkanek [5].

W badaniu przeprowadzonym przez N. Tsereteli i współautorów [22], 953 ogólnie zdrowych pacjentów poddano poposiłkowej analizie poziomu glukozy we krwi. Spożywali oni wystandaryzowane posiłki (śniadanie lub lunch), które podzielono na (1) posiłki metabolicznie wymagające, (2) o średniej zawartości tłuszczu i węglowodanów, (3) wysokotłuszczowe (35 g), (4) wysokowęglowodanowe o niskiej zawartości tłuszczu i białka, (5) 75 g glukozy użytej do badania doustnej tolerancji glukozy, (6) bogate w błonnik, (7) wysokotłuszczowe (40 g) i (8) wysokobiałkowe. Dzięki różnorodności składu posiłków pod względem makroelementów i ilości energii sprawdza-

no różnice w odpowiedzi metabolicznej na przyjęty pokarm. Badani byli poddani ciągłemu monitoringowi glukozy, a ich sen i aktywność były monitorowane przez akcelerometry. Analizowano wpływ całkowitego czasu trwania snu (SPT – total sleep period time), wydajności snu (SE – sleep efficiency, stosunek czasu trwania głębokiego snu do SPT) oraz punktu środkowego snu (godzina wyznaczona pośrodku od czasu położenia się spać do czasu wstania, podana jako odchylenie godzinowe od północy) na poposiłkowy poziom glukozy we krwi. Analiza wyników wskazuje, że SPT nie ma statystycznie znaczącego wpływu na poposiłkowy poziom glukozy. Im większa była wartość SE (zarówno między badanymi w grupie, jak i w analizie pojedynczych przypadków), tym niższy był poposiłkowy poziom glukozy (lepszą kontrolą glikemii), natomiast późniejszy punkt środkowy snu wiązał się z wyższymi poziomami glukozy po posiłku [22].

Przeprowadzona przez K. Spiegel i współautorów [19] krótkoterminowa, laboratoryjna obserwacja grupy mężczyzn poddanej restrykcji snu, miała na celu ocenę wpływu niedoboru snu na funkcje metaboliczne i endokrynne ich organizmów. Badana grupa obejmowała 11 młodych mężczyzn, których czas snu był ograniczony do 4 godzin przez 6 nocy, a uzyskane wyniki porównano do okresu regeneracji snu, kiedy badanym pozwolono na 12 godzin snu przez 6 nocy. Wyniki badania wskazywały, że ograniczenie czasu snu wpłynęło na obniżenie tolerancji glukozy w pierwszym posiłku dnia, obniżenie stężenia hormonu tyreotropowego we krwi, a także na podwyższenie stężenia kortyzolu we krwi w porze wieczornej. Przypuszczalnie za zmniejszenie tolerancji glukozy odpowiada przewaga aktywności części współczulnej układu nerwowego, która hamuje odpowiedź trzustkową na poziom glukozy, nad częścią przywspółczulną, która tę odpowiedź stymuluje. Badani wykazywali zwiększoną senność w ciągu dnia, co powiązano ze zmniejszonym metabolizmem komórek mózgu zbadanym w PET (Positron Emission Tomography). Dodatkowo zauważono, że ostra odpowiedź insuliny na glukozę była o 30% niższa w okresie niedoboru snu niż w okresie jego regeneracji, przy czym spadek tej wartości jest wczesnym markerem cukrzycy. Zmniejszona tolerancja węglowodanów i zwiększona aktywność układu współczulnego są znanymi czynnikami ryzyka rozwoju insulinooporności, otyłości czy nadciśnienia. Według autorów badania zaobserwowany wpływ niedoboru snu na metabolizm sugeruje, że przewlekły niedobór snu, może zwiększać częstość występowania patologii związanych z wiekiem, takich jak cukrzyca, która wynika ze wzrastającej insulinooporności, nadciśnienie tętnicze i osłabienie pamięci [19].

Deprywacji snu towarzyszą przewlekłe podwyższone stężenia kortyzolu. Powiązane z tym zmiany hormonalne (np. obniżone stężenie testosteronu) i idące za tym zmiany neuroprzeżywalności w mózgu (obniżone stężenie testosteronu prowadzi do zmniejszenia przeżywalności GABA-ergicznego i serotonergicznego) są powiązane z wystąpieniem stanów lękowych i depresji. Dodatkowo podwyższone stężenia kortyzolu jest powiązane z wystąpieniem nadciśnienia tętniczego, otyłości i cukrzycy typu 2 [10].

Samo skrócenie fazy NREM, bez skrócenia długości snu, ma wpływ na regulację poziomu glukozy. Fizjologicznie przejście fazy REM w fazę snu wolnofalowego (NREM) wiąże się ze spadkiem zużycia glukozy przez mózg, zwiększeniem uwalniania hormonu wzrostu, hamowaniem uwalniania kortyzolu, zmniejszeniem aktywności układu współczulnego oraz zwiększeniem aktywności układu przywspółczulnego. W przypadku skrócenia czasu trwania fazy NREM, na przykład przez dostarczanie bodźców słuchowych, przez 3 noce, przy wcześniejszych niezakłóconych 2 nocach, insulino-wrażliwość zmniejszyła się aż o 25% i osiągnęła poziom, który jest typowy dla populacji zagrożonej wystąpieniem cukrzycy. Spadek wrażliwości na insulinę nie został skompensowany przez wzrost ostrej odpowiedzi insuliny na glukozę, a nawet wartość tej odpowiedzi zmalała o 20%. Tolerancja glukozy także była obniżona o ok. 23%. Te wskaźniki pokazują, że zła jakość snu ma niekorzystny wpływ na gospodarkę glukozową organizmu, która predysponuje do wystąpienia cukrzycy typu 2 [20].

Wpływ niedoboru snu na choroby sercowo-naczyniowe

Pojęcie chorób sercowo-naczyniowych (CVD) obejmuje choroby serca i naczyń krwionośnych. Jest to szerokie spektrum chorób, do których można między innymi zaliczyć: chorobę wieńcową, niewydolność serca, wady zastawek serca, żylną chorobę zakrzepowo-zatorową, zaburzenia rytmu serca, udary mózgu, miażdżycę oraz zapalenia naczyń krwionośnych. Czynniki ryzyka CVD można podzielić na modyfikowalne oraz na te niepodlegające modyfikacji. Do czynników modyfikowalnych zalicza się: nieprawidłową dietę, palenie tytoniu, niską aktywność fizyczną, nadciśnienie tętnicze, hipercholesterolemię, hipertriglicydemię, stan przedcukrzycowy lub cukrzycę, nadwagę lub otyłość, a także nieprawidłową jakość lub ilość snu. Do niemodyfikowalnych czynników ryzyka należą: wiek (mężczyźni powyżej 45 roku życia, kobiety powyżej 55 roku życia), płeć (większe ryzyko mają mężczyźni niż kobiety przed okresem menopauzy, kiedy to wraz ze spadkiem poziomu estrogenów zmniejsza się ich działanie ochronne), wczesne występowanie w rodzinie choroby niedokrwiennej serca lub chorób innych tętnic na podłożu miażdżycy (u mężczyzn poniżej 50 roku życia, a u kobiet poniżej 60 roku życia) [9, 21].

Nieprawidłowa jakość lub ilość snu jest powiązana z czynnikami ryzyka CVD, takimi jak otyłość i cukrzyca, które zostały opisane w poprzednich rozdziałach, a także z nadciśnieniem tętniczym oraz dyslipidemią. Dyslipidemia to stan, kiedy poziom lipidów we krwi jest zaburzony. Może obejmować hipercholesterolemię, hipertriglicydemię i dyslipidemię aterogenną. Stan ten jest znanym czynnikiem modyfikowalnym chorób sercowo-naczyniowych, a także jest związany z zaburzeniami metabolicznymi – otyłością, insulinoopornością i cukrzycą, które mają udowodniony związek z przewlekłym niedoborem snu.

W dużych badaniach populacyjnych pytano badanych o ich nawyki związane ze snem, a następnie przez wiele lat zbierano dane na temat ich zdrowia. Po podsumowaniu danych wywnioskowano, że u osób, których sen trwał krócej niż 5–6 godzin na dobę występowało większe ryzyko wystąpienia choroby wieńcowej serca, jak i związane z nią ryzyko zgonu, w porównaniu do osób, których sen trwał 6–8 godzin. Oszacowano, że krótszy sen jest obciążony wzrostem tego ryzyka o 48%. Podobnie jest z ryzykiem udaru mózgu i zgonu spowodowanego udarem, które jest średnio 15% wyższe przy krótszym śnie [5]. Inne badania również wskazują, że sen trwający poniżej 6 godzin zwiększa ryzyko wystąpienia chorób sercowo-naczyniowych i śmierci z nią związanych. Wynika to z nasilonego przykurczu i martwicy kardiomiocytów, które są spowodowane zwiększonym stresem oksydacyjnym, aktywacją komórek zapalnych oraz zachwianą równowagą między białkami pobudzającymi i hamującymi śmierć komórek w okresie reperfuzji po epizodzie niedokrwienia [23].

Śródbłonek naczyniowy jest pojedynczą warstwą komórek, która stanowi wewnętrzną warstwę naczynia krwionośnego. Wydziela szereg substancji, między innymi NO (tlenek azotu), ET-1 (endotelinę-1), vWF (czynnik von Willebranda), VCAM-1 (Vascular Cell Adhesion Molecule 1), ICAM-1 (Intercellular Adhesion Molecule 1), E-selektynę, które mają działanie wazoaktywne, wpływają na procesy krzepnięcia, fibrylizy oraz procesy zapalne. Dysfunkcja śródbłonka jest początkowym etapem powstawania miażdżycy [7, 17]. A.D. Calvin i współautorzy [4] przeprowadzili badanie, w którym wzięło udział 16 zdrowych ochotników między 18 a 40 rokiem życia. Grupę badaną (5 mężczyzn i 3 kobiety) poddano restrykcji czasu snu do 2/3 ich normalnego czasu snu przez 8 dni i 8 nocy w kontrolowanych warunkach, po uprzednim okresie aklimatyzacji, w której czas snu był nieograniczony. Badano wpływ niedoboru snu na funkcję śródbłonka naczyń. Kontrolowano następujące parametry: (1) ciśnienie tętnicze, (2) czynność serca, (3) dylatację tętnicy w odpowiedzi na niedokrwienie, które jest zależne od funkcji śródbłonka, (4) dylatację naczyń niezwiązaną z przepływem, która jest niezależna od funkcji śródbłonka, oraz (5) liczbę przyjętych z pożywieniem w ciągu dnia kilokalorii. Analiza wyników przedstawia następujące wnioski: badani poddani restrykcji snu przyjmowali dziennie średnio 542 kcal więcej, ich średnie ciśnienie tętnicze i częstość skurczów serca wzrosła, a funkcja naczyń związana z funkcją śródbłonka została znacząco uszkodzona z poziomu $8,6 \pm 4,6\%$ w okresie aklimatyzacji i do $5,2 \pm 3,4\%$ w fazie eksperymentalnej. Jednocześnie funkcja naczyń niezwiązaną z funkcją śródbłonka pozostała na poziomie z fazy aklimatyzacji [4]. Wnioski z tego badania wskazują, że niedobór snu wpływa na wystąpienie między innymi otyłości, nadciśnienia tętniczego oraz uszkodzenia naczyń. Uszkodzenie struktury naczyń, do którego dochodzi przez uszkodzenie śródbłonka naczyniowego [4], wiąże się nie tylko z rozwojem miażdżycy [7], ale także zwiększa sztywność naczyń krwionośnych, uszkadza mikrokrążenie wieńcowe, a także zwiększa ryzyko zakrzepowo-zatorowe [8].

Tak jak wspomniano we wstępie, sen jest związany z przewagą aktywności przywspółczulnej części autonomicznego układu nerwowego (AUN). Skrócony okres snu powoduje zwiększenie aktywności części współczulnej AUN, a co za tym idzie zwiększone wydzielanie noradrenaliny. Jest to powiązane ze zwiększeniem stanu zapalnego organizmu, skurczu mięśni gładkich i zwiększonym napięciem naczyń krwionośnych. Może także dochodzić do pobudzenia wydzielania reniny i aktywacji układu RAAS (renin-angiotensin-aldosterone system). W wyniku aktywacji RAAS uwalniana jest angiotensyna II, która działając na komórki mięśniowe naczyń krwionośnych, prowadzi do ich skurczu, co powoduje wzrost ciśnienia tętniczego, a także jest istotnym markerem uszkodzenia śródbłonka naczyniowego [7].

Białko CRP (C-reactive protein) jest produkowane w wątrobie i jest markerem ostrej odpowiedzi organizmu na czynnik zapalny. Jego synteza jest kontrolowana przez prozapalne cytokiny – interleukinę-1 (IL-1), interleukinę-6 (IL-6) i czynnik martwicy nowotworów (TNF- α). Z badań epidemiologicznych wynika, że CRP jest czynnikiem predykcyjnym, zarówno w krótko-, jak i w długoterminowym ryzyku wystąpienia udaru mózgu i zawału mięśnia sercowego u obu płci. Białko to pobudza także wydzielanie mediatorów zapalnych przez śródbłonek naczyniowy i wchodzi w reakcję z cząsteczkami LDL (low-density lipoprotein), co sugeruje, że CRP ma pośredni udział w rozwoju miażdżycy. Przeprowadzono badanie, w którym sprawdzano czy bezsenność i ograniczenie snu mają wpływ na poziom CRP. Pierwsza grupa badana obejmowała 10 zdrowych mężczyzn między 22 a 37 rokiem życia poddanych bezsenności trwającej 88 godzin. Druga grupa obejmowała 6 zdrowych mężczyzn i 4 zdrowe kobiety między 26 a 38 rokiem życia i została podzielona na grupę kontrolną (8,2 godzin snu) oraz grupę badaną, której sen ograniczono do 4,2 godzin przez 10 nocy. U badanych sprawdzano poziom CRP we krwi, a także kontrolowano ich temperaturę ciała, ciśnienie tętnicze, częstość skurczów serca. W grupie poddanej bezsenności stwierdzono znaczny wzrost poziomu CRP – w punkcie początkowym uzyskano średni dzienny poziom $0,039 \pm 0,013$ mg/dl, a w trzecim dniu bez snu $0,065 \pm 0,023$ mg/dl oraz znaczny wzrost skurczowego ciśnienia tętniczego. W grupie z restrykcją snu wzrost CRP także był znaczny – w punkcie początkowym średni poziom wynosił $0,051 \pm 0,020$ mg/dl, a po 10 dniach restrykcji snu wynosił $0,265 \pm 0,131$ mg/dl. W tej grupie dodatkowo zaobserwowano wzrost częstości skurczów serca [13]. Badania wskazują także, że deprywacja snu prowadzi do zwiększonej produkcji i wydzielania prozapalnych cytokin – IL-6 i TNF- α oraz aktywacji monocytów i neutrofilów. Fizjologicznie podczas snu dominuje aktywność prozapalnych cytokin i naiwnych limfocytów T, natomiast w ciągu dnia dominuje aktywność przeciwzapalnych cytokin i cytotoksyczne limfocyty T. Przewlekły niedobór snu może prowadzić do zmian funkcji i rozmieszczenia krążących białych krwinek, co skutkuje immunosupresją oraz zwiększonego wytwarzania makrofagów i monocytów. Te komórki indukują powstawanie zmian miażdżycowych w naczyniach [23]. Wskazuje to, że przewlekły stan zapalny organizmu, wynikający ze zwiększonej aktywności komórek zapalnych i cytokin prozapalnych, oraz podwyższone ciśnienie

tętnicze czy częstość skurczów serca związane z niedoborem snu zwiększają ryzyko rozwoju CVD [9, 10, 13, 23].

Wpływ niedoboru snu na zdrowie psychiczne

W ostatnich latach wzrasta zainteresowanie zdrowiem psychicznym, a kwestia związanych z nim problemów czy szukanie pomocy w związku ze złym samopoczuciem oraz obniżonym nastrojem przestaje być tematem tabu. Problemy te dotyczą wszystkich grup wiekowych, a w czasach po pandemii COVID-19 nie będzie błędnym stwierdzenie, że doświadczamy pandemii depresji i samotności.

Mechanizmy wiążące niedobór snu ze zwiększonym ryzykiem depresji nie są dokładnie poznane. W dotychczasowych publikacjach wskazuje się na rolę kilku potencjalnych mechanizmów. Pierwszym z nich jest zmiana w regulacji osi podwzgórze–przysadka–nadnercza. Depresja jest opisywana jako choroba silnie związana ze stresem, co wiąże się ze zwiększoną aktywnością układu neuroendokrynnego, a szczególnie osi podwzgórze–przysadka–nadnercza, na co wskazują podwyższone poziomy podwzgórzowego hormonu uwalniającego kortykotropinę oraz wydzielanego przez nadnercza kortyzolu. Stres może wpływać na zaburzenia snu, ale sama restrykcja snu może być stresorem dla organizmu. Deprywacja snu prowadzi do niewielkiego wzrostu poziomu kortyzolu we krwi. Jest to szczególnie zauważalne, kiedy ograniczenie czasu snu jest związane z pracą umysłową. Przewlekłe podwyższenie poziomu glikokortykosteroidowych hormonów stresu może stopniowo wpływać na zmniejszoną ekspresję receptorów serotoninerгіcznych i osłabiać transmisję serotoninerгіczną w mózgu [10, 12]. Dodatkowo podwyższone stężenie tych hormonów może zmniejszać neurogenezę w hipokampie, co wiąże się ze zmniejszeniem jego objętości. Oba te zjawiska mogą się przyczyniać do zaburzenia funkcji poznawczych i zaburzeń nastroju. Drugi mechanizm obejmuje osłabienie neurotransmisji serotoninerгіcznej. Układ serotoninowy mózgu bierze udział w regulacji nastroju i przypisuje mu się udział w patogenezie depresji. Dowodem na to może być skuteczność leków wpływających na ten układ, które są stosowane w leczeniu depresji. Przewlekła restrykcja snu wpływa na zmniejszenie wrażliwości receptorów serotoninowych na serotoninę, co może wpływać na obniżony nastrój. Kolejne mechanizmy wiążą się ze zmianami chemicznymi, które skutkują obniżeniem neuroplastyczności i zmianami strukturalnymi w mózgu. Zmiany strukturalne dotyczą zmniejszenia objętości kory przedczołowej i hipokampa, które biorą udział w regulacji funkcji poznawczych i nastroju. Takie zmiany strukturalne obserwuje się zarówno u pacjentów z depresją, jak i u pacjentów z bezsennością oraz innymi zaburzeniami snu, takimi jak bezdech senny i narkolepsja [12].

W dostępnych badaniach można znaleźć dowody, że deprywacja snu jest związana ze wzrostem zgłaszanej przez młodzież depresji, niepokoju, złości, obniżonej uważności, gorszych wyników w nauce, nadużywania alkoholu czy narkotyków, a także

zwiększonej częstości myśli i zachowań samobójczych. Dodatkowo zgłaszają odczucie zmęczenia, obniżony poziom energii, zwiększoną senność w ciągu dnia, postrzegają swoje zdrowie jako gorsze oraz borykają się z częstszymi bólami głowy, brzucha i pleców. Sen trwający mniej niż 6 godzin zwiększa ryzyko gorszych wyników w nauce, niskiego poziomu zadowolenia z życia, depresji, a także stosowania używek. Roberts i współpracownicy [18] przeprowadzili w grupie nastolatków między 11 i 17 rokiem życia badania oparte o komputerowy wywiad psychiatryczny i kwestionariusze. Badali oni wpływ niedoboru snu na objawy depresyjne, a także wpływ depresji na zaburzenia snu. Analiza wyników wskazuje, że sen trwający poniżej 6 godzin wiąże się z 25-38% wzrostem ryzyka wystąpienia ciężkich zaburzeń depresyjnych i objawów depresyjnych, takich jak obniżony nastrój, anhedonia, drażliwość [18].

Motomura i jego zespół [15] badali wpływ 5-dniowego ograniczenia czasu snu na reakcje emocjonalne 14 młodych, praworęcznych mężczyzn, wykorzystując polisomnografię, funkcjonalne MRI oraz standaryzowane kwestionariusze do oceny senności (Stanfordzka skala senności), lęku (Inwentarz Stanu i Cechy Lęku - STAI) i nastroju (Profil Nastrojów). Mężczyźni poddani 5-dniowej restrykcji snu do 4 godzin, w porównaniu z kontrolą, mieli znacząco wyższe wyniki w skalach oceny senności i lęku przy nieznacznej różnicy wyników Profilu Nastrojów. Analiza funkcjonalnych badań MRI wykazała, że nawet krótkotrwała deprywacja snu prowadzi do zmniejszenia funkcjonalnego połączenia między ciałem migdałowatym i przednią częścią zakrętu obręczy. Siła tego połączenia jest powiązana ze stopniem subiektywnego tłumienia emocji i ponowną oceną ich negatywnego efektu. Wynik tego badania sugeruje, że zmniejszenie połączenia między ciałem migdałowatym a zakrętem obręczy, w wyniku niedoboru snu, odgrywa rolę w utrwaleniu podwyższonego poziomu lęku wywołanego negatywnymi bodźcami [15].

Podsumowując, deprywacja snu wiąże się ze zmienionym odczuwaniem emocji, szczególnie negatywnych, takich jak złość i lęk, obniżonym nastrojem, objawami somatycznymi, zwiększoną podatnością na stosowanie używek oraz zwiększonym ryzykiem wystąpienia depresji [10, 12, 15, 18].

Podsumowanie

Niedobór snu, zarówno ilościowy, jak i jakościowy, niesie za sobą wiele konsekwencji. Początkowo są one krótkotrwałe i stosunkowo niegroźne, natomiast zwykle deprywacja snu staje się niezdrowym nawykiem, który wiąże się długotrwałymi i poważnymi konsekwencjami dla zdrowia. Najbardziej odczuwalnym efektem niedoboru snu jest senność w ciągu dnia [19]. Niewidoczne są jednak zmiany zachodzące na poziomie komórek, tkanek i narządów, które w rezultacie oddziałują na cały organizm. Zmiany pojawiające się podczas niedoboru snu predysponują do wystąpienia poważnych chorób, takich jak otyłość [1, 3, 6, 17], cukrzyca [5, 10, 19, 20, 22] i nadciśnienie tętnicze

[4]. Te trzy choroby są ściśle ze sobą związane i wszystkie zwiększają ryzyko wystąpienia kolejnych schorzeń, takich jak miażdżyca [4, 7, 17], choroba wieńcowa, udar mózgu czy żylna choroba zakrzepowo–zatorowa [4, 5, 8, 13, 23]. Nie można także zapominać o wpływie niedoboru snu na zdrowie psychiczne [10, 12, 15, 18], które przez wiele lat było spychane na dalszy plan, a jest równie ważnym aspektem utrudniającym codzienne funkcjonowanie.

Bibliografia

- [1] Broussard J.L., Klein S. 2022. Insufficient sleep and obesity: cause or consequence. *Obesity* (Silver Spring), 30(10):1914-1916. DOI: 10.1002/oby.23539.
- [2] Brzozowski T. 2019. *Konturek Fizjologia człowieka*. Wyd. Edra Urban & Partner, Wrocław.
- [3] Calvin A.D., Carter R.E., Adachi T., Macedo P.G., Albuquerque F.N., van der Walt C., Bukartk J., Davison D.E., Levine J.A., Somers V.K. 2013. Effects of experimental sleep restriction on caloric intake and activity energy expenditure. *Chest*, 144(1):79–86. DOI: 10.1378/chest.12-2829.
- [4] Calvin A.D., Covassin N., Kremers W.K., Adachi T., Macedo P., Albuquerque F.N., Bukartk J., Davison D.E., Levine J.A., Singh P., Wang S., Somers V.K. 2014. Experimental sleep restriction causes endothelial dysfunction in healthy humans. *J Am Heart Assoc*, 25;3(6):e001143. DOI: 10.1161/JAHA.114.001143.
- [5] Cappuccio F.P., Miller M.A. 2017. Sleep and Cardio-Metabolic Disease. *Curr Cardiol Rep*, 19;19(11):110. DOI: 10.1007/s11886-017-0916-0.
- [6] Chaput J.P., McHill A.W., Cox R.C., Broussard J.L., Dutil C., da Costa B.G.G., Sampasa-Kanyinga H., Wright K.P. Jr. 2023. The role of insufficient sleep and circadian misalignment in obesity. *Nat Rev Endocrinol*, 19(2):82–97. DOI: 10.1038/s41574-022-00747-7.
- [7] Cherubini J.M., Cheng J.L., Williams J.S., MacDonald M.J. 2020. Sleep deprivation and endothelial function: reconciling seminal evidence with recent perspectives. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*, 1;320(1):H29–H35. DOI: 10.1152/ajpheart.00607.2020.
- [8] Covassin N., Singh P. 2016. Sleep Duration and Cardiovascular Disease Risk: Epidemiologic and Experimental Evidence. *Sleep Med Clin*, 11(1):81–9. DOI: 10.1016/j.jsmc.2015.10.007.
- [9] Gajewski P. 2022. *Interna Szczeklika 2022*. W: Cybulska B., Klosiewicz-Latoszek L., Szostak W.B. Ocena ryzyka sercowo-naczyniowego. D.2/I: 157–161.
- [10] Hanson J.A., Huecker M.R. 2023. Sleep Deprivation. 2023 Jun 12. In: *StatPearls* [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 Jan–.
- [11] Jackson C.L., Redline S., Emmons K.M. 2015. Sleep as a potential fundamental contributor to disparities in cardiovascular health. *Annu Rev Public Health*. 18;36:417-40. DOI: 10.1146/annurev-publhealth-031914-122838.
- [12] Meerlo P., Havekes R., Steiger A. 2015. Chronically restricted or disrupted sleep as a causal factor in the development of depression. *Curr Top Behav Neurosci*, 25:459–81. DOI: 10.1007/7854_2015_367.
- [13] Meier-Ewert H.K., Ridker P.M., Rifai N., Regan M.M., Price N.J., Dinges D.F., Mullington J.M. 2004. Effect of sleep loss on C-reactive protein, an inflammatory marker of cardiovascular risk. *J Am Coll Cardiol*, 18;43(4):678–83. DOI: 10.1016/j.jacc.2003.07.050.
- [14] Miletínová E., Bušková J. 2021. Functions of Sleep. *Physiol Res*, 30;70(2):177–182. DOI: 10.33549/physiolres.934470.

- [15] Motomura Y., Kitamura S., Oba K., Terasawa Y., Enomoto M., Katayose Y., Hida A., Moriguchi Y., Higuchi S., Mishima K. 2013. Sleep debt elicits negative emotional reaction through diminished amygdala-anterior cingulate functional connectivity. *PLoS One*, 8(2):e56578. DOI: 10.1371/journal.pone.0056578.
- [16] Obońska K., Grąbczewska Z., Fisz J. 2010. Ocena czynności śródbłonna naczyniowego - gdzie jesteśmy, dokąd zmierzamy? *Folia Cardiologica Excerpta*, 5(5):292–297.
- [17] Reiter R.J., Tan D.X., Korkmaz A., Ma S. 2012. Obesity and metabolic syndrome: association with chronodisruption, sleep deprivation, and melatonin suppression. *Ann Med*, 44(6):564–77. DOI: 10.3109/07853890.2011.586365.
- [18] Roberts R.E., Duong H.T. 2014. The prospective association between sleep deprivation and depression among adolescents. *Sleep*, 1;37(2):239–44. DOI: 10.5665/sleep.3388.
- [19] Spiegel K., Leproult R., Van Cauter E. 1999 Impact of sleep debt on metabolic and endocrine function. *Lancet*, 23;354(9188):1435–9. DOI: 10.1016/S0140-6736(99)01376-8.
- [20] Spiegel K., Tasali E., Leproult R., Van Cauter E. 2009. Effects of poor and short sleep on glucose metabolism and obesity risk. *Nat Rev Endocrinol*, 5(5):253–61. DOI: 10.1038/nrendo.2009.23.
- [21] Thiago Faé M., Vier Gambetta M., Ramos N., Cristiane Lopes S., Oliveira Fischer Bacca C. 2023. Risk factors for cardiovascular diseases during medical academic training. *Am J Cardiovasc Dis*, 15;13(4):252–263.
- [22] Tsereteli N., Vallat R., Fernandez-Tajes J., Delahanty L.M., Ordovas J.M., Drew D.A., Valdes A.M., Segata N., Chan A.T., Wolf J., Berry S.E., Walker M.P., Spector T.D., Franks P.W. 2022. Impact of insufficient sleep on dysregulated blood glucose control under standardised meal conditions. *Diabetologia*, 65(2):356–365. DOI: 10.1007/s00125-021-05608-y.
- [23] Wei R., Duan X., Guo L. 2022. Effects of sleep deprivation on coronary heart disease. *Korean J Physiol Pharmacol*, 1;26(5):297–305. DOI: 10.4196/kjpp.2022.26.5.297.
- [24] World Health Organization. Obesity and overweight 2024 (dostęp 01.05.2024)
- [25] World Health Organization. Diabetes 2023 (dostęp 01.05.2024)

Karolina Kaczmarczyk

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Studenckie Koło Badań w Zdrowiu Publicznym

Adres e-mail: 173298@student.uwm.edu.pl

Opiekun: dr hab. n. med. Anita Mikołajczyk, prof. UWM

WITAMINA D₃ A CZERNIAK SKÓRY W BADANIACH PRÓBUJĄCYCH ROZSTRZYGNĄĆ PROBLEMY ZDROWIA PUBLICZNEGO

1. Wstęp

Czerniak skóry, klasyfikowany jako nowotwór złośliwy wywodzący się z transformacji melanocytów, jest globalnie jedną z najcięższych postaci chorób skóry ze względu na wysoki potencjał przerzutów. Szacuje się, że w większości dobrze rozwiniętych regionów świata zapadalność na ten rodzaj nowotworu w ciągu ostatnich kilku dziesięcioleci stale rośnie – w tym szczególnie wśród rasy białej [2]. Dzięki podejmowanym ogólnokrajowym działaniom edukacyjnym w niektórych społecznościach zapadalność na czerniaka utrzymuje się na stosunkowo stabilnym poziomie, a nawet wykazuje tendencję do stopniowego obniżania się. Z przyczyn zwiększających ryzyko złośliwych transformacji komórek barwnikowych wyróżnić można uwarunkowania genetyczne, rozmieszczenie geograficzne i związaną z tym odmienną ekspozycję na promieniowanie UV, rodzaj pracy oraz warunki jej wykonywania. Równocześnie znaczące są niedobory witaminy D₃ w organizmie, niskie stężenie melaniny naskórka u osób z jasną karnacją oraz większe zagęszczenie feomelaniny w stosunku do eumelaniny.

Witamina D₃ zarówno pochodzenia endogennego, jak i egzogennego w organizmie ludzkim metabolizowana jest w dwóch etapach. Pierwszy z tych procesów zachodzi w wątrobie, gdzie substrat dopływa z krążeniem wrotnym i ulega reakcji hydroksyla-

Dofinansowano ze środków Ministra Nauki w ramach Programu „Regionalna inicjatywa doskonałości”



Regionalna
Inicjatywa
Doskonałości

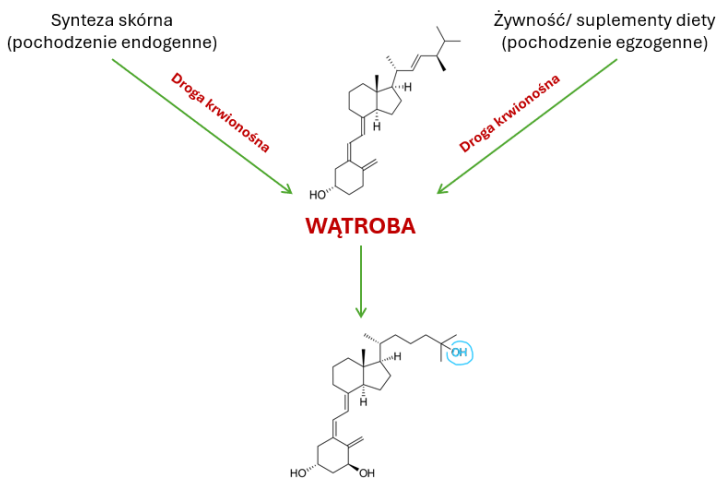


Ministerstwo Nauki
i Szkolnictwa Wyższego

cji przy 25 atomie węgla (Ryc.1), uwalniając kalcyfediol – $25(\text{OH})\text{D}_3$ [8]. $25(\text{OH})\text{D}_3$ cechuje się najdłuższym ze wszystkich form witaminy D_3 okresem półtrwania, który wynosi 21 dni, z tego względu stanowi on podstawowy wskaźnik stężenia witaminy D_3 oceniany w laboratoriach analitycznych. Drugi etap metabolizowania witaminy D_3 zachodzi z udziałem nerek, gdzie występuje ponowna hydroksylacja przy pierwszym atomie węgla (Ryc. 2), produkując kalcytriol – $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$. $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ to jedna z najbardziej aktywnych form witaminy D_3 , jednak jej okres półtrwania jest bardzo krótki, gdyż wynosi zaledwie około siedem godzin. Cholekalcyferol, syntetyzowany naturalnie w ludzkim organizmie pod wpływem promieniowania słonecznego, jest jednocześnie jednym z najczęstszych czynników kancerogennych w stosunku do komórek skóry. Przedstawiony antagonizm witaminy D_3 może zostać wygaszony z wykorzystaniem postępu farmaceutycznego, który pozwala na zastosowanie analogów podawanych pacjentom egzogennie. Jednak taki model leczenia nie jest idealny, a przypadki kliniczne wskazują na szeroką problematykę związaną z zastosowaniem witaminy D_3 .

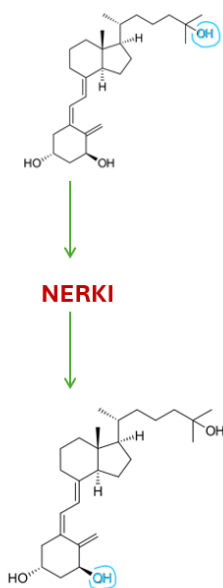
2. Cel pracy

Celem pracy było wykazanie, w oparciu o analizę literatury naukowej, istnienia problemów związanych z zastosowaniem witaminy D_3 w odniesieniu do zwiększenia efektów leczenia lub profilaktyki choroby przerzutowej czerniaka.



Ryc.1. Szlak przemian i synteza $25(\text{OH})\text{D}_3$ – kalcyfediolu

źródło: opracowanie własne



Ryc. 2. Szlak przemian i synteza 1,25(OH)₂D₃ – kalcytriolu

źródło: opracowanie własne

2. Materiały i metody

Przeprowadzono badanie, wykorzystując przegląd systematyczny jako metodę analizy naukowej, co umożliwiło dogłębne zbadanie dostępnej literatury, identyfikację istotnych danych oraz ocenę ich jakości. Materiał badawczy został zebrany w okresie od marca do maja 2024 roku poprzez przegląd piśmiennictwa o charakterze naukowym na stronie internetowej PubMed, skupiającego się na wpływie witaminy D₃ na leczenie i profilaktykę czerniaka skóry.

Kryteria przeszukiwania bazy artykułów zgromadzonych na platformie PubMed obejmowały ograniczenie czasowe publikacji do lat 2016–2024 w celu wykluczenia materiałów prezentujących dane, które w świetle współczesnych badań okazują się być nieaktualne. Słowa kluczowe użyte do wyszukiwania zostały oparte na frazach: „skin melanoma”, „vitamin D₃”, „receptor for vitamin D₃”, jednocześnie zastosowano wstępną ocenę jakości streszczenia oraz wyników każdego źródła w kontekście przydatności do wykorzystania w prezentowanym artykule przeglądowym. Wybrane piśmiennictwo zostało poddane całościowej oraz indywidualnej analizie, a wyciągnięte wnioski oparte na bazie literatury naukowej posłużyły do rozwinięcia celu pracy.

3. Oddziaływanie witaminy D₃

Literatura [4] wskazuje, że obszar działania witaminy D₃ na proces złośliwego nowotworzenia jest bardzo rozległy – można wyodrębnić w nim relacje bezpośrednie i pośrednie. Istnieją dowody zarówno o pozytywnym, jak i negatywnym oddziaływaniu witaminy D₃ w kontekście zwiększenia efektów leczenia lub profilaktyki choroby przerzutowej czerniaka.

3.1. Sygnalizacja receptora VDR

Kalcytriol – 1,25(OH)₂D₃, charakteryzuje się podobną budową do hormonów steroidowych, wykazuje więc właściwości lipofilne, co pozwala mu na swobodne przechodzenie przez dwuwarstwą fosfolipidów błony komórkowej. Wywiera wpływ na tkanki docelowe za pomocą zlokalizowanych jądrowo VDR – (receptor witaminy D₃) wykazujących swoją obecność w znacznej większości komórek ludzkiego organizmu, włączając w to komórki zmienione nowotworowo, w tym komórki czerniaka. Warunkuje to plejotropowe działanie witaminy D₃, pozwalające na szeroki obszar działania. Receptor VDR współdziała z RXRA – (receptor retinoidu), pełniąc funkcję regulatora transkrypcji genów komórkowych poprzez stymulację na VDRE – (elementy odpowiedzi na witaminę D). VDRE to rodzaj sekwencji DNA znajdujący się w regionie promotoryjnym genów regulowanych przez 1,25(OH)₂D₃. Dane na podstawie przeprowadzonych badań na myszach dowodzą, że defekt VDR, jak i receptora keratynocytowego RXRa (z którym VDR heterodimeryzuje), prowadzi do zwiększonej stymulacji wzrostu melanocytów po ekspozycji na napromieniowanie UVB [3]. Zatem efekt wadliwej sygnalizacji VDR z komórek czerniaka może skutkować zmniejszeniem odporności przeciwnowotworowej na wielu etapach odpowiedzi immunologicznej organizmu.

Przy braku sygnalizacji VDR zaobserwowano regulację w dół produkcji limfocytów pomocniczych – Th17 oraz interferonu gamma (IFN γ), którego odpowiednie stężenie sprzyja zwiększonej ekspresji genów głównego kompleksu zgodności tkankowej (MHC), przyspiesza dojrzewanie komórek dendrytycznych, komórek Th1 czy komórek T cytotoksycznych, zwiększając przy tym jednocześnie zjadliwość makrofagów [6]. Komórki Th17 prezentują przeciwnowotworowe działanie między innymi poprzez indukcję cytokin pochodzenia nowotworowego CXCL9 i 10, które przyciągają do walki pozostałe komórki odpornościowe. Ponadto w zakresie komórek dendrytycznych upośledzenie ich dojrzewania sprzyja powstawaniu tolerogennych DC – (komórki dendrytyczne), co zakłóca mechanizm prezentacji antygenów nowotworowych komórek układu APC (komórki prezentujące antygen), promuje bezpośrednio rozwój limfocytów T regulatorowych z ekspresją głównego regulującego czynnika transkrypcyjnego FOXP3 lub też pośrednio poprzez interleukinę 2 – IL2 [6]. Zaburzenia w integralności sygnalizacji mają dodatni wpływ na receptory retinoidu X, co

przejawia się w sytuacji, gdy specyficzne wyłączenie aktywności RXR α i RXR β (receptory retinoidu a i b) upośledza zdolności immunologicznej obrony organizmu poprzez ograniczenie napływu komórek odpornościowych uwalniających IFN γ po ekspozycji na napromieniowanie UVB [3]. Zostają więc zaburzone procesy odporności na poziomie wrodzonym, co umożliwia rozwój guza. Na tej podstawie [3] dowiedziano możliwości wykorzystanie receptora VDR dla witaminy D₃ do prognozowania rokowania pacjentów z czerniakiem. Ma to związek z faktem, że jego ilość systematycznie maleje z jednoczesnym spadkiem sygnalizacji wraz ze wzrostem stopnia zaawansowania pTNM (system służący do określenia stopnia zaawansowania klinicznego nowotworu), owrzodzeniem czy spadkiem odsetku limfocytów naciekających na nowotwór, zarówno dla VDR jądrowych, jak i cytoplazmatycznych (większy kontrast natomiast w przypadku odczynów jądrowych) [3].

3.2 Białko wiążące witaminę D₃ (DBP)

DBP należy do albumin i jest nazywana ludzką gc-globuliną. Krążąc we krwi człowieka, odpowiada za transport aktywnych metabolitów witaminy D₃ w tym szczególnie kalcyfediolu syntetyzowanego w wątrobie. Gen kodujący VDBR (GC), zlokalizowany jest na chromosomie 4, a jego ekspresję wykazano w wielu tkankach, lecz produkcja zachodzi najintensywniej w hepatocytach. Na podstawie badań klinicznych [3] wykazano pozytywny wpływ witaminy D₃ na rokowanie pacjentów objętych czerniakiem skóry, jednakże stężenie 25(OH) D₃ zależy od mutacji w genie GC białka wiążącego witaminę D₃. Dostrzeżono więc kooperację między zmianą stężenia kalcyfediolu stosowanego jako biomarker kliniczny stężenia witaminy D₃ po suplementacji, a rodzajem mutacji u badanych osób. Taka zależność wynika z różnych wariantów genetycznych DBP u podłoża zmian nukleotydowych genu GC, cechującego się dwoma wspólnymi polimorfizmami pojedynczego nukleotydu (SNP) w eksonie 11 : rs7041 oraz rs4588 [9]. Jako następstwo zmian powstałych dzięki transwersji produkowane są izoformy białek GC różniące się powinowactwem do wiązania witaminy D₃. Homozygoty głównej grupy genotypowej (GG) w SNP DBR rs4588 i rs7041 odznaczają się najwyższym wzrostem stężenia 25(OH) D₃ w surowicy po suplementacji witaminowej względem innych układów alleli. Ponadto zaobserwowano również najwyższy wzrost zagęszczenia DBP w stosunku do heterozygot i homozygot z genotypami mniejszymi [9].

3.3 Proliferacja linii komórkowych czerniaka i ich modulacja przez witaminę D₃

Badania guzów czerniakowych wskazują na znaczny wzrost ekspresji FGFR (receptor czynnika wzrostu fibroblastów): FGFR1 oraz FGFR3, w tkankach zmienionych nowotworowo w porównaniu z otaczającymi go zdrowymi komórkami. FGFR1/3 nale-

żą do rodziny receptorowych czynników wzrostu fibroblastów, klasyfikowanych jako kinazy tyrozynowe, które aktywowane są za pośrednictwem ligandów FGF (czynniki wzrostu fibroblastów) i w wyniku szeregu szlaków sygnałowych regulują proliferację i przeżycie komórek [7]. Co ważne, dogłębniejsze badania sugerują, że nowotworowe melanocyty posiadające receptor FGFR2, wykazują mutację w genach, odzwierciedlając schemat mutacji powstały w wyniku ekspozycji na promieniowanie UV [7]. Jako jedną z metod leczenia wykorzystuje się inhibitory FGFR, które zmniejszają żywotność komórek czerniaka, jednakże w zwiększaniu pozytywnego rokowania tego modelu leczenia wydaje się być istotne działanie wspomagające aktywnej postaci witaminy D_3 – $1,25(OH)_2D_3$. Udokumentowano antyproliferacyjne działanie selektywnego inhibitora FGFE – CPL304110 zarówno na pierwotną linię komórkową raka A375, jak i przerzutową RPMI7951. W drugim z wymienionych przypadków ma ona mniejszy odsetek [7]. W zwiększeniu cytotoksyczności CPL304110 kluczową rolę odgrywa $1,25(OH)_2D_3$, który zmniejsza wartość IC_{50} (stężenia hamującego, dla którego wzrost komórek zostaje zatrzymany w 50 %) ponad 4-krotnie dla linii komórkowej A375, uwrażliwiając komórki czerniaka na podany inhibitor poprzez zmniejszenie stężenia i aktywności białek receptora FGFR1 I FGFR2.

4. Problematyka wykorzystania witaminy D_3

Działania ze strony zdrowia publicznego, mające na celu dążenie w populacji do zwiększenia efektów leczenia oraz profilaktyki choroby przerzutowej czerniaka, napotykają na niejednoznaczne problemy w kontekście przytoczonego wykorzystania witaminy D_3 . Wiele źródeł naukowych [4], dowodzi korzystnego oddziaływania aktywnych metabolitów witaminy D_3 na proces leczenia lub zapobiegania czerniakowi skóry. Przeszkoda w wykorzystaniu opisanego potencjału okazuje się być widoczna w zróżnicowanej odpowiedzi organizmu na podanie witaminy D_3 .

4.1. Problemy wpływające na efekty leczenia czerniaka skóry

Stosowanie suplementacji witaminą D_3 wpływa na odpowiedź immunologiczną organizmu na komórki nowotworowe, jednak wykorzystanie jej wydaje się być nieskuteczne lub mało efektywne w przypadku, gdy występuje brak sygnalizacji receptora VDR nowotworu. Zgłaszane funkcjonalne korzystne działanie witaminy D_3 na układ odpornościowy okazuje się być zależne od sygnalizacji VDR nowotworu, gdyż w przypadku jej zahamowania w przebiegu leczenia ujawnia się spadek odporności przeciwnowotworowej, zwiększenie poziomu angiogenezy i wzrostu komórek guza. Zaburzona zostaje przede wszystkim odpowiedź wrodzona organizmu, charakteryzująca się upóźnieniem produkcji i dojrzewania komórek odpowiedzialnych za obronę immuno-

logiczną. Faza równowagi w przebiegu czerniaka, cechująca się ustaleniem równego poziomu między proliferacją a apoptozą nowotworu, zostaje przesunięta w kierunku progresji czerniaka, wzmacniając fazę ucieczki przed atakiem immunologicznym, zwiększając jednocześnie ryzyko przerzutów. Niebezpieczeństwo jest tym większe, że dawkowanie 25(OH) D₃ w przypadku wystąpienia wadliwej sygnalizacji VDR może dawać początkowe złudzenie pozytywnego leczenia, w wyniku wystąpienia stłumienia stanu zapalnego oraz prawdopodobnie komórek supresorowych pochodzenia mieloidalnego, a równocześnie rozwija się utrata odporności przeciwnowotworowej. Niestety, jedyną rutynową metodą oceny sygnalizacji VDR jest ustalenie poziomów ekspresji mRNA dla jądrowego VDR.

Pojawiająca się możliwość wykorzystania rodziny receptorowych czynników wzrostu fibroblastów w zmniejszaniu progresji komórek nowotworowych w badaniach z wykorzystaniem inhibitora FGFE – CPL304110, ujawniła pozytywną korelację w zwiększeniu cytotoksyczności przez aktywną postać 25(OH) D₃ [7]. Zastosowanie inhibitorów FGFE wydaje się być obiecujące w leczeniu zmienionych nowotworowo keratynocytów z obecną ekspresją receptora, ponadto integrowanie takiej metody z aktywnymi formami witaminy D₃ w celu zwiększania oczekiwanych efektów znacząco rozszerza metody walki z czerniakiem. Należy zaznaczyć, że warto poszerzyć pole oddziaływania witaminy D₃ o wcześniej wspomniane receptory VDR, których wadliwa sygnalizacja może ograniczać potencjał terapii inhibitorowej, o zmniejszenie odpowiedzi przeciwnowotworowej objętego leczeniem pacjenta. Wzrost komórek czerniaka mógłby zostać zahamowany, w tym samym czasie rozwijając drogę przerzutową w wyniku braku czynników immunologicznych ograniczających jego przeżycie i cytotoksyczność. Istotnym wydaje się być szeroka diagnostyka w zakresie występowania i budowy molekularnej obydwu typów receptorów, aby możliwie jak najbardziej zmniejszyć skutki niepożądane, dobierając metodę indywidualnie do każdego przypadku medycznego. Ważne jest ustalenie takiej dawki witaminy D₃ u pacjentów wykazujących możliwość wykorzystania CPL304110, aby nie upośledzała ona nieswoistej odpowiedzi immunologicznej niezbędnej do walki z nowotworem.

4.2. Problemy wpływające na skuteczność profilaktyki czerniaka skóry

Suplementacja analogami czy też pochodnymi witaminy D₃ jest często stosowaną metodą działania wśród osób z ryzykiem zachorowania na czerniak skóry, gdyż okazuje się być łatwą i relatywnie taną strategią korygowania niedoborów. Problematyka wynika z różnic międzyosobniczych reakcji na daną dawkę witaminy D₃ w stężeniu aktywnej postaci 25(OH) D₃ w surowicy, co tłumaczyć można masą ciała, składem i formą podawanego suplementu czy odmiennymi formami przyjęcia dawki (przyjmowanie wraz z pożywieniem lub na czczo). Według badań [1] doustna suplementacja witaminy D₃ wśród osób z wyeliminowaniem różnic wskazanych powyżej dostarcza

informacji o wahanii się jej stężeń w surowicy na skutek obecnych czynników genetycznych, które wywierają większy wpływ na stężenie 25(OH) D₃ niż aspekty niegenetyczne. Argumentem wyjaśniającym zaobserwowane zjawisko jest pojawianie się w populacji różnorodnych wariantów genu białka wiążącego witaminę D₃ (DBP), które mogą modyfikować odpowiedź 25(OH) D₃ na suplementację. Nosiciele posiadający rzadkie układy alleli w SNP rs7041 oraz rs4588 wykazują najmniejszy wzrost stężenia kalcyfediolu we krwi w kontraście do homozygotycznego głównego genotypu, który charakteryzuje się najwyższą odpowiedzią. Biorąc pod uwagę zmienność genetyczną i obecne polimorfizmy rs7041 oraz rs4588, w celu wykluczenia niedającej efektów suplementacji ważne jest stosowanie badań genetycznych pod kątem DBP lub innych genów powiązanych z niedoborem witaminy D₃. To sugeruje, że u pacjentów z oznaczonym niekorzystnym genotypem do osiągnięcia wystarczającego poziomu 25(OH)D₃ może być konieczna większa lub bardziej skoncentrowana dawka witaminy. Dla genotypu z wysoką odpowiedzią na suplementację potrzebna będzie natomiast mniejsza dawka czy też większe odstępstwa w przyjmowaniu doustnym, aby stężenie witaminy D₃ nie przekroczyło przyjętej normy w kierunku hiperwitaminozy, gdyż może ona zaburzać obronę przeciwnowotworową organizmu, zwiększając jednocześnie ryzyko czerniaka skóry. Stąd też tak kluczowe dla powodzenia działań profilaktycznych i leczniczych są rutynowe badania stężenia kalcyfediolu – ogólnie przyjętego biomarkera stężenia witaminy D₃ – ze względu na długi okres półtrwania. Oznaczenie stężenia tego biomarkera daje personelowi medycznemu możliwość zmiany dawki i dostosowanie jej indywidualnie do pacjenta, priorytetując najlepszy wariant dla danego przypadku klinicznego.

Nie są to jedyne problemy pojawiające się w stosowaniu witaminy D₃. Należy zwrócić uwagę na coraz wyraźniej zaznaczające się niedobory 25(OH)D₃ w związku z obecnością niesynonimicznych polimorfizmów receptora melankortyny 1 – MCR1 [5]. Istnieją również dowody i opisy przypadków [4], które wskazują, że korzyści z zastosowania witaminy jako alternatywy leczenia czy zapobiegania przeważały nad negatywnymi aspektami, co w rezultacie poprawiło rokowanie tychże pacjentów. Jednakże należałoby mieć na uwadze chorych na czerniaka, których uwarunkowania genetyczne ograniczają stosowanie metod leczenia z udziałem witaminy D₃.

5. Podsumowanie

Przeprowadzona analiza literatury wskazała zarówno na rolę witaminy D₃ w profilaktyce i zwiększaniu efektów terapii czerniaka, jak i na trudności związane z optymalizacją dawkowania tej witaminy (ustalenie uniwersalnej dawki może być niemożliwe) w procesie nowotworzenia i zapobiegania mu. Zakładając, że społeczeństwo wydaje się być świadome co do potrzeb dostarczania do organizmu witaminy D₃ i stosowania jej suplementacji, nie można oczekiwać, że w każdym przypadku osobniczym będzie ona wywierać pozytywny wpływ na ochronę przeciwnowotworową i zdrowie człowie-

ka. Stąd ważne wydaje się upowszechnienie badań określających poziomy 25(OH) D₃ przed rozpoczęciem suplementacji witaminą, z jednoczesnym pogłębieniem diagnostyki w kontekście genetycznym w sytuacji pojawienia się różnorodnych problemów związanych z brakiem pozytywnych efektów jej stosowania. Przyjęcie za cel ustalenia jednolitej dawki dla ogółu społeczeństwa w ramach działań na rzecz zdrowia publicznego z zakresu profilaktyki czerniaka skóry w świetle obecnych doniesień naukowych okazuje się dość trudne do osiągnięcia, a nawet niemożliwe. Rasa ludzka wykazuje zbyt duży polimorfizm na wielu etapach komórkowego mechanizmu nowotworzenia, a odpowiedź organizmu może wykazywać się równie wysoką zmiennością. Edukacja społeczeństwa w wymiarze zróżnicowania genetycznego czerniaka i oddziaływania aktywnych metabolitów witaminy D₃ może okazać się ważną kwestią w profilaktyce i leczeniu nowotworów skóry. Czynności z zakresu zdrowia publicznego, w tym badania przesiewowe poziomu witaminy D₃ w połączeniu z edukacją społeczeństwa, mogą okazać się pomocne w ochronie globalnej populacji przed czerniakiem i szkodliwym niedoborem witaminy D₃. Odkrycie pozytywnych stron działania witaminy D₃ w zakresie choroby przerzutowej czerniaka wzbudza optymizm i stanowi zachętę do kontynuowania prac naukowych nad zoptymalizowaniem zastosowania jej aktywnych form w medycynie.

Bibliografia

- [1] Al-Daghri N.M., Mohammed A.K., Bukhari I., Rikli M., Abdi S., Ansari M.G.A., Sabico S., Hussain S.D., Alenad A., Al-Saleh Y., Alokail M.S. 2019. Efficacy of vitamin D supplementation according to vitamin D-binding protein polymorphisms. 63–64:148–154. doi: 10.1016/j.nut.2019.02.003.
- [2] Arnold M., Singh D., Laversanne M., Vignat J., Vaccarella S., Meheus F., Cust A.E., de Vries E., Whitman D.C. 2022. Global Burden of Cutaneous Melanoma in 2020 and Projections to 2040. *JAMA Dermatol.* 1;158(5):495–503. doi: 10.1001/jamadermatol.2022.0160.
- [3] Becker A.L., Carpenter E.L., Slominski A.T., Indra A.K. 2021. The Role of the Vitamin D Receptor in the Pathogenesis, Prognosis, and Treatment of Cutaneous Melanoma. *Front Oncol.* 6;11:743667. doi: 10.3389/fonc.2021.743667.
- [4] De Smedt J., Van Kelst S., Boecxstaens V., Stas M., Bogaerts K., Vanderschueren D., Aura C., Vandenberghe K., Lambrechts D., Wolter P., Bechter O., Nikkels A., Strobbe T., Emri G., Marasigan V., Garmyn M. 2017. Vitamin D supplementation in cutaneous malignant melanoma outcome (ViDMe): a randomized controlled trial. *BMC Cancer.* 23;17(1):562. doi: 10.1186/s12885-017-3538-4.
- [5] Hernández-Ostiz S., Pérez-Ramada M.D., Ortiz B., Requena C., Ribas G., Aznar E., Nagore E. 2016. 25-Hydroxyvitamin D in Patients With Melanoma and Factors Associated With Inadequate Levels. *Actas Dermosifiliogr.* 107(9):758–764. doi: 10.1016/j.ad.2016.06.002.
- [6] Hutchinson P.E., Pringle J.H. 2022. Consideration of possible effects of vitamin D on established cancer, with reference to malignant melanoma. *Pigment Cell Melanoma Res.* 35(4):408–424. doi: 10.1111/pcmr.13040.

- [7] Piotrowska A., Nowak J.I., Wierzbicka J.M., Domżałski P., Górska-Arcisz M., Sądej R., Popiel D., Wieczorek M., Żmijewski M.A. 2024. Fibroblast Growth Factor Receptor Inhibitors Decrease Proliferation of Melanoma Cell Lines and Their Activity Is Modulated by Vitamin D. *Int J Mol Sci.* 21;25(5):2505. doi: 10.3390/ijms25052505.
- [8] Rozmus D., Ciesielska A., Płomiński J., Grzybowski R., Fiedorowicz E., Kordulewska N., Savelkoul H., Kostyra E., Cieślińska A. 2020. Vitamin D Binding Protein (VDBP) and Its Gene Polymorphisms-The Risk of Malignant Tumors and Other Diseases. *Int J Mol Sci.* 22;21(21):7822. doi: 10.3390/ijms21217822.
- [9] Rozmus D., Płomiński J., Augustyn K., Cieślińska A. 2022. rs7041 and rs4588 Polymorphisms in Vitamin D Binding Protein Gene (VDBP) and the Risk of Diseases. *Int J Mol Sci.* 15;23(2):933. doi: 10.3390/ijms23020933.

Emilia Lemkowska

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
Studenckie Koło Naukowe Badań w Zdrowiu Publicznym
emilia.lemkowska@student.uwm.edu.pl
Opiekun: dr hab. n. med. Anita Mikołajczyk, prof. UWM

PAPIEROSY ELEKTRONICZNE W ŚWIETLE MEDYCYNY OPARTEJ NA DOWODACH NAUKOWYCH

1. Wstęp

Palenie tytoniu to obecnie znaczący problem na całym świecie, dotyczący ludzi we wszystkich społecznościach. Według Światowej Organizacji Zdrowia, około 1,3 miliarda ludzi na całym globie sięga po papierosy [40]. Wpływ wyrobów tytoniowych na zdrowie człowieka został dokładnie zbadany i niejednokrotnie udowodniono ich powiązanie i bezpośredni wpływ na rozwój chorób. Oprócz dobrze znanych schorzeń, takich jak przewlekła obturacyjna choroba płuc czy nowotwory płuc i jamy ustnej, istnieją również dowody epidemiologiczne wykazujące, że nałogowi palacze są narażeni na zwiększone ryzyko chorób neurologicznych i nerwowych, takich jak stwardnienie rozsiane, choroba Alzheimera, udar mózgu, demencja naczyniowa oraz choroba niedokrwienna [24].

W 2003 roku chiński farmaceuta Hon Lik wprowadził na rynek pierwsze e-papierosy [4]. Ich celem było zastąpienie tradycyjnych produktów tytoniowych oraz rozpowszechnienie nowoczesnego źródła dostarczania nikotyny. W ostatniej dekadzie na rynku pojawiło się wiele alternatywnych form dostarczania nikotyny względem tradycyjnego tytoniu, zwłaszcza waporyzatorów, które szybko zyskały popularność, szczególnie wśród młodszych osób. Elektroniczne systemy dostarczania nikotyny

Dofinansowano ze środków Ministra Nauki w ramach Programu „Regionalna inicjatywa doskonałości”

(Electronic Nicotine Delivery Systems, ENDS), znane jako elektroniczne papierosy lub e-papierosy (E-cigarettes, EC), stały się szczególnie poszukiwanym produktem, ponieważ wielu ludzi uważa, że są one znacznie bezpieczniejsze niż tradycyjne [27].

Obecnie produkty te cieszą się niezwykłą popularnością również w Polsce. Szczególnie zainteresowanie zdobyły wśród nastolatków. Z alarmujących wyników badań przeprowadzonych na zlecenie Rzecznika Praw Dziecka przez Instytut Badań Polster wynika, że 23% nastolatków pali e-papierosy. Wśród nich aż 72% robi to systematycznie, a prawie wszyscy – 93% – uważa palenie za uzależniające, natomiast tylko 75% ma takie zdanie w stosunku do papierosów elektronicznych [1]. WHO podaje Polskę jako państwo z największym na świecie odsetkiem osób nieletnich, które kiedykolwiek paliły elektroniczne papierosy, wynoszącym 62,1% (4,2 mln) [39]. Te niepokojące statystyki wskazują na znaczący problem zdrowia publicznego, który rozpoczyna się już od najmłodszych grup społecznych. Ogólnodostępne w mediach informacje odnośnie oceny bezpieczeństwa stosowania e-papierosa są rozbieżne. Prezentowanie jednostkowych negatywnych lub pozytywnych zdarzeń i faktów jako generalnych zagadnień dotyczących e-papierosów jest wysoce niemiarodajne. Wiarygodne doniesienia oparte na dowodach naukowych pozwalają na prawidłowe kształtowanie poglądów dotyczących zagadnień z zakresu zdrowia populacji.

Celem pracy było zebranie informacji na temat podstawowych składników e-papierosów i analiza dotycząca bezpieczeństwa oraz ryzyka rozwoju potencjalnych chorób związanych z ich używaniem. Badania zostały przeprowadzone na podstawie przeglądu danych literaturowych, będących źródłem informacji zgodnym z zasadami medycyny opartej na wiarygodnych dowodach naukowych (evidence-based medicine, EBM).

2. E-papierosy – regulacje prawne

Od 8 września 2016 roku obowiązuje ustawa z 22 lipca 2016 roku o zmianie ustawy o ochronie zdrowia przed następstwami używania tytoniu i wyrobów tytoniowych [36]. Ustawa została dostosowana do dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/40/UE z dnia 3 kwietnia 2014 roku [12]. Obecne regulacje prawne dotyczące e-papierosów są podobne do tych dotyczących tradycyjnych wyrobów tytoniowych. Zakazano sprzedaży e-papierosów i pojemników zawierających nikotynę, służących do ich napełniania, osobom niepełnoletnim. W miejscach publicznych zabroniono korzystania z e-papierosów w celu ochrony zdrowia osób niepalących. Ponadto zabroniono reklamowania oraz sponsorowania e-papierosów przez producentów i importerów na różnego rodzaju wydarzeniach społecznych. Zakazano również detalicznej sprzedaży e-papierosów i liquidów przez internet, zarówno w kraju, jak i za granicą.

W dokumentach [12, 36] określono również wymagania techniczne dotyczące tych produktów, w tym zabezpieczenia chroniące przed dziećmi oraz ograniczające ryzyko przeciekania płynu. Maksymalna objętość pojemnika do powtórnego napełniania

nie może przekroczyć 10 ml, a pojemnika bądź e-papierosa jednorazowego użytku – 2 ml. Stężenie nikotyny w liquidzie nie może przekraczać 20 mg/ml. Na opakowaniu jednostkowym i zbiorczym e-papierosów oraz pojemników zapasowych musi być zamieszczony wykaz wszystkich składników wyrobu w porządku malejącym według masy, zawartość nikotyny w wyrobie i jej ilość w przyjmowanej dawce, numer serii oraz ostrzeżenia dotyczące ochrony przed dziećmi. Do opakowania jednostkowego e-papierosów oraz pojemników zapasowych musi być dołączona ulotka z instrukcją w języku polskim. Producent jest również zobowiązany do umieszczenia odpowiedniego ostrzeżenia zdrowotnego, które powinno być widoczne na dwóch największych płaszczyznach opakowania jednostkowego i zbiorczego, zajmując 30% płaszczyzny opakowania. Ponadto do produktu musi być dołączona ulotka informująca m.in. o właściwościach uzależniających, zasadach użytkowania, przeciwwskazaniach oraz możliwych negatywnych skutkach stosowania. Mimo określenia jasnych przepisów prawnych regulujących zarówno skład, jak i odpowiednie oznakowania opakowania istnieją badania wskazujące odchylenia pomiędzy deklarowanym przez producenta składem, a jego rzeczywistymi wartościami [22].

3. Substancje zawarte w liquidzie

E-papierosy to urządzenia zasilane bateryjnie, posiadające wkłady lub zbiorniki z możliwością ponownego napełnienia, zawierające płynną mieszaninę składającą się głównie z glikolu propylenowego i/lub gliceryny i nikotyny, a także środków aromatyzujących i innych substancji chemicznych – liquid [14]. Podczas użytkowania e-papierosa nie zachodzi proces spalania tytoniu. Zamiast tego, aerozol inhalowany przez użytkownika jest generowany poprzez odparowywanie liquidu przez jego podgrzanie. Pod względem fizycznym aerozol ten jest zawiesiną, w której cząstki stałe są rozproszone w fazie gazowej [7]. Na liście opracowanej przez Food and Drug Administration w 2012 roku (tzw. lista HPHCs) znajdują się 93 związki szkodliwe lub potencjalnie szkodliwe dla palaczy, które występują w dymie tytoniowym i tytoniu. Te substancje, znane jako kancerogeny, wykazują toksyczne działanie na układ sercowo-naczyniowy oraz rozrodczy, negatywnie wpływają na rozwój oraz mogą wykazywać właściwości uzależniające. Spośród nich pięć substancji występuje w aerozolu generowanym przez większość liquidów: aldehyd octowy, aceton, akroleina, formaldehyd i nikotyna [13].

Aldehyd octowy jest uznawany za związek bardzo toksyczny. Cechuje się on wysoką reaktywnością wobec grup -SH (grupa tiolowa) oraz -NH₂ (grupa aminowa), uszkadzając w ten sposób białka, szczególnie pełniące funkcję enzymatyczną, aminy katecholowe oraz składniki błon komórkowych [2]. Jest to substancja oficjalnie zakwalifikowana przez IARC (International Agency for Research on Cancer) do grupy 2B, czyli jako substancja, która może być rakotwórcza dla ludzi [16].

Formaldehyd jest substancją silnie toksyczną i reaktywną. Reakcja formaldehydu z grupami nukleofilowymi obecnymi w kwasach nukleinowych i białkach może prowadzić do szeregu uszkodzeń, takich jak tworzenie adduktów zasadowych i białkowych, wiązań krzyżowych DNA (interstrand DNA crosslinks, ICL) oraz wiązań krzyżowych DNA-białko (DNA-protein crosslink, DPC). Zarówno ICL, jak i DPC mogą uniemożliwiać funkcjonowanie mechanizmów transkrypcji i replikacji, co prowadzi do wystąpienia mutagenyzy oraz śmierci komórkowej [33]. Związek ten został sklasyfikowany przez IARC jako znany czynnik rakotwórczy (grupa 1) dla ludzi i zwierząt [16].

Gliceryna jest bezbarwną oleistą cieczą o lekko słodkim smaku. Amerykańska Agencja Żywności i Leków (ang. Food and Drug Administration, FDA) uważa glicerynę za bezpieczną i charakteryzującą się wyjątkowo niską toksycznością doustną. Toksyczność gliceryny nie została jednak dobrze zbadana na ludziach, dlatego przewidywana niska toksyczność nie wskazuje, że związek ten jest bezpieczny w przypadku długotrwałej inhalacji przez drogi oddechowe. Doniesienia wskazują, że gliceryna może tworzyć toksyczne związki po podgrzaniu w wysokiej temperaturze [18, 8]. W 1973 roku FDA uznała glikol propylenowy (propylene glycol, PG) za ogólnie bezpieczny (Generally Recognized as Safe, GRAS). Substancje sklasyfikowane jako GRAS są uważane za bezpieczne w warunkach ich zamierzonego stosowania jako dodatki do żywności. Ich spożycie nie stanowi niebezpieczeństwa, jednakże nie zawsze są odpowiednie do stosowania w innych formach, takich jak inhalacja [20]. W badaniach skupionych nad wymienionymi związkami stwierdzono, że narażenie na e-papierosy zawierające PG oraz glicerynę, połączone lub rozdzielone, prowadzi do płucnych zmian transkrypcyjnych w genach dobowego zegara molekularnego, a ciągłe stosowanie może z czasem stopniowo prowadzić do zapalenia płuc. Ponadto przypuszcza się, że wysoki poziom gliceryny znacząco wpływa na spermatogenezę i zdrowie reprodukcyjne u mężczyzn. Dodatkowo wdychanie gliceryny wpływa na strukturę tkanki płuc i może podrażniać drogi oddechowe [3, 31, 25].

Nikotyna jest naturalnie występującym alkaloidem. Zajmuje czołowe miejsce wśród substancji toksycznych rozpowszechnionych na całym świecie. Jest ona silnym agonistą cholinergicznym receptorów nikotynowych. Ze względu na powszechność tego typu receptora w ośrodkowym układzie nerwowym ma szerokie działanie na różnorodne struktury nerwowe, powodując natężone uwalnianie neuroprzekaźników. Zwiększone uwalnianie dopaminy wpływa szczególnie na pobudzenie układu nagrody, który uczestniczy w odczuwaniu przyjemnych doznań związanych z jej zażyciem. Nikotyna powoduje również zwiększone uwalnianie adrenaliny, która w sposób bezpośredni pobudza układ współczulny, skutkując zwiększeniem ciśnienia tętniczego i szybkości pracy serca. Może ona powodować zwężenie naczyń krwionośnych i przyczyniać się do rozwoju chorób układu krążenia, prowadząc do niedokrwienia mięśnia sercowego. Jest dobrze wchłaniana przez błony śluzowe jamy ustnej i płuc, z tego względu jej działanie jest niemal natychmiastowe [21, 5, 11]. Przy długotrwałym narażeniu na nikoty-

nę w mózgu zachodzą zmiany strukturalne. Przede wszystkim następuje zwiększenie liczby receptorów nikotynowych oraz ich zagęszczenie w wielu częściach mózgu, co wiąże się ściśle z rozwojem uzależnienia [19]. E-papierosy zwiększają stężenie protonowanej nikotyny aktywującej receptory nikotynowe (ang. Nicotinic Acetylcholine Receptors, nAChR) na komórkach nabłonkowych i patologicznych komórkach raka płuc na wewnętrznej powierzchni dróg oddechowych przed jej przedostaniem się do krążenia. Te wysokie stężenia nikotyny mają potencjalnie istotny wpływ na odpowiedź immunologiczną i rozwój raka płuc [34].

Jedną z cech zachęcających palaczy do sięgnięcia po e-papierosy są różnorodne smaki i aromaty dostępne w papierosach elektronicznych. Niezliczone środki chemiczne stosowane do aromatyzowania e-liquidów stanowią dodatkową warstwę złożoności przy ocenie toksyczności e-papierosów. Wiele substancji chemicznych stosowanych jako środki aromatyzujące otrzymało oznaczenie ogólnie uznawanych za bezpieczne (GRAS), co nie odzwierciedla jednak ich potencjału wywoływania toksyczności przez drogi oddechowe [10]. W zakresie identyfikacji związków używanych do aromatyzowania liquidów oraz ich stężeniach przeprowadzono wiele badań. Udowodniono użycie wielu substancji, w przypadku niektórych wykryto powszechnie stosowane środki aromatyzujące w stężeniach większych niż wymagane do wywołania cytotoxyczności [30]. Substancje aromatyzujące mają działanie drażniące i uczulające oraz mogą wywoływać przewlekłą odpowiedź zapalną prowadzącą do rozwoju różnego rodzaju chorób płuc np. astmy. Testy komórkowe wykazały również, że środki te mogą osłabiać wrodzone mechanizmy obronne układu odpornościowego, które przyczyniają się do rozwoju chorób układu oddechowego [9, 35, 17]. Badania przeprowadzone nad aromatami podkreślają potrzebę wprowadzenia przepisów ograniczających ich zawartość w e-papierosach i zakazujących aromatów, które są znanymi substancjami toksycznymi.

4. Skutki zdrowotne

Wyniki przeprowadzonych badań wskazują na powiązanie użytkowania ENDS z zwiększonym ryzykiem wystąpienia symptomów ze strony układu oddechowego. Wiązały się one ze wzrostem występowania przewlekłych objawów zapalenia oskrzeli (przewlekły kaszel, zapalenie oskrzeli czy zalegająca flegma) [26, 38]. Sama struktura płuc jest bardzo delikatna i nawet małe zmiany zapalne mogą wywołać zaburzenia w ich podstawowej funkcji – wymianie gazowej. Dane literaturowe sugerują, że nawet u zdrowych użytkowników e-papierosów błona śluzowa wykazuje zmiany histologiczne i funkcjonalne o charakterze zapalnym, takie jak podrażnienia, zaczerwienienia, zwiększone wydzielanie śluzu oraz specyficznych białek (m.in. białka CC16 będącego wskaźnikiem stresu oksydacyjnego i przebudowy w obrębie tkanki płucnej) [6,15].

Ze względu na obecność substancji rakotwórczych znajdujących się w liquidach e-papierosy powiązано z różnymi nowotworami. Według Narodowych Instytutów

Zdrowia (National Institutes of Health, NIH) najnowsze badania dowodzą, że narażenie na opary EC powoduje raka płuc u myszy, a u innych doświadczalnych zwierząt zaobserwowane zostały objawy wczesnych stadiów raka pęcherza moczowego. W badaniu histologicznym wykazano, że u myszy narażonych na działanie ECS zaobserwowano zmiany rozrostowe w nabłonku pęcherza moczowego, pomimo braku widocznych nowotworów. Zmiany te obejmowały prosty lub guzkowy rozrost nabłonka z widocznym zwiększeniem liczby warstw nabłonka (5–8 w porównaniu do 3 warstw w grupach kontrolnych), ekspansją komórek Krt5-dodatnich oraz podwyższeniem markerów proliferacji komórek MCM-2 i PCNA. [29]. Opisano pojawiające się dowody na zmiany prokarcynogenne związane z e-papierosami, w tym uszkodzenie DNA. Podobnie jak w przypadku palenia tradycyjnych papierosów, dzięki sekwencjonowaniu RNA i analizie szlaków funkcjonalnych przeprowadzonych na komórkach jamy ustnej osób używających ENDS zidentyfikowano związki z kancerogenezą, związane z występowaniem stanu biologicznego stresu oksydacyjnego oraz ROS (reactive oxygen species) [29, 27]. Związek między rakiem a użytkowaniem papierosów elektronicznych jest tematem nowym i informacje na ten temat są ograniczone, niemniej jednak konieczne jest przeprowadzenie dokładnych badań w tym kierunku.

Wpływ na układ krążenia jest w głównej mierze spowodowany nikotyną, czyli podstawowym składnikiem aerozolu e-papierosów. Powoduje ona wzrost stężenia katecholamin we krwi, co wiąże się ze wzrostem ciśnienia krwi oraz intensywności pracy serca. Te efekty krążeniowe mogą prowadzić do choroby niedokrwiennej, a w konsekwencji do zawału mięśnia sercowego. Badania dowodzą, że u użytkowników e-papierosów występuje zwiększone ryzyko zawału mięśnia sercowego, udaru mózgu i choroby niedokrwiennej serca [37]. Związki stosowane w ENDS zostały również powiązane ze zwiększoną akumulacją cholesterolu w krwiobiegu, co ściśle wiąże się ze wzrostem prawdopodobieństwa powstawania zakrzepów [23].

5. Podsumowanie

Mimo że e-papierosy zostały opracowane oraz wprowadzone na rynek z intencją wyznalezienia zdrowszej i bezpieczniejszej alternatywy dla wyrobów tytoniowych przeznaczonych do palenia, istnieje coraz więcej dowodów potwierdzających ich szkodliwość. Zawarte w nich substancje wykazują działania toksyczne oraz rakotwórcze i chociaż ich ilości są niższe niż w konwencjonalnych papierosach tytoniowych, nie można ich uznać za bezpieczne, a ich stosowanie może prowadzić do szkodliwych konsekwencji. Wciąż nie można jasno ocenić wpływu ich długotrwałego stosowania na zdrowie ze względu na ciągle trwające badania w tym zakresie. Obecnie rosnąca popularność e-papierosów, zwłaszcza wśród młodzieży, stanowi poważny problem, któremu należy przeciwdziałać, zaczynając od działań edukacyjnych na temat alternatywnych źródeł tytoniu w powiązaniu z EBM. Działania edukacyjne, które mają czytelne poparcie

w dowodach naukowych pochodzących z wiarygodnych badań, mogą stać się ważnym elementem polityki zdrowotnej w profilaktyce zwalczania następstw zdrowotnych używania papierosów elektronicznych, szczególnie wobec młodego pokolenia epoki cyfrowej.

6. Bibliografia

- [1] Badanie na zlecenie Rzecznika Praw Dziecka. Instytut Badań Pollster. 2020. Pobrane z: <https://brpd.gov.pl/2020/12/28/alarmujace-wyniki-badan-e-papierosy-staly-sie-naloglem-mlodziezy/> (dostęp 30.04.2024).
- [2] Bańkowski E. 2020. *Biochemia. Podręcznik dla studentów uczelni medycznych*. Edra Urban & Partner, Wrocław.
- [3] Beklen A., Uckan D. 2021. Electronic cigarette liquid substances propylene glycol and vegetable glycerin induce an inflammatory response in gingival epithelial cells. *Hum. Exp. Toxicol.*, 40: 25–34. Pobrane z: <https://doi.org/10.1177/0960327120943934> (dostęp?).
- [4] Bhatnagar A., et al. 2014. Electronic cigarettes: a policy statement from the American Heart Association. *Circulation*, 130: 1418–1436. Pobrane z: <https://doi.org/10.1161/CIR.000000000000107> (dostęp?).
- [5] Bijoch Ł., Pękała M., Beroun A. 2021. Molekularne podstawy działania wybranych substancji psychoaktywnych. *Postępy Biochemii*, 67, 141–155.
- [6] Chaumont M., et al. 2019. Fourth generation e-cigarette vaping induces transient lung inflammation and gas exchange disturbances: results from two randomized clinical trials. *Am. J. Physiol. Lung Cell. Mol. Physiol.*, 316: 705–719. Pobrane z: <https://doi.org/10.1152/ajplung.00492.2018> (dostęp?).
- [7] Cheng T. 2014. Chemical evaluation of electronic cigarettes. *Tob. Control*, 23: 11–17. Pobrane z: <https://doi.org/10.1136/tobaccocontrol-2013-051482> (dostęp?).
- [8] Chmielewski J. 2020. Substancje chemiczne w e-papierosach i ich wpływ na zdrowie człowieka. *Przem. Chem.*, 5: 756770. Pobrane z: <https://doi.org/10.26444/ms/174281> (dostęp?).
- [9] Clapp P.W., Jaspers I. 2017. Electronic Cigarettes: Their Constituents and Potential Links to Asthma. *Curr. Allergy Asthma Rep.*, 17: 79. Pobrane z: <https://doi.org/10.1007/s11882-017-0747-5> (dostęp?).
- [10] Dinu V., Kilic A., Wang Q., et al. 2020. Policy, toxicology and physicochemical considerations on the inhalation of high concentrations of food flavour. *NPJ Sci. Food.*, 4: 15. Pobrane z: <https://doi.org/10.1038/s41538-020-00075-y> (dostęp?).
- [11] Dongelmans M., et al. 2021. Chronic nicotine increases midbrain dopamine neuron activity and biases individual strategies towards reduced exploration in mice. *Nat. Commun.*, 12, 6945. Pobrane z: <https://doi.org/10.1038/s41467-021-27268-7> (dostęp?).
- [12] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/40/UE z dnia 3 kwietnia 2014 r. w sprawie zbliżenia przepisów ustawowych, wykonawczych i administracyjnych państw członkowskich w sprawie produkcji, prezentowania i sprzedaży wyrobów tytoniowych i powiązanych wyrobów oraz uchylająca dyrektywę 2001/37/WE. (dostęp 30.04.2024).
- [13] Food and Drug Administration: Harmful and potentially harmful constituents in tobacco products and tobacco smoke: established list. *Federal Register* 2012: 77: 20034–20037. (dostęp 30.04.2024).

- [14] Foulds J., Veldheer S., Berg A. 2011. Electronic cigarettes (e-cigs): views of aficionados and clinical/public health perspectives. *Int. J. Clin. Pract.*, 65: 1037–1042. Pobrane z: <https://doi.org/10.1111/j.1742-1241.2011.02751.x> (dostęp?).
- [15] Ghosh A., et al. 2018. Chronic E-Cigarette Exposure Alters the Human Bronchial Epithelial Proteome. *Am. J. Respir. Crit. Care. Med.*, 198: 67–76. Pobrane z: <https://doi.org/10.1164/rccm.201710-2033OC> (dostęp?).
- [16] Goniewicz M.L., et al. 2014. Levels of selected carcinogens and toxicants in vapour from electronics cigarettes. *Tob. Control.*, 23:133–139.
- [17] Gordon T., Karey E., Rebuli M.E., Escobar Y.H., Jaspers I., Chen L.C. 2022. E-Cigarette Toxicology. *Annu. Rev. Pharmacol. Toxicol.*, 62: 301–322. doi: 10.1146/annurev-pharmtox-042921-084202. Pobrane z: <https://doi.org/10.1146/annurev-pharmtox-042921-084202> (dostęp?).
- [18] Hajek P., Etter J.F., Benowitz N., Eissenberg T. McRobbie H. 2014. Electronic Cigarettes: Review of Use, Content, Safety, Effects on Smokers and Potential for Harm and Benefit. *Addiction*, 109: 1801–1810.
- [19] Henderson B.J., Lester H.A. 2015. Inside-out neuropharmacology of nicotinic drugs. *Neuropharmacology*, 96: 178–193. Pobrane z: <https://doi.org/10.1016/j.neuropharm.2015.01.022> (dostęp?).
- [20] HHS. Select committee on GRAS substances (SCOGS) opinion: Propylene glycol and propylene glycol monostearate. 2015. Pobrane z: <https://www.cfsanappsexternal.fda.gov/scripts/fdcc/?set=SCOGS> (dostęp z 30.04.2024).
- [21] Kolińska A., Marciniak P., Adamski Z., Rosiński G. 2016. Alkaloidy – naturalne substancje kadioaktywne, 65: 247–256.
- [22] Kucharska M., Wesołowski W., Czerczak S., Saćko R. 2016. Badanie składu płynów do e-papierosów – deklaracje producenta a stan rzeczywisty w wybranej serii wyrobów. *Med. Pr.*, 67: 239–253.
- [23] Kuehn B.M. 2017. Emerging Data Show E-Cigarettes May Pose Heart Risk. *Circulation*, 136: 232–233. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.117.029532>
- [24] Lau D., Berger M. S., Khullar D., Maa J. 2013. The impact of smoking on neurosurgical outcomes. *J. Neurosurg.*, 119: 1323–1330. Pobrane z: <https://doi.org/10.3171/2013.5.JNS122287> (dostęp?).
- [25] Lechasseur A., et al. 2020. Exposure to nicotine-free and flavor-free e-cigarette vapors modifies the pulmonary response to tobacco cigarette smoke in female mice. *Am. J. Physiol. Lung Cell. Mol. Physiol.*, 319: 717–727. Pobrane z: <https://doi.org/10.1152/ajplung.00037.2020> (dostęp?).
- [26] McConnell R., et al. 2017. Electronic Cigarette Use and Respiratory Symptoms in Adolescents. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*, 195: 1043–1049. Pobrane z: <https://doi.org/10.1164/rccm.201604-0804OC> (dostęp?).
- [27] Menicagli R., Marotta O., Serra R. 2020. Free Radical Production in the Smoking of E-Cigarettes and their Possible Effects in Human Health. *Int. J. Prev. Med.*, 11, 53. Pobrane z: https://doi.org/10.4103/ijpvm.IJPVM_424_19 (dostęp?).
- [28] Murthy V.H. 2017. E-cigarette use among youth and young adults: a major public health concern. *JAMA Pediatr.*, 171: 209–210. Pobrane z: <https://doi.org/10.1001/jamapediatrics.2016.4662> (dostęp?).
- [29] National Institute of Health. 2019. E-Cigarette Vapor Linked to Cancer in Mice. Pobrane z: <https://www.nih.gov/news-events/nih-research-matters/e-cigarette-vapor-linked-cancer-mice> (dostęp 30.04.2024).

- [30] Omaiye E.E., McWhirter K.J., Luo W., Tierney P.A., Pankow J.F., Talbot P. 2019. High concentrations of flavor chemicals are present in electronic cigarette refill fluids. *Sci. Rep.*, 9, 2468. Pobrane z: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-39550-2> (dostęp?).
- [31] Phillips B., et.al. 2017. Toxicity of the main electronic cigarette components, propylene glycol, glycerin, and nicotine, in Sprague-Dawley rats in a 90-day OECD inhalation study complemented by molecular endpoints. *Food. Chem. Toxicol.*, 109: 315–332. Pobrane z: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2017.09.001> (dostęp?).
- [32] Prasad S., Sajja R.K., Park J.H., Naik P., Kaisar M.A., Cucullo L. 2015. Impact of cigarette smoke extract and hyperglycemic conditions on blood-brain barrier endothelial cells. *Fluids Barriers CNS*, 12:18. Pobrane z: <https://doi.org/10.1186/s12987-015-0014-x> (dostęp?).
- [33] Reingruber H., Pontel L.B. 2018. Formaldehyde metabolism and its impact on human health. *Current Opinion in Toxicology*, 9: 28–34. Pobrane z: <https://doi.org/10.1016/j.cotox.2018.07.001> (dostęp?).
- [34] Shao X.S.M., Friedland T.C. 2020. Pod-Mod vs. Conventional E-Cigarettes: Nicotine Chemistry, pH, and Health Effects. *J. Appl. Physiol.*, 128: 1056–1058. Pobrane z: <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00717.2019> (dostęp?).
- [35] Stefaniak A.B., LeBouf R.F., Ranpara A.C., Leonard S.S. 2021. Toxicology of flavoring and cannabis-containing e-liquids used in electronic delivery systems. *Pharmacol. Ther.*, 224: 107838. Pobrane z: <https://doi.org/10.1016/j.pharmthera.2021.107838> (dostęp?).
- [36] Ustawa z 22 lipca 2016 r. o zmianie ustawy o ochronie zdrowia przed następstwami używania tytoniu i wyrobów tytoniowych. (dostęp 30.04.2024).
- [37] Vindhya M.R., et al. 2020. Cardiovascular Outcomes Associated With Adult Electronic Cigarette Use. *Cureus*, 12, e9618. Pobrane z: <https://doi.org/10.7759/cureus.9618> (dostęp?).
- [38] Wang M.P., Ho S.Y., Leung L.T., Lam T.H. 2016. Electronic Cigarette Use and Respiratory Symptoms in Chinese Adolescents in Hong Kong. *JAMA Pediatr.*, 170: 89–91. Pobrane z: <https://doi.org/10.1001/jamapediatrics.2015.3024> (dostęp?).
- [39] WHO Framework Convention on Tobacco Control. FCTC/COP/8/10 Progress report on regulatory and market developments on electronic nicotine delivery systems (ENDS) and electronic non-nicotine delivery systems (ENNDS). Presented at: 8th session of the Conference of the Parties to the WHO Framework Convention on Tobacco Control: October 2018. Pobrane z: [https://fctc.who.int/publications/m/item/fctc-cop-8-10-progress-report-on-regulatory-and-market-developments-on-electronic-nicotine-delivery-systems-\(ends\)-and-electronic-non-nicotine-delivery-systems-\(enns\)](https://fctc.who.int/publications/m/item/fctc-cop-8-10-progress-report-on-regulatory-and-market-developments-on-electronic-nicotine-delivery-systems-(ends)-and-electronic-non-nicotine-delivery-systems-(enns)) (dostęp 30.04.2024)
- [40] WHO. Tobacco. Pobrane z: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/tobacco> (dostęp 30.04.2024).

Oliwia Płonkowska

Maria Jarząbek

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Koło Chirurgii Dziecięcej

e-mail: 161951@student.uwm.edu.pl

Opiekun: dr n. med. Michał Puliński

ZASTOSOWANIE MATRYCY INTEGRA® DRT W LECZENIU POURAZOWEJ RANY UDA U DZIECKA - OPIS PRZYPADKU I PRZEGLĄD LITERATURY

Wstęp

Matryca do regeneracji skóry INTEGRA® DRT (ang. Dermal Regeneration Template, IDRT) jest dwuwarstwowym systemem matrycy i błony, służącym do czasowego zastąpienia skóry i jej regeneracji. Warstwa zastępująca skórę właściwą zbudowana jest z porowatej matrycy utworzonej z usieciowanych włókien kolagenu bydłęcego typu I powiązanych krzyżowo i glikoaminoglikanu, przy czym warunki produkcji dobrano tak, aby uzyskać odpowiednią porowatość i określoną szybkość rozpadu matrycy. Warstwę zastępującą czasowo naskórek stanowi cienka warstwa półprzepuszczalnego polisiloksanu (silikonu), która ma za zadanie zapobiec wysychaniu rany [3]. INTEGRA® po wszczepieniu do rany zostaje zasiedlana przez komórki pacjenta, początkowo wędrują tam monocyty i neutrofile, które wydzielają cytokiny stymulujące komórki śródbłonna umożliwiające rewaskularyzację. Następnie za przebudowę matrycy i powstanie skóry właściwej odpowiadają fibroblasty, które wydzielają białka i proteoglikany.

INTEGRA® powstała w latach 70., ale dopiero po około 10 latach została wprowadzona w świat medycyny. Pierwsza idea wprowadzona przez Yannas i Burke (1980) pozwalała na krótkotrwałe zamknięcie opracowanych chirurgicznie ran. W tym celu wykorzystano błonę, która pozwalała na utrzymanie odpowiedniej wilgoci i wypierała

Dofinansowano ze środków Ministra Nauki w ramach Programu „Regionalna inicjatywa doskonałości”

powietrze poprzez ściśle przyleganie do rany. Następnie, w celu przewlekłego stosowania i wydłużenia czasu przydatności matrycy skupiono się na wytworzeniu błony, której organizm biorcy by nie odrzucił. W tym celu wykorzystano biodegradowalne włókna, tworzące swego rodzaju rusztowanie, które następnie dopracowywano, aby uzyskać odpowiednią porowatość materiału [8]. Badaniom poddano błony o wysokiej i niskiej porowatości. W badaniu sprawdzono stopień liniowej kurczliwości błony przy zmianie warunków fizycznych. Stwierdzono, że zastosowanie specjalnie opracowanego procesu liofilizacji jest najbardziej skuteczne w procesie uzyskania membrany o najwyższej porowatości powierzchni i odpowiedniej średniej wielkości porów [9].

Początkowo IDRT wykorzystywana była w centrach oparzeniowych w leczeniu oparzeń ekstremalnych [8,9]. Aktualnie zastosowanie tej innowacyjnej matrycy do regeneracji skóry jest dużo szersze. Wciąż jest ona niezwykle skuteczna w leczeniu oparzeń, jednak znajduje zastosowanie także w opatrywaniu innych ran, w tym ran ciężko gojących się, w leczeniu blizn i przykurczów czy podczas różnorodnych zabiegów, np. zabiegów onkologicznych czy operacjach zmiany płci. Matryca ta umożliwia natychmiastowe pokrycie dużego ubytku tkanki, a jej wykorzystanie zmniejsza utratę płynów, białek i elektrolitów. Zastosowanie matrycy IDRT umożliwia zastosowanie cieńszego przeszczepu skóry, dzięki czemu zmniejsza się czas gojenia rany i ryzyko powstania powikłań, takich jak powstanie blizn przerostowych. Poprzez światowe docenienie matrycy w ostatnich latach zyskuje ona także na popularności w leczeniu pacjentów pediatrycznych.

Opis przypadku

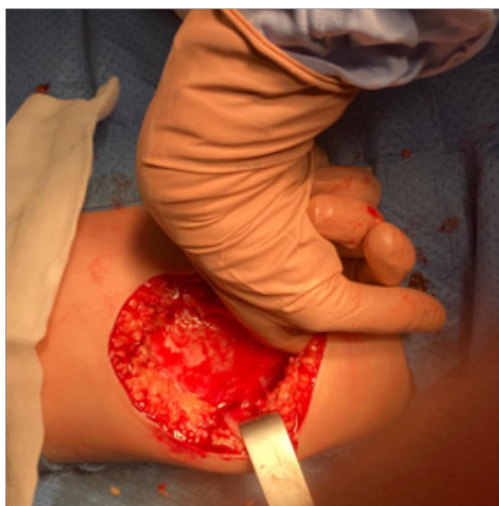
Dwunastoletni chłopiec zgłosił się do Szpitalnego Oddziału Ratunkowego dla dzieci z powodu urazu wielomiejscowego, spowodowanego upadkiem z roweru. W wyniku



Fotografia 1. Podskórny krwiak uda lewego tuż przed chirurgicznym opracowaniem rany (fot. dr n.med. Jakub Matuszczyk)

urazu na przedniej powierzchni uda chłopca pojawił się podskórny krwiak. Początkowo rana została zaopatrzona przymoczkami i opatrunkiem maściowym ze względu na sączenie i centralną martwicę rany. W ciągu miesiąca od urazu pojawił się chęłboczący krwiak i zwiększył się obwód lewego uda. W wykonanym badaniu ultrasonograficznym uwidoczniiono zbiornik płynu, który następnie zdrenowano. Uzyskano około 250 ml surowiczego-krwistego płynu do badania mikrobiologicznego. Po 10 dniach, ze względu na rozwijającą się martwicę i konieczność chirurgicznego opracowania rany, pacjent został przyjęty na Oddział Chirurgii Dziecięcej. Podczas przyjęcia widoczna była niebolesna rana uda lewego z krwiakiem podskórnym i suchą martwicą, o wielkości 10x10 cm (Fot. 1). Stwierdzono również obecność twardego nacieku pod powierzchnią rany i niewielki odczyn zapalny wokół niej.

Pierwsze opracowanie rany wykonano w znieczuleniu ogólnym. Obejmowało ono usunięcie suchej martwicy wraz z nadmiernie rozwiniętą tkanką podskórną, otwarcie starego, rozległego krwiaka i usunięcie dużej ilości zhemolizowanej krwi (pobrano materiał do badań mikrobiologicznych). Następnie łoża krwiaka została wypłukana i przy pomocy koagulacji gruba torebka krwiaka została w całości wycięta (Fot. 2). Łożę w tkance podskórnej, wielkości 15x25cm (Fot. 3), poddano łyżeczkowaniu i pozostawiono w niej gąbkę do terapii podciśnieniowej (ang. negative pressure wound therapy, NPWT) oraz podłączono aparat ssący pod ciśnieniem wynoszącym 120mmHg.



Fotografia 2. Rana w czasie zabiegu opracowywania chirurgicznego. Wycięcie tkanek martwiczych wraz z nadmiernie rozwiniętą tkanką podskórną, debridement rany (fot. dr n.med. Jakub Matuszczyk)

Opatrunek został wymieniony po trzech dniach, nie zaobserwowano cech stanu zapalnego i sączenia.

W ciągu 10 dni kilkakrotnie zmieniano opatrunki, następnie wykonano kolejny debridement rany. Wymiary rany zmniejszyły się (10x12cm). Zaobserwowano także



Fotografia 3. Rana po pierwszej zmianie opatrunku. Po wyłóżczkowaniu uwidoczniło się lożę rany o wielkości 15x25 cm z pojedynczymi obszarami suchej martwicy i liczne kieszenie podskórne (fot. dr n.med. Jakub Matuszczyk)

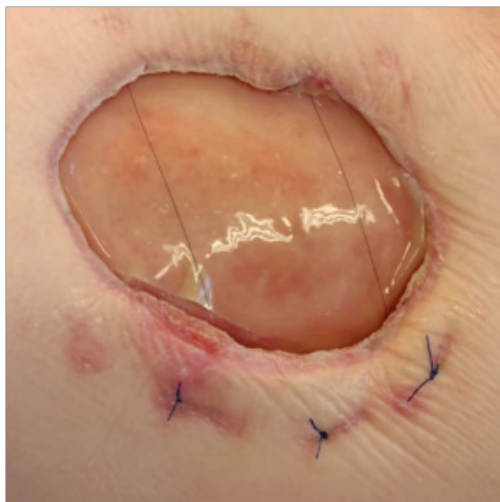
jej częściowe pokrycie ziarniną. Ponownie zastosowano opatrunek podciśnieniowy i założono szwy zbliżające brzegi rany.

Po pięciu dniach ponownie oczyszczono ranę. Rana była już w całości pokryta ziarniną z niewielkimi pojedynczymi polami suchej martwicy. Kieszenie podskórne w większości się obkurczyły, a rana zmniejszyła swoje wymiary – 8x10cm (Fot. 4).

Po siedmiu dniach zrewidowano ranę, zaobserwowano zmniejszenie rozmiarów rany do 6x8 cm z widoczną ostatnią płytką kieszonką penetrującą w kierunku tylnej części uda. Wszczepiona matryca INTEGRA® DRT dostosowana została do rozmiarów rany (Fot. 5) i pokryto ją opatrunkiem podciśnieniowym (NPWT).



Fotografia 4. Oczyszczona rana pokryta ziarniną. Kieszenie podskórne w większości obkurczone, do czego przyczyniła się stosowana terapia podciśnieniowa NPWT. Rana dzięki założeniu szwów znacząco zmniejszyła swoje wymiary (fot. dr n.med. Jakub Matuszczyk)



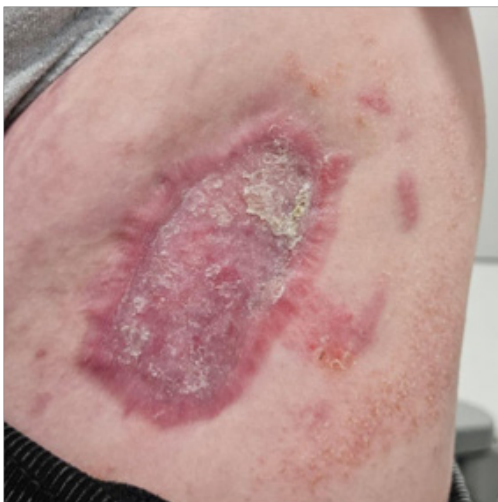
**Fotografia 5. Wszczępienie IDRT.
Widoczne szwy zamykające
podskórną kieszeń w brzegu rany
i silikonowa powłoka matrycy (fot. dr
n.med. Tomasz Janowicz)**

Po dziewięciu dniach od zabiegu wszczępienia IDRT zaobserwowano wgojenie i waskulizację matrycy. W kolejnych dniach przy zamianach opatrunku podciśnieniowego, łoża rany stopniowo pokrywała się ziarniną. Po 10 dniach chłopiec został wypisany ze szpitala, w tym czasie dalej prowadzono obserwację ambulatoryjną rany.

Po trzech miesiącach od doznanego urazu pacjent znowu został przyjęty planowo na Oddział Chirurgii Dziecięcej w celu pokrycia matrycy IDRT przeszczepem skóry pośredniej grubości. W trakcie zabiegu zdjęto silikonową powłokę (Fot. 5) pokrywającą matrycę IDRT oraz nagromadzony włóknik. Przy pomocy dermatomu z bocznej powierzchni uda lewego pobrano przeszczep skóry pośredniej grubości, którym następnie pokryto całą ranę. Użyto wchłaniających szwów do umocowania przeszczepu.



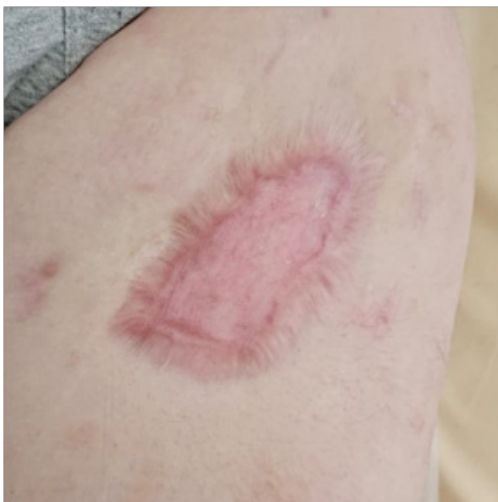
**Fotografia 6. Rana kilka tygodni
po przeszczepie skóry pośredniej
grubości. Widoczne naskórkowanie
i niewielkie pola ziarniny (fot. dr
n.med. Tomasz Janowicz)**



Fotografia 7. Czerwona, sucha blizna o wymiarach 4x8 cm (fot. dr n.med. Tomasz Janowicz)

pu i pokryto opatrunkiem podciśnieniowym. Miejsce, z którego pobrano przeszczep, zaopatrzone antybakteryjnym, hydrowłóknistym opatrunkiem w formie kompresu.

Po przeszczepie skóry pacjent czuł się dobrze, nie zgłaszał dolegliwości. Po 20 dniach pacjent odbył kontrolę w Poradni Chirurgicznej, po tym czasie rana była w większości pokryta naskórkiem (Fot. 6). W trakcie dalszego leczenia stosowano opatrunek z Urgotul Ag, zmieniany co 2 dni. Po miesiącu od przeszczepu skóry i 10 tygodniach od wszczepienia matrycy INTEGRA® DRT rana uznana została za zagojoną. W jej miejscu pozostała czerwona, sucha blizna wielkości 4x8cm (Fot. 7).



Fotografia 8. Blizna po pierwszym zabiegu laseroterapii. Widoczne znaczące zmniejszenie się blizny i wyrównanie brzegów blizny w stosunku do skóry (fot. dr n.med. Tomasz Janowicz)

Aktualnie pacjent rozpoczął laseroterapię laserem pulsacyjno-barwnikowym (PDL) w celu przyspieszenia syntezy kolagenu oraz poprawy mikrokrążenia w obszarze blizny (Fot. 8). W efekcie zwiększa się elastyczność blizny i zmniejsza jej widoczność.

Dyskusja

W przypadku ran rozległych, głębokich i występowania chełboczących krwiaków, z widocznym w badaniu ultrasonograficznym zbiorniku płynowym, pierwotnym postępowaniem jest nakłucie i pobranie na posiew płynu uzyskanego z krwiaka. Rana taka powinna zostać zaopatrzona chirurgicznie, a po oczyszczeniu z wszystkich martwiczych tkanek i ustabilizowaniu stanu pacjenta należy rozważyć rekonstrukcję tkanek miękkich. Tradycyjnie, jeśli pierwotne zamknięcie nie jest możliwe, należy przeprowadzić rekonstrukcję za pomocą przeszczepów skóry i płatów mięśniowo-skórnych. Ubytki tkanek miękkich powstałe w wyniku rozległego oczyszczenia są często masywne, dlatego rekonstrukcja autoprzyszczepu może być ograniczona dostępnością miejsca dawczego lub wątpliwą żywotnością łożyska rany [4].

Ponieważ w tym przypadku rana była obszerna i złożona, a klinicznie nie miała cech zakażenia, więc w celu wypełnienia ubytku zamiast transferu wolnej tkanki zdecydowano się na implantację IDRT.

Szablon do regeneracji skóry INTEGRA® DRT zapewnia doskonale wyniki funkcjonalne. W miarę degradacji wewnętrznej warstwy, endogenna matryca kolagenowa odkłada się przez własne fibroblasty pacjenta, tworząc „neodermę” [3,5]. Po zakończeniu wgajania matrycy usunięto zewnętrzną warstwę silikonu i wykonano przeszczep skóry pośredniej grubości. INTEGRA® DRT umożliwia natychmiastowe pokrycie tkanki, co pozwala na zmniejszenie utraty płynów i elektrolitów, ochronę przed inwazją drobnoustrojów, a także mniej bolesne leczenie ran, umożliwia wykonanie cieńszego autoprzyszczepu, a co za tym idzie zmniejszenie ryzyka powikłań w miejscu pobrania i skrócenie czasu gojenia. Co więcej, umożliwia regenerację skóry właściwej, która jest niezbędna do zapewnienia elastyczności skóry oraz umożliwienia jej wzrostu i mobilności [3].

Głównym przeciwwskazaniem do stosowania systemu INTEGRA® DRT jest zakażenie rany bądź stosowanie jej na tkankę martwiczą. Nie dotyczyło to jednak opisywanego pacjenta, gdyż jego rana została opatrzona chirurgicznie przed wszczepieniem matrycy. Po wszczepieniu matrycy pacjentowi wymagają regularnej obserwacji i zmian opatrunków, w przypadku pacjentów pediatrycznych często zmiany te wykonywane są na sali operacyjnej, gdyż wymagają one znieczulenia ogólnego. Rekonstrukcja skóry u dzieci stanowi dodatkowe wyzwanie, gdyż niewłaściwie przeprowadzona może zaburzać ich wzrost [1]. Ważnym aspektem jest także uzyskanie możliwie najlepszych efektów estetycznych w obszarze powstającej blizny.

U pacjenta przedstawionego w niniejszej pracy matryca INTEGRA® DRT uległa przebudowie, dzięki czemu uformowała się nowa macierz, która wymagała przeszczep-

pu skóry pośredniej grubości. W celu pokrycia powstałej macierzy naskórkiem wykonano przeszczep skóry, który przebiegł bez powikłań.

W tym przypadku terapia podciśnieniowa została zaproponowana w celu przyspieszenia gojenia ran poprzez zwiększenie miejscowego unaczynienia i umożliwienie usunięcia wysięku. Często wykorzystuje się ją w leczeniu ran przewlekłych lub trudnych. Jej zastosowanie, w połączeniu z INTEGRA® DRT, zostało opisane w literaturze jako zapewniające szybszy powrót do zdrowia.

Zastosowanie INTEGRA® DRT pozwalające na całkowite wygojenie się rany jest szczególnie skuteczne w powiazaniu z terapiami uzupełniającymi. Należy do nich między innymi fizjoterapia i stosowanie odzieży uciskowej. Po całkowitym wyleczeniu rany wspomaganie regeneracji za pomocą powyższych terapii pozwala odzyskać maksymalnie odpowiednią funkcjonalność tkanki. Dowiedziano, że terapia odzieżą ciśnieniową wykazuje skuteczność w zmniejszaniu kurczenia się i pogrubiania blizn [4]. Kolejną terapią uzupełniającą może być laseroterapia blizn, która poprawia efekt kosmetyczny wyglądu blizny, zmniejszając jej grubość oraz zapewniając poprawę jej faktury [1]. W przypadku opisywanego przypadku klinicznego, po wygojeniu rany, pacjenta zakwalifikowano do laseroterapii. Dotychczas przeprowadzono jeden z szeregu zaplanowanych zabiegów, który przyniósł zadowalający efekt [2].

Wnioski

Rozległe rany z dużym ubytkiem skóry i tkanki podskórnej wciąż stanowią wyzwanie dla chirurgów, szczególnie chirurgów dziecięcych, gdyż w przypadku ich pacjentów szczególnym aspektem jest wzrost dziecka, przez który skóra traktowana musi być w specjalny sposób.

W tym opisie przypadku chcemy podkreślić nasze doświadczenia z matrycą IDRT jako interesującą alternatywą dla rekonstrukcji tkanek miękkich u dzieci z raną z dużym ubytkiem skóry. Pomimo ryzyka jakie niesie ze sobą wszczepienie sztucznej matrycy, jest to lepsza alternatywa niż samodzielne przeszczepy skóry, zapewnia ona bowiem rezultaty estetyczne i funkcjonalne. INTEGRA® DRT z powodzeniem stosowane jest w leczeniu ran ostrych i przewlekłych i stało się częścią arsenału chirurga oparzeń w zakresie ostrych oparzeń, rekonstrukcji oparzeń i chirurgii rekonstrukcyjnej.

Na podstawie odnotowanych sukcesów z dostępnej literatury, a także wyniku klinicznego opisanego powyżej przypadku, sądzimy, że INTEGRA® DRT jest cennym narzędziem rekonstrukcyjnym w algorytmie naprawy ran pourazowych, w tym ran głębokich także u pacjentów pediatrycznych. Połączenie IDRT z terapią podciśnieniową przyspiesza wzrost tkanek i naczyń krwionośnych w obrębie macierzy i ogranicza ryzyko infekcji. Warto rozważyć także późniejszą laseroterapię blizn, aby poprawić elastyczność skóry i uzyskać korzystniejsze efekty estetyczne.

Bibliografia

- [1] Attie M.D., Watts V., McClure S. (2018). Reconstruction of Complex Full-Thickness Scalp Defects After Dog-Bite Injuries Using Dermal Regeneration Template (Integra): Case Report and Literature Review.
- [2] Chowdhury B., Kassir M., Salas-Alanis J., Nistico S., Galadari H., Fritz K., Salavastru C., Blicharz L., Goldust M. (2021). Laser in surgical scar clearance: An update review. *Journal of Cosmetic Dermatology*, 20, 3808–3811.
- [3] Chariot E., De Mey A., Franck D. (2020). The use of Integra® for abdominal reconstruction after a necrotizing fasciitis in a child. *Journal of Pediatric Surgery Case Reports*, 59, Article 101518.
- [4] DeBruler D.M., Baumann M.E., Blackstone B.N., Zbinden J.C. (2019). Role of early application of pressure garments following burn injury and autografting. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 143, 310–321.
- [5] Phillips G., Nizamoglu M., Wakure A., Barnes D., El-Muttardi N., Dziewulski P. (2020). The use of dermal regeneration templates for primary burns surgery in a UK regional burns centre. *Annals of Burns and Fire Disasters*, 33, 245–252.
- [6] Shah S., Budania P., Shah A., Parma U. (20220). Unique way of chest wall reconstruction using Integra Dermal Regeneration Template (IDRT) in a patient with post traumatic mucormycosis: A case report., *International Journal of Surgery Case Reports*, 95, Article 107227.
- [7] Singer M., Korsh J., Predun W., Wardfield D., Huynh R., Davenport T., Riina L. (2015). A Novel Use of Integra™ Bilayer Matrix Wound Dressing on a Pediatric Scalp Avulsion: A Case Report; *ePlasty Journal Archive*, 15.
- [8] Yannas I.V., Burke J.F. (1980a). Design of an artificial skin. I. Basic design principles. *J Biomed Mater Res*, 14, 1276–1312.
- [9] Yannas I.V., Burke J.F., Gordon P.L., Huang C., Rubenstein R.H. (1980b). Design of an artificial skin. Part III. Control of pore structure. *J Biomed Mater Res.*, 14, 511–528.

Jovan Radičević

Łukasz Klepacki

Collegium Medicum Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie

Wydział Lekarski

Studenckie Koło Anatomiczne

email: jovan.radicevic@student.uwm.edu.pl

Opiekun: prof. dr hab. n. med. Jerzy Gielecki

TORBIEL TARLOVA JAKO RZADKA PRZYCZYNA BÓLU BRZUCHA

Wprowadzenie

Torbiele Tarlova są łagodnymi zmianami opisanymi po raz pierwszy przez amerykańskiego neurochirurga Isadora Tarlova w 1938 roku. Rozwijają się one w korzeniach nerwowych rdzenia kręgowego pomiędzy dwoma blaszkami tkanki łącznej otaczającej pęczki nerwów – śródnerwem oraz nerwem. Zazwyczaj zawierają one niewielkie ilości płynu mózgowo-rdzeniowego, choć znane są także przypadki torbieli krwotocznych [7].

Podawana w literaturze częstość występowania torbieli Tarlova jest zróżnicowana; jedna z najnowszych metaanaliz wskazuje na częstość występowania w populacji ogólnej równą 4,27%, z przewagą kobiet nad mężczyznami [4]. Źródło dysproporcji płciowej pozostaje niezbadane, sugerowany jest związek z poziomem aktywnych żeńskich hormonów płciowych, za czym przemawia również niska zachorowalność wśród populacji dziecięcej.

Lokalizacją torbieli Tarlova jest najczęściej odcinek krzyżowy rdzenia kręgowego, w szczególności segment S2 [6], choć znane są również przypadki dotyczące odcinka piersiowego [7] oraz szyjnego [3]. Objawy towarzyszą jedynie około 15,59% spośród przypadków torbieli Tarlova, a do najczęstszych należą: ból okolicy krzyżowej i pośladków, uczucie mrowienia i drętwienia kończyn dolnych oraz bóle miednicy i krocza, a także zaburzenia funkcji seksualnych, oddawania moczu lub stolca [1]. Ból brzucha należy do mniej typowych objawów torbieli korzeni nerwowych, zazwyczaj lokalizuje się w podbrzuszu, jest umiarkowany i okresowy [9].

Do najpowszechniejszych przyczyn przewlekłego bólu brzucha można zaliczyć: zaburzenia czynnościowe przewodu pokarmowego (np. zespół jelita drażliwego, dys-

pepsja czynnościowa), zapalenie błony śluzowej żołądka i dwunastnicy (np. choroba wrzodowa żołądka), kamicę pęcherzyka żółciowego i dróg żółciowych, infekcyjne i nieinfekcyjne zapalenia jelit (np. choroba Leśniowskiego-Crohna) oraz celiakię. Etiologia neurogenna jest stosunkowo rzadsza i obejmuje między innymi ból brzucha w przebiegu cukrzycowej neuropatii autonomicznej, neuralgii popółpaścowej oraz stwardnienia rozsianego [5]. Torbiele korzeni nerwowych są wobec tego przyczyną szczególnie nietypową oraz wymagającą dokładnej i uważnej diagnostyki.

Cel pracy

Celem pracy jest prezentacja przypadku klinicznego pacjenta przyjętego do Kliniki Chirurgii Onkologicznej i Ogólnej Uniwersyteckiego Szpitala Klinicznego w Olsztynie celem diagnostyki bólów brzucha o uprzednio nieustalonej przyczynie, omówienie symptomatologii torbieli Tarlova oraz przedstawienie tejże dolegliwości jako rzadkiej przyczyny dolegliwości bólowych brzucha.

Materiał i metody

W niniejszej pracy przedstawiono historię choroby pacjenta leczonego w Klinice Chirurgii Onkologicznej i Ogólnej Uniwersyteckiego Szpitala Klinicznego w Olsztynie.

Sześćdziesięcioletni mężczyzna został skierowany na oddział celem diagnostyki utrzymujących się od około sześciu miesięcy bólów okolicy podbrzusza. Chory zgłaszał ból o tępych charakterze, promieniujący do okolicy krzyżowej, o stopniu łagodnym do umiarkowanego, bez czynników nasilających bądź łagodzących. W wywiadzie zdiagnozowane i leczone nadciśnienie tętnicze, bez innych chorób współistniejących, przebytych operacji lub uprzednich hospitalizacji, chory negował uczulenia i stosowanie używek. W badaniu podmiotowym pacjent w stanie ogólnym bardzo dobrym, w pełnym kontakcie słowno-logicznym, nie stwierdzono istotnych odchyień z wyjątkiem otyłości brzusznej I stopnia (BMI = 32).

Wyniki

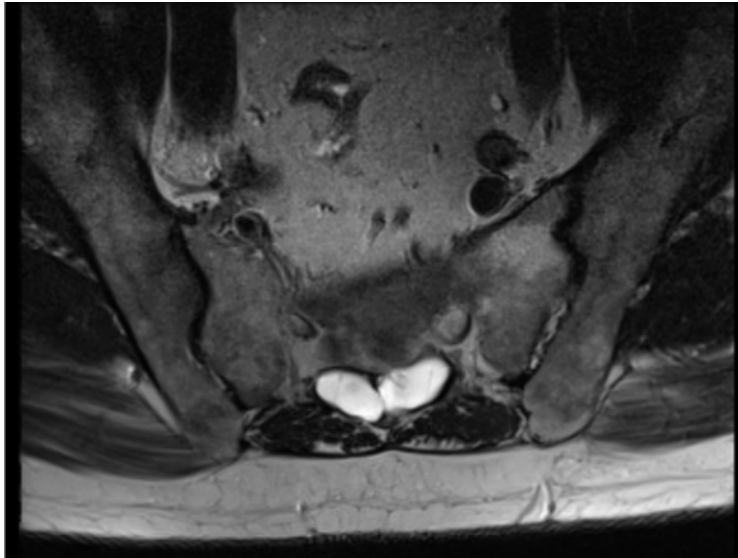
Przeprowadzono badania laboratoryjne morfologii i rozmazu krwi obwodowej oraz badanie ogólne moczu, których wyniki nie odbiegały znacząco od standardowych wartości referencyjnych dla wieku pacjenta. W ramach dalszej diagnostyki wykonano badania endoskopowe przewodu pokarmowego – gastroskopię i kolonoskopię, które nie wykazały nieprawidłowości zarówno w przebiegu górnego odcinka przewodu pokarmowego, jak i na całej długości odbytnicy i jelita grubego.



Zdjęcie 1. Obraz TK w płaszczyźnie strzałkowej, na którym widoczna jest hipodensyjna zmiana w okolicach segmentu S2 kanału kręgowego (Zakład Radiologii USK w Olsztynie).



Zdjęcie 2. Torbielowata zmiana uwidoczniona na obrazie MR w płaszczyźnie strzałkowej (Zakład Radiologii USK w Olsztynie).



Zdjęcie 3. Obraz badania MR, zmiana torbielowata ukazana w płaszczyźnie poprzecznej (Zakład Radiologii USK w Olsztynie).

Następnie diagnostykę poszerzono o badanie tomografii komputerowej (TK) jamy brzusznej i miednicy mniejszej oraz o badanie rezonansu magnetycznego (MR) odcinka krzyżowego kręgosłupa.

Zarówno w obrazowaniu metodą tomografii komputerowej (Fot 1.), jak i metodą rezonansu magnetycznego (Fot. 2, 3.) uwidoczniono obustronną zmianę na wysokości segmentu S2 kanału kręgowego o obrazie odpowiadającym torbieli Tarlova. Zmianę uznano za przyczynę dolegliwości bólowych pacjenta i zaproponowano mu leczenie chirurgiczne. Pacjent nie wyraził zgody na operację, wskutek czego został wypisany ze szpitala z zaleceniami leczenia zachowawczego w postaci przyjmowania niesteroidowych leków przeciwzapalnych; dotychczas nie został poddany dalszej kontroli.

Dyskusja

Mimo stosunkowo częstego występowania w populacji ogólnej, torbiele Tarlova pozostają schorzeniem o niedokładnie ustalonej epidemiologii oraz etiologii. Rzetelna diagnostyka tych zmian jest utrudniona przez ich bogatą symptomatologię.

Przedstawiony przypadek kliniczny cechuje się typową dla torbieli Tarlova lokalizacją. Według metaanalizy przeprowadzonej przez Klepinowskiego i wsp. [4] segment S2 stanowi najczęstsze umiejscowienie tego typu torbieli. Rozmiar zmiany również nie jest anomalią, gdyż torbiele o średnicy powyżej 15 mm zajmujące obszar miednicy należą do rzadkości [10].

Obraz kliniczny jest natomiast atypowy pod względem płci pacjenta oraz prezentowanych przez niego objawów. Warte uwagi wnioski przedstawia badanie Hulens i wsp. [2] dotyczące chorych z bólami dolnej części grzbietu, w którym grupa badawcza składała się z pacjentów z objawowymi torbielami Tarlova, grupę kontrolną zaś stanowili chorzy z rozpoznanymi chorobami krążków międzykręgowych lub spondyloartropatią. W grupie pacjentów z torbielami Tarlova znacząco częściej występowały ból i parestezje goleni i stóp, ból krocza, dyspareunia, biegunki, zaparcia, zaburzenia oddawania moczu oraz bóle głowy prawdopodobnie związane z podwyższonym ciśnieniem śródczaszkowym. W świetle powyższych wyników ból podbrzusza w przedstawionym przez nas przypadku należy uznać za objaw nietypowy dla torbieli Tarlova. Podobnie etiologia neurogenna dolegliwości bólowych brzucha jest rzadko spotykana, przemawia jednak za nią tępy charakter bólu oraz jego promieniowanie [1, 5].

Wnioski

Na podstawie zaprezentowanego przypadku należy uznać torbiele Tarlova jako nietypową, ale istotną przyczynę przewlekłych dolegliwości bólowych brzucha, szczególnie

w przypadku braku objawów podmiotowych bądź przedmiotowych wskazujących na chorobę jamy brzusznej. Warto tym samym podkreślić rolę diagnostyki różnicowej w przypadkach bólu o charakterze neurogennym, który jako czynnik etiologiczny jest rzadziej brany pod uwagę w codziennej praktyce lekarskiej.

Bibliografia

- [1] Elkins N., Hunt J., Scott K.M. *Neurogenic Pelvic Pain*. Phys Med Rehabil Clin N Am. 2017 Aug;28(3):551–569. doi: 10.1016/j.pmr.2017.03.007. Epub 2017 May 12. PMID: 28676364.
- [2] Hulens M.A., Dankaerts W., Rasschaert R., Bruyninckx F., Willaert M.L., Vereecke C., Vansant G. *Can patients with symptomatic Tarlov cysts be differentiated from patients with specific low back pain based on comprehensive history taking?* Acta Neurochir (Wien). 2018 Apr;160(4):839–844. doi: 10.1007/s00701-018-3494-z. Epub 2018 Feb 17. PMID: 29455410.
- [3] Jain M., Sahu N.K., Naik S., Bag N.D. *Symptomatic Tarlov cyst in cervical spine*. BMJ Case Rep. 2018 Dec 4;11(1):e228051. doi: 10.1136/bcr-2018-228051. PMID: 30567194; PMCID: PMC6301451.
- [4] Klepinowski T., Orbik W., Sagan L. *Global incidence of spinal perineural Tarlov's cysts and their morphological characteristics: a meta-analysis of 13,266 subjects*. Surg Radiol Anat. 2021 Jun; 43(6):855–863. doi: 10.1007/s00276-020-02644-y. Epub 2021 Jan 16. PMID: 33452905; PMCID: PMC8164596.
- [5] Sabo C.M., Grad S., Dumitrascu D.L. *Chronic Abdominal Pain in General Practice*. Dig Dis. 2021;39(6):606–614. doi: 10.1159/000515433. Epub 2021 Feb 25. PMID: 33631744.
- [6] Shoyab M. *Tarlov cysts in back pain patients: prevalence, measurement method and reporting points*. Br J Radiol. 2021 Nov 1;94(1127):20210505. doi: 10.1259/bjr.20210505. Epub 2021 Sep 19. PMID: 34538080; PMCID: PMC8553214.
- [7] Tariq A., Majid A. *A Case of Thoracic Perineural (Tarlov) Cyst*. Am J Respir Crit Care Med. 2020 Jun 1;201(11):e79. doi: 10.1164/rccm.201908-1574IM. PMID: 31995396.
- [8] Soon W.C., Sun R., Czyz M. *Haemorrhagic Tarlov cyst: A rare complication of anticoagulation therapy*, Oxford Medical Case Reports, Volume 2021, Issue 8, August 2021, omab063. Pobrane z: <https://doi.org/10.1093/omcr/omab063>
- [9] Wang B., Pu F., Wu Q., Zhang Z., Shao Z. *Presacral Tarlov Cyst as an Unusual Cause of Abdominal Pain: New Case and Literature Review*. World Neurosurg. 2018 Feb;110:79–84. doi: 10.1016/j.wneu.2017.10.135. Epub 2017 Nov 2. PMID: 29102753.
- [10] Zhu, H., Shen, L., Zheng, C., Yang, M., & Zheng, X. (2020). *Giant Tarlov cysts with rare pelvic extension: report of 3 cases and literature review*. World Neurosurgery. doi:10.1016/j.wneu.2020.04.112

Anastasiia Shostak

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
Studenckie Koło Naukowe Badań o Zdrowiu Publicznym
173475@student.uwm.edu.pl
Opiekun koła: dr hab. n. med. Anita Mikołajczyk, prof. UWM

WYKORZYSTANIE SZTUCZNEJ INTELIGENCJI W OBSZARACH NOWYCH ODKRYĆ PRODUKTÓW LECZNICZYCH

Wprowadzenie

Sztuczna inteligencja (ang. artificial intelligence, AI) jest systemem opartym o modelowanie wiedzy, danych i rozwijanie systemów algorytmów oraz mocy obliczeniowych, pozwala na uzyskanie względnie zautomatyzowanego systemu pozyskiwania, przetwarzania i analizy danych, z możliwością wpływu na środowisko zewnętrzne. W ostatnich latach AI stała się potężnym narzędziem w sektorze badań i rozwoju leków, oferując nowe możliwości przyspieszenia procesu odkrywania i opracowywania nowych terapii [1]. Pomaga to szybciej realizować prace badawczo-rozwojowe, pozwala na jeszcze bardziej precyzyjne działania, bardziej indywidualnie nakierowane na potrzeby pacjenta [3]. Branża obrazowania medycznego AI osiągnęła wartość 2 miliardów dolarów w 2023 roku. Obecnie około 30% dostawców usług medycznych korzysta z technologii AI [2]. Według przewidywań Insider Intelligence od 2017 wartość rynku AI w medycynie będzie rosła, osiągając 34 mld dolarów w 2025 r. [24].

Celem pracy jest omówienie najnowszych osiągnięć w zakresie zastosowania AI w różnych aspektach odkrywania leków, kładąc nacisk na jej potencjał w identyfikacji nowych celów terapeutycznych, projektowaniu cząsteczek o potencjalnej aktywności leczniczej, optymalizacji procesów przedklinicznych i klinicznych oraz personalizacji medycyny.

Dofinansowano ze środków Ministra Nauki w ramach Programu „Regionalna inicjatywa doskonałości”



Regionalna
Inicjatywa
Doskonałości



Ministerstwo Nauki
i Szkolnictwa Wyższego

2. Identyfikacja celów terapeutycznych

2.1. Analiza genomyczna i proteomiczna

AI staje się coraz bardziej popularnym narzędziem w dziedzinie biologii molekularnej ze względu na jej potencjał do analizy dużych i złożonych zbiorów danych genomycznych i proteomicznych [2].

W analizie genomycznej AI może być wykorzystywana do: (1) identyfikacji i charakteryzowania wariantów genetycznych związanych z chorobami, co może prowadzić do rozwoju nowych metod diagnozy i leczenia, (2) analizy ekspresji genów w celu zrozumienia, jak geny są regulowane i jak wpływają na funkcje komórkowe, (3) predykcji struktury i funkcji białek na podstawie ich sekwencji aminokwasów, (4) odkrywania nowych szlaków metabolicznych i sieci regulacyjnych [2, 5].

W analizie proteomicznej AI może znaleźć szerokie zastosowanie w identyfikacji i ilościowym określaniu białek w komórkach i tkankach, co może pomóc w diagnozowaniu chorób i monitorowaniu reakcji na leczenie, analizie interakcji białko-białko, w celu zrozumienia, jak białka współpracują ze sobą, aby mogły pełnić swoje funkcje, odkrywaniu nowych białek i modyfikacji białek, a także opracowywaniu nowych metod leczenia opartych na celowaniu w białka [2, 5].

2.2. Modelowanie struktury białka

AI staje się coraz potężniejszym narzędziem w biologii molekularnej, otwierając nowe możliwości w modelowaniu struktur białek. Tradycyjne metody, takie jak krystalografia rentgenowska i jądrowy rezonans magnetyczny, są czasochłonne i kosztowne, a AI może dostarczać szybsze i dokładniejsze przewidywania struktur 3D białek. AI może być wykorzystywana na każdym etapie modelowania struktury białek oraz ligandów, co pomaga w doborze najlepszych kompleksów białko-ligand, w zależności od konkretnego zastosowania danego leku [4, 26].

AI najlepiej sprawdza się w takich dziedzinach, jak: (1) identyfikacja ligandów: znajomość struktury białka jest kluczowa dla zrozumienia, jak wiąże się ono z ligandami, takimi jak leki; AI może pomóc w identyfikacji potencjalnych kandydatów na leki poprzez przewidywanie interakcji białko-ligand, czyli poprzez przewidywane oddziaływanie związku chemicznego na każdy osobny typ ligandów, (2) projektowanie leków: zrozumienie struktury białka może pomóc w zaprojektowaniu leków, dobieranie przez AI kształtu i właściwości białka pozwala na projektowanie cząsteczek leku, które idealnie do niego pasują, co z kolei prowadzi do wiązania się potencjalnego leku z białkiem z większą specyficznością i mocą – w ten sposób aktywuje się największe oddziaływanie pary lek-receptor, minimalizując przy tym skutki uboczne, (3) inżynieria białka: AI może być wykorzystana do projektowania nowych białek o określo-

nych właściwościach, co może mieć zastosowanie w różnych dziedzinach, takich jak produkcja biomateriałów i enzymologia [8, 15].

Przykładem skutecznego wykorzystania AI w modelowaniu struktury białek jest algorytm AlphFold, który zaprojektowano w 2018 roku jako system głębokiego uczenia się, opracowany przez Google DeepMind. System AI AlphFold rozszyfrował strukturę praktycznie każdego znanego nauce białka, torując drogę do rozwoju nowych leków lub technologii, które mogą pomóc sprostać globalnym wyzwaniom, takim jak głód czy zanieczyszczenie środowiska. Pod koniec 2020 roku AlphFold dokonała gigantycznego kroku w rozwiązaniu jednego z największych wyzwań w biologii – określenia trójwymiarowego kształtu białka na podstawie jego sekwencji aminokwasów [6].

2.3. Repozycjonowanie leków

Strategia repozycjonowania leków, czyli poszukiwania nowych wskazań dla leków już obecnych na rynku farmaceutycznym, jest powszechnie stosowana od wielu lat. AI może być wykorzystywana do analizowania dużych zbiorów danych, takich jak dane kliniczne i genetyczne, w celu identyfikowania wzorców, które mogą wskazywać na to, że lek może być skuteczny w leczeniu określonej choroby. Może być również wykorzystywana do opracowywania modeli komputerowych, które mogą przewidywać, jak leki będą oddziaływać z organizmem [8, 14].

Od 2018 roku na rynku aktywnie bada się wykorzystanie AI w dziedzinie repozycjonowania leków. Dzięki możliwości przetwarzania ogromnej ilości informacji w bardzo krótkim czasie, AI jest często wykorzystywana w badaniach, na przykład, naukowcy z IBM Watson Health wykorzystali AI do zidentyfikowania nowego potencjalnego zastosowania dla leku przeciwdepresyjnego, który jest już zatwierdzony do stosowania w leczeniu zaburzeń lękowych. Odkryli, że lek może być również skuteczny w leczeniu choroby Alzheimera [7].

Naukowcy z Google DeepMind wykorzystali AI do zidentyfikowania nowego potencjalnego zastosowania dla leku przeciwmalarycznego, który jest już zatwierdzony do stosowania w leczeniu malarii. Odkryli, że lek może być również skuteczny w leczeniu niektórych rodzajów raka [6].

Naukowcy z Uniwersytetu w Stanford wykorzystali AI do opracowania nowego modelu komputerowego, który może przewidywać, jak leki będą oddziaływać z organizmem - model ten może być wykorzystywany do identyfikowania potencjalnych nowych zastosowań dla istniejących leków, a także do opracowywania nowych leków [21].

3. Projektowanie związków chemicznych

3.1. Generowanie cząsteczek *de novo*

Generowanie cząsteczek *de novo* jest obiecującą nową technologią, która wykorzystuje AI do tworzenia nowych cząsteczek o potencjalnej aktywności leczniczej. W przeciwieństwie do tradycyjnych metod odkrywania leków, które opierają się na modyfikowaniu istniejących cząsteczek lub przeszukiwaniu bibliotek związków chemicznych, generowanie cząsteczek *de novo* pozwala na tworzenie zupełnie nowych związków od podstaw [9, 27].

Istnieje kilka różnych podejść do generowania cząsteczek *de novo*, ale wszystkie one wykorzystują algorytmy uczenia maszynowego do identyfikowania wzorców w danych chemicznych. Te wzorce są następnie wykorzystywane do generowania nowych cząsteczek, które prawdopodobnie będą miały pożądane właściwości [9, 10].

Przykładami badań nad generowaniem cząsteczek *de novo* z wykorzystaniem AI są badania z 2019, 2020 i 2021 roku. W 2019 roku zespół naukowców z Google'a wykorzystał uczenie maszynowe do wygenerowania nowej cząsteczki antybiotyku, która była skuteczna przeciwko bakteriom opornym na leki. Na podstawie danych eksperymentalnych wytrenowano graficzną sieć neuronową sztucznej inteligencji i wykorzystano ją do identyfikacji podstruktur chemicznych leżących u podstaw selektywnej aktywności antybiotyków w ponad 12 milionach związków chemicznych. Doprowadziło to do odkrycia klasy antybiotyków wykazujących działanie *in vitro* i *in vivo* przeciwko bakteriom Gram-dodatnim, w tym *Staphylococcus aureus* [9]. Natomiast w 2020 roku zespół naukowców z Uniwersytetu w Cambridge wykorzystał uczenie maszynowe do wygenerowania nowej cząsteczki leku przeciwnowotworowego, która była skuteczna w hamowaniu wzrostu guza trzustki u myszy [10]. W 2021 roku zespół naukowców z firmy In Silico Drug Discovery wykorzystał uczenie maszynowe do wygenerowania nowej cząsteczki leku przeciwmalarycznego, która była skuteczna w zwalczaniu pasożyta wywołującego malarię u myszy [10].

3.2. Optymalizacja struktury cząsteczki

Optymalizacja struktury cząsteczki za pomocą AI to obiecująca dziedzina, która ma potencjał, aby zrewolucjonizować rozwój leków. W tym procesie AI wykorzystuje się do identyfikowania modyfikacji istniejących cząsteczek, które mogą poprawić ich właściwości farmakologiczne.

Obejmuje to między innymi: (1) zwiększenie potencjału: AI może pomóc w identyfikowaniu nowych wiązań cząsteczkowych o pożądanym działaniu, co może prowadzić do rozwoju bardziej skutecznych leków [13], (2) poprawę selektywności: AI może być wykorzystywana do projektowania leków, które precyzyjniej oddziałują na

określone cele, co zmniejsza skutki uboczne [10], (3) ulepszenie właściwości farmakokinetycznych: AI może pomóc w optymalizacji sposobu wchłaniania, rozprowadzania, metabolizowania i wydalania leku przez organizm, co może poprawić jego ogólną skuteczność [13].

Jedną z kluczowych zalet stosowania AI w optymalizacji struktury cząsteczki jest jej zdolność do szybkiego i wydajnego przeszukiwania ogromnych przestrzeni molekularnych. Tam, gdzie tradycyjne metody oparte na próbach i błędach mogą być czasochłonne i kosztowne, AI może szybko identyfikować obiecujące cząsteczki kandydujące, które następnie mogą być poddane dalszym badaniom. Oprócz potencjału poprawy rozwoju leków, optymalizacja struktury cząsteczki za pomocą AI może mieć również zastosowanie w innych dziedzinach, takich jak kataliza. AI może pomóc w identyfikacji i optymalizacji nowych katalizatorów, które mogą przyspieszyć reakcje chemiczne, co jest kluczowe w procesach przemysłowych, takich jak synteza związków chemicznych [22].

3.3. Identyfikacja warunków syntezy

AI odgrywa coraz ważniejszą rolę w dziedzinie chemii, w tym w przewidywaniu reakcji chemicznych i identyfikowaniu optymalnych dróg syntezy związków chemicznych. AI może przewidywać reakcje chemiczne i identyfikować optymalne drogi syntezy dla związków chemicznych. Istnieje kilka sposobów, na jakie AI jest wykorzystywana w tym celu: (1) modele uczenia maszynowego: naukowcy szkolą modele uczenia maszynowego na dużych zbiorach danych dotyczących reakcji chemicznych, aby nauczyć się identyfikować wzorce i zależności. Te modele mogą następnie przewidywać prawdopodobieństwo przebiegu danej reakcji oraz produkty, które powstaną [17], (2) symulacja komputerowa: chemicy mogą wykorzystywać symulacje komputerowe do modelowania reakcji chemicznych na poziomie molekularnym, symulacje te mogą pomóc w zrozumieniu mechanizmów reakcji i identyfikacji potencjalnych przeszkód [16], (3) optymalizacja procesu: AI może być również wykorzystywana do optymalizacji procesów syntezy chemicznej, obejmuje to identyfikację najlepszych warunków reakcji, takich jak temperatura, ciśnienie i katalizatory [17].

4. Optymalizacja przedkliniczna

4.1. Analiza danych toksyczności

Analiza danych toksyczności z wykorzystaniem AI staje się coraz bardziej popularną metodą identyfikacji potencjalnych profili toksyczności związków chemicznych. Techniki AI mogą analizować duże ilości danych z badań przedklinicznych, w tym

dane toksykologiczne, farmakologiczne i genetyczne, w celu identyfikacji wzorców i zależności, które mogą wskazywać na potencjalne zagrożenia dla zdrowia [11, 18].

Istnieje wiele różnych podejść do analizy danych toksyczności przy użyciu AI. Jedną z powszechnych metod jest uczenie maszynowe. Te algorytmy mogą następnie wykorzystywać informacje do przewidywania toksyczności nowych związków chemicznych. Inną metodą analizy danych toksyczności przy użyciu AI jest przetwarzanie języka naturalnego (ang. Natural Language Processing, NLP), które polega na analizowaniu i rozumieniu ludzkiego języka. NLP może być używany do przetwarzania informacji o toksyczności związków chemicznych z tekstowych źródeł, takich jak artykuły naukowe, raporty i karty charakterystyki produktu [18, 19].

Analiza danych toksyczności przy użyciu AI ma wiele potencjalnych zalet. Może pomóc w przyspieszeniu procesu odkrywania leków i zmniejszyć liczbę zwierząt wykorzystywanych w badaniach przedklinicznych. Może również pomóc w identyfikacji zagrożeń dla zdrowia, które mogłyby zostać przeoczone za pomocą tradycyjnych metod.

4.2. Predykcja ADMET

Właściwości ADMET (ADMET ang. Absorption, Distribution, Metabolism, Excretion and Toxicity – wyznaczenie parametrów związanych z absorpcją, dystrybucją, metabolizmem, wydzielaniem i toksycznością dla nowych substancji o działaniu farmakologicznym) są kluczowe dla określenia potencjalnego sukcesu kandydata na lek w badaniach klinicznych. Związki chemiczne o niekorzystnych właściwościach ADMET mogą mieć niską biodostępność, powodować skutki uboczne lub być szybko metabolizowane i wydalane z organizmu. AI może wykorzystywać modele uczenia maszynowego do przewidywania właściwości ADMET na podstawie struktury chemicznej związku. Modele te są szkolone na dużych zbiorach danych zawierających informacje o właściwościach ADMET znanych związków chemicznych [12]. Istnieje wiele różnych modeli AI, które można wykorzystać do predykcji ADMET.

Niektóre z najpopularniejszych modeli to: (1) modele oparte na regresji: modele te przewidują wartości numeryczne właściwości ADMET, takie jak $\log P$ (miara lipofilowości) lub klirens wątroby, (2) modele oparte na klasyfikacji: modele te przewidują, czy związek chemiczny będzie miał daną właściwość ADMET, taką jak wysoka biodostępność lub niski potencjał toksyczności, (3) modele oparte na uczeniu się głębokim: modele te wykorzystują sztuczne sieci neuronowe do nauki złożonych zależności między strukturą chemiczną a właściwościami ADMET [12, 28, 29].

4.3. Optymalizacja dawkowania

Tradycyjne metody ustalania dawek leków często opierają się na średnich wartościach dla całej populacji, co może prowadzić do nieskuteczności lub nawet szkodliwości le-

czenia dla niektórych osób. AI może natomiast uwzględniać indywidualne czynniki, takie jak wiek, płeć, stan zdrowia i genetyka, aby opracować spersonalizowane schematy dawkowania, które są bardziej skuteczne i bezpieczne dla każdego pacjenta [11].

Istnieje kilka różnych sposobów, w jakie sztuczna inteligencja może być wykorzystywana do optymalizacji dawkowania leków. Jedną z metod jest wykorzystanie uczenia maszynowego do analizy dużych zbiorów danych dotyczących pacjentów, leków i wyników leczenia. Dane te mogą obejmować informacje o wieku, płci, stanie zdrowia, przyjmowanych lekach, dawkach leków i wynikach leczenia. Sztuczna inteligencja może następnie wykorzystać te dane do identyfikacji wzorców i przewidywania, jak poszczególni pacjenci będą reagować na różne dawki leku [17].

Inną metodą wykorzystania sztucznej inteligencji do optymalizacji dawkowania leków jest stosowanie systemów opartych na wiedzy. Systemy te opierają się na wiedzy eksperckiej lekarzy i naukowców w celu opracowania schematów dawkowania leków, które są dostosowane do konkretnych potrzeb pacjenta. Sztuczna inteligencja może następnie wykorzystać tę wiedzę do automatyzacji procesu dawkowania leków, co może pomóc lekarzom zaoszczędzić czas i zmniejszyć ryzyko błędów [18].

5. Optymalizacja badań klinicznych

5.1. Identyfikacja pacjentów

AI może być wykorzystywana do identyfikacji pacjentów, którzy mogliby skorzystać z udziału w badaniach klinicznych (IV fazy badania leków), na podstawie ich danych genetycznych i klinicznych. Może to pomóc przyspieszyć proces badawczy i doprowadzić do rozwoju bardziej skutecznych metod leczenia [20]. Istnieje kilka sposobów, w jakie AI może być wykorzystywana do identyfikacji pacjentów do badań klinicznych: (1) analiza danych genetycznych: AI może analizować dane genetyczne pacjentów, aby zidentyfikować tych, którzy posiadają mutacje genetyczne związane z daną chorobą, informacje te mogą być następnie wykorzystane do identyfikacji pacjentów, którzy mogliby potencjalnie skorzystać z nowego leku lub terapii, (2) analiza danych klinicznych: AI może również analizować dane kliniczne pacjentów, takie jak ich historia choroby i wyniki badań, aby zidentyfikować tych, którzy są najbardziej narażeni na daną chorobę lub którzy prawdopodobnie najlepiej zareagują na nowe leczenie, (3) uczenie maszynowe, które zostało opisane w poprzednich działach [22].

5.2. Monitorowanie badań klinicznych

Tradycyjne metody monitorowania badań klinicznych polegają na analizie i sprawdzaniu danych przez monitora, co może być czasochłonne i podatne na błędy. AI

może zautomatyzować ten proces, wykorzystując algorytmy uczenia maszynowego do identyfikowania wzorców i anomalii w danych, które mogą wskazywać na potencjalne problemy [11].

AI może być stosowana do monitorowania badań klinicznych w takich celach, jak: (1) identyfikacja zdarzeń niepożądanych: AI może analizować raporty o zdarzeniach niepożądanych w celu identyfikowania nowych lub nasilających się sygnałów bezpieczeństwa oraz może to pomóc w szybszym wykrywaniu potencjalnych zagrożeń dla bezpieczeństwa i podjęciu działań w celu ich złagodzenia, (2) sztuczna inteligencja może analizować dane dotyczące punktów końcowych badania w celu oceny, czy badany lek lub terapia działa zgodnie z oczekiwaniami, co może pomóc w identyfikowaniu problemów z wczesnej fazy badania i podjęciu decyzji o kontynuowaniu lub zakończeniu badania, (3) może także wykrywać błędy w danych: AI może analizować dane z badań klinicznych pod kątem błędów i niespójności, co może pomóc w zapewnieniu dokładności i wiarygodności danych, co jest niezbędne do wyciągania prawidłowych wniosków z badania [22].

5.3. Analiza wyników badań klinicznych

AI odgrywa coraz ważniejszą rolę w analizie wyników badań klinicznych nowych leków. Ma ona potencjał usprawnienia tego procesu poprzez identyfikację trendów i wyciąganie wniosków, które mogą być niewidoczne dla ludzkiego oka [23,25].

AI może być wykorzystywana do analizy wyników badań klinicznych w następujący sposób: (1) identyfikacja czynników predykcyjnych odpowiedzi na leczenie: AI może analizować dane z badań klinicznych w celu identyfikacji czynników, które mogą wpływać na to, czy pacjent zareaguje na określone leczenie, a informacje te mogą być następnie wykorzystane do doboru pacjentów, którzy z największym prawdopodobieństwem odniosą korzyść z danego leku, (2) wykrywanie skutków ubocznych: AI może być również wykorzystywana do wykrywania skutków ubocznych leków, które mogą nie być widoczne w małych badaniach klinicznych. Analizując duże zestawy danych z wielu badań, AI może identyfikować wzorce, które sugerują potencjalne ryzyko związane z lekiem, (3) generowanie hipotez: AI może być wykorzystywana do generowania hipotez na temat mechanizmów działania leków i ich wpływu na organizm. Informacje te mogą następnie zostać wykorzystane do zaprojektowania nowych badań, (4) przyspieszanie procesu rozwoju leków: AI może pomóc w przyspieszeniu procesu rozwoju leków, identyfikując obiecujące nowe leki i kandydatów na leki oraz usprawniając projektowanie badań klinicznych [23].

Pierwszym lekiem w pełni wygenerowanym przez sztuczną inteligencję jest INS018_055, opracowany przez start-up biotechnologiczny Insilico Medicine. Firma wykorzystuje generatywną sztuczną inteligencję na każdym etapie procesu odkrywania leków, co przynosi im znaczące oszczędności kosztów i skraca czas potrzebny na

opracowanie leku, w porównaniu do tradycyjnych metod. Tradycyjne metody przeprowadzenia tych badań kosztowałyby ponad 400 milionów dolarów i trwały do sześciu lat. Dzięki sztucznej inteligencji firma osiągnęła te cele za 1/10 kosztów i w 1/3 czasu [19, 28].

6. Podsumowanie

Sztuczna inteligencja rewolucjonizuje wiele dziedzin, a odkrywanie nowych leków nie jest wyjątkiem. AI oferuje szereg narzędzi i możliwości, które mogą przyspieszyć i zoptymalizować proces odkrywania leków, prowadząc do szybszego opracowywania skuteczniejszych terapii dla pacjentów. Główne zastosowania AI w odkrywaniu leków obejmują: identyfikację celów terapeutycznych, opracowywanie leków, badania przedkliniczne oraz monitorowanie bezpieczeństwa leków. AI przynosi wiele korzyści w odkrywaniu leków, na przykład szybsze odkrywanie leków, zwiększona skuteczność leków oraz niższe koszty. Pomimo ograniczeń dotyczących AI, obecnie niektóre firmy wykorzystują ją na każdym opisanym etapie opracowywania leków.

Ze względu na to, że AI jest na wczesnym etapie rozwoju występują wyzwania związane ze stosowaniem AI w odkrywaniu leków. Przykładami mogą być: dostępność danych, ponieważ opracowywanie modeli AI wymaga dużych ilości danych, a zbieranie i udostępnianie danych dotyczących zdrowia może być trudne; interpretacja wyników, gdyż modele AI mogą być złożone i trudne do interpretacji, co może utrudniać zrozumienie ich przewidywań i podejmowanie decyzji opartych na danych; jak również kwestie etyczne, ponieważ ważne jest, aby stosować AI w sposób etyczny i odpowiedzialny, chroniąc prywatność pacjentów i zapobiegając dyskryminacji.

Pomimo wyzwań, sztuczna inteligencja ma ogromny potencjał, aby zrewolucjonizować odkrywanie leków i przyspieszyć opracowywanie nowych terapii dla pacjentów. Inwestycje w badania i rozwój AI w tym obszarze są kluczowe, aby w pełni wykorzystać jej możliwości i poprawić jakość opieki zdrowotnej na całym świecie.

7. Bibliografia

- [1] Acs B, Rantalainen M, Hartman J. 2020. Artificial intelligence as the next step towards precision pathology. *J Intern Med.* 288(1):62–81.
- [2] Alrefaei AF, Hawsawi YM, Almaleki D, Alarif T, Alzahrani F, Bakhrebah M. 2022. Genetic data sharing and artificial intelligence in the era of personalized medicine based on a cross-sectional analysis of the Saudi human genome program. 12(1).
- [3] Brown, A. 2018. *Machine Learning Models for ADMET Prediction: Regression and Classification Approaches.* Springer, New York.
- [4] Chan HCS, Shan H, Dahoun T, Vogel H, Yuan S. 2019. Advancing Drug Discovery via Artificial Intelligence. *Trends Pharmacol Sci.* 40(8). doi:10.1016/j.tips.2019.06.004.

- [5] Cifci D, Foersch S, Kather JN. 2022. Artificial intelligence to identify genetic alterations in conventional histopathology. *J Pathol.* 257(4), 430–444.
- [6] Google DeepMind. 2021. AI-driven discovery identifies potential new uses for existing antimalarial drug in cancer treatment. Google LLC, Mountain View, CA.
- [7] IBM Watson Health. 2020. AI-driven discovery identifies potential new uses for existing antidepressant in Alzheimer's treatment. IBM Corporation, Armonk, New York.
- [8] Kit-Kay Mak, Mallikarjuna Rao Pichika. 2019. Artificial intelligence in drug development: present status and future prospects, *Drug Discovery Today.* 24(3): 773–780.
- [9] Lin Y, Zhang Y, Wang D, Yang B, Shen YQ. 2022. Computer especially AI-assisted drug virtual screening and design in traditional Chinese medicine. *Phytomedicine.* doi:10.1016/j.phymed.2022.154481.
- [10] Mallowney, M.W., Duncan, K.R., Elsayed, S.S. et al. 2023. Artificial intelligence for natural product drug discovery. *Nat Rev Drug Discov.* 22. 895–916.
- [11] Nedopil, C., & Abdelmalak, M. 2020. The Role of Artificial Intelligence in Clinical Trials: Current Status and Future Directions. *Journal of Clinical Trials,* 10(4), 67–78.
- [12] Patel, H., & Patel, C. 2021. Machine Learning Models for ADMET Prediction: Advances and Challenges. *Journal of Chemoinformatics,* 13(1), 45.
- [13] Patil RS, Kulkarni SB, Gaikwad VL. 2023. Artificial intelligence in pharmaceutical regulatory affairs. *Drug Discov Today.* 28(9). doi:10.1016/j.drudis.2023.103700.
- [14] Paul D, Sanap G, Shenoy S, Kalyane D, Kalia K, Tekade RK. 2021. Artificial intelligence in drug discovery and development. *Drug Discov Today.* 26(1):80–93.
- [15] Peng Y, Zhang Y, Wang L. 2010. Artificial intelligence in biomedical engineering and informatics: an introduction and review. *Artif Intell Med.* 48(2–3).
- [16] Pun FW, Ozerov IV, Zhavoronkov A. 2023. AI-powered therapeutic target discovery. *Trends Pharmacol Sci.* 44(9):561–572. doi:10.1016/j.tips.2023.06.010.
- [17] Qureshi R, Irfan M, Gondal TM, Khan S, Wu J, Hadi MU, Heymach J, Le X, Yan H, Alam T. 2023. AI in drug discovery and its clinical relevance. *Heliyon.* 9(7).
- [18] Ren F, Aliper A, Chen J. 2024. A small-molecule TNIK inhibitor targets fibrosis in preclinical and clinical models. *Nat Biotechnol.* doi: 10.1038/s41587-024-02143-0.
- [19] Sahu A, Mishra J, Kushwaha N. 2022. Artificial Intelligence in Drugs and Pharmaceuticals. *Comb Chem High Throughput Screen.*; 25(11). doi:10.2174/1386207325666211207153943.
- [20] Silver, D. 2021. Highly accurate protein structure prediction with AlphaFold. *Nature.* 550. 354–359.
- [21] Smith J, Brown A. 2023. Predictive Modeling of Drug Interactions Using Artificial Intelligence. Stanford University Press, Stanford.
- [22] Smith, J. 2020. *Artificial Intelligence in Medicine.* Springer, New York.
- [23] Smith, J., & Brown, L. 2020. Artificial Intelligence in Drug Discovery and Development: A Comprehensive Review. *Journal of Molecular Sciences,* 21(6).
- [24] Stokes, J. M. A Deep Learning Approach to Antibiotic Discovery. *Cell.* 2020, 180. 688–702.
- [25] Tsigelny IF. 2019. Artificial intelligence in drug combination therapy. *Brief Bioinform.* 20(4).
- [26] Wang P, Ho D. 2023. Deep Learning and Drug Discovery for Healthy Aging. *ACS Central Science.* 9(10).
- [27] Wong, F., de la Fuente-Nunez, C. & Collins, J. 2023. Leveraging artificial intelligence in the fight against infectious diseases. *Science,* 381. 164–170.
- [28] Xu J, Qi H, Wang Z, Wang L, Steurer B, Cai X, Liu J, Aliper A, Zhang M, Ren F, Zhavoronkov A, Ding X. 2024. Discovery of a Novel and Potent Cyclin-Dependent Kinase 8/19 (CDK8/19) Inhibitor for the Treatment of Cancer. *J Med Chem.* doi:10.1021/acs.jmedchem.4c00248.

- [29] Zhong F, Xing J, Li X, Liu X, Fu Z, Xiong Z, Lu D, Wu X, Zhao J, Tan X, Li F, Luo X, Li Z, Chen K, Zheng M, Jiang H. 2018. Artificial intelligence in drug design. *Sci China Life Sci.* 61(10):1191-1204. doi:10.1007/s11427-018-9342-2.

**SEKCJA NAUK
BIOLOGICZNYCH**

Urszula Grykin

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Studenckie Koło Naukowe Mykologów

urszula.grykin@student.uwm.edu.pl

Opiekun: dr hab. Anna Biedunkiewicz

MYKOLOGICZNE ZANIECZYSZCZENIA BAKALII DOSTĘPNYCH W SUPERMARKETACH

Wprowadzenie

W ostatnich latach, wraz z rosnącą świadomością konsumentów na temat zdrowego stylu życia, obserwuje się wzrost popularności produktów naturalnych, wśród których znaczące miejsce zajmują bakalie. Suszone owoce są cenione za wysoką zawartość witamin, minerałów i błonnika, co czyni je ważnym elementem zbilansowanej diety. Uważa się, że mogą mieć pozytywny wpływ na zdrowie ludzi poprzez redukcję szansy na otyłość, cukrzycę czy choroby serca [3]. Dodatkowo, dzięki bogactwu przeciwutleniaczy, bakalie mogą przyczyniać się do neutralizacji wolnych rodników, co jest istotne w zapobieganiu procesom starzenia oraz rozwoju niektórych rodzajów nowotworów. Zawarty w suszonych owocach potas i magnez wspierają również prawidłowe funkcjonowanie układu nerwowego i mięśniowego, co jest szczególnie ważne w codziennym, intensywnym trybie życia. Regularne włączanie bakalii do diety może także poprawić stan skóry, włosów i paznokci, dzięki wysokiej zawartości witamin z grupy B oraz witaminy E, znanej ze swoich właściwości nawilżających i regenerujących. Bakalie są zatem nie tylko smacznym, ale także i zdrowym dodatkiem do diety, który w łatwy sposób pozwala wzbogacić codzienne posiłki o szereg cennych składników odżywczych.

Proces suszenia jest jedną z najbardziej efektywnych form wydłużenia przydatności produktu, dlatego jest chętnie stosowany w przetwórstwie warzyw i owoców. Jednakże ich szeroka dostępność w supermarketach i różnorodność źródeł pochodzenia stawiają wyzwania w kontekście zachowania wysokiej jakości i bezpieczeństwa żywności dla konsumentów. Zanieczyszczenia mykologiczne, czyli kontaminacja produktów przez pleśnie i drożdże, stanowią jedno z kluczowych zagrożeń w zanieczyszczeniu produktów spożywczych. Grzyby pleśniowe mogą wytwarzać mykotoksyny, które negatywnie wpływają na zdrowie człowieka, prowadząc do negatywnych skutków

zdrowotnych – od alergii, dolegliwości układu pokarmowego po poważne choroby prowadzące nawet do śmierci. Znanych jest około 400 toksyn produkowanych przez grzyby o większym czy mniejszym wpływie na organizmy wyższe [9]. Różnorodność i powszechność mykotoksyn w żywności, szczególnie w suszonych produktach, takich jak owoce, wymaga skutecznych metod monitorowania i kontrolowania ich obecności na każdym etapie łańcucha produkcji – od zbiorów po dystrybucję. Niezwykle ważne jest, aby producenci stosowali odpowiednie metody suszenia oraz przechowywania, które minimalizują ryzyko rozwoju pleśni, a tym samym produkcji toksyn. Ponadto rozwój nowych technologii, takich jak biologiczne środki ochrony roślin, które mogą zapobiegać rozwojowi pleśni bez użycia szkodliwych pestycydów, staje się kluczowy w zapobieganiu kontaminacji mykotoksynami. Również regularne testowanie partii produktów przez niezależne laboratoria może zapewnić dodatkową ochronę dla konsumentów – gwarantując, że spożywane produkty są wolne od szkodliwych substancji. Wszystkie te aspekty mają kluczowe znaczenie dla ochrony zdrowia publicznego i utrzymania zaufania konsumentów do produktów spożywczych dostępnych na rynku. Spośród 1,5 miliona grzybów występuje 300 gatunków typowo patogennych dla człowieka. Pozostałe z nich mogą być patogenami oportunistycznymi, czyli zagrażać zdrowiu osób z upośledzoną odpornością, najczęściej chorujących przewlekle, po przeszczepach czy chemioterapii, a także w trakcie osłabienia organizmu. Grzyby zasiedliły już każdą niszę ekologiczną, tworząc potencjalne zagrożenie również w spożyciu produktów suszonych. Najczęstszymi rodzajami grzybów strzępkowych zanieczyszczającymi suszone owoce są *Alternaria*, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Mucor*, *Rhizopus* oraz *Penicillium* [12]. Fakt ten przekłada się na poszukiwanie źródeł zanieczyszczeń na kolejnych etapach produkcyjnych, aby zmniejszyć ryzyko ich występowania w żywności i związanych z tym negatywnych skutków dla konsumentów.

Cel pracy

Celem przeprowadzonych badań była analiza zanieczyszczeń mykologicznych suszonych produktów owocowych, komercyjnie dostępnych w supermarketach.

Materiał i metody

Objektami badawczymi były suszone daktylę, rodzynki sułtańskie oraz żurawina, oryginalnie zapakowane w plastikowe torebki. Każdą z próbek przygotowano poprzez włożenie owocu do płynnego podłoża Sabourauda i wstrząsaniu probówek z zawartością przez 20 sekund. Następnie na podłoża stałe Sabouraud Agar z 0,1% chloramfenikolem (SA + A) naniesiono zawiesinę metodą drop plate, czyli nakrapiając 200 μ l inokulum na podłoże. Próby inkubowano w 25°C, sprawdzając stan hodowli co 24 h. Z wyho-

dowanych kolonii grzybów pleśniowych wykonano preparaty metodą opisaną przez Gerlacha [5]. Użyto taśmy klejącej, błękitu anilinowego z laktofenolem oraz szkiełka nakrywkowego. Obserwowano cechy mikromorfologiczne takie jak: kształt konidioforów, obecność lub brak chlamydospor, w celu identyfikacji gatunkowej. Wykonano dokumentację fotograficzną. W celu obliczenia zawartości wody w bakaliach, w szklanych pojemnikach umieszczono około 6,5 g owocu i zważono całą próbkę z pojemnikiem. Próby włożono do suszarki ustawionej na 100°C i suszono je przez 3 godziny. Po tym czasie powtórnie zważono próby z pojemnikiem [7]. Na podstawie otrzymanych wartości wagowych samego naczynka (M_0) oraz przed wysuszeniem (M_p) i po wysuszeniu (M_k) z próbką, obliczono procentową zawartość wody (W_h) w badanych próbach, wykorzystując następujący wzór:

$$W_h = \frac{(M_p - M_0) - (M_k - M_0)}{M_p - M_0} * 100\%$$

Wyniki

Jedynymi formami morfologicznymi, które wyrosły po inkubacji, były grzyby pleśniowe, które charakteryzowały się różnym tempem wzrostu. We wszystkich próbach rodzynek oraz dwóch próbach daktyli zaobserwowano wzrost *Aspergillus niger* po 24 h. Próbkę daktyli okazała się najbardziej różnorodna – po 96 h zaobserwowano obecność dwóch kolonii *A. fumigatus*, a po 120 h jedną kolonię *Penicillium chrysogenum*. Żurawina okazała się wolna od zanieczyszczeń mykologicznych. Aktywność wody (a_w) obliczono, stosując proporcję i zakładając, że wartość 1 odpowiada 100% zawartości wody. Tym samym ustalono, że dla próbki rodzynek sułańskich wynosiła ona 0,133. Dla próbki daktyli 0,04, natomiast dla żurawiny 0,023 (Tab. 1).

Tabela 1. Aktywność i zawartość wody oraz gatunki wyizolowanych grzybów pleśniowych w badanych próbach

Badana próba	Aktywność wody	Zawartość wody	Grzyby pleśniowe
Rodzynki sułańskie	0,133	13,29%	<i>Aspergillus niger</i>
Daktyle	0,04	4%	<i>Aspergillus fumigatus</i> <i>Aspergillus niger</i> <i>Penicillium chrysogenum</i>
Żurawina	0,023	2,31%	-

Dyskusja

Proces suszenia jest jedną ze skuteczniejszych metod przedłużenia przydatności produktu, gdyż powinien eliminować wszelkie zanieczyszczenia mykologiczne. Sam skutek oddziałuje na aktywność wody w produkcie, gdyż jest to zamierzone obniżenie tego współczynnika. Najbardziej stabilnymi warunkami do rozwoju mikrogrzybów jest aktywność wody wahająca się w przedziale od 0,80 do 0,88. W produktach spożywczych woda występuje jako tak zwana woda wolna, która stanowi rozpuszczalnik substancji organicznych i mineralnych oraz wypełnia wolne przestrzenie. Woda związana natomiast nie bierze udziału w regulacji ciśnienia osmotycznego. W badaniach własnych obliczono zawartość wody związanej, co pozwoliło na miarodajną analizę i interpretację wyniku pod względem zanieczyszczeń mykologicznych w badanych próbach. W każdej z nich stwierdzono aktywność wody niższą niż 0,80. Wyniki te mogą przekładać się na stwierdzenie, że w branżach pod uwagę owocach suszonych nie powinno się stwierdzać obecności grzybów pleśniowych, a fakt ten – przekładać się na wyższą czystość produktu finalnego.

Owoce, zwłaszcza bogate w cukry, po zbiorze mogą zawierać fragmenty grzybni, przetrwalniki oraz zarodniki grzybów pleśniowych. Cechy adaptacyjne do niekorzystnego, pozbawionego wody środowiska są kluczowym elementem w przetrwaniu mikrogrzybów w procesie suszenia. Największym przystosowaniem są chlamydozpy, czyli grubościenne komórki powstające na skutek gromadzenia się cytoplazmy i materiałów zapasowych, otoczone grubą ścianą komórkową. Jednakże nie wszystkie rodzaje grzybów wykazują zdolność do ich wytwarzania. Zanieczyszczenia żywności mogą pojawiać się w trakcie procesów wykonywanych po suszeniu. Do tych czynności zalicza się przechowywanie, pakowanie oraz transport towaru. Powiązana z tym jest czystość opakowań, higiena personelu i linii produkcyjnych oraz odpowiednie warunki panujące w magazynach. Ryzyko zanieczyszczenia może wzrosnąć, jeśli procesy te nie są właściwie monitorowane i kontrolowane. W kontekście przechowywania istotne jest, aby warunki były chłodne i suche, co pomaga ograniczyć wzrost pleśni. Niewłaściwe warunki, takie jak wysoka wilgotność, mogą sprzyjać akumulacji zarodników grzybów na powierzchni produktów, nawet tych już wysuszonych. Podczas pakowania i transportu, kluczowe jest używanie czystych materiałów i utrzymanie standardów sanitarnej produkcji żywności, aby zapobiec introdukcji zarodników pleśni do już oczyszczonych produktów. Dodatkowo regularne szkolenia personelu w zakresie właściwych praktyk higienicznych i obsługi żywności są niezbędne do minimalizowania ryzyka zanieczyszczenia krzyżowego. Wdrożenie zintegrowanych systemów zarządzania jakością, takich jak Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCP), może również znacząco przyczynić się do identyfikacji potencjalnych punktów krytycznych w procesie produkcji i przechowywania żywności, co pozwala na wczesne wykrycie i eliminację zagrożeń mykologicznych. Implementacja tych praktyk pomaga

zapewnić bezpieczeństwo żywności, utrzymać wysoką jakość produktów suszonych i zabezpieczyć zdrowie konsumentów.

Producenci żywności ciągle starają się zwiększyć jakość swoich produktów, będąc świadomi zanieczyszczeń mykologicznych. Stosowane są dodatkowe metody, które mają na celu uniknięcie zanieczyszczeń grzybiczych. Bardzo często są to konserwanty, które stanowiąc dodatek, zabezpieczają trwałość żywności. Stosowanie ich w żywności, która kojarzona jest ze zdrowym wyborem, niesie ze sobą kontrowersje, lecz jest to zazwyczaj niezbędny etap procesu technologicznego. Według Europejskiej Komisji do spraw Bezpieczeństwa Żywności muszą spełniać one określone warunki, aby mogły zostać dopuszczone do użytku. Najbardziej istotnym aspektem jest brak toksyczności dla ludzi oraz niezmiennianie właściwości produktów. Dodatki tego rodzaju dają pozytywne rezultaty względem przedłużenia trwałości produktu poprzez eliminację zanieczyszczeń oraz uniemożliwienie ponownej kontaminacji produktu. Podobnymi właściwościami charakteryzują się cukry, które dodawane do żywności mają na celu także wpływać na walory sensoryczne – ich wykorzystanie wiąże się ze zmianą smaku produktu. Użycie cukrów w konserwowaniu żywności jest dobrze znaną metodą, która pomaga przedłużyć trwałość produktów spożywczych przez hamowanie wzrostu mikroorganizmów przez obniżenie aktywności wody [4]. Stosowanie ich jako konserwantu w stężeniu 85% hamuje wzrost grzybów pleśniowych, a już w 65% rozwój drożdży. Chociaż cukry są skuteczne w eliminowaniu zanieczyszczeń mykologicznych, mają jednak pewne ograniczenia. Niektóre grzyby, zwłaszcza z rodzaju *Aspergillus*, mogą adaptować się do środowisk o niskiej aktywności wody i wciąż rozwijać, nawet jeśli cukier jest obecny w wysokim stężeniu [2].

Badane rodzynki sultańskie zawierały dodatkowe substancje konserwujące – dwutlenek siarki, a żurawina cukier o nieznanym pochodzeniu. W produkcji daktyli natomiast nie zostały wykorzystane żadne dodatkowe substancje. Bezwodnik kwasu siarkowego (dwutlenek siarki), według źródeł, chętnie dodawany jest do produktów owocowych – pulp, przecierów oraz owoców suszonych. Ze względu na swoje właściwości, zapobiega rozwojowi drożdży dzikich oraz wpływa na właściwości sensoryczne poprzez uniknięcie ciemnienia owoców. Zbyt duże dawki wykazują możliwość wywołania reakcji alergicznych u ludzi [10]. Węglowodany zastosowane w produkcji żurawiny mogły być czynnikiem, dzięki któremu w badaniach własnych nie wyizolowano żadnych grzybów – pleśniowych oraz drożdży. Brak użycia jakichkolwiek dodatków do żywności w daktylach mógł przenieść się na największe zanieczyszczenie tego produktu, a także różnorodność mykologiczną, jaką charakteryzowała się badana próba.

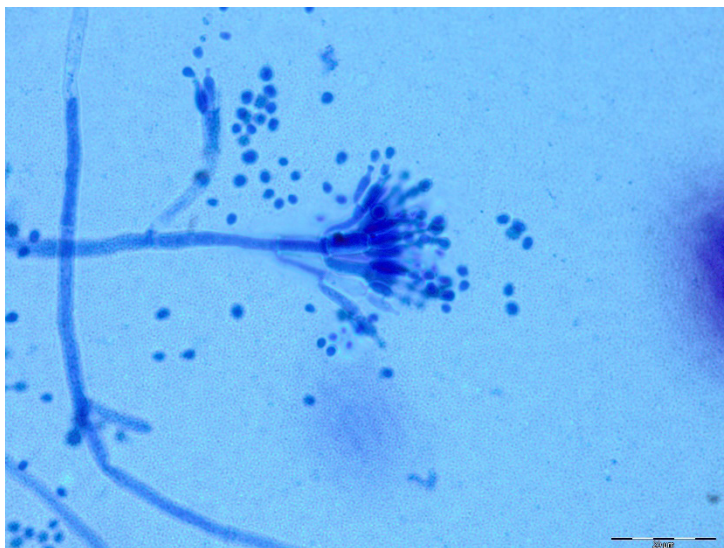
Jak podają źródła innych badań zajmujących się analizą zanieczyszczeń mykologicznych, *Aspergillus niger* (Fot. 1) był izolowany z prób rodzynek [1] oraz daktyli [6]. Gatunek tych grzybów pleśniowych charakteryzuje się czarną barwą kolonii po wytworzeniu zarodni oraz zarodników, natomiast strzępki substratowe są białe, hialinowe. Produkowana przez nie ochratoksyna A jest jedną z najbardziej problematycznych mykotoksyn w żywności ze względu na wysoką toksyczność. Dlatego też jej

maksymalne stężenia dopuszczalne w produktach przeznaczonych do konsumpcji są bardzo niskie [8]. *Penicillium chrysogenum* (Fot. 2) oraz *A. fumigatus* (Fot. 3), według danych źródłowych, również były izolowane z prób suszonych daktyli z tą różnicą, że bez obecności mykotoksyn [11]. Uzyskane wyniki zgodne ze źródłami świadczą o skali problemu, jaki występuje w niepoprawnie przeprowadzonym procesie produkcyjnym, kontaminacji produktów oraz nabywaniu oporności na czynniki hamujące wzrost i rozwój mikrogrzybów. Mykologiczne zanieczyszczenia suszonych produktów spożywczych mogą mieć znaczący wpływ na konsumentów, którzy chętnie sięgają po zdrową żywność. Wyizolowane w badaniach własnych grzyby pleśniowe świadczą o kontaminacji produktu, co wskazuje na zaburzenie w procesie technologicznym. Producenci są świadomi takich sytuacji, więc stosują dodatkowe substancje takie jak konserwanty czy węglowodany.

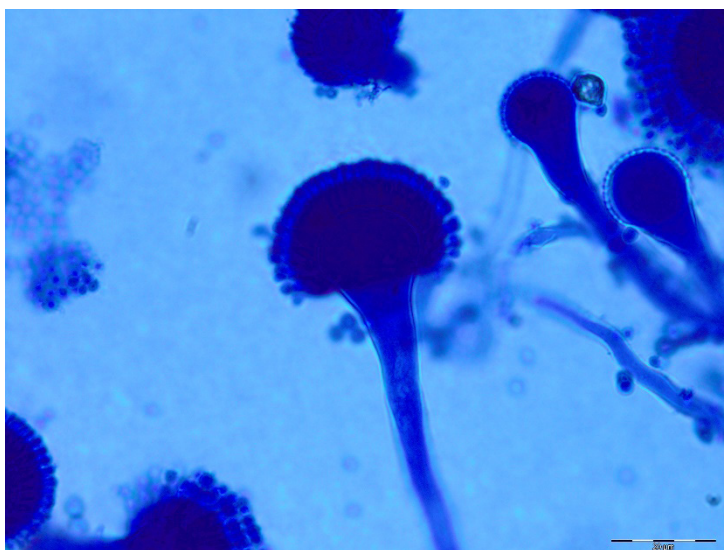
Mimo poprawnego przeprowadzenia procesu suszenia, założenia zachowania wszelkich środków ostrożności podczas procesu technologicznego i wykorzystaniu dodatkowych substancji przedłużających świeżość żywności, wyniki pokazują, że w suszonych owocach mogą pojawiać się grzyby. Stwierdzone w badaniach własnych gatunki mikrogrzybów wykazują dużą odporność względem stresu środowiskowego, jakim jest obniżona aktywność wody. Jest to jeden z parametrów, który warunkuje odpowiedni rozwój organizmów. Grzyby pleśniowe mogą przetrwać w niekorzystnym środowisku dzięki produkcji grubościennej chlamydospor. Po zapewnieniu wyższej wilgotności, a tym samym podwyższeniu aktywności wody do optymalnego poziomu, grzyby pleśniowe mogą ponownie wykazywać zdolność do wzrostu. Długotrwały stres osmotyczny wpływa na wzmożoną reakcję, a jedną z nich jest wytworzenie metabolitów niebezpiecznych dla zdrowia, a nawet życia człowieka.



Zdjęcie 1. Konidiofor *Aspergillus niger*, pow. 400x (fot. Urszula Grykin)



Zdjęcie 2. *Penicillium chrysogenum*, pow. 600x (fot. Urszula Grykin)



Zdjęcie 3. Konidiofor *Aspergillus fumigatus*, pow. 400x
(fot. Urszula Grykin)

Wnioski

- Proces suszenia został przeprowadzony poprawnie, ponieważ wartość aktywności wody wynosiła w każdej próbie poniżej 0,6. Tak niskie uzyskane wartości stanowią krytyczne warunki do przetrwania i rozwoju grzybni.
- Próba rodzynek sułtańskich okazała się najbardziej zanieczyszczona, ponieważ w nich wszystkich stwierdzono występowanie grzybów pleśniowych. Dwutlenek siarki prawdopodobnie wpłynął na zmniejszenie różnorodności gatunkowej, jednak nie zadziałał skutecznie wobec wyizolowanego *Aspergillus niger*.
- Próba daktyli charakteryzowała się największą różnorodnością mykologiczną, gdyż wyizolowano trzy gatunki grzybów pleśniowych – *A. fumigatus*, *A. niger* oraz *Penicillium chrysogenum*. Produkt, według etykiety na opakowaniu, nie zawierał żadnych dodatków do żywności, co mogło mieć wpływ na najwyższą różnorodność gatunkową mikrogrzybów.
- Próba żurawiny okazała się wolna od jakichkolwiek zanieczyszczeń mykologicznych, więc stwierdzono, że węglowodany użyte w celu przedłużenia świeżości produktu są najbardziej skuteczną substancją konserwującą.

Bibliografia

- [1] Asia, A.S., Samir, K.A. 2014. Detection of *Aspergillus* Species in Dried Fruits Collected from Duhok Market and Study their Aflatoxinigenic Properties. Raf. J. Sci., 25/1: 12–18.
- [2] Beuchat, L.R. 1983. Influence of water activity on growth, metabolic activities and survival of yeasts and molds. Journal of Food Protection, 46/2: 135–141. <https://doi.org/10.4315/0362-028x-46.2.135>.
- [3] Carughi, A., Feeney M.J., Kris-Etherton P., Fulgoni V., Kendall C.W., Bulló M., Webb D. 2015. Pairing nuts and dried fruit for cardiometabolic health. Nutr. J., 15: 23.
- [4] Drzewiecka, A. 2016. Sztuczne i naturalne środki słodzące. Kosmetologia Estetyczna 5/4: 365–369.
- [5] Gerlach D. 1972. Zarys Mikrotechniki Botanicznej. Warszawa, 230–231.
- [6] Iamanaka, B.T., Taniwaki, M.H., De Menezes, H.C., Vicente, E., Fungaro, M.H.P. 2005. Incidence of toxigenic fungi and ochratoxin A in dried fruits sold in Brazil. Food Additives & Contaminants, 22/12: 1258–1263.
- [7] Janas, S., Kowalska, M. 2019. Metody Termograwimetryczne w badaniach zawartości wody produktów spożywczych. Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego, 1: 36–41.
- [8] Nielsen, K.F., Mogensen J.M., Johansen M. i in. 2019. Przegląd metabolitów wtórnych i mikotoksyn z grupy *Aspergillus niger*. Anal. Bioanal. Chem. 395: 1225–1242.
- [9] Peraica, M., Richter, D., Rasic, D. 1995. Mycotoxicoses in children. Arch. Indhyg. Toxicol., 65: 347–363.
- [10] Rogozińska, I., Wichrowska, D. 2011. Najpopularniejsze dodatki utrwalające stosowane w nowoczesnej technologii żywności. Inż. Ap. Chem., 50/2: 19–21.

-
- [11] Saeed, M.S.A., Abdul-Rahman, M.S. 2004. Assiut Mycoflora and mycotoxin contamination of some dried fruits in Yemen Republic. *University Bulletin for Environmental Researches*, 7.2(7.2): 19-27. doi: 10.21608/auber.2004.150709.
- [12] Tournas, V. H., Niaz N. S., Kohn J. S. 2015. Fungal presence in selected tree nuts and dried fruits, *Microbiol. Insights*, 8: 1–6.

Agata Niestępska

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie,

Studenckie Koło Naukowe Mykologów

agata.niestepska@student.uwm.edu.pl

Opiekun: dr hab. Anna Biedunkiewicz

JAK MIKROBIOTA JELITOWA WPŁYWA NA NASZE ZDROWIE PSYCHICZNE?

Wstęp

W ostatnich latach mikrobiota jest w kręgu zainteresowań wielu specjalistów, gdyż pełni nieocenioną rolę w funkcjonowaniu organizmu. Wskazuje się na jej ogromne znaczenie w działaniu układu pokarmowego, odpornościowego, nerwowego, a także rozrodczego [1, 28, 31]. Mikrobiota człowieka składa się z grup organizmów takich jak: bakterie, grzyby, archeony oraz cząstki takie jak wirusy, zasiedlających powłoki skóry oraz wnętrze organizmu człowieka. Dzięki rozwojowi nowych technologii zyskała wyjątkowe miejsce w dziedzinie biologii i medycyny. Wszechobecność mikroorganizmów koreluje z ich wielorakimi funkcjami. Ich liczebność w organizmie człowieka wynosi około 4×10^{13} i przekracza liczbę komórek ciała człowieka [29]. Rozwój nowych metod biologii molekularnej przyczynił się bezpośrednio do postępu w dziedzinie badań nad funkcjami, biochemią oraz metabolizmem drobnoustrojów. Na szczególną uwagę zasługuje zwłaszcza jedna z nich – mikrobiota jelitowa. Stanowi ona zróżnicowaną społeczność mikroorganizmów zasiedlających przewód pokarmowy. Jest ona szczególnie ważna dla prawidłowego rozwoju i funkcjonowania człowieka. Ostatnie lata obfitują w badania, które wskazują, że mikrobiota jelitowa mogłaby przyczynić się do poprawy dobrobytu psychicznego [26].

Światowa Organizacja Zdrowia podaje, że zdrowie psychiczne obejmuje dobrostan fizyczny, psychiczny i społeczny człowieka oraz zdolność do rozwoju i samorealizacji. Jest to fundamentalne dobro człowieka, dlatego też troska o jego prawidłowe utrzymanie jest niezmiernie ważna. Organizacje odpowiedzialne za wsparcie zdrowia (w tym zdrowia psychicznego) wskazują na elementy poprawiające jego działanie – jest to: odpoczynek i prawidłowy sen, prawidłowe nawyki żywieniowe, uprawianie aktywności fizycznej, unikanie używek, a także pielęgnacja relacji społecznych z bliskimi [23].

Najczęstszym zaburzeniem psychicznym jest depresja, która według danych WHO dotyka 280 milionów osób [35]. Metodami jej leczenia jest zarówno terapia farmakologiczna, jak i psychoterapia. Jednakże w ostatnim czasie zwraca się uwagę, że również mikroorganizmy mogą wpływać na regulację zachowań, a także samego zdrowia psychicznego. Tworzy to możliwość otwarcia się na nowe możliwości terapeutyczne w leczeniu depresji i innych chorób psychicznych.

Cel pracy

Celem pracy był przegląd aktualnego piśmiennictwa dotyczącego wpływu mikrobioty jelitowej na zdrowie psychiczne oraz chorób skorelowanych ze zmianami w jej składzie.

1. Oś mózg – jelita – mikrobiota

Ścisła, dwukierunkowa relacja pomiędzy mózgiem a przewodem pokarmowym stanowi oś jelitowo – mózgową. Mikrobiota jelitowa jest jej integralną częścią i tworzy oś jelita – mózg – mikrobiota (GBM – *gut - brain - microbiota axis*). Koncepcja komunikacji układu pokarmowego z układem nerwowym sięga starożytności, gdyż to właśnie Hipokratesowi z Kos przypisuje się słynne słowa „wszystkie choroby zaczynają się w jelitach”. Wraz ze zwiększającą się wiedzą dotyczącą anatomii i fizjologii człowieka, a także mikrobiologii klarowały się nowe tezy. W XVII wieku szwedzki lekarz – Robert Whytt zaobserwował, ogromną liczbę zakończeń nerwowych w jelitach i wprowadził koncepcję „sympatii nerwowej”, według której wszystkie narządy są połączone ze sobą jedną siecią. XIX wiek wiązany jest z holistycznym podejściem do zdrowia, lekarze zwracali uwagę na cały organizm, a nie pojedyncze narządy. Poglądy te przedstawiał lekarz królewski – James Johnson, który uważał, że negatywne emocje powstają właśnie w żołądku, a nieprawidłowe żywienie oraz nadmierne spożywanie alkoholu promuje ich pojawianie się. W XIX i XX wieku porzucono podejście całościowe na rzecz specjalizacji, lecz pomimo tego psychoanalicy zwracali uwagę na niekorzystne działanie stresu, co znalazło swoje potwierdzenie u żołnierzy walczących podczas II wojny światowej [21]. Jednakże, to właśnie przełom XX i XXI wieku ukazał autonomię jelitowego układu nerwowego i zapoczątkował wiedzę o ludzkim mikrobiomie. Rozwój nowych technologii oraz sprzętu takiego jak wysokoprzepustowy NGS (*next generation sequencing*) umożliwiły poznanie dokładnego składu ludzkiej mikrobioty. Jednym z ważniejszych projektów badających działanie mikrobioty i jej zróżnicowanie u ludzi jest Human Microbiome Project [25]. Badacze analizowali, jaką rolę pełnią mikroorganizmy u zdrowego człowieka, w różnych stanach fizjologicznych jak ciąża i przedwczesne porody, a także w stanach chorobowych takich jak: stan przedcukrzycowy czy zespół jelita drażliwego. Dodatkowo ostatnie lata obfitują w liczne badania wskazujące znaczenie mikroorganizmów jelitowych w fizjologicznym funkcjonowaniu organizmu [3, 31].

Komunikacja w osi mózg – jelita – mikrobiota jest możliwa dzięki połączeniom nerwowym. Główną rolę odgrywa nerw błędny łączący mózgowie z pozostałym narządami. X nerw czaszkowy stanowi największe fizyczne połączenie układu pokarmowego z mózgiem, które w 80% zbudowane jest z nerwów aferentnych i tylko w 20% z włókien eferentnych. Dlatego warto podkreślić, że większość informacji jest przekazywana właśnie z jelit do mózgu [11]. Nerw błędny jest niezbędnym elementem łączącym układ pokarmowy z mózgiem, co pokazały badania przeprowadzone przez Wang i współpracowników [2020]. Wskazały one, że wagotomia przeprowadzona u myszy leczonych antybiotykami łagodziła występujące u zwierząt objawy depresyjne, a osi mózg – jelito – mikrobiota uczestniczy w patogenezie depresji [34]. Warto też podkreślić rolę autonomicznego jelitowego układu nerwowego, który znajduje się najbliżej mikroorganizmów jelitowych. Składa się z 200–600 milionów neuronów i kontroluje lokalne funkcje jelit, takie jak perystaltyka. Jednakże jego zadania wykraczają poza przewód pokarmowy. Jelitowy układ nerwowy odpowiada również za regulację układu odpornościowego i współdziała z centralnym układem nerwowym. Wydziela liczne neurotransmitery, takie jak kwas γ – aminomasłowy (GABA), serotonina czy dopamina, regulując zmiany behawioralne [8, 30].

Mikroorganizmy swoją biochemią i metabolizmem mogą modulować działanie układu nerwowego na kilka sposobów. Istotne znaczenie w odpowiedzi odpornościowej odgrywa lipopolisacharyd (LPS), który pokrywa zewnętrzną błonę komórkową wszystkich bakterii Gram ujemnych. Badania wskazują, że LPS może aktywować mikroglej – nieneuronalne komórki układu nerwowego, odpowiedzialne przede wszystkim za odpowiedź immunologiczną. Taki stan obserwowany jest u chorych na depresję, w przypadku urazów komórek nerwowych, choroby Alzheimera, a także przewlekłego stresu psychicznego [9, 24]. Jednakże niektóre z produktów wytwarzanych przez mikroorganizmy, jak krótkołańcuchowe kwasy tłuszczowe (SCFA), powstające w wyniku fermentacji węglowodanów prowadzonej przez wybrane drobnoustroje, wpływają korzystnie na kolonocyty, dostarczając im energii, a także wspierając ścisłe połączenia między nimi. Niektóre z kwasów, jak maślan, pełnią istotną rolę troficzną, regulując proliferację oraz apoptozę komórek. Dodatkowo ważne jest podkreślenie, że niektóre z badań wskazują, że SCFA mogą przekraczać barierę krew – mózg [24]. Dzięki temu możliwa jest regulacja poziomu neurotroficznego czynnika pochodzenia mózgowego (BDNF). Białko to pełni ogromną rolę w pracy i funkcjonowaniu mózgu, a jego niedobór może się objawiać zaburzeniami nastroju czy depresją.

2. Czynniki wpływające na mikrobiotę jelitową

Mikrobiota jelitowa kształtuje się już w momencie narodzin. Na mikrobiotę dziecka ma wpływ sposób porodu, rodzaj pokarmu jaki przyjmuje oraz dieta matki i przyjmowane przez nią, a także przez dziecko antybiotyki [36]. Mikrobiota w dorosłym życiu

stanowi w miarę stabilny ekosystem, jednakże czynniki genetyczne, stan zdrowia, styl życia, środowisko, a także wiele ksenobiotyków mogą ją drastycznie zmieniać.

Pierwszym czynnikiem, na który należy zwrócić uwagę, są antybiotyki stosowane w leczeniu infekcji. Jednak w ostatnich czasach są bardzo nadużywane, co niesie ze sobą wiele zagrożeń. Badania wskazują, że stosowanie antybiotyków może wpływać na mikrobiotę i zmieniać jej strukturę nawet na kilka lat. Przykładowo, tygodniowe stosowanie antybiotyku – klindamycyny powoduje utratę bioróżnorodności, która utrzymuje się przez 2 lata, przy czym niektóre z taksonów, nawet po tak długim czasie, nie powracają do stanu pierwotnego [24]. Zaburzenie struktury wiąże się z dysbiozą oraz rozwojem mikrobioty niepożądaney. Ograniczenie konkurencji przyczynia się do niekontrolowanego rozwoju bakterii patogennych np. *Clostridium difficile*, które powodują ciężkie biegunki poantybiotkowe, oraz patogennych szczepów *Escherichia coli* [7]. Badania pokazują, że przejściowe zaburzenie struktury mikrobioty jelitowej, w szczególnie wrażliwych okresach takich jak czas dojrzewania, wpływa na zachowanie oraz kształtowanie się mikrobiomu w dorosłym życiu.

Dieta jest jednym z głównych czynników kształtujących skład mikrobioty jelitowej. Dieta bogata w substancje probiotyczne wspiera rozwój mikroorganizmów. Kluczowym składnikiem niezbędnym do utrzymania prawidłowej różnorodności mikroorganizmów jest błonnik pokarmowy. Jego spożycie kształtuje się różnie w zależności od miejsca na Ziemi. Widoczna jest dysproporcja między spożywaniem błonnika pokarmowego na terenach zurbanizowanych i nieuprzemysłowionych. Mikrobiota osób na diecie zachodniej znacząco się różni od mikrobioty osób z krajów afrykańskich. Dieta zachodnia charakteryzuje się większą zawartością tłuszczu zwierzęcych i cukrów oraz małą częścią błonnika, gdy jednocześnie na terenach wiejskich Afryki tendencja jest odwrotna. Niska zawartość błonnika w diecie zmniejsza zróżnicowanie mikroorganizmów jelitowych i może być jedną z przyczyn przewlekłych chorób niezakaźnych takich jak cukrzyca typu II, rak jelita grubego, choroby układu krążenia oraz otyłość [10]. Poza utrzymaniem równowagi biologicznej błonnik wspiera utrzymanie bariery jelitowej, która chroni organizm przed wystąpieniem stanów zapalnych oraz infekcjami patogenów [37]. Badanie przeprowadzone przez De Filippo i współpracowników (2020) wykazało, że mikrobiota dzieci z afrykańskiej wioski charakteryzuje się zwiększoną zawartością bakterii *Bacteroides* i bakterii z rodzaju *Prevotella* i *Xylanibacter*, które mają zdolność do rozkładania celulozy i ksylanu. Natomiast u dzieci z Europy mikrobiota jest zdominowana przez bakterie z rodziny *Enterobacteriaceae* (*Shigella* sp. i *Escherichia* sp.). Zachowanie różnorodności mikrobiologicznej jest możliwe dzięki stosowaniu zbilansowanej diety przeciwzapalnej i dostarczaniu wszelkich niezbędnych substancji do prawidłowego rozwoju mikroorganizmów [6].

Ostatnim czynnikiem, na który warto zwrócić uwagę, jest stres, który jest nieodłącznym elementem życia współczesnego człowieka. Organizm pod wpływem czynnika stresogennego, w celu zachowania homeostazy aktywuje oś podwzgórze – przysadka – nadnercza (HPA). Silny stres stymuluje podwzgórze do produkcji czynnika uwal-

niającego kortykotropinę, która następnie działa na przysadkę mózgową zwiększając produkcję adrenokortykotropiny działającej na korę nadnerczy, powodując wydzielanie hormonów stresu – kortyzolu. Kortyzol może wpływać na mikrobiotę jelitową przez zmianę przepuszczalności jelit, czas pasażu jelitowego, a także dostępność substancji odżywczych [27]. W badaniu przeprowadzonym przez Knowlesa i współpracowników (2008) zauważono, że nadmierny i długotrwały stres u studentów skutkuje zmniejszeniem liczebności korzystnych bakterii. Przewlekły stres rozregulowuje oś HPA, co ma negatywny wpływ na funkcjonowanie wielu układów. Nieprzerwanie wysoki poziom kortyzolu zwiększa przepuszczalność jelit, co może być przyczyną zwiększonego stanu zapalnego, który jak wykazano może prowadzić do dysfunkcji mózgowia i zaburzeń w układzie nerwowym [27].

3. Zaburzenia psychiczne związane z zaburzeniami mikrobioty jelitowej

Depresja to powszechne zaburzenie zdrowia psychicznego. Charakteryzuje się drażliwością, lękiem, obniżonym nastrojem, zaburzeniami snu oraz niemożnością odczuwania radości. Niestety, część chorych nie jest właściwie i szybko diagnozowanych, co może prowadzić do samobójstw. Wskazuje się na wiele czynników, które mogą przyczynić się do wystąpienia tej choroby. Należą do nich czynniki genetyczne, środowiskowe, ale w ostatnich latach uznaje się, że przyczyną może być również dysbioza mikrobioty jelitowej [33]. Ostatnie badania wskazują na zmiany składu mikrobioty jelitowej u pacjentów z depresją. Zheng ze współpracownikami [2020] porównali mikrobiotę osób zdrowych i osób z nieleczoną depresją. Ich analiza wskazuje na zachwianie proporcji między Firmicutes i Bacteroidetes. Dodatkowo badacze wskazali kilka gatunków bakterii z rodziny *Lachnospiraceae*, które są charakterystyczne u pacjentów z depresją i stanowią biomarkery mikrobiologiczne [38]. Zespół Jiang i współpracowników (2015) również donosi o zmianach mikrobioty jelitowej u osób cierpiących na depresję. Naukowcy wskazują na nadreprezentację bakterii *Enterobacteriaceae* oraz *Alistipes*, z jednoczesnym spadkiem populacji *Faecalibacterium*. Autorzy wskazują, że takie zmiany mogą zakłócać równowagę w układzie serotonergicznym jelit, co stanowi ważny element patogenezy depresji [13]. Metaanaliza opublikowana przez brytyjskich badaczy wskazuje, że mikrobiota osób w depresji wykazuje zwiększoną liczebność bakterii prozapalnych, natomiast zmniejszoną liczebność bakterii przeciwzapalnych produkujących maślan [22]. Zauważono, że u osób z depresją często odnotowuje się również zaburzenia czynnościowe układu pokarmowego takie jak refluks, zespół jelita drażliwego czy wrzody [26].

Mikroorganizmy wydzielają szeroką gamę metabolitów, które są zaangażowane w interakcję mikrobiota – gospodarz. Krótkołańcuchowe kwasy tłuszczowe takie jak octan, propionian oraz maślan wykazują działanie osłabiające objawy depresji. Zauważono, że u osób chorujących na depresję liczebność bakterii produkujących SCFA

jest ograniczona, a co za tym idzie ilość samych SCFA jest niska. Jednakże doustne podawanie krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych ma działanie przeciwdepresyjne, które jest możliwe przez zmniejszenie przepuszczalności jelit oraz zmniejszenie reaktywności osi HPA [32]. Kolejnymi istotnymi produktami, w których produkcję są zaangażowane drobnoustroje jelitowe są neuroprzekazniki. Bakterie mogą być pośrednio lub bezpośrednio zaangażowane w powstawanie serotoniny czy kwasu γ – aminomasłowego.

Dysbioza prowadzi do przerostu mikrobioty niepożądaney. Dochodzi do naruszenia integralności jelit i tzw. „przeciekania jelit”. Przez to śluzówka jelit u osób chorujących na depresję jest znacząco zmieniona względem osób zdrowych. Zaburzenie integralności błony śluzowej jelit prowadzi do przedostawania się czynników prozapalnych do krążenia ogólnoustrojowego takich jak LPS czy interleukiny prozapalne – IL-6, IL-8 lub IFN- γ . W warunkach fizjologicznych mikroorganizmy produkują substancje wspierające homeostazę organizmu. W przewodzie pokarmowym syntezowane i wydzielane są neuroprzekazniki takie jak 5-hydroktryptamina (5-HT), dopamina, noradrenalina i kwas γ -aminomasłowy. Jelita odpowiadają za produkcję 95% serotoniny znajdującej się w organizmie. Przewlekłe zapalenie spowodowane rozszczeniem bariery jelitowej zmniejsza ekspresję 5,6,7,8-tetrahydrobiopteryny – kofaktora enzymów odpowiedzialnych za syntezę neurotransmiterów (5-HT, dopamina). Zmiana ta zaburza działanie szczególnie ważnych w zaburzeniach psychicznych substancji takich jak serotonina [5].

Analiza przeprowadzona przez brytyjskich badaczy w latach 1995–2013 na dużej populacji wskazała zmiany w mikrobiocie jelitowej powstałe w wyniku stosowania terapii antybiotykowej, zwiększające ryzyko wystąpienia chorób psychicznych [19]. Ocenie poddano setki tysięcy osób i zauważono, że już pojedyncza terapia antybiotykiem niezależnie od grupy zwiększała ryzyko wystąpienia depresji, a z każdą następną ekspozycją na leki wartość ta wzrastała. W ostatnich latach zwraca się uwagę na możliwość biologicznego leczenia wielu schorzeń. Jednym ze sposobów takiej terapii jest podawanie wybranych szczepów mikroorganizmów, które wykazują działanie lecznicze. Niektóre drobnoustroje mają zdolność do syntezy szerokiego spektrum neurotransmiterów, a co za tym idzie łagodzenia objawów chorób i poprawy stanu zdrowia psychicznego. Badania przedkliniczne wskazują korzystne działanie żywności fermentowanej w poprawianiu jakości życia osób z zaburzeniami pracy jelit, a także lękiem czy depresją. Grupa badaczy przeprowadziła doświadczenie, w którym wykazała, że szczepy wyizolowane z tajskiej żywności fermentowanej mają działanie psychobiotyczne i mają możliwość modulacji zachowania. W badaniu wykorzystano bakterie kwasu mlekowego szeroko obecne w żywności fermentowanej [2, 18].

4. Regulacja mikrobioty jelitowej i jej wpływ na poprawę dobrobytu psychicznego

Mikrobiota jelitowa podlega ciągłym modulacjom pod wpływem diety, stresu czy zmian fizjologicznych, jakie zachodzą w ludzkim ciele. Dzięki temu może być modyfikowana i wykorzystywana do celów terapeutycznych w wieloraki sposób. Pierwszym z nich jest przeszczep mikrobioty kałowej. Już teraz jest stosowany w terapii nawracających zakażeń *Clostridium difficile*. Zakażenia te charakteryzują się biegunkami o różnym nasileniu, a głównym czynnikiem ryzyka jest stosowanie długotrwałej i rozbudowanej terapii antybiotykowej. Choroba ta jest bardzo groźna dla ludzkiego zdrowia, jednak terapia ta przynosi 90% skuteczność. Większość chorych powraca do zdrowia po jednorazowej kuracji. Podobne terapie stosowano eksperymentalnie w zaburzeniach żołądkowo-jelitowych, takich jak zaparcia, zespół jelita drażliwego, choroby wątroby, a także choroby neurologiczne, takie jak choroba Parkinsona [12].

Natomiast drugim sposobem na modyfikację mikrobioty jelitowej jest probiotykoterapia, czyli zastosowanie konkretnych szczepów mikroorganizmów o potwierdzonym działaniu klinicznym. Probiotyki to żywe drobnoustroje, które w różny sposób mogą wpływać na poprawę składu mikrobioty jelitowej. Najczęściej stosowanymi organizmami są pałeczki kwasu mlekowego, jednak ostatnie lata wskazały, że pozyteczny wpływ mają również bakterie takie jak *Akkermansia muciniphila*, *Ruminococcus bromii* czy *Faecalibacterium prausnitzii* [15]. Korzystny wpływ probiotyków jest związany z ich działaniem przez hamowanie wzrostu drobnoustrojów patogennych, modulację odpowiedzi immunologicznej, a także wytwarzaniem specyficznych metabolitów [16]. Badania sugerują, że suplementacja niektórych ze szczepów może mieć pomocny wpływ na nastrój i funkcjonowanie układu nerwowego. To właśnie psychobiotyki, czyli probiotyki mające korzystny wpływ na zdrowie psychiczne gospodarza, przez produkcję substancji neuroaktywnych oraz regulację procesów zapalnych mogą poprawiać stan zdrowia psychicznego. Badania przeprowadzone na modelach zwierzęcych wykazały, że szczepy takie jak: *Bifidobacterium infantis* 35624, *Lactobacillus rhamnosus* JB-1, *Lactobacillus paracasei* PS23 powodują zmniejszenie stresu, lęku, zachowań depresyjnych, a także zwiększają poziom serotoniny i dopaminy [17].

Dieta ma wpływ na skład mikrobioty jelitowej oraz funkcjonowanie układu nerwowego. Zdrowa dieta bogata w błonnik, probiotyki i inne składniki odżywcze może wspierać równowagę mikrobioty jelitowej i wpływać tym samym na zdrowie psychiczne. Z kolei dieta bogata w tłuszcze trans i cukry rafinowane może negatywnie wpływać na mikrobiotę jelitową oraz funkcjonowanie układu nerwowego [20]. Wzorce żywieniowe zmieniają skład mikrobioty jelitowej. Słuszne wydają się interwencje dietetyczne mające na celu wzmocnienie mikrobioty jelitowej, a co za tym idzie łagodzenie objawów związanych z zaburzeniami zdrowia psychicznego. Jako produkty wspierające mikroorganizmy bytujące w jelitach wskazuje się owoce o dużej zawartości polifenoli, błonnika pokarmowego, warzywa, rośliny strączkowe, orzechy, oliwę z oliwek, ryby

oraz produkty fermentowane. Za wzór diety wspierającej jelita i układ nerwowy jest wskazywana przeciwzapalna dieta śródziemnomorska, oparta na surowych warzywach, owocach i nienasyconych kwasach tłuszczowych [4].

Regulacja mikrobioty jelitowej może mieć znaczący wpływ na poprawę dobrostanu psychicznego. Interwencje dietetyczne oraz terapie mikrobiologiczne mają ogromny potencjał w kontekście poprawy zdrowia psychicznego. Jednakże konieczne jest dalsze prowadzenie badań, mające na celu zgłębienie wiedzy o komunikacji mikroorganizmów z układem nerwowym, a także poznanie nowych organizmów, które mogą wspierać zdrowie psychiczne.

Podsumowanie

Funkcje przewodu pokarmowego znacząco wykraczają poza trawienie pokarmu i dostarczenie substancji odżywczych do organizmu. Mikroorganizmy zasiedlające jelita to zróżnicowana społeczność, która bierze udział w szeregu procesów i pozwala na utrzymanie homeostazy organizmu. Wiele badań wskazuje na związek między zaburzoną mikrobiotą jelitową, a wzrostem występowania chorób psychicznych. Mikrobiota i jej pochodne metabolity stanowią kluczowe elementy w sygnalizacji między jelitami a mózgiem. Wskazuje się, że mogą wpływać na nastrój, emocje i funkcje poznawcze poprzez produkcję neurotransmiterów takich jak serotonina, dopamina czy GABA, których prawidłowe wartości są niezbędne do odpowiedniego funkcjonowania.

Widoczna jest potrzeba zgłębiania tej tematyki, aby w przyszłości było możliwe wprowadzenie skutecznych terapii pomagających osobom z szerokim spektrum zaburzeń psychicznych. Ważnym aspektem jest dokładniejsze zrozumienie mechanizmów, przez które mikrobiota wpływa na funkcjonowanie mózgu. Konieczna jest również identyfikacja konkretnych szczepów bakterii, które wykazują korzystny wpływ na zdrowie psychiczne, co umożliwiłoby stosowanie celowanych terapii probiotycznych. Istnieją przykłady kliniczne, takie jak redukcja objawów depresji i lęku po zastosowaniu leczenia specyficznymi szczepami probiotycznymi, wskazujące ich potencjał terapeutyczny w leczeniu chorób psychicznych. Konieczne jest prowadzenie dalszych badań, aby określić, czy kluczem do poprawy jakości życia pacjentów cierpiących na zaburzenia psychiczne jest utrzymanie prawidłowej struktury i działania mikrobioty jelitowej.

Bibliografia

- [1] Argaw-Denboba A., Schmidt T.S.B., Di Giacomo M., Ranjan B., Devendran S., Mastrorilli E., Lloyd C.T., Pugliese D., Paribeni V., Dabin J., Pisaniello A., Espinola S., Crevenna A., Ghosh S., Humphreys N., Boruc O., Sarkies P., Zimmermann M., Bork P., Hackett J. A. 2024.

- Paternal microbiome perturbations impact offspring fitness. *Nature* 2024, 1–8. <https://doi.org/10.1038/s41586-024-07336-w>.
- [2] Aslam H., Green J., Jacka F.N., Collier F., Berk M., Pasco J., Dawson S.L. 2020. Fermented foods, the gut and mental health: a mechanistic overview with implications for depression and anxiety. *Nutr. Neurosci.*, 23(9), 659–671. <https://doi.org/10.1080/1028415X.2018.1544332>.
 - [3] Bajinka O., Darboe A., Tan Y., Abdelhalim K.A., Cham L.B. 2020. Gut microbiota and the human gut physiological changes. *Ann. Microbiol.*, 70(1), 1–9. <https://doi.org/10.1186/S13213-020-01608-2/FIGURES/1>.
 - [4] Berding K., Vlckova K., Marx W., Schellekens H., Stanton C., Clarke G., Jacka F., Dinan T.G., Cryan J.F. 2021. Diet and the Microbiota–Gut–Brain Axis: Sowing the Seeds of Good Mental Health. *Adv. Nutr.*, 12(4), 1239. <https://doi.org/10.1093/ADVANCES/NMAA181>.
 - [5] Cheng J., Hu H., Ju Y., Liu J., Wang M., Liu B., Zhang Y. 2024. Gut microbiota-derived short-chain fatty acids and depression: deep insight into biological mechanisms and potential applications. *GPSYCH*, 37(1), 101374. <https://doi.org/10.1136/GPSYCH-2023-101374>.
 - [6] De Filippo C., Cavalieri D., Di Paola M., Ramazzotti M., Poullet J. B., Massart S., Collini S., Pieraccini G., Lionetti P. 2010. Impact of diet in shaping gut microbiota revealed by a comparative study in children from Europe and rural Africa. *PNAS*, 107(33). <https://doi.org/10.1073/pnas.1005963107>.
 - [7] Francino M.P. 2015. Antibiotics and the Human Gut Microbiome: Dysbioses and Accumulation of Resistances. *Front Microbiol.*, 6(JAN). <https://doi.org/10.3389/FMICB.2015.01543>.
 - [8] Geng Z.H., Zhu Y., Li Q.L., Zhao C., Zhou P.H. 2022. Enteric Nervous System: The Bridge Between the Gut Microbiota and Neurological Disorders. *Front. aging neurosci.*, 14, 810483. <https://doi.org/10.3389/FNAGI.2022.810483/BIBTEX>.
 - [9] Hao W., Ma Q., Wang L., Yuan N., Gan H., He L., Li X., Huang J., Chen J. 2024. Gut dysbiosis induces the development of depression-like behavior through abnormal synapse pruning in microglia-mediated by complement C3. *Microbiome*, 12(1), 1–25. <https://doi.org/10.1186/S40168-024-01756-6/FIGURES/10>.
 - [10] Holscher H.D. 2017. Dietary fiber and prebiotics and the gastrointestinal microbiota. *Gut Microbes*, 8(2), 172. <https://doi.org/10.1080/19490976.2017.1290756>.
 - [11] Howland R.H. 2014. Vagus Nerve Stimulation. *Curr. Behav. Neurosci. Rep.*, 1(2), 64. <https://doi.org/10.1007/S40473-014-0010-5>.
 - [12] Hrnčir T. 2022. Gut Microbiota Dysbiosis: Triggers, Consequences, Diagnostic and Therapeutic Options. *Microorganisms*, 10(3). <https://doi.org/10.3390/MICROORGANISMS10030578>.
 - [13] Jiang H., Ling Z., Zhang Y., Mao H., Ma Z., Yin Y., Wang W., Tang W., Tan Z., Shi J., Li L., Ruan B. 2015. Altered fecal microbiota composition in patients with major depressive disorder. *Brain, Behavior, and Immunity*, 48. <https://doi.org/10.1016/j.bbi.2015.03.016>.
 - [14] Knowles S.R., Nelson E.A., Palombo E.A. 2008. Investigating the role of perceived stress on bacterial flora activity and salivary cortisol secretion: a possible mechanism underlying susceptibility to illness. *Biol. Psychol.*, 77(2), 132–137. <https://doi.org/10.1016/J.BIO-PSYCHO.2007.09.010>.
 - [15] Kumari M., Singh P., Nataraj B.H., Kokkilgadda A., Naithani H., Azmal Ali S., Behare P. V., Nagpal R. 2021. Fostering next-generation probiotics in human gut by targeted dietary modulation: An emerging perspective. *Food Rev. Int.*, 150, 110716. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2021.110716>.
 - [16] Lee S.H. F., Ahmad S.R., Lim Y.C., Zulkipli I.N. 2022. The Use of Probiotic Therapy in Metabolic and Neurological Diseases. *Front. Nutr.*, 9, 887019. <https://doi.org/10.3389/FNUT.2022.887019/BIBTEX>.

- [17] Luang-In V., Katisart T., Konsue A., Nudmamud-Thanoi S., Narbad A., Saengha W., Wangkahart E., Pumriw S., Samappito W., Ma N. L. 2020a. Psychobiotic Effects of Multi-Strain Probiotics Originated from Thai Fermented Foods in a Rat Model. *Food Sci. Anim. Resour.*, 40(6), 1014–1032. <https://doi.org/10.5851/KOSEFA.2020.E72>.
- [18] Luang-In V., Katisart T., Konsue A., Nudmamud-Thanoi S., Narbad A., Saengha W., Wangkahart E., Pumriw S., Samappito W., Ma N.L. 2020b. Psychobiotic Effects of Multi-Strain Probiotics Originated from Thai Fermented Foods in a Rat Model. *Food Sci. Anim. Resour.*, 40(6), 1014. <https://doi.org/10.5851/KOSEFA.2020.E72>.
- [19] Lurie I., Yang Y.X., Haynes K., Mamtani R., Boursi B. 2015. Antibiotic exposure and the risk for depression, anxiety, or psychosis: a nested case-control study. *JCP*, 76(11), 1522–1528. <https://doi.org/10.4088/JCP.15M09961>.
- [20] Madison A., Kiecolt-Glaser J.K. 2019. Stress, depression, diet, and the gut microbiota: human–bacteria interactions at the core of psychoneuroimmunology and nutrition. *Curr. Opin. Behav. Sci.*, 28, 105–110. <https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2019.01.011>.
- [21] Nguyen M., Palm N.W. 2022. Gut instincts in neuroimmunity from the eighteenth to twenty-first centuries. *Semin. Immunol.* 2022 44:5, 44(5), 569–579. <https://doi.org/10.1007/S00281-022-00948-2>.
- [22] Nikolova V.L., Hall M.R.B., Hall L.J., Cleare A.J., Stone J.M., Young A.H. 2021. Perturbations in Gut Microbiota Composition in Psychiatric Disorders: A Review and Meta-analysis. *JAMA Psychiatry*, 78(12), 1. <https://doi.org/10.1001/JAMAPSYCHIATRY.2021.2573>.
- [23] Portal pacjent.gov <https://pacjent.gov.pl/zapobiegaj/zadbaj-o-swoje-zdrowie-psychiczne> (dostęp 30.04.2024).
- [24] Pouranayathosseinabad M., Bezabih Y., Hawrelak J., Peterson G.M., Veal, F., Mirkazemi C. 2023. Antibiotic use and the development of depression: A systematic review. *J. Psychosom. Res.*, 164, 111113. <https://doi.org/10.1016/J.JPSYCHORES.2022.111113>.
- [25] Proctor L.M., Creasy H.H., Fettweis J.M., Lloyd-Price J., Mahurkar A., Zhou W., Buck G.A., Snyder M.P., Strauss J.F., Weinstock G.M., White O., Huttenhower C. 2019. The Integrative Human Microbiome Project. *Nature*, 569:7758, 569(7758), 641–648. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1238-8>.
- [26] Ruan X., Chen J., Sun Y., Zhang Y., Zhao J., Wang X., Li X., Yuan S., Larsson S. C. 2023. Depression and 24 gastrointestinal diseases: a Mendelian randomization study. *Transl. Psychiatry* 2023 13:1, 13(1), 1–7. <https://doi.org/10.1038/s41398-023-02459-6>.
- [27] Rusch J.A., Layden B.T., Dugas L.R. 2023. Signalling cognition: the gut microbiota and hypothalamic-pituitary-adrenal axis. *Front. Endocrinol.*, 14, 1130689. <https://doi.org/10.3389/FENDO.2023.1130689/BIBTEX>.
- [28] Santos-Marcos J.A., Mora-Ortiz M., Tena-Sempere M., Lopez-Miranda J., Camargo A. 2023. Interaction between gut microbiota and sex hormones and their relation to sexual dimorphism in metabolic diseases. *Biol. Sex Differ.*, 14:1, 14(1), 1–24. <https://doi.org/10.1186/S13293-023-00490-2>.
- [29] Sender R., Fuchs S., Milo R. 2016. Leading Edge Commentary Are We Really Vastly Outnumbered? Revisiting the Ratio of Bacterial to Host Cells in Humans. *Cell*, Jan 28;164(3):337–40. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2016.01.013>.
- [30] Sharkey K.A., Mawe G. M. 2023. The enteric nervous system. *Physiol. Rev.* 103(2), 1487–1564. <https://doi.org/10.1152/PHYSREV.00018.2022>.
- [31] Srivastava A., Prabhakar M.R., Mohanty A., Meena S.S. 2021. Influence of gut microbiome on the human physiology. *SMAB* 2:2, 2(2), 217–231. <https://doi.org/10.1007/S43393-021-00052-W>.
- [32] van de Wouw M., Boehme M., Lyte J. M., Wiley N., Strain C., O’Sullivan O., Clarke G., Stanton C., Dinan T. G., Cryan J. F. 2018. Short-chain fatty acids: microbial metabolites that

- alleviate stress-induced brain-gut axis alterations. *Physiol. J.*, 596(20), 4923–4944. <https://doi.org/10.1113/JP276431>.
- [33] Varesi A., Campagnoli L.I.M., Chirumbolo S., Candiano B., Carrara A., Ricevuti G., Esposito C., Pascale A. 2023. The brain-gut-microbiota interplay in depression: A key to design innovative therapeutic approaches. *Pharmacol Res*, 192, 106799. <https://doi.org/10.1016/j.phrs.2023.106799>.
- [34] Wang S., Ishima T., Zhang J., Qu Y., Chang, L., Pu, Y., Fujita, Y., Tan, Y., Wang, X., Hashimoto K. 2020. Ingestion of *Lactobacillus intestinalis* and *Lactobacillus reuteri* causes depression- and anhedonia-like phenotypes in antibiotic-treated mice via the vagus nerve. *J. Neuroinflammation*, 17(1). <https://doi.org/10.1186/S12974-020-01916-Z>.
- [35] World Health Organization <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/depression> (dostęp 25.04.2024).
- [36] Yao Y., Cai X., Ye Y., Wang F., Chen F., Zheng C. 2021. The Role of Microbiota in Infant Health: From Early Life to Adulthood. *Front. Immunol.*, 12. <https://doi.org/10.3389/FIMMU.2021.708472>.
- [37] Zhang P. 2022. Influence of Foods and Nutrition on the Gut Microbiome and Implications for Intestinal Health. *Int. J. Mol. Sci.*, 23(17), 23. <https://doi.org/10.3390/IJMS23179588>.
- [38] Zheng P., Yang J., Li Y., Wu J., Liang W., Yin B., Tan X., Huang Y., Chai T., Zhang H., Duan J., Zhou J., Sun Z., Chen X., Marwari S., Lai J., Huang T., Du Y., Zhang P., Perry S. W., Wong M-L, Licinio J., Hu S., Xie, P., Wang, G. 2020. Gut Microbial Signatures Can Discriminate Unipolar from Bipolar Depression. *Advanced Science*, 7(7). <https://doi.org/10.1002/advs.201902862>.

Aniela Szymanek

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

SKN Mykologów

166567@student.uwm.edu.pl

Opiekun: dr hab. Anna Biedunkiewicz

CZY GRZYBY ZAWSZE MAJĄ AROMAT GRZYBOWY? PRZEGLĄD ZWIĄZKÓW CHEMICZNYCH ODPOWIEDZIALNYCH ZA ZAPACH GRZYBÓW

Wstęp

Ludzki nos jest w stanie odbierać około trylionu zapachów [3] pochodzenia organicznego bądź nieorganicznego, co dzieje się na zasadzie połączenia receptora węchowego z cząsteczkami zapachowymi. Niewielką grupą należącą do spektrum zapachów rejestrowanych przez ludzi są niektóre lotne związki organiczne. Są to związki węgla o niewielkiej masie molekularnej i wysokiej prężności pary, i choć często kojarzone są ze zjawiskiem zanieczyszczenia powietrza (ze względu na fakt, że antropogeniczne LZO to najczęściej opary rozpuszczalników bądź farb, często o toksykologicznym działaniu na ludzki organizm), pełnią one nierzadko kluczową rolę w danym ekosystemie jako sygnalizatory zmiany otoczenia, inhibitory niektórych procesów biologicznych bądź atraktanty służące zwabieniu innych organizmów [10]. Stosowane w dzisiejszych czasach metody identyfikacji substancji o charakterze organicznym, takie jak chromatografia gazowa sprzężona ze spektrometrią mas (GC-MS) [4], pozwalają na ich rozdział, i co najistotniejsze, identyfikację – GC-MS pozwala na analizę złożonych mieszanin, na zasadzie połączenia chromatografu ze spektrometrem. Same izolowane substancje mogą być zarówno pochodzenia antropogenicznego, jak również wydzielane są przez wiele organizmów żywych, nierzadko wpływając na unoszący się wokół nich zapach. Wyczuwalne u grzybów aromaty są efektem wydzielania przez nie właśnie lotnych związków organicznych. Unoszą się one w powietrzu jako drugorzędne metabolity grzyba, produkty rozkładu kwasów tłuszczowych, biotransformacji aminokwasów bądź jako skutek degradacji enzymów pozakomórkowych działających na egzogeny substrat. Z angielskiego określenie „*Volatilome*”, odnoszące się do tłumaczenia lotnych związków organicznych (Volatile Organic Compounds), oznacza pełen zestaw tych

substancji produkowanych przez dany organizm – jeden grzyb jest w stanie wydziełać różnorodną mieszaninę związków chemicznych odpowiedzialnych za ich zapach, w której skład zazwyczaj wchodzi wodorowęglany, związki heterocykliczne, alkohole, fenole i ich pochodne [19, 6]. Zapachy produkowane przez *Fungi* nie kończą się na kojarzonym z nimi aromacie określanym jako grzybowy – gama zapachów tego pochodzenia jest skrajnie różnorodna, niektóre z nich często występują także u innych organizmów, tak jak aromaty kwiatowe bądź anyżowe.

Cel pracy

W pracy zawarte są charakterystyki poszczególnych związków chemicznych wyizolowanych z danych gatunków oraz rodzajów organizmów z rodziny *Fungi* – przybliżone struktury chemiczne, ich zapach oraz okoliczności, w jakich są one produkowane przez omawiane grzyby. Przedstawiono również potencjalne znaczenie dla człowieka tychże substancji. Omówienie poszczególnych związków chemicznych pozwoli na lepsze zrozumienie charakterystycznych zapachów pochodzenia owocników grzybów oraz pozwoli na rozważenie ich użycia między innymi w przemyśle gastronomicznym oraz kosmetycznym.

Najczęściej spotykane związki

Najczęściej kojarzony ze świeżymi owocnikami grzybów zapach niesie 1-okten-3-ol, który jest produktem rozkładu kwasu linolowego. Związek ten, nazywany również alkoholem grzybowym, pierwszy raz wyizolowany został z gatunku *Tricholoma matsutake* – gaśki sosnowej [2, 7], a w bukacie zapachowym zarówno grzybów owocnikowych, jak i pleśniowych jest wszechobecny; występuje najczęściej w stężeniach 1-3 mg na 100 g świeżej masy grzybów [14] jako mieszanina jego enancjomerów, natomiast ludzki nos jest w stanie wyczuć go już przy 10 µg na metr sześcienny [2]. Enancjomery 1-okten-3-olu różnią się zapachowo – (S)-(+)-1-okten-3-ol ma nieco bardziej gnilny zapach, w porównaniu do R-(-)-1-okten-3-olu, stąd więc większe jego stężenie jest zauważalne u grzybów pleśniowych [11]. U rodzaju *Penicillium* związek ten pełni funkcję inhibitora kiełkowania zarodników – w miejscach o znacznych ilościach konidiów zostaje wydzielany przez grzybnię, powodując zahamowanie kiełkowania nie tylko własnych zarodników, ale również tych należących do gatunkowo innych osobników – jest to zatem element przystosowania grzyba i konkurencji o miejsce do bytowania [9]. Co ciekawe, jest on w stanie ulegać cyklizacji (najprawdopodobniej w procesach gotowania), czego produktem jest cyklo-oktanol – związek, którego zapach opisywany jest jako liściasty. Poza 1-okten-3-olem, mieszanki innych ośmiowęglowych związków, takich jak 3-oktanol lub 3-oktanon, w głównej mierze składają się na grzybowy zapach.

Do tego typowego dla królestwa *Fungi* połączenia zapachów dokładane są oczywiście inne związki, charakterystyczne dla danego gatunku bądź nawet osobnika – budowy alifatycznej, aromatycznej, nierzadko zawierające siarkę [5].

Związki występujące u trufli

Badania nad aromatem grzybów z rodzaju *Tuber* sp., cenionych w świecie kulinarnym za ich niepowtarzalny aromat, były jednymi z pierwszych badań odnośnie do wydzielania przez *Fungi* LZO. Do dnia dzisiejszego scharakteryzowano u nich ponad 200 różnych lotnych związków organicznych, których wahające się stężenia decydują o różniącym się u każdego gatunku aromacie, począwszy od zapachów ziemistych, czosnku, wanilii, kończąc na aromacie benzyny. Większość badań dotyczących tak niespotykanego w naturze aromatu opiera się na trzech gatunkach trufli – *Tuber melanosporum*, *T. magnatum* oraz *T. borchii* [1, 12, 20]. U grzybów z tego rodzaju, jak u większości przedstawicieli z królestwa *Fungi*, każdy osobnik pojedynczego gatunku różni się kompozycją związków składających się na ich zapach – czynnikami mogą być dojrzałość owocnika, położenie geograficzne, a nawet podłoże genetyczne [24]. Zauważalna większość LZO uzyskanych z owych grzybów posiada w składzie siarkę – przykładowo siarczek dimetylu, którego zapach kojarzony jest z kapustą. Występuje on dość często zarówno u czarnych, jak i u białych gatunków trufli. Znaleźć tu jednak można związki przynależne wyłącznie do jednego gatunku, na przykład 2,4-ditiapentan, izolowany wyłącznie z gatunku *Tuber magnatum*. Związek ten, uzyskany na drodze syntetycznej, jest cenionym dodatkiem do oliwy z oliwek celem nadania potrawom aromatu trufli. Innymi, często odnotowywanymi u *Tuber* substancjami są między innymi anizol o aromacie anyżowym, 2-butanon [16, 17] kojarzony z zapachem acetonu bądź izowaleraldehyd o aromacie słodowym. Na bukiet zapachu niektórych trufli składa się również piżmowy aromat androstenolu – związku będącego jednocześnie hormonem u knurów. Badając jednak zależność między niesamowitymi zdolnościami znajdowania przez świnie rosnących pod ziemią trufli, a samą obecnością tego związku, obalono hipotezę, że produkcja przez grzyby androstenolu wpływa na zdolność lokalizowania tych grzybów przez samice świnie – najpewniej do tego fenomenu przyczynia się inny lotny związek, opisany wcześniej siarczek dimetylu [22, 15]. Należy również podkreślić, że wabienie innych organizmów jest u trufli jak najbardziej celowym zjawiskiem – grzyby tego rodzaju nie są w stanie przeprowadzić pełnego cyklu życiowego bez wejścia w symbiozę z innymi organizmami; aby wykształcić owocnik, konieczne jest utworzenie mykoryzy z korzeniami roślin – w czym pomocne są bakterie powiązane z ektomykoryzą (EMAB). Zjedzenie tych owocników przez zwierzęta, daje możliwość grzybom rozprzestrzenienia własnych zarodników. Najprawdopodobniej właśnie do celów komunikacji z roślinami, zwierzętami i mikroorganizmami służą grzybom *Tuber* wydzielane przez nie związki zapachowe. Choć nie jest to jeszcze udowodnione

naukowo, istnieje prawdopodobieństwo, że poza samym osobnikiem, również roślina wchodząca z nim w interakcję oraz mikroorganizmy zasiedlające jego owocnik przyczyniały się do specyficznego osobniczo zapachu trufli – drożdże izolowane z owocników *T. melanosporum* oraz *T. magnatum* w hodowlach laboratoryjnych syntetyzują niektóre związki alkoholowe oraz siarkowe kojarzone z zapachem trufli, jednocześnie niektóre z kluczowych związków odpowiedzialnych za truflowy aromat są nieobecne w sterylnych ich strzępkach.

Aromaty słodkie

Istotnym przykładem niespotykanych aromatów pochodzenia grzybowego jest związek nazwany sotolonem – jest on obecny w suszonych owocnikach rodzaju *Lactarius*, czyli występujących także w Polsce mleczajów. Używany jest jako aromat w sztucznie otrzymywanych syropach klonowych, z racji na tożsamy z tym produktem mocny, charakterystyczny słodki zapach, kojarzony także z palonym cukrem. Grzyby tego rodzaju wydzielają aromat dopiero przy wysuszeniu – najprawdopodobniej w świeżych owocnikach występuje 4-hydroksy-L-izoleucyna, która ulega przekształceniu w ten związek dopiero w procesach suszenia, co stwierdzono na podstawie badań obejmujących kozieradkę, zawierającą właśnie ten związek [25]. Zapach ten więc kojarzony jest nie tylko z syropem klonowym, lecz również z kozieradką, a co za tym idzie, z mleczajami – *Lactarius helveticus* w języku angielskim potocznie określony jest mianem „fenugreek milk cap”, co dosłownie tłumaczyć można jako „mleczaj kozieradkowy”. Mimo zdolności tych grzybów do wydzielania sotolonu, dotychczas nie są one używane w przemyśle spożywczym, nie ma również żadnych badań dotyczących bezpieczeństwa używania ich do pozyskiwania tego związku. Przykładem substancji wydzielanej przez grzyby, o potencjale wykorzystania w branży gastronomicznej ze względu na jej aromat, jest δ -lakton-6-pentylo- α -pyron, w skrócie 6-PP, o woni kokosowej. Związek ten wydzielany jest przez osobniki *Trichoderma* – badania obejmujące *T. viride*, wzrastające na podłożu z włókna trzcinowego z użyciem technologii SSF (*ang. Solid State Fermentation* – fermentacja podłoża stałych), wykazały bardzo wysokie stężenia produkowanego przez ten gatunek 6-PP [8]. Ze względu na niskie koszty hodowli *Trichoderma* na włóknie trzcinowym – z racji na fakt, że substrat ten jest odpadem przy produkcji cukru trzcinowego – oraz na coraz częstsze zastępowanie sztucznych aromatów w żywności na ich odpowiedniki pochodzenia naturalnego, *T. viride* w niedalekiej przyszłości ma szansę stać się producentem aromatu kokosowego w żywności na skalę masową. Hodowla grzybni z użyciem technologii SSF jest względnie nową techniką, dzięki której pozyskać można wiele cenionych w gastronomii związków zapachowych – strzępki mikrogrzyba *Penicillium camemberti*, powszechnie używanego do produkcji serów pleśniowych, hodowane na odpadach po produkcji oliwy z oliwek, są w stanie wydzielać wanilinę – związek o szerokim zastosowaniu w gastronomii. Linalol, nale-

żący do grupy terpenów, dodawany do kosmetyków nadaje im zapach konwalii. Podobnie jak wymienione wcześniej związki, również produkowany jest przez komórki grzyba – badane gatunki polówek *Agrocybe pediales* oraz *A. aegerita*, czyli polówki półkolistej oraz polówki wiązkowej, w genomie swoim zawierają fragmenty kodujące enzym syntazy linalolu – białka, które w organizmie tych grzybów jest w stanie produkować ten terpenoid z substratu, jakim jest geranylodifosforan (GPP). Badania wskazują, że enzymy polówki są w stanie przeprowadzać tę reakcję o wiele efektywniej od ich odpowiedników pochodzenia roślinnego bądź bakteryjnego [21], co wpłynęłoby na korzystniejsze w kosztach produkcji pozyskiwanie linalolu. Wydzielane przez grzyby słodkie aromaty, poza potencjalnymi korzyściami dla człowieka, używane są przez nie do efektywniejszego rozprzestrzeniania się – takie zjawisko zauważono u drożdży piekarniczych *Saccharomyces cerevisiae*. Lotne związki organiczne (w tym wypadku estry octanu) wydzielane przez te grzyby, takie jak octan fenyletylu o owocowym aromacie, są w stanie wabić muszki owocowe, czyli wywilżny karłowate *Drosophila melanogaster*. Owady te, żywiąc się drożdżami, przenoszą ich część na swoich ciałach, co ułatwia grzybom *Saccharomyces* rozprzestrzenianie się [13].

Aromat anyżowy

Sporo odkrytych gatunków jest zdolnych do wydzielania aromatu anyżowego – wyróżnić można między innymi pieczarkę bulwiastą *Agaricus essettei*, twardówkę anyżkową *Lentinellum cochleatus* oraz lejkówkę *Clitocybe odora*. W związkach lotnych wydzielanych przez lejkówkę przebija się aldehyd anyżowy – bez wątpienia to właśnie ten związek powoduje charakterystyczny zapach owocników, maskując jednocześnie obecny w szeregu wydzielanych przez nie związków lotnych 1-okten-3-ol. Choć u *Lentinellum cochleatus* jest również obecny aldehyd anyżowy, odnotowywano również obecność P-anyżanu metylu, o podobnym aromacie. Nie we wszystkich grzybach charakteryzujących się anyżowym aromatem jest możliwe przypisanie go tylko jednemu związkowi – w przypadku pieczarki *Agaricus essettei* postawiono hipotezę, iż połączenie dwóch związków – aldehydu benzoesowego o zapachu gorzkawym, migdałowym, oraz alkoholu benzyłowego, o zapachu ostrym i słodkawym – wpływa na finalny aromat owocników tego gatunku [18]. O ile wszystkie dotychczas wymienione grzyby pachnące anyżowo są jadalne, podobne nuty zapachowe wyróżnić można u niszczyicy anyżkowej *Gloeophyllum odoratum* – jest to gatunek powodujący brunatną zgniliznę drewna. Badania chromatograficzne obejmujące owocniki niszczyicy wykazały dominowanie w lotnych metabolitach tego gatunku drimenolu – być może to właśnie ten związek jest odpowiedzialny za powstawanie zapachu tego grzyba [23].

Podsumowanie

Węch jest jednym z podstawowych zmysłów licznych organizmów, umożliwiającym zachodzenie niektórych procesów życiowych bądź tworzenie interakcji międzygatunkowych. Większość żyjących na ziemi gatunków wytwarza specyficzny dla siebie zapach, za który najczęściej odpowiadają lotne związki organiczne (LZO). U grzybów zidentyfikowano ponad 250 takich związków, których zapach może być zarówno kojarzony typowo z aromatem grzyba, tak jak wszechobecny u wielu gatunków z królestwa *Fungi* 1-okten-3-ol, jak również niespotykane zazwyczaj w owocnikach grzyba aromaty słodkie bądź anyżowe. Aromaty te nie ograniczają się zatem do zapachu określanego jako „grzybowy”. Osobniczy zapach często jest efektem trawienia bądź wydzielany jest przez danego grzyba celowo – związki niosące aromat często pełnią kluczową rolę w przeprowadzeniu przez organizmy z królestwa *Fungi* wielu procesów życiowych, zarówno umożliwiając im rozprzestrzenianie się, jak i wchodzenie w symbiozę bądź inhibicję konkurencyjnych gatunków. Mieszanki różnych związków o różnym aromacie często składają się na skomplikowany aromat danego owocnika, stąd też analizując poszczególne LZO przyczyniające się do zapachu konkretnych gatunków, konieczne jest rozdzielenie ich, w czym pomocne są techniki chromatograficzne. Używana do analiz technika GC-MS pozwala na ich rozdzielenie oraz identyfikację. Określenie poszczególnych związków decydujących o aromacie grzybów nie jest łatwe, z racji na fakt, że wydzielane przez nie substancje mogą różnić się intensywnością wydzielania w zależności od wielu czynników abiotycznych, takich jak położenie geograficzne, wilgotność, jak również biotycznych – występowanie w danym habitacie innych organizmów.

Bibliografia

- [1] Bellesia F., Pinetti A., Bianchi A. and Tirillini B. (1998), The volatile organic compounds of black truffle (*Tuber melanosporum* Vitt.) from Middle Italy. *Flavour Fragr. J.*, 13: 56–58. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1026\(199801/02\)13:1<56::AID-FFJ692>3.0.CO;2-X](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1026(199801/02)13:1<56::AID-FFJ692>3.0.CO;2-X).
- [2] Bennett J.W., Hung R., Lee S., Padhi S. (2012). 18 Fungal and Bacterial Volatile Organic Compounds: An Overview and Their Role as Ecological Signaling Agents. In: Hock, B. (eds) *Fungal Associations*. The Mycota, vol 9. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-30826-0_18.
- [3] Bushdid C., Magnasco M.O., Vosshall L.B., Keller A. Humans can discriminate more than 1 trillion olfactory stimuli. *Science*. 2014 Mar 21;343(6177):1370–2. doi: 10.1126/science.1249168. PMID: 24653035; PMCID: PMC4483192.
- [4] Chiron N., Michelot D. (2005) Odeurs des champignons: chimie et rôle dans les interactions biotiques – une revue. *Cryptogamie, Mycologie* 26(4): 299–364. <https://hal.science/hal-00086256>.
- [5] Combet, Emilie & Henderson, Janey & Eastwood, Daniel & Burton, Kerry. (2006). Eight-carbon volatiles in mushrooms and fungi: Properties, analysis, and biosynthesis. *Mycoscience*. 47. 317–326. 10.1007/s10267-006-0318-4.

- [6] de Pinho P.G., Ribeiro B., Gonçalves R.F., Baptista P., Valentão P., Seabra R.M., Andrade P.B. Correlation between the pattern volatiles and the overall aroma of wild edible mushrooms. *J Agric Food Chem.* 2008 Mar 12;56(5):1704–12. doi: 10.1021/jf073181y. Epub 2008 Feb 12. PMID: 18266318.
- [7] Maggi F., Papa F., Cristalli G., Sagratini G., Vittori S. Characterisation of the mushroom-like flavour of *Melittis melissophyllum* L. subsp. *melissophyllum* by headspace solid-phase microextraction (HS-SPME) coupled with gas chromatography (GC–FID) and gas chromatography–mass spectrometry (GC–MS). *Food Chemistry*, rozdz. 123, 2010, str. 983–992, ISSN 0308-8146. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.05.049>.
- [8] Fadel, Hoda & Mahmoud, Manal & Asker, Mohsen & Lotfy, Shereen. (2014). Characterization and evaluation of coconut aroma produced by *Trichoderma viride* EMCC-107 in solid state fermentation on sugarcane bagasse. *Electronic Journal of Biotechnology*. 18. 10.1016/j.ejbt.2014.10.006.
- [9] Gilma S. Chitarra, Tjakko Abee, Frank M. Rombouts, Jan Dijksterhuis, 1-Octen-3-ol inhibits conidia germination of *Penicillium paneum* despite of mild effects on membrane permeability, respiration, intracellular pH, and changes the protein composition, *FEMS Microbiology Ecology*, Volume 54, Issue 1, September 2005, Pages 67–75, <https://doi.org/10.1016/j.femsec.2005.02.013>.
- [10] Heffernan D., Pilz M., Klein M., Haack M., Race A.M., Brück T., Qoura F., Strittmatter N. Screening of volatile organic compounds (VOCs) from liquid fungal cultures using ambient mass spectrometry. *Anal Bioanal Chem.* 2023 Jul; 415(18):4615–4627. doi: 10.1007/s00216-023-04769-6. Epub 2023 Jun 30. PMID: 37389599; PMCID: PMC10329071.
- [11] Inamdar A.A., Moore J.C., Cohen R.I., Bennett J.W. A model to evaluate the cytotoxicity of the fungal volatile organic compound 1-octen-3-ol in human embryonic stem cells. *Mycopathologia*. 2012 Jan;173(1):13–20. doi: 10.1007/s11046-011-9457-z. Epub 2011 Aug 20. PMID: 21858547.
- [12] Leonardi M., Iotti M., Mello A., Vizzini A., Paz-Conde A., Trappe J. & Pacioni G. 2021. — Typification Of The Four Most Investigated And Valuable Truffles: *Tuber Aestivum* Vittad., *T. Borchii* Vittad., *T. Magnatum* Picco And *T. Melanosporum* Vittad.. *Cryptogamie, Mycologie* 2021 (9): 149–170. <https://doi.org/10.5252/Cryptogamie-Mycologie2021v42a9>.
- [13] Marshall K. (2015). Yeast's beery smell attracts fruit flies. *Journal of Experimental Biology*. 218. 164–164. 10.1242/jeb.111294.
- [14] Mau J., Eng-Leun R., Rbert B. Beelman, and Gregory R. Ziegler. „1-Octen-3-ol in the Cultivated Mushroom, *Agaricus bisporus*” *Journal of Food Science* 57.3 (1992): 704–706.
- [15] Mustafa A.M., Angeloni S., Nzekoue F.K., Abouelenein D., Sagratini G., Caprioli G., Torregiani E. An Overview on Truffle Aroma and Main Volatile Compounds. *Molecules*. 2020 Dec 15;25(24):5948. doi: 10.3390/molecules25245948. PMID: 33334053; PMCID: PMC7765491.
- [16] Pacioni, Giovanni & Bellina-Agostinone, C. & D'Antonio, M. (1991). On the odour of *Tuber mesentericum*. *Mycological Research*. 95. 1016–1017. 10.1016/S0953-7562(09)80101-9.
- [17] Pacioni, Giovanni & Bellina-Agostinone, Carlo & D'Antonio, Mauro. (1990). Odor composition of the *Tuber melanosporum* complex. *Mycological Research*. 94. 201–204. 10.1016/S0953-7562(09)80614-X.
- [18] Rapior, Sylvie & Breheret, Sophie & Talou, Thierry & Pélissier, Yves & Bessièrre, Jean-Marie. (2002). The Anise-like Odor of *Clitocybe odora*, *Lentinellus cochleatus* and *Agaricus essettei*. *Mycologia*. 94. 373–6. 10.2307/3761770.
- [19] Roze L.V., Beaudry R.M., Linz J.E. Analysis of volatile compounds emitted by filamentous fungi using solid-phase microextraction-gas chromatography/mass spectrometry. *Methods Mol Biol.* 2012;944:133–42. doi: 10.1007/978-1-62703-122-6_9. PMID: 23065613.

- [20] Splivallo R., Ottonello S., Mello A. and Karlovsky P. (2011), Truffle volatiles: from chemical ecology to aroma biosynthesis. *New Phytologist*, 189: 688-699. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2010.03523.x>
- [21] Rehka T., Sharma D., Lin F., Choong Y.K., Lim C., Jobichen C., Zhang C. Structural Understanding of Fungal Terpene Synthases for the Formation of Linear or Cyclic Terpene Products. *ACS Catal.* 2023 Mar 27;13(7):4949–4959. doi: 10.1021/acscatal.2c05598. PMID: 37066048; PMCID: PMC10088877.
- [22] Talou, Thierry & Gaset, A. & Delmas, M. & Kulifaj, M. & Montant, C.. (1990). Dimethyl sulphide: The secret for black truffle hunting by animals?. *Mycological Research*. 94. 277-278. 10.1016/S0953-7562(09)80630-8.
- [23] Tel-Çayan G. Phenolic profiles, antioxidant, and anticholinesterase activities of three *Gloeophyllum* species with chemometric approach. *J Food Biochem.* 2019 Apr;43(4):e12790. doi: 10.1111/jfbc.12790. Epub 2019 Jan 29. PMID: 31353576.
- [24] Vita F, Taiti C., Pompeiano A, Bazihizina N, Lucarotti V, Mancuso S, Alpi A. Volatile organic compounds in truffle (*Tuber magnatum* Pico): comparison of samples from different regions of Italy and from different seasons. *Sci Rep.* 2015 Jul 30;5:12629. doi: 10.1038/srep12629. Erratum in: *Sci Rep.* 2016 Apr 29;6:24961. St. PMID: 26224388; PMCID: PMC4519792.
- [25] Wood, William & Brandes, Jay & Foy, Brian & Morgan, Christopher & Mann, Thierry & DeShazer, Darwin. (2012) *Lactarius fragilis* var. *rubidus*. *Biochemical Systematics and Ecology*. 43. 51–53. 10.1016/j.bse.2012.02.027.

Cezary Wawryło

Sławomir Jaworski

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Międzywydziałowe Koło Naukowe Nanobiotechnologii, s195503@sggw.edu.pl

Opiekun: dr Barbara Strojny-Cieślak

NANOKOMPOZYTY TLENKU GRAFENU DEKOROWANE NANOCZĄSTKAMI WYBRANYCH METALI JAKO CZYNNIK ANTYBAKTERYJNY

Wprowadzenie

Do najpowszechniejszych sposobów zwalczania bakterii zaliczyć można terapie antybiotykowe. Antybiotyki mogą zarówno wykazywać działanie bakteriobójcze, czyli indukować śmierć bakterii, jak i działanie bakteriostatyczne, czyli hamować wzrost bakterii. Oporność bakterii na środki bakteriobójcze jest jednak coraz powszechniejszym zjawiskiem [9]. Poszukiwane są zatem alternatywne metody zwalczania bakterii. Metody te obejmują m.in. zastosowanie bakteriofagów [14], ingerencję w mechanizm *Quorum sensing* [12], inhibicję pomp efluksowych [17] czy wykorzystanie bakteriobójczych właściwości peptydów antybakteryjnych [11].

Same bakterie mają jednak wykształcone mechanizmy oporności, które umożliwiają im przetrwanie w niekorzystnych warunkach, takich jak obecność środków bakteriobójczych. Podstawowym sposobem ochrony bakterii przed szkodliwymi dla nich czynnikami jest formowanie przez nie biofilmu. Biofilm to wielowarstwowa, przestrzennie złożona struktura, która składa się z bakterii otoczonych macierzą, zbudowaną głównie z polimerów białek i cukrów – pozakomórkową substancją polisacharydową (EPS – ang. *extracellular polymeric substance*). W środowisku naturalnym niemal 100% bakterii spotkać można w formie biofilmu. EPS chroni drobnoustroje przed czynnikami fizycznymi, chemicznymi, a także biologicznymi – a zatem kolejno np. przed promieniowaniem UV, środkami dezynfekcyjnymi czy bakteriofagami. Szacuje się, że bakterie znajdujące się w biofilmie są nawet tysiąc razy bardziej odporne wobec antybiotyków, porównując do bakterii w formie planktonu [4]. Biofilm nie jest jednak jedynym mechanizmem oporności bakterii. Do innych ważnych mechanizmów zwalczania przez bakterie środków o właściwościach antybakteryjnych należą: inaktywacja enzymatycz-

na, zmiana powinowactwa do środka antybakteryjnego i utrudnienie wnikania czynnika bakteriobójczego do komórki lub aktywne usuwanie go z niej [10].

Do alternatywnych dla antybiotyków metod zwalczania bakterii zaliczyć można również nanomateriały. Szczegółowe mechanizmy bakteriobójczego działania nanocząstek nie są jeszcze w pełni znane. Nanocząstki są zdolne do przyłączenia się do błony bakterii za pomocą oddziaływania elektrostatycznego i zaburzenia integralności błony. W głównej mierze działanie toksyczne dla bakterii powodowane jest przez wywołane działaniem nanocząstek tworzenie w bakteriach wolnych rodników, które są efektem wywołania stresu oksydacyjnego w komórce. Mechanizmy antybakteryjnego działania nanomateriałów zależą od ich składu, modyfikacji powierzchni, właściwości i gatunku bakterii, jakie są nimi traktowane. Opublikowane badania na temat przeciwbakteryjnego działania poszczególnych nanocząstek są liczne, jednak część badań wzajemnie się wyklucza, co pokazuje złożoność zagadnienia [8]. Nie brakuje jednak badań wskazujących na skuteczność nanomateriałów w zabijaniu mikroorganizmów. Wykazano, że ekspozycja na nanocząstki srebra spowalnia rozwój biofilmu i uniemożliwia powstawanie nowego w miejscach traktowanych nanocząstkami [13]. Co więcej, nanocząstki tlenku cynku, którymi pokryto szklaną powierzchnię, spowodowały tworzenie przez bakterie reaktywnych form tlenu (ROS – ang. *reactive oxygen species*), które zaburzyły tworzenie biofilmu przez *Staphylococcus aureus* i *Escherichia coli* [1]. Regularnie pojawiają się również publikacje na temat przeciwdrobnoustrojowych właściwości nanokompozytów. Wykazano działanie bakteriobójcze nie tylko płatków tlenku grafenu dekorowanych nanocząstkami srebra [16], ale też miedzi [15] oraz tlenku cynku [18]. Badania te wykazały wysoki potencjał hybryd nanopłatków tlenku grafenu z metalami jako czynników o działaniu antybakteryjnym.

Cel pracy

Cel pracy stanowiło sprawdzenie antybakteryjnych właściwości nanocząstek srebra, miedzi i tlenku cynku, nanopłatków tlenku grafenu i grafenu naturalnego oraz nanokompozytów grafenowych dekorowanych nanocząstkami miedzi i tlenku cynku oraz nanocząstkami miedzi i srebra przy użyciu bakterii: *Staphylococcus aureus*, *Salmonella enterica*, *Listeria monocytogenes* oraz *Pseudomonas aeruginosa*.

Materiał i metody

Materiał stanowiły bakterie pochodzące z firmy ATCC (American Type Culture Collection): *Staphylococcus aureus* (nr kat. ATCC 25923), *Salmonella enterica* (nr kat. ATCC 13076), *Listeria monocytogenes* (nr kat. ATCC 19111) oraz *Pseudomonas aeruginosa* (nr kat. ATCC 27853).

Bakterie poddane zostały działaniu nanomateriałów takich jak: nanocząstki srebra (Ag), miedzi (Cu), tlenku cynku (ZnO) oraz nanopłatki grafenu naturalnego (GN) i tlenku grafenu (GO). Dodatkowo zsyntezowano dwa nanokompozyty. Jeden złożony z nanopłatków tlenku grafenu dekorowanych nanocząstkami miedzi oraz srebra (N1), drugi złożony z nanopłatków tlenku grafenu dekorowanych nanocząstkami miedzi oraz tlenku cynku (N2).

Tabela 1. Stężenia nanomateriałów stosowane w przeprowadzonych analizach [$\mu\text{g/ml}$]

	Ag	Cu	GN	GO	ZnO
Określenie MIC	50; 25; 12,5; 6,25; 3,125		100; 50; 25; 12,5; 6,25		1000; 500; 250; 125; 62,5
Fizykochemia, XTT i ROS	50		100		
Formowanie biofilmu	5	25	-	20	100

Tabela 2. Stężenia nanomateriałów składających się na kompozyty [$\mu\text{g/ml}$]

	GO	Cu	Ag	ZnO
N1	20	25	5	-
N2	20	25	-	100

Analiza fizykochemiczna nanomateriałów

Analiza fizykochemiczna obejmowała zarówno określenie rozkładu wielkości badanych nanostruktur, jak i potencjału zeta nanomateriałów, co zmierzone zostało przy użyciu analizatora Zetasizer Nano (Malvern, Wielka Brytania).

Prowadzenie hodowli bakteryjnych

Hodowle bakteryjne prowadzono na podłożu Brain Heart Infusion Broth (BioMaxima SA, Polska) wzbogaconym o podłoże Bacteriological LAB-AGAR (BioMaxima SA, Polska). Hodowle prowadzono na szalkach Petriego w inkubatorze mikrobiologicznym w temperaturze 37°C.

Wyznaczenie MIC dla badanych nanomateriałów

W celu analizy właściwości bakteriostatycznych badanych nanomateriałów, wykonano test MIC (ang. *minimal inhibitory concentration*). Minimalne stężenie hamujące to najmniejsze stężenie badanej substancji, które jest w stanie zahamować wzrost mikroorganizmów. Analizę wykonano na płytkach 24-dołkowych metodą seryjnych roz-

cieńczeń na podłożu płynnym – Mueller-Hinton Broth (BioMaxima SA, Polska). We wszystkich dołkach umieszczono 1 ml pożywki, do pierwszych dołków dodano po 1 ml roztworów nanomateriałów, po czym wykonano szereg podwójnych rozcieńczeń. Następnie do wszystkich dołków dodano po 10 μ l zawiesiny bakterii o gęstości optycznej 0,5 w skali McFarlanda. Bakterie inkubowano przez 24 godziny w 37°C.

Analiza żywotności bakterii z wykorzystaniem testu XTT

Do analizy żywotności wykorzystano test XTT i zestaw Sigma-Aldrich Cell Proliferation Kit II (Merck KGaA, Niemcy). Analiza żywotności komórek możliwa jest poprzez redukcję soli tetrazolowej do formazanu, która zachodzi w zastosowanym teście. Wynikiem reakcji jest zmiana zabarwienia próby z żółtej na pomarańczową. Do przeprowadzenia analizy wykorzystano płytki 96-dołkowe i zawiesinę bakterii o gęstości optycznej 1,5 w skali McFarlanda. W dołkach umieszczono po 50 μ l zawiesin bakterii oraz nanomateriałów, po czym płytki inkubowano przez 24 godziny w 37°C. Następnie do dołków dodano po 10 μ l odczynnika XTT i inkubowano kolejne 24 godziny w 37°C. Po tym czasie wykonano spektrofotometryczny pomiar absorpcji przy długości fali 450 nm i referencji 690 nm z zastosowaniem czytnika płytek Infinite M200 (Tecan, Szwajcaria).

Wyznaczenie poziomu reaktywnych form tlenu (ROS)

Określenie poziomu reaktywnych form tlenu (ang. *reactive oxygen species*) przeprowadzono z wykorzystaniem odczynnika Sigma-Aldrich 2',7'-Dichlorofluorescein Diacetate (Merck KGaA, Niemcy). Wyznaczenie poziomu wytwarzania przez bakterie reaktywnych form tlenu możliwe było poprzez użycie diocetanu 2,7-dichlorofluoresceiny (DCFDA). Związek ten jest transformowany w komórkach do 2,7-dichlorofluoresceiny (DCF), która jest fluorescencyjna, co umożliwia określenie jej poziomu przy zastosowaniu spektroskopii fluorescencyjnej. Do przeprowadzenia analizy wykorzystano płytki 96-dołkowe i zawiesinę bakterii o gęstości 1,5 w skali McFarlanda oraz odczynnika DCFDA. W dołkach umieszczono po 50 μ l zawiesin bakterii oraz nanomateriałów, po czym bakterie inkubowano w ciemności przez 30 minut w temperaturze pokojowej. Następnie wykonano pomiary fluorescencji przez 3 godziny co 15 minut przy długości fali wzbudzenia 485 nm i emisji 535 nm z wykorzystaniem czytnika płytek Infinite M200 (Tecan, Szwajcaria).

Synteza nanokompozytów

Kompozyty zostały zsyntezowane za pomocą sonikatora ("ULTRON" Zakład Urządzeń Elektronicznych, Polska).

Analiza formowania biofilmu

W celu sprawdzenia wpływu badanych nanomateriałów na bakterie, przeprowadzono analizę formowania biofilmu z zastosowaniem barwienia fioletem krystalicznym. Do analizy wykorzystano płytki 96-dółkowe i zawiesiny bakteryjne o gęstości optycznej 1,5 w skali McFarlanda. W dołkach umieszczono po 100 μ l roztworów nanomateriałów i pozostawiono płytki do wyschnięcia. Następnie dodano na płytkę po 100 μ l zawiesin bakterii na każdy dołek i inkubowano je w 37°C przez 24 godziny. Kolejny etap stanowiło barwienie biofilmów fioletem krystalicznym i zawieszenie zawartości dołków w 100 μ l metanolu. Po 30 minutach inkubacji zmierzono absorbancję dla długości fali 550 nm z użyciem czytnika płytek Infinite M200 (Tecan).

Analiza statystyczna

Wyniki analizowano z wykorzystaniem jednoczynnikowej analizy wariancji ANOVA z użyciem testu post hoc Tukeya w programie GraphPad Prism 5. Poziom istotności przyjęto na poziomie $p < 0,05$.

Wyniki

Analiza fizykochemiczna materiałów

Wszystkie badane nanomateriały wykazywały skłonność do aglomeracji. Wśród nanocząstek srebra, miedzi i tlenku cynku zaobserwowano małe zróżnicowanie wielkości nanostruktur. Rozmiar aglomeratów nanocząstek srebra zawierał się w przedziale pomiędzy 100 a 500 nm, nanocząstek miedzi pomiędzy 200 a 600 nm, natomiast tlenku cynku w przedziale pomiędzy 800 a 1100 nm. Wśród nanopłatków zaobserwowano duże zróżnicowanie wielkości. Około 20% nanopłatków grafenu naturalnego miało rozmiar poniżej 100 nm, natomiast rozmiar pozostałych mieścił się w przedziale pomiędzy 200 a 400 nm. Około 2% nanopłatków tlenku grafenu uformowało aglomeraty o wielkości 5-6 tys. nm, natomiast pozostałe aglomeraty tlenku grafenu miały rozmiar z zakresu od 500 do ponad 1000 nm. Oba nanokompozyty tworzyły aglomeraty o wielkości z zakresu od 400 do 700 nm. Nie zauważono znacznego zróżnicowania ich wielkości.

Za wyjątkiem tlenku cynku wszystkie hydrokoloidy wykazywały względną stabilność i ujemny potencjał zeta. Jedyne dodatni potencjał, zaobserwowany dla tlenu

Tabela 3. Średnie wartości potencjału zeta badanych nanomateriałów [mV]

	Ag	Cu	GN	GO	ZnO	N1	N2
Potencjał ζ	-18,7	-19,6	-24,4	-20,8	2,7	-22,9	-18,0

cynku, wynosił 2,7 mV. Najwyższy potencjał zeta zaobserwowano dla nanopłatków grafenu naturalnego (-24,4 mV), natomiast pozostałe hydrokoloidy wykazywały wartości zbliżone do -21 mV (Tab. 3).

Wyznaczenie MIC dla badanych nanomateriałów

Dla badanych stężeń nanocząstek miedzi oraz nanopłatków grafenu naturalnego i tlenku grafenu nie wyznaczono minimalnego stężenia hamującego wzrost mikroorganizmów. Wartości minimalnego stężenia hamującego oznaczono dla nanocząstek srebra i tlenku cynku (Tab. 4).

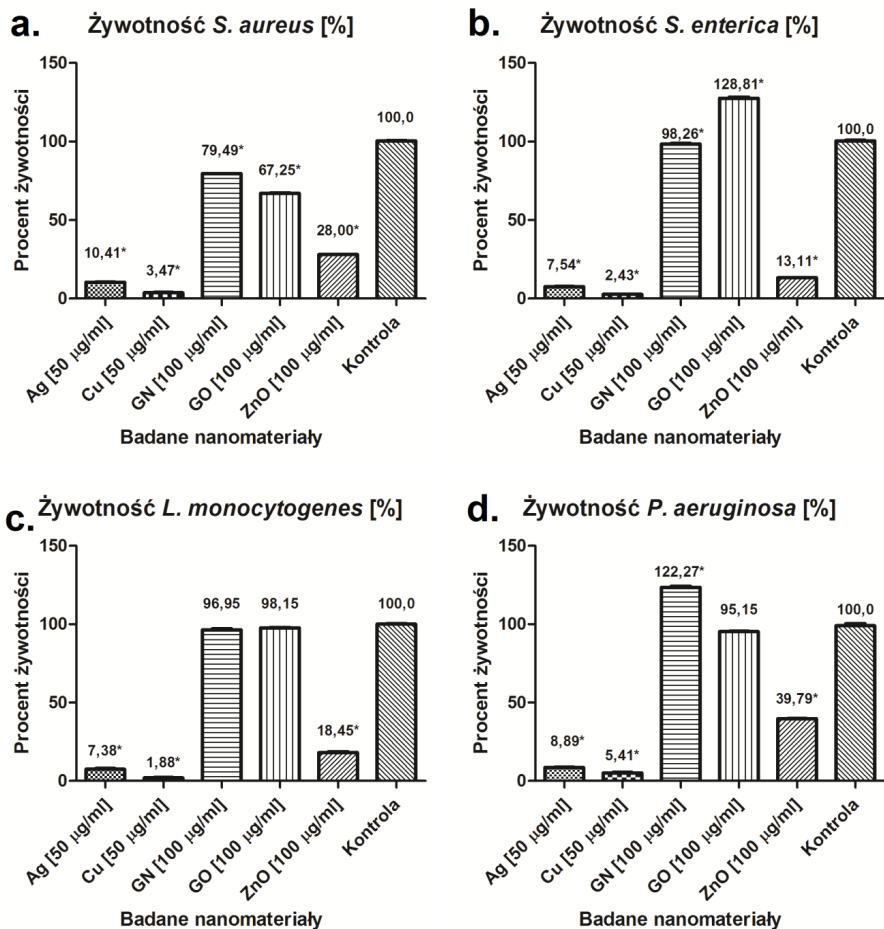
Tabela 4. Wartości MIC dla badanych nanomateriałów na poszczególnych bakteriach [µg/ml]

	Ag	Cu	ZnO	GN	GO
<i>S. aureus</i>	6,25	-	62,5	-	-
<i>S. enterica</i>	6,25	-	125	-	-
<i>L. monocytogenes</i>	3,125	-	125	-	-
<i>P. aeruginosa</i>	6,25	-	62,5	-	-

Analiza żywotności bakterii z wykorzystaniem testu XTT

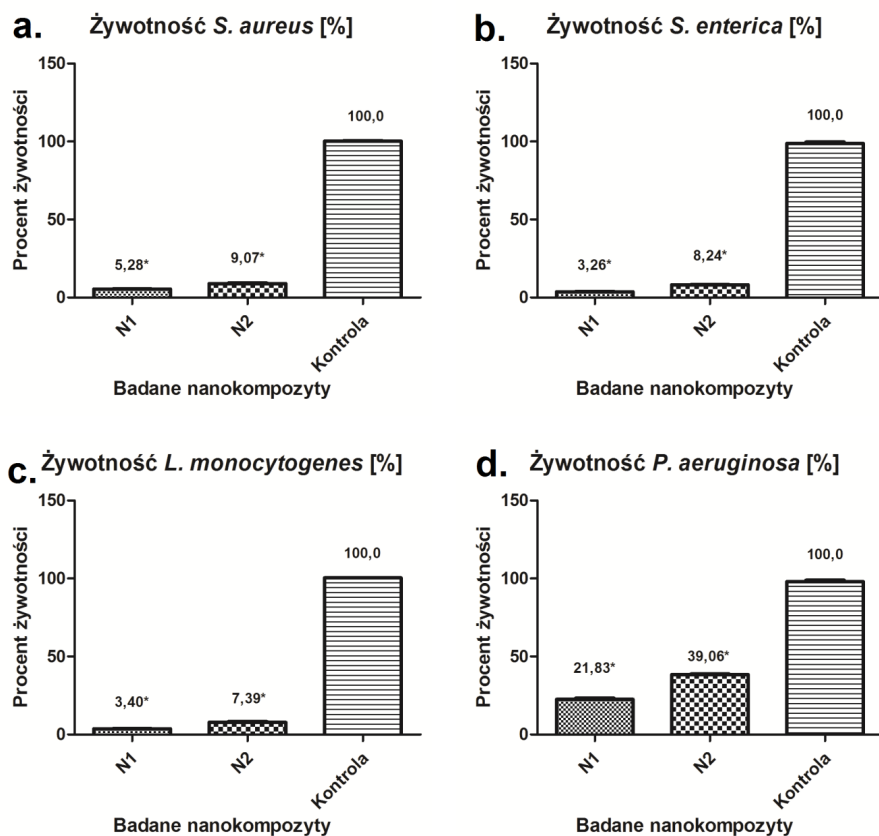
Najsilniejsze właściwości antybakteryjne zaobserwowano dla nanocząstek miedzi. Najmniej przeżyło bakterii *L. monocytogenes* (1,88%), a najwięcej *P. aeruginosa* (5,41%). Silne działanie antybakteryjne zaobserwowano również dla nanocząstek srebra. Najbardziej odporne na ich działanie były bakterie *S. aureus* (10,41%), a najmniej *L. monocytogenes* (7,38%). Żywotność bakterii traktowanych nanocząstkami tlenku cynku mieściła się w zakresie od 13,11% (*S. enterica*) do 39,79% (*P. aeruginosa*). Nanopłatki tlenu grafenu i grafenu naturalnego nie wykazywały właściwości antybakteryjnych (Rys. 1).

Silniejsze działanie antybakteryjne zaobserwowano dla nanokompozytu złożonego z nanopłatków tlenku grafenu dekorowanych nanocząstkami miedzi i srebra (N1). Najmniej wrażliwe na działanie kompozytów były bakterie *P. aeruginosa*. Żywotność tych bakterii wynosiła 21,83% w przypadku nanokompozytu N1 oraz 39,06% w przypadku nanokompozytu N2. Wśród pozostałych bakterii żywotność nie przekroczyła 10%. Najniższą żywotność zaobserwowano u *S. enterica* (3,26%) i *L. monocytogenes* (3,40%) (Rys. 2).



Rysunek 1. Żywotność bakterii poddanych działaniu nanomateriałów [%]. a. *S. aureus*, b. *S. enterica*, c. *L. monocytogenes*, d. *P. aeruginosa*.

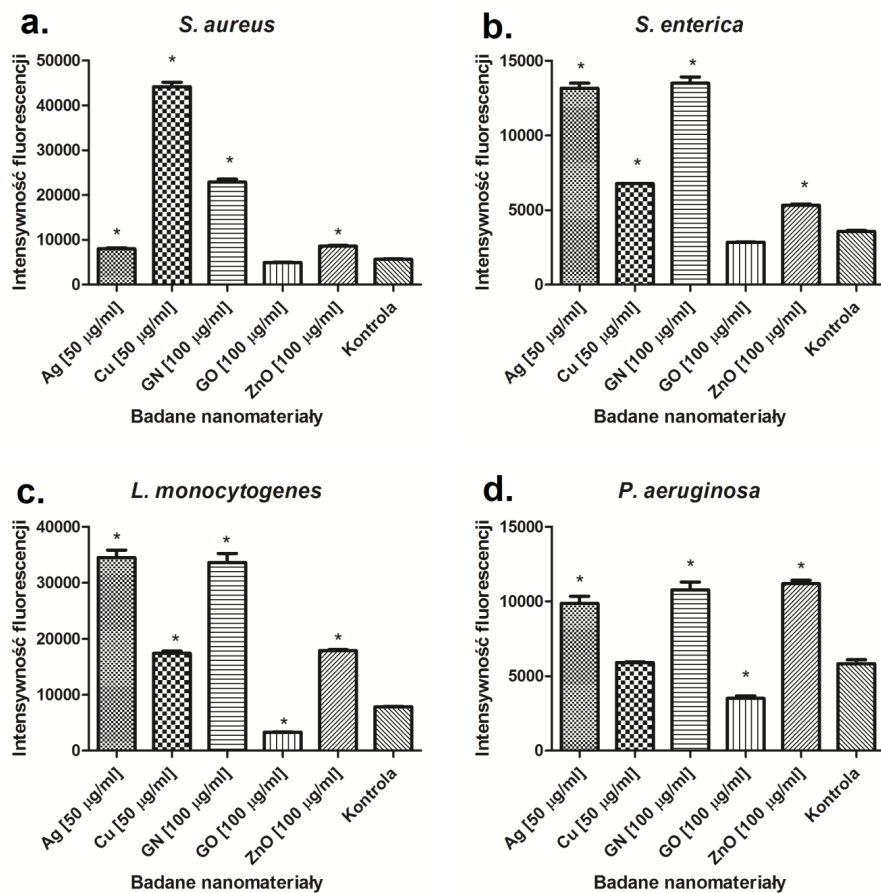
* oznaczono różnice statystycznie istotne ($p < 0,05$)



Rysunek 2. Żywotność bakterii poddanych działaniu nanokompozytów [%]. a. *S. aureus*, b. *S. enterica*, c. *L. monocytogenes*, d. *P. aeruginosa*.
* oznaczono różnice statystycznie istotne ($p < 0,05$)

Wyznaczenie poziomu reaktywnych form tlenu (ROS)

Spśród nanostruktur stosowanych pojedynczo zauważono najwyższy poziom nadprodukcji reaktywnych form tlenu pod wpływem obecności nanocząstek srebra w próbce. Jedynie wśród *S. aureus* najwyższy poziom nadprodukcji zaobserwowano w grupie badanej z nanocząstkami miedzi. Poziom wytwarzania ROS u pozostałych bakterii poddanych działaniu nanocząstek miedzi był zbliżony do kontroli lub nie przekraczał dwukrotnego wzrostu. W przypadku nanocząstek tlenku cynku zaobserwowano zbliżony do kontroli wynik dla *S. aureus* i *S. enterica* oraz około dwukrotnie wyższy poziom względem kontroli dla *L. monocytogenes* oraz *P. aeruginosa*. Najwyższy poziom stresu oksydacyjnego po zastosowaniu nanopłatków grafenu naturalnego zaobser-

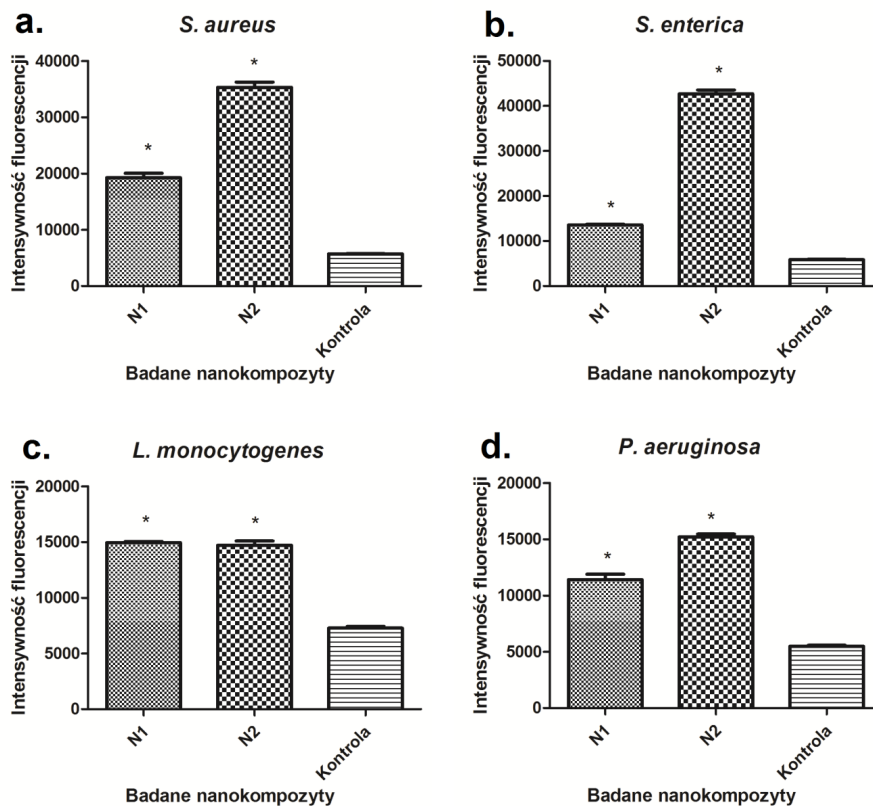


Rysunek 3. Analiza wytwarzania reaktywnych form tlenu u bakterii poddanych działaniu nanomateriałów. a. *S. aureus*, b. *S. enterica*, c. *L. monocytogenes*, d. *P. aeruginosa*.

* oznaczono różnice statystycznie istotne ($p < 0,05$)

wowano u *S. enterica* oraz *L. monocytogenes*, natomiast pod wpływem nanopłatków tlenku grafenu u żadnej bakterii nie odnotowano zwiększenia produkcji reaktywnych form tlenu (Rys. 3).

U każdej bakterii zaobserwowano wzrost wytwarzania reaktywnych form tlenu w wyniku poddania ich działaniu obydwu nanokompozytów. Zastosowanie kompozytu N2 powodowało silniejszą nadprodukcję ROS u wszystkich szczepów bakterii względem działania kompozytu N1. Nanokompozyt N2 najsilniejsze działanie pobudzające wytwarzanie reaktywnych form tlenu wzbudzał u bakterii *S. aureus* oraz *S. enterica*. Kompozyt N1 najsilniejszy stres oksydacyjny powodował u bakterii *S. aureus* (Rys. 4).



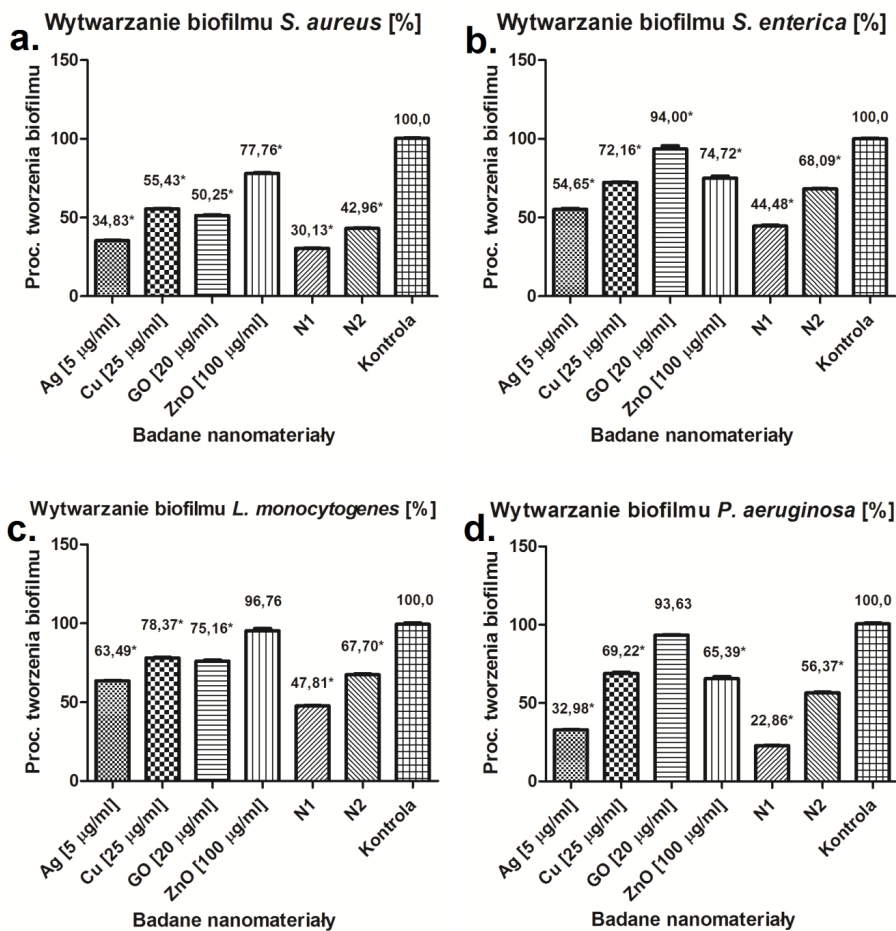
Rysunek 4. Analiza wytwarzania reaktywnych form tlenu u bakterii poddanych działaniu nanokompozytów. a. *S. aureus*, b. *S. enterica*, c. *L. monocytogenes*, d. *P. aeruginosa*.
* oznaczono różnice statystycznie istotne ($p < 0,05$)

Analiza formowania biofilmu

Największe zahamowanie formowania biofilmu zaobserwowano po poddaniu bakterii działaniu nanocząstek srebra – najbardziej wrażliwe były bakterie *S. aureus* (spadek do 34,83%) oraz *P. aeruginosa* (spadek do 32,98%). Najsilniejsze hamowanie formowania biofilmu przy użyciu nanocząstek miedzi zaobserwowano dla *S. aureus* (55,43%), natomiast nanopłatki tlenku grafenu i nanocząstki tlenku cynku nie wykazały silnych właściwości hamujących tworzenie przez bakterie biofilmu (Rys. 5).

Największe zahamowanie formowania biofilmu w przypadku kompozytu N1 zaobserwowano względem bakterii *P. aeruginosa* (spadek do 22,86%), natomiast najmniejsze względem bakterii *L. monocytogenes* (47,81%). W przypadku kompozytu N2 największy spadek formowania biofilmu zaobserwowano u bakterii *S. aureus* (42,96%), a najmniej-

szy u bakterii *S. enterica* (68,09%). Silniejsze działanie hamujące tworzenie biofilmu względem wszystkich badanych bakterii zaobserwowano u wyników uzyskanych dla nanokompozytu N1, gdzie różnicujące były nanocząstki srebra. Oba nanokompozyty względem wszystkich bakterii wykazywały silniejsze działanie hamujące formowanie biofilmu niż którakolwiek z jego składowych stosowanych osobno (Rys. 5).



Rysunek 5. Analiza tworzenia biofilmu u bakterii poddanych działaniu nanomateriałów. a. *S. aureus*, b. *S. enterica*, c. *L. monocytogenes*, d. *P. aeruginosa*.

* oznaczono różnice statystycznie istotne ($p < 0,05$)

Dyskusja

Uzyskane w badaniu wyniki nie zawsze pokrywały się z wynikami przewidywanymi na podstawie literatury. Brak wpływu grafenu naturalnego oraz tlenku grafenu na żywotność komórek bakterii nie jest zgodny z częścią obecnych doniesień [6], w których wykazano antybakteryjne działanie nanopłatków tlenku grafenu na *P. aeruginosa*. Podobne wyniki badań uzyskano również dla bakterii *S. aureus* [3]. Różnice w wynikach mogły być spowodowane różnicą w wielkości stosowanych nanocząstek [7] lub czystością zastosowanych hydrokoloidów nanopłatków [3]. Stosunkowo wysoka żywotność *P. aeruginosa* poddanej działaniu nanokompozytów może być związana z opornością tych bakterii na stres środowiskowy, która może być zależna od wielkości genomu bakterii i dużej liczby genów kodujących regulatory transkrypcji [19].

Brak wpływu nanocząstek srebra na wytwarzanie ROS przez *S. aureus* mógł być spowodowany budową ściany komórkowej bakterii [2] lub różnicą w wielkości stosowanych nanocząstek [8], natomiast silniejsze działanie hamujące formowanie biofilmu nanokompozytu, w którego skład wchodziło srebro, mogło być spowodowane tym, że nanopłatki tlenku grafenu dekorowane nanocząstkami srebra wykazywały bardziej inwazyjne działanie w stosunku do komórek bakterii niż tlenek grafenu dekorowany tlenkiem cynku, którego siła hamowania formowania biofilmu rosła dopiero wraz z gromadzeniem się go w komórce bakterii [5].

Wnioski

1. Wszystkie badane nanomateriały wykazywały skłonność do aglomeracji.
2. Z wyjątkiem tlenku cynku, wszystkie badane nanomateriały wykazywały ujemny potencjał zeta oraz względną stabilność hydrokoloidalną.
3. Nanocząstki srebra i miedzi wykazywały silne działanie antybakteryjne względem wszystkich badanych bakterii, natomiast nanopłatki tlenku grafenu i grafenu naturalnego nie wykazywały działania antybakteryjnego. Nanokompozyty tlenku grafenu dekorowanego nanocząstkami miedzi i srebra oraz tlenku grafenu dekorowanego nanocząstkami miedzi i tlenku cynku wykazywały silne działanie antybakteryjne względem wszystkich badanych bakterii z wyjątkiem *Pseudomonas aeruginosa*.
4. Spośród badanych nanostruktur najsilniejsze pobudzanie bakterii do wytwarzania przez nie reaktywnych form tlenu wykazywały nanocząstki srebra – wyjątek stanowiły bakterie *Staphylococcus aureus*. Nanopłatki tlenku grafenu nie wywoływały wzmożenia wytwarzania reaktywnych form tlenu w przypadku żadnej badanej bakterii. W przypadku badanych kompozytów najwyższy poziom nadprodukcji reaktywnych form tlenu wykazywały bakterie *Staphylococcus aureus* oraz *Salmonella*

enterica po poddaniu ich działaniu nanokompozytu tlenku grafenu dekorowanego nanocząstkami miedzi i tlenku cynku.

5. Spośród badanych nanostruktur to nanocząstki srebra wykazywały najsilniejsze działanie hamujące formowanie biofilmu. Najsilniejsze działanie hamujące wytwarzanie biofilmu bakterii wykazywały nanokompozyty tlenku grafenu dekorowanego nanocząstkami miedzi i srebra względem bakterii *Pseudomonas aeruginosa*.

Bibliografia

- [1] Applerot, G., Lellouche, J., Perkas, N., Nitzan, Y., Gedanken, A., & Banin, E. (2012). ZnO nanoparticle-coated surfaces inhibit bacterial biofilm formation and increase antibiotic susceptibility. *RSC Advances*, 2(6), 2314–2321.
- [2] Baek, Y.W., & An, Y.J. (2011). Microbial toxicity of metal oxide nanoparticles (CuO, NiO, ZnO, and Sb₂O₃) to *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, and *Streptococcus aureus*. *Science of the total environment*, 409(8), 1603–1608.
- [3] Barbolina, I., Woods, C.R., Lozano, N., Kostarelos, K., Novoselov, K.S., & Roberts, I.S. (2016). Purity of graphene oxide determines its antibacterial activity. *2D Materials*, 3(2), 025025.
- [4] Czyżewska-Dors, E., Dors, A., & Pomorska-Mól, M. (2018). Właściwości biofilmu bakteryjnego warunkujące oporność na antybiotyki oraz metody jego zwalczania. *Życie Weterynaryjne*, 93(11).
- [5] El-Shafai, N., El-Khouly, M.E., El-Kemary, M., Ramadan, M., Eldesoukey, I., & Masoud, M. (2019). Graphene oxide decorated with zinc oxide nanoflower, silver and titanium dioxide nanoparticles: fabrication, characterization, DNA interaction, and antibacterial activity. *RSC advances*, 9(7), 3704–3714.
- [6] Gurunathan, S., Han, J. W., Dayem, A. A., Eppakayala, V., & Kim, J.H. (2012). Oxidative stress-mediated antibacterial activity of graphene oxide and reduced graphene oxide in *Pseudomonas aeruginosa*. *International journal of nanomedicine*, 7, 5901.
- [7] Guzman, M., Dille, J., & Godet, S. (2012). Synthesis and antibacterial activity of silver nanoparticles against gram-positive and gram-negative bacteria. *Nanomedicine: Nanotechnology, biology and medicine*, 8(1), 37–45.
- [8] Hajipour, M.J., Fromm, K. M., Ashkarran, A.A., de Aberasturi, D.J., de Larramendi, I.R., Rojo, T., Serpooshan, V., Parak, W.J., & Mahmoudi, M. (2012). Antibacterial properties of nanoparticles. *Trends in biotechnology*, 30(10), 499–511.
- [9] Kohanski, M.A., Dwyer, D.J., Hayete, B., Lawrence, C.A., & Collins, J.J. (2007). A common mechanism of cellular death induced by bactericidal antibiotics. *Cell*, 130(5), 797–810.
- [10] Lewańska, M., Olszewska, D., Godela, A., Myga-Nowak, M., & Kuberska, M. (2016). Wybrane aspekty zwalczania bakterii lekoopornych. *Chemistry, Environment, Biotechnology*, 19, 79–85.
- [11] Mandal, S.M., Roy, A., Ghosh, A.K., Hazra, T.K., Basak, A., & Franco, O.L. (2014). Challenges and future prospects of antibiotic therapy: from peptides to phages utilization. *Frontiers in pharmacology*, 5, 105.
- [12] Mukherjee, S., & Bassler, B.L. (2019). Bacterial quorum sensing in complex and dynamically changing environments. *Nature Reviews Microbiology*, 17(6), 371–382.
- [13] Musee, N., Thwala, M., & Nota, N. (2011). The antibacterial effects of engineered nanomaterials: implications for wastewater treatment plants. *Journal of Environmental Monitoring*, 13(5), 1164–1183.

- [14] Nikolich, M. \P., & Filippov, A. \A. (2020). Bacteriophage therapy: developments and directions. *Antibiotics*, 9(3), 135.
- [15] Rajapaksha, P., Cheeseman, S., Hombsch, S., Murdoch, B.J., Gangadoo, S., Blanch, E.W., Truong, Y., Cozzolino, D., McConville, C.F., Crawford, R.J., Truong, V.K., Elbourne, A., & Chapman, J. (2019). Antibacterial properties of graphene oxide–copper oxide nanoparticle nanocomposites. *ACS Applied Bio Materials*, 2(12), 5687–5696.
- [16] Song, B., Zhang, C., Zeng, G., Gong, J., Chang, Y., & Jiang, Y. (2016). Antibacterial properties and mechanism of graphene oxide-silver nanocomposites as bactericidal agents for water disinfection. *Archives of biochemistry and biophysics*, 604, 167–176.
- [17] Wang, Y., Venter, H., & Ma, S. (2016). Efflux pump inhibitors: a novel approach to combat efflux-mediated drug resistance in bacteria. *Current drug targets*, 17(6), 702–719.
- [18] Whitehead, K.A., Vaidya, M., Liauw, C.M., Brownson, D.A.C., Ramalingam, P., Kamieniak, J., Rowley-Neale, S.J., Tetlow, L.A., Wilson-Nieuwenhuis, J.S.T., Brown, D., McBain, A.J., Kulandaivel, J., & Banks, C.E. (2017). Antimicrobial activity of graphene oxide-metal hybrids. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 123, 182–190.
- [19] Woźniak, M., Połap, D., Kośmider, L., & Clapa, T. (2018). Automated fluorescence microscopy image analysis of *Pseudomonas aeruginosa* bacteria in alive and dead stadium. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 67, 100–110.

Dominika Zielińska

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
Wydział Biologii i Biotechnologii
Katedra Mikrobiologii i Mykologii
Studenckie Koło Naukowe Mykologów
171450@student.uwm.edu.pl
Opiekun koła: dr hab. Anna Biedunkiewicz

GRZYBY STRZĘPKOWE ZANIECZYSZCZAJĄCE PRZYPRAWY – NA PRZYKŁADZIE PIEPRZU CZARNEGO

Wprowadzenie

Przyprawy stanowią nieodłączny składnik posiłków na całym świecie, gdzie w zależności od kultury, tradycji danej społeczności czy dostępności, ich zastosowanie może się różnić. Na przestrzeni tysięcy lat wykorzystywanie przypraw się zmieniało – w starożytności przyprawy służyły jako waluta, którą traktowano na równi z kamieniami szlachetnymi [17]. Jednakże cenność tych surowców w głównej mierze wynikała z wierzeń, które przeświadczały społeczeństwo o ich magicznych właściwościach powodujących uzdrawianie chorych. Już w starożytności zaobserwowano pozytywne oddziaływanie danych surowców na wielu płaszczyznach gospodarczych, jednakże znacząco zostały one wykorzystane w ziołolecznictwie oraz jako dodatek w produkcji żywności [6], nadający produktom całkowicie odmienny smak, zapach, kolor, ale także wpływający na ich trwałość (jako substancje konserwujące). Wśród tych produktów nie tylko wyróżnia się przyprawy pochodzenia roślinnego czy syntetycznego, a także mieszanki złożone z połączenia wielu innych rodzajów przypraw. Szeroka gama różnorodności przypraw wynika głównie z występowania w nich wielu substancji chemicznych (np. aldehydów, fenoli, alkoholi, terpenoidów, soli mineralnych, tlenków) nadających im odpowiednie właściwości sensoryczne oraz aromatyczne.

Wśród najbardziej znanej i rozpowszechnionej przyprawy na świecie jest pieprz, występujący w wielu wariantach oraz rodzajach (np. pieprz czarny, pieprz biały) [8]. Ta znana przyprawa pochodzi z rodziny roślin *Piperaceae*, a dokładnie z rodzaju *Piper* L., w której większość gatunków występuje w postaci pnączy, a rzadziej w formie krzewów.

Wśród gatunków najbardziej wykorzystywanych gospodarczo, w głównej mierze wyróżnia się gatunek *Piper nigrum* L. (pieprz czarny), którego nasiona są wykorzystywane przy produkcji trzech odmian tej przyprawy, różniących się stopniem rozwoju owoców, technologicznym sposobem ich obróbki, a także walorami smakowymi: pieprzu czarnego (wytwarzanego z niedojrzałych owoców, poddanych gotowaniu i suszeniu na słońcu, charakteryzuje się najbardziej intensywnym i pikantnym smakiem), pieprzu białego (wytwarzanego z dojrzałych owoców, zanurzanych w wodzie w celu usunięcia owocni, a następnie poddanych procesowi suszenia, o lekko pikantnym smaku) oraz pieprzu zielonego (wytwarzanego z niedojrzałych owoców poddanych suszeniu, a następnie zamarynowanych w celu utrzymania koloru) [10].

Pieprz czarny ze względu na swoje unikalne właściwości został nie tylko wykorzystany w gastronomii, ale także w medycynie (np. w aromaterapii), przemyśle farmaceutycznym czy w przemyśle kosmetycznym (np. przy produkcji perfum). Intensywność aromatu pieprzu czarnego wynika głównie z obecności olejków eterycznych oraz innych związków chemicznych wykazujących wiele działań prozdrowotnych wspomagających prawidłowe funkcjonowanie organizmu (ułatwiających trawienie, wykazujących działanie rozkurczowe, przeciwgorączkowe czy przeciwreumatyczne), ale także przejawia działanie przeciwgrzybicze oraz przeciwbakteryjne. Mimo obecności olejków eterycznych to jednym z ważniejszych komponentów w składzie chemicznym pieprzu jest piperyna, znajdująca się w owocni rośliny *Piper nigrum* L., nadająca charakterystyczny ostry, często pikantny smak w potrawach. Ponadto ten alkaloid nie działa jedynie na właściwości sensoryczne w serwowanych posiłkach. Wykazano jego przeciwutleniające działanie umożliwiające redukcję liczby wolnych rodników w organizmie człowieka, tym samym zależność ta umożliwiła badania i stwierdzenie przeciwnowotworowego działania piperyny, np. zaobserwowano apoptozę komórek nowotworowych raka piersi u kobiet [12].

Ze względu na swoje właściwości, jak i łatwą dostępność w sklepach spożywczych, pieprz czarny jest jedną z podstawowych oraz szeroko stosowanych przypraw w gospodarstwach domowych. Ponieważ produkt ten jest dodawany do żywności, musi być bezpieczny pod względem mikrobiologicznym dla potencjalnego konsumenta. Zasady oraz normy względem potencjalnego zanieczyszczenia przypraw są zawarte w Rozporządzeniu (WE) Nr 178/2002 Parlamentu Europejskiego Rady z dnia 28 stycznia 2002 r. ustanawiającego ogólne zasady i wymagania prawa żywnościowego, powołujące Europejski Urząd ds. Bezpieczeństwa Żywności oraz ustanawiające procedury w zakresie bezpieczeństwa żywności (Dz. U. UE Nr L 31 z późn. zm.) oraz Ustawa z dnia 25 sierpnia 2006 r. o bezpieczeństwie żywności żywienia (Dz. U. Nr 71, poz. 1225 z późn. zm.), które określają nie tylko normy względem obecności bakterii w przyprawach, ale także grzybów pleśniowych i wytwarzanych przez nie substancji. Grzyby strzępkowe w większości wytwarzają zarodniki, które ze względu na swoje małe rozmiary i łatwość przenoszenia się, mogą skutecznie zanieczyszczać dany produkt np. drobinki pieprzu w formie mielonej są bardzo podobne do spor grzybów pleśniowych. Ponadto zarodni-

ki mogą osiadać na powierzchni owoców pieprzu czarnego i w wyniku ich suszenia kumulować się w fałdach oraz marszczeniach ziaren. Do najczęściej izolowanych rodzajów grzybów zanieczyszczających przyprawy wyróżnia się: *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp., *Alternaria* sp., *Fusarium* sp. oraz *Cladosporium* sp. [16]. Wśród wyżej wymienionych rodzajów mikrogrzybów występują gatunki, których nieświadome spożycie lub wytwarzane przez nie substancje (tzw. mykotoksyny), może negatywnie wpłynąć na organizm ludzki – powodując między innymi uszkodzenia nerek, marskość wątroby czy nowotworzenie. Sama produkcja mykotoksyn (np. aflatoksyny, ochratoksyny A, patuliny) przez grzyby strzępkowe (np. *Aspergillus flavus*, *Penicillium patulum*) stanowi jedno z podstawowych kryteriów bezpieczeństwa żywności ze względu na działania mutagenne, teratogenne czy neurotoksyczne tych metabolitów. Dodatkowo ze względu na ciepłoporność tych związków, nie tracą swoich właściwości w wysokich temperaturach – są odporne na sterylizację czy pasteryzację (ochratoksyna A w temperaturze ponad 250°C nie ulega rozkładowi). Wszegobecność zarodników pleśni oraz oporność ich mykotoksyn na metody fizykochemiczne powoduje, że stają się one dużym niebezpieczeństwem w branży przemysłu spożywczego, którego nie da się całkowicie wyeliminować, można jedynie ograniczyć do jak najniższego poziomu [5]. Dana zależność sprawia, że kontrola jakości oraz czystości produktu musi odbywać się na wszystkich etapach dążących do dystrybucji produktu (pozyskiwanie owoców, produkcja, transport), ponieważ wiele czynników (środowiskowych czy wynikających z działań podjętych przez pracowników) może doprowadzić do zanieczyszczenia produktu zarodnikami grzybów strzępkowych.

Cel pracy

Celem tego badania było określenie czystości mykologicznej oraz analiza obecności grzybów strzępkowych w pieprzu czarnym, występującym w różnych formach – mielonej, ziarnistej oraz świeżo zmiążdżonej w móżdżerzu. Podczas badań zwrócono głównie uwagę na obecność grzybów strzępkowych, ze względu na to, że ich zarodniki są w dużym stopniu podobne (pod względem wielkości oraz koloru) do drobinek drobno zmielonego pieprzu.

Materiał i metody

Materiał do badań stanowiły próbki pieprzu czarnego w różnych postaciach – mielonej (M) (pieprz został zakupiony w tej formie), ziarnistej (Z) oraz zmiążdżony w móżdżerzu (MOŻ). Daną czynność wykonano bezpośrednio przed zważeniem i posiewem w laboratorium mykologicznym Katedry Mikrobiologii i Mykologii, Wydziału Biologii i Biotechnologii, UWM w Olsztynie.

Ilość badanego materiału poddawanego analizie (0,3 g) odmierzone na wadze laboratoryjnej, a następnie umieszczono je w podłożu płynnym Sabouraud z dodatkiem antybiotyku. Posiewy inkubowano przez 72 h w temp. 25°C. Po inkubacji założono hodowle z podłoża płynnego na podłoże stałe (agar Sabourauda z antybiotykiem (SA+A) oraz podłoże agar glukozowo-ziemniaczany (PDA)) metodą *drop plate* przy użyciu pipety automatycznej. Hodowle inkubowano w temperaturze 25°C przez 96 h. Po tym czasie wykonano opis makroskopowy cech wyrosłych kolonii grzybów strzępkowych na podłożach stałych, uwzględniając: kolor kolonii (zarówno awersu, jak i rewersu), strukturę kolonii, strefowanie kolonii, wrastanie w podłoże, występowanie kropli gutacji oraz produkcji barwników przez otrzymane izolaty. Wykonano półtrwałe, barwione preparaty metodą Gerlacha [4]. Barwienie umożliwiło obserwację mikromorfologii izolatów oraz ich późniejszą identyfikację, na podstawie literatury Krzyściaka i in. [7] oraz Barana [1]. Ze względu na stwierdzenie w hodowlach kolonii bakteryjnych. Preparaty barwione metodą Gerlacha obserwowano pod mikroskopem świetlnym przy powiększeniu 400-krotnym oraz 600-krotnym, natomiast preparaty wykonane przy użyciu błękitu metylenowego obserwowano pod mikroskopem świetlnym przy powiększeniu 1000-krotnym wraz z użyciem olejku immersyjnego. Wykonano dokumentację fotograficzną, zarówno makromorfologii, jak i mikromorfologii otrzymanych izolatów, którą skatalogowano.

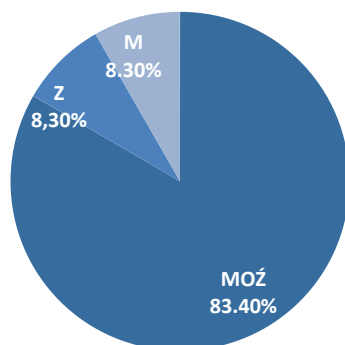
Wyniki

W wyniku przeprowadzonych badań otrzymano łącznie 12 kolonii grzybów strzępkowych. Znaczna część wyhodowanych kolonii grzybów została zaobserwowana na podłożu stałym Sabourauda z chloramfenikolem (Tab. 1).

Największą liczebność kolonii grzybów pleśniowych zaobserwowano w próbce otrzymanej ze świeżo zmiażdżonego w moździerz pieprzu czarnego (83,4%), natomiast hodowle otrzymane z próbek pieprzu mielonego i ziarnistego wykazały się takim samym udziałem procentowym (8,3%) (Rys. 1).

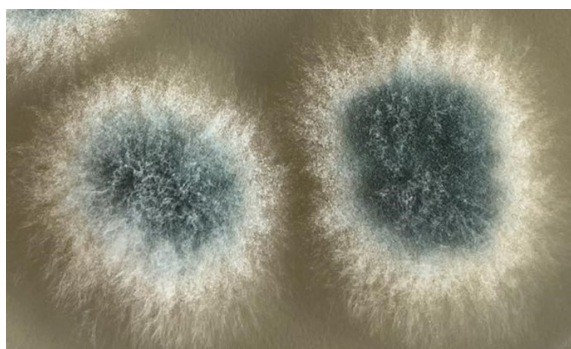
Tabela 1. Liczba wyizolowanych kolonii grzybów strzępkowych

Rodzaj podłoża mikrobiologicznego	Rodzaj badanej formy pieprzu czarnego			Suma wszystkich kolonii grzybów strzępkowych	Legenda: M – mielony pieprz czarny Z – ziarnisty pieprz czarny MOŻ - pieprz czarny zmiażdżony w moździerz SA + A - podłoże Sabourauda z antybiotykiem PDA - podłoże agar glukozowo-ziemniaczany
	M	Z	MOŻ		
SA + A	1	1	5	12	
PDA	0	0	5		

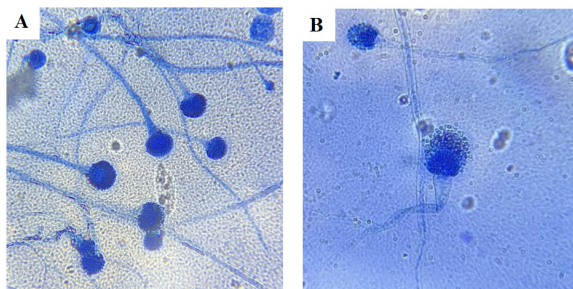


Rysunek 1. Procentowe zestawienie liczebności kolonii grzybów w poszczególnych badanych próbach

Wyhodowane grzyby pleśniowe na podłożu Saburauda wytworzyły struktury ułatwiające ich identyfikację: konidiofory (strzępki zarodnikonośne) oraz zarodniki konidialne. Przeprowadzona analiza cech makroskopowych wyhodowanych kolonii (Fot. 1), jak i ich obserwacja mikroskopowa umożliwiła zakwalifikowanie wszystkich otrzymanych grzybów pleśniowych do gatunku *Aspergillus fumigatus* (Fot. 2).



Fotografia 1. Wyhodowane na podłożu SA+A kolonie *A. fumigatus* (fot. Dominika Ziplińska)



Fotografia 2. Mikrofotografie (A i B) ukazujące konidia wraz z zarodnikami konidialnymi *A. fumigatus* pow. x400 (fot. Dominika Ziplińska)

Dyskusja

Grzyby strzępkowe mogą pierwotnie albo wtórnie zanieczyszczać pieprz czarny, ze względu na swoją łatwość przenoszenia się przez bioaerozol, glebę, powierzchnię odzieży wierzchniej pracowników przemysłowych czy w wyniku złych warunków magazynowania danego surowca [16]. Wpływ na zwiększenie poziomu zanieczyszczenia pieprzu grzybami może mieć również transport produktu (pieprz czarny to przyprawa importowana głównie z krajów azjatyckich), jak i poprzez procesy technologiczne, którym podlegają owocnie roślin (suszenie na słońcu, mielenie), gdzie złe warunki panujące podczas kolejnych etapów produkcji mogą doprowadzić do namnażania się grzybów pleśniowych, ale także wpływać na zwiększenie ich różnorodności gatunkowej (np. zbyt wysoka wilgotność podczas suszenia) [11]. Dlatego prawdopodobne jest, że dość wysoki poziom zanieczyszczenia daną grupą mikroorganizmów może być odnotowywany również w pieprzu mielonym, który ze względu na dodatkowe procesy technologiczne (suszenie owoców na słońcu, a w późniejszym etapie mielenie) jest czynnikiem znacznie podnoszącym możliwość wtórnego zanieczyszczenia danego produktu, co potwierdziły badania Gajewskiej i Głowackiej [2] oraz Gajewskiej i in. [3]. Natomiast Remiszewski i in. [13] w swoich badaniach uwzględnił i porównał czystość mikrobiologiczną pieprzu czarnego ziarnistego w stosunku do innych rodzajów przypraw (m.in. bazylii, czosnek). Wykazał on średni poziom zanieczyszczenia mykologicznego pieprzu w formie ziarnistej w porównaniu do innych badanych przypraw. Porównując wyniki badań powyższych autorów, otrzymane ilości grzybów pleśniowych wykazują, że to pieprz mielony jest bardziej zanieczyszczony niż pieprz ziarnisty. W badaniach własnych poziom zanieczyszczenia pieprzu występującego w obu formach wykazał porównywalny procent zanieczyszczenia grzybami pleśniowymi. Natomiast znaczny wzrost zanieczyszczenia mykologicznego został wykazany w pieprzu czarnym, świeżo zmiażdżonym w młynku. Dana zależność mogła być spowodowana rozdrobieniem ziarna, które umożliwiło uwolnienie zarodników z agregatów (fałd i marszczeń suchego ziarna pieprzu czarnego), co umożliwiło rozprzestrzenienie spor grzybów pleśniowych i ich wzrost na podłożu. Grzyby zanieczyszczające owocnię mogły być endofitami. Ponadto wyniki badań własnych różniły się od wyników innych autorów ze względu na to, że próbki poddane analizie mykologicznej mogły pochodzić z różnych upraw danego produktu (część autorów brała pod uwagę uprawy ekologiczne) oraz innych partii produktu (mogących wykazywać inny poziom zanieczyszczenia sporami grzybów strzępkowych).

W badaniach własnych jedynym gatunkiem zanieczyszczającym wszystkie z badanych próbek pieprzu czarnego był *Aspergillus fumigatus*, klasyfikowany do drugiej kategorii bezpieczeństwa biologicznego (BSL-2), ze względu na możliwość spowodowania negatywnego wpływu na ssaki (w tym również człowieka). Powoduje on głównie ostre zakażenia dróg oddechowych, które szczególnie negatywnie oddziałują na osoby będące alergikami, czy zakażenia innych układów (krwionośnego, płciowego, pokarmowego),

zwane aspergilozami. Aspergiloza spowodowana przez dany gatunek grzyba nie tylko może dotyczyć obszaru płuc, oskrzeli czy innych narządów wewnętrznych, ale także gałek ocznych czy uszu. *A. fumigatus* przenosi się m.in. przez kurz i spleśniałe części roślin, co czyni go jednym z najbardziej rozpowszechnionych grzybów wśród gatunków kosmopolitycznych [7]. W badaniach przeprowadzonych przez Waldon i Hać-Szymańczuk [16], wyizolowanym rodzajem grzyba pleśniowego (z ziarnistego pieprzu czarnego) był *Aspergillus* sp., natomiast w pieprzu czarnym mielonym prócz wyżej wspomnianego rodzaju, odnotowano również obecność grzybów pleśniowych z rodzaju *Alternaria* sp. W wynikach Gajewskiej i in. [3] nie wykazano obecności rodzaju *Alternaria* sp. w pieprzu mielonym, lecz grzyby z rodzaju *Penicillium* sp. oraz *Mucor* sp., przy czym autorzy dodatkowo zidentyfikowali zanieczyszczające gatunki z rodzaju *Aspergillus* sp. (*A. niger* i *A. flavus*). Wśród wyników uzyskanych przez Łopatniuk i in. [9] również są wymieniane wcześniej wspomniane rodzaje grzybów pleśniowych takich jak: *Penicillium* sp., *Aspergillus* sp., *Mucor* sp., ale także zaobserwowano obecność grzyba z rodzaju *Trichoderma* sp. Jednakże próbki wykorzystywane do badań Łopatniuk i in. [9] nie obejmowały jedynie pieprzu czarnego ziarnistego i mielonego, ale również inne popularne zioła i przyprawy (m.in. paprykę, tymianek, kminek). W związku z czym powyżsi autorzy (Łopatniuk i in. [9]), wyniki identyfikacji grzybów strzępkowych podali łącznie, nie rozdzielając, z którego rodzaju przyprawy pochodził opisany gatunek grzyba.

Wnioski

1. Zarodniki grzybów strzępkowych bardzo łatwo się rozprzestrzeniają, co powoduje zanieczyszczenia różnych produktów żywnościowych, w tym przypraw, które mimo że podlegają ścisłym normom produkcyjnym mogą wykazywać ich obecność.
2. Pomimo że substancje chemiczne zawarte w pieprzu czarnym (np. piperyna) wykazują działanie grzybobójcze i bakteriobójcze, to produkt ten zawierał zarodniki grzybów strzępkowych.
3. Przez złożoność procesu produkcyjnego pieprzu mielonego, jak i przez samo podobieństwo drobno mielonych drobinek danego produktu do zarodników grzybów pleśniowych, spodziewano się największego zanieczyszczenia danego produktu, jednakże nie wykazywał on największego zanieczyszczenia mykologicznego.
4. Świeżo i grubo rozdrobniony pieprz czarny charakteryzował się największym zanieczyszczeniem mykologicznym (83,40%), co świadczy o tym, że zarodniki grzybów są endofitycznymi zanieczyszczeniami produktu.
5. Wyizolowany gatunek grzyba pleśniowego – *Aspergillus fumigatus*, to jeden z najbardziej rozpowszechnionych gatunków grzybów strzępkowych na świecie. Nie wykazuje on dużego powinowactwa do wytwarzania mykotoksyn, ale może on powodować aspergillozy, które są niebezpieczne dla organizmu człowieka, ze względu na zdolność do infekowania wielonarządowego.

Bibliografia

- [1] Baran E. 1998. Zarys mikologii lekarskiej. Volumed, Wrocław.
- [2] Gajewska M., Głowacka A. 2017. Ocena zanieczyszczenia grzybami pleśniowymi suszonych ziół i przypraw dostępnych w sklepach ekologicznych i hipermarketach. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 3/112: 51 – 59.
- [3] Gajewska M., Wyka K., Bartodziejska B., Szosland-Fałtyń A. 2019. Grzyby pleśniowe, groźne zanieczyszczenie przypraw. W: Budryn G., Śliżewska K. XLIV Konferencja Komitetu Nauk o Żywności i Żywieniu PAN – Nauka, technologia i innowacje w żywności i żywieniu. Wyd. Politechniki Łódzkiej, Łódź: 131–139. <https://doi.org/10.3465819788366287143>.
- [4] Gerlach D. 1972. Zarys mikrotechniki botanicznej. PWRiL, Warszawa.
- [5] Kołożyn-Krajewska D. 2007. Higiena produkcji żywności. Wyd. SGGW, Warszawa.
- [6] Kowalcze K. 2021. Zioła i rośliny przyprawowe w żywieniu człowieka dawniej i dziś (część I). W: Strugała U., Mozgiał-Wiecha K., Bendkowska I. *Problemy nauk medycznych*: 299–309.
- [7] Krzyściak P., Skóra M., Macura A.B. 2011. Atlas grzybów chorobotwórczych człowieka. MedPharm Polska, Wrocław.
- [8] Kudełka W., Kosowska A. 2008. Składniki przypraw i ziół przyprawowych determinujące ich funkcjonalne właściwości oraz ich rola w żywieniu człowieka i zabieganiu chorobom. *Zeszyty naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie*, 781: 83–111.
- [9] Łopatniuk O., Krakowiak D., Laszczka D., Flak N., Dobrosz K., Bohacz J. 2020. Liczebność mikroorganizmów oraz aktywność enzymów hydrolitycznych pleśni wyizolowanych z wybranych przypraw dostępnych na rynku krajowym. W: Babicz M., Kropiwiiec-Domańskiej. *Wybrane zagadnienia z zakresu przemysłu spożywczego oraz zarządzania i inżynierii produkcji*. Tom 1: 32–40.
- [10] Newerli-Guz J. 2011. Zawartość piperyny w różnych rodzajach pieprzu dostępnych na rynku trójmiasta. *Bromat. Chem. Toksykol.* 3: 890–893.
- [11] Przetaczek-Rożnowska I., Kuźniak M. 2016. Źródła zanieczyszczeń mikrobiologicznych ziół leczniczych i przypraw oraz metody ich dekontaminacji. *Borgis – Postępy Fitoterapii*, 1/2016: 59–62.
- [12] Rad J. G., Hoskin D. W. 2020. Delivery of Apoptosis-inducing Piperine to Triple-negative Breast Cancer Cells via Co-polymeric Nanoparticles. *Anticancer Research*, 40/2: 689–694.
- [13] Remiszewski M., Kulczak M., Jeżewska M., Korbas E., Czajkowska D. 2006. Wpływ procesu dekontaminacji z zastosowaniem pary wodnej na jakość wybranych przypraw. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 3/48: 23–34.
- [14] Rozporządzeniu (WE) Nr 178/2002 Parlamentu Europejskiego Rady z dnia 28 stycznia 2002 r. ustanawiającego ogólne zasady i wymagania prawa żywnościowego, powołujące Europejski Urząd ds. Bezpieczeństwa Żywności oraz ustanawiające procedury w zakresie bezpieczeństwa żywności. *Dz. U. UE* Nr L 31 z późn. zm. (dostęp: 2024.03.09).
- [15] Ustawa z dnia 25 sierpnia 2006 r. o bezpieczeństwie żywności i żywienia. *Dz. U.* Nr 71, poz. 1225 z późn. zm. (dostęp: 2024.03.09).
- [16] Waldon E., Hać-Szymańczuk E. 2015. Ocena zanieczyszczenia mikrobiologicznego wybranych przypraw. *Postępy Nauki i Technologii Przemysłu Rolno-Spożywczego*, 70/1: 61–73.
- [17] Wasak A., Mazurek R., 2021. Radzyńskie Spotkania z Podróżnikami. cz. 10. *Radzyński Rocznik Humanistyczny*, 19: 299–309.

SEKCJA NAUK O ŻYWNOŚCI

mgr inż. Szymon Andrzejewski inż. Bartosz Gąsiniak

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Wydział Nauki o Żywności

Koło Naukowe Gastronomia – Sztuka Kulinarna

e-mail: szymon.andrzejewski@uwm.edu.pl ORCID: 0000-0001-7019-5235

Opiekun koła: dr hab. inż. Marzena Danowska-Oziewicz, prof. UWM

OPINIE I POSTAWY PRACOWNIKÓW GASTRONOMII WOBEC WYKORZYSTANIA OWADÓW JADALNYCH

Wstęp

Najstarsze informacje na temat spożycia owadów jadalnych przez ludzi datowane są na VIII wiek p.n.e. i dotyczą Bliskiego Wschodu [3]. Entomofagia, czyli spożywanie owadów, praktykowana jest w ponad 100 krajach świata, szczególnie w Azji, Afryce i Ameryce Łacińskiej, z największą ilością konsumentów w Chinach, Japonii, Tajlandii i Meksyku [4]. Na przykład w krajach Azji Wschodniej, takich jak Tajlandia, Laos czy Kambodża, owady są spożywane jako część codziennej diety. W Afryce Zachodniej i Środkowej niektóre plemiona tradycyjnie jedzą termity, świerszcze czy larwy owadów. W Ameryce Łacińskiej, zwłaszcza w Meksyku, na owady podobne do koników polnych lub świerszczy stosuje się określenie „chapulines”. Należą one do rodzin *Pyrgomorphidae* oraz *Acrididae* i są powszechnie spożywane, ale dopiero w ostatnich latach zaczęły być postrzegane jako wartościowe źródło żywności o dużym potencjale odżywczym. W obliczu narastających problemów związanych ze zmianami klimatycznymi, degradacją środowiska i wyzwaniem związanym z globalnym systemem żywnościowym, ekspertom ds. żywienia i środowiska należy na poszukiwaniu nowych, bardziej zrównoważonych źródeł białka [3, 9, 18, 20].

Odżywianie się owadami (entomofagia) może stanowić odpowiedź na jedno z głównych wyzwań XXI wieku, jakim jest zapewnienie bezpieczeństwa żywnościowego. Wykorzystanie owadów w celach spożywczych ma też uzasadnienie ekologiczne, ponieważ nie są one zwierzętami stałocieplnymi, co oznacza, że nie marnują one energii na utrzymanie stałej temperatury ciała [1, 10]. W kontekście globalnego kryzysu klimatycznego oraz rosnącej świadomości ekologicznej społeczeństwa, wykorzystanie

owadów jadalnych wydaje się logicznym krokiem w kierunku bardziej zrównoważonej przyszłości żywnościowej. Owady są nie tylko bogatym źródłem białka, ale także charakteryzują się znacznie niższym zużyciem wody i mniejszym śladem węglowym w porównaniu z tradycyjnymi źródłami białka [3, 10, 19], dzięki czemu mogą być alternatywą dla mięsa zwierząt rzeźnych. Owady w postaci sproszkowanej mogą być wykorzystane w przemyśle spożywczym i gastronomicznym jako dodatek funkcjonalny, który wiąże wodę lub tworzy emulsje. Rozwój metod przetwarzania owadów do celów spożywczych umożliwia izolowanie czystego białka [18]. Pomimo potencjalnych korzyści, zaakceptowanie owadów jadalnych jako stałego składnika diety pozostaje kulturowym i psychologicznym wyzwaniem [10, 11].

Owady są stałym elementem codziennej diety dla około 2 mld mieszkańców naszej planety. W Azji, Afryce, Ameryce Środkowej i Południowej oraz Australii regularnie spożywa się około 2 tysięcy gatunków owadów [3, 13, 14, 17]. W samym Meksyku opisane są praktyki kulinarne dotyczące ponad trzystu gatunków, a w Tajlandii, Kambodży i Chinach powyżej dwustu. Blisko jedną trzecią spośród jadalnych gatunków stanowią chrząszcze (*Coleoptera*) w postaci larw i imaga, zaś kolejnymi popularnymi są motyle i ćmy (*Lepidoptera*), które spożywane są najczęściej jako larwy lub poczwarki. Co szóstym spożywanym owadem jest prostoskrzydły (*Orthoptera*), głównie z rodzin szarańczowatych (*Acrididae*), pasikonikowatych (*Tettigoniidae*) oraz świerszczowatych (*Gryllidae*), a także larwy pszczoł (*Apidae*) i os (*Vespidae*). Mniej popularne są inne błonkoskrzydłe, głównie mrówki (*Formicidae*) i termity (*Isoptera*), oraz ważki (*Odonata*), cykady, świerszcze (*Cicadidae*) i pluskwiaki (*Hemiptera*) [21]. Istotnym czynnikiem wpływającym na popularność konsumpcji owadów jest nie tylko ich łatwa dostępność, ale również wysoka wartość odżywcza i praktycznie całkowity brak odpadów rzeźnych [11]. Owady są spożywane w całości (niezależnie od stopnia przetworzenia i ewentualnej obróbki termicznej), z wyjątkiem twardych oskórków czy skrzydeł chrząszczy i prostoskrzydłych. Udział części jadalnych w owadach jadalnych wynosi 80% w porównaniu do 40% u bydła [3]. Ze względu na szeroki zakres spożywanego gatunków, trudno określić średnią wartość odżywczą, ale przyjmuje się, że białko większości spożywanego gatunków owadów charakteryzuje się bardzo wysokim stopniem przyswajalności, powyżej 70-80% [15].

W krajach, w których owady są od dawna jadane, są one wykorzystywane w gastronomii w postaci całej po wcześniejszej obróbce termicznej (smażenie, pieczenie) lub mechanicznej (rozdrobienie), często jako składniki past. W przemyśle spożywczym coraz częściej stosuje się preparaty wytworzone na bazie biomasy insektów [1, 7, 10].

W literaturze opisywane są badania dotyczące postaw konsumentów wobec wykorzystania owadów jadalnych w gastronomii, natomiast nieliczne są opracowania dotyczące opinii i postaw pracowników branży gastronomicznej w odniesieniu do tego źródła żywności [7]. W świecie zachodnim, w sektorze gastronomii, który jest zarówno miejscem tradycji, jak i innowacji, wykorzystanie owadów jadalnych może stanowić

jednocześnie rewolucyjną szansę i prowokujące wyzwanie. Pracownicy gastronomii odgrywają kluczową rolę w kształtowaniu i dostarczaniu doświadczenia kulinarnej podróży dla gości. Ich postawy i gotowość do zaakceptowania nowych surowców żywnościowych mają zasadnicze znaczenie dla przyszłości gastronomii [16]. Poznanie opinii i postaw pracowników gastronomii wobec wykorzystania owadów jadalnych jest zatem kluczowe dla przełamania barier i możliwości związanych z wprowadzeniem owadów do menu oraz przeprowadzenia dogłębnej analizy, która pozwoli zrozumieć, jakie są realne perspektywy oraz jakie czynniki mogą wpływać na gotowość branży gastronomicznej do przyjęcia tego rodzaju innowacji [15].

Cel

Celem badań było zbadanie opinii i postaw pracowników sektora gastronomicznego wobec wykorzystania owadów jadalnych w tej branży. Cel badań zrealizowano poprzez wykorzystanie kwestionariusza online, a do udziału w badaniu zaproszono przedstawicieli różnych segmentów branży gastronomicznej.

Material i metody

Badanie zostało przeprowadzone w okresie styczeń-luty 2024 roku przy zastosowaniu aplikacji Microsoft Forms. Zastosowaną metodą był wywiad przy użyciu autorskiego kwestionariusza ankiety. Kwestionariusz zawierał pytania zamknięte oraz otwarte. Ankietowani zostali poproszeni o wyrażenie opinii na temat potencjalnej akceptacji owadów jako elementu menu, możliwości wykorzystania ich w różnych rodzajach potraw, a także swojej gotowości do eksperymentowania z takimi produktami. W badaniu wzięło udział 80 respondentów.

Wyniki i dyskusja

Charakterystyka badanej grupy respondentów

Badanie dostarczyło informacji na temat różnorodności stanowisk i typów zakładów gastronomicznych, w których pracowali respondenci (Tabela 1). W grupie 80 ankietowanych, stanowiska pracy były reprezentowane w następujący sposób: 8 właściciele (10%), 21 kucharzy (26%), 18 kelnerów (23%), 9 pracowników pomocy kuchennej (11%), 7 barmanów (9%), 4 managerów (5%), 4 szefów kuchni (5%), 5 cukierników (6%), 2 dostawców jedzenia (3%) oraz 2 praktykantów (3%).

Tabela 1. Stanowiska pracy respondentów i typy reprezentowanych zakładów gastronomicznych

Stanowisko pracy	Respondenci	
	Liczba	Odsetek [%]
Ogółem	80	100,0
Właściciel/właścicielka	8	10,0
Kucharz/ kucharka (w tym: pizzer)	21	26,3
Kelner/ kelnerka	18	22,5
Pomoc kuchenna	9	11,3
Barman/ barmanka	7	8,8
Manager/ managerka	4	5,0
Szef/ szefowa kuchni	4	5,0
Cukiernik/ cukierniczka	5	6,3
Dostawca jedzenia	2	2,5
Praktykant/ praktykantka	2	2,5
Typ reprezentowanego zakładu gastronomicznego		
Restauracja	46	57,5
Bar	6	7,5
Pub	2	2,5
Kawiarnia/cukiernia	10	12,5
Fast food	10	12,5
Inne	6	7,5

Źródło: opracowanie własne.

Respondenci reprezentowali różne typy zakładów gastronomicznych, z przewagą restauracji, gdzie pracowało 57,5% ankietowanych. Po 12,5% osób pracowało w kawiarniach, cukierniach oraz fast foodach. Najmniej, tylko 2,5% osób, pracowało w barach, a 7,5% respondentów reprezentowało inne miejsca, np. firmy cateringowe czy klubokawiarnie.

Analiza cech demograficznych osób biorących udział w badaniu wykazała równomierny udział płci, tj. 47,5% kobiet i 50,0% mężczyzn (Tabela 2). Najliczniejszą grupę wiekową stanowili respondenci w przedziale 18-24 lata (48,8%), zaś osoby w wieku 25-34 lata stanowiły 26,3%. Mniej liczne grupy to osoby w wieku 35-44 lata (15,0%), 45-54 lata (5,0%) oraz powyżej 55 lat (2,5%).

Staż pracy ankietowanych w branży gastronomicznej również był zróżnicowany, tj. 7,5% osób pracowało krócej niż rok, 23,8% osób miało doświadczenie w pracy od roku do 2 lat, a po 27,5% ankietowanych wskazało staż pracy w przedziałach od 3 do 5 lat oraz od 6 do 10 lat. Grupę z najdłuższym doświadczeniem stanowiło 13,8% ankietowanych.

Tabela 2. Charakterystyka respondentów

Cechy populacji	Grupy	Respondenci	
		Liczba	Odsetek [%]
Ogółem		80	100,0
Płeć	Kobieta	38	47,5
	Męczyzna	40	50,0
	Nie chce podawać	2	2,5
Wiek (lata)	< 18	2	2,5
	18-24	39	48,8
	25-34	21	26,3
	35-44	12	15,0
	45-54	4	5,0
	> 55	2	2,5
Staż pracy	Poniżej roku	6	7,5
	1-2 lata	19	23,8
	3-5 lat	22	27,5
	6-10 lat	22	27,5
	Powyżej 10 lat	11	13,8

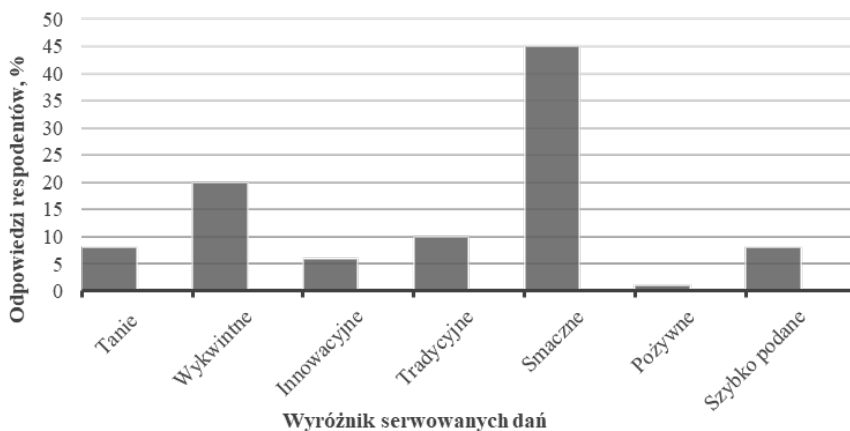
Źródło: opracowanie własne.

Opinie respondentów odnośnie do aktualnej oferty gastronomicznej

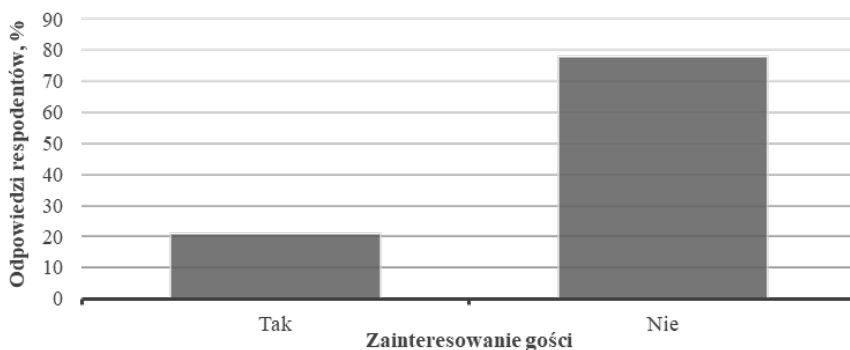
W odpowiedzi na pytanie dotyczące głównych wyróżników, którymi zatrudniający ich zakład gastronomiczny kieruje się podczas przygotowania serwowanych potraw, najczęściej ankietowanych (45%) wskazało, że priorytetem jest smak potraw (Rys. 1). To podkreśla znaczenie jakości sensorycznej w branży gastronomicznej.

Na drugim miejscu uplasowała się wykwintność potraw, wskazana przez 20% respondentów, co sugeruje dążenie części lokali do oferowania wyrafinowanych doznań smakowych. Tradycyjność potraw była istotna dla 10% ankietowanych, co może odzwierciedlać przywiązanie do lokalnych zwyczajów kulinarnych. Niewielu mniej, po 8,8% respondentów zaznaczyło, że ważne jest, by potrawy były tanie oraz szybko podane, co wskazuje na segment lokali stawiających na szybką obsługę i dostępność cenową. Innowacyjność potraw była kluczowa dla 6,3% uczestników badań, co może świadczyć o niszy lokali eksperymentujących z nowymi trendami, takimi jak wykorzystanie owadów jadalnych. Tylko jeden respondent podkreślił, że istotne jest, aby potrawy były pożywne, co sugeruje, że ten aspekt jest mniej priorytetowy w kontekście ogólnych preferencji konsumentów gastronomii.

W odpowiedzi na pytanie dotyczące doświadczenia zawodowego z zainteresowaniem gości innowacyjną żywnością, taką jak jadalne owady, większość respondentów (78,8%) stwierdziła, że nie spotkała się z takim zainteresowaniem (Rys. 2).



Rysunek 1. Główne cechy potraw serwowanych w reprezentowanych lokalach gastronomicznych (opracowanie własne)

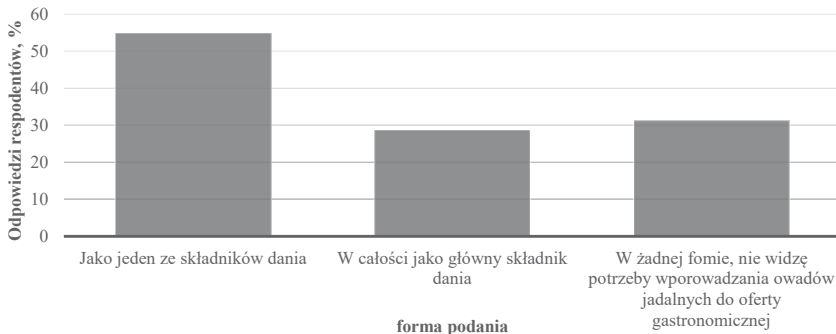


Rysunek 2. Zainteresowanie gości tematem żywności innowacyjnej (opracowanie własne)

Tylko 21,3% ankietowanych potwierdziło, że w ich lokalach zauważyli zainteresowanie taką ofertą. Wyniki te mogą sugerować, że pomimo globalnych trendów i rosnącej popularności innowacyjnych rozwiązań żywieniowych, większość gości tradycyjnych lokali wciąż preferuje bardziej konwencjonalną ofertę gastronomiczną. Różnica w odpowiedziach może również odzwierciedlać różnorodność gości odwiedzających różne typy lokali, a także stopień ekspozycji i promowania takich innowacji przez same lokale. Badania przeprowadzone przez Orkusz i wsp. [12] wykazały, że osoby, które podróżowały do Azji oraz Ameryki Północnej i Południowej miały niższy poziom neofobii pokarmowej.

Możliwości wykorzystania owadów jadalnych w gastronomii z punktu widzenia pracowników

Respondenci pytani o formę, w jakiej owady jadalne mogłyby znaleźć zastosowanie w gastronomii, najczęściej wskazywali na możliwość ich wykorzystania jako jednego ze składników dania (Rys. 3).

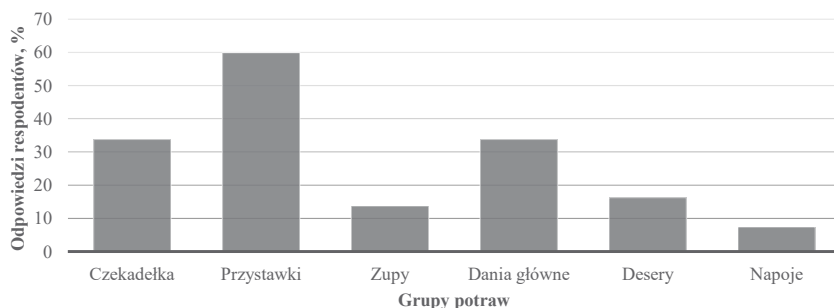


Rysunek 3. Opinia na temat w jakiej formie owady jadalne mogłyby znaleźć zastosowanie w gastronomii (opracowanie własne)

Większość respondentów (55,0%) zobaczyła potencjał w integracji mąki z owadów z produktami takimi jak makaron, co sugeruje akceptację owadów w mniej widocznej formie i jest zbliżone z wynikami badań Orkusz i wsp. [12]. Tymczasem 28,8% respondentów było otwartych na wykorzystywanie owadów jako głównego składnika dania, podobnie do tradycyjnie smażonych krewetek, co wskazuje na ich większą gotowość do eksperymentowania z nowymi teksturami i smakami. Jednakże, 31,3% ankietowanych wyraziło brak zainteresowania wprowadzaniem owadów do oferty gastronomicznej, co może odzwierciedlać istniejące bariery kulturowe i osobiste preferencje kulinarne uczestników badania.

W kwestii potencjalnego włączenia owadów jadalnych do menu, respondenci wyraźnie preferowali ich użycie jako elementu przystawek (60% wskazań; Rys. 4), co może sugerować, że mniejsze porcje, które pozwalają na wypróbowanie nowości bez zobowiązań związanych z daniami głównymi, byłyby bardziej akceptowalne dla gości.

Czekadefka, będące formą lekkich i niewielkich przekąsek, również uzyskały znaczący odsetek 33,8% wskazań, co może oznaczać otwartość na eksperymentalne smaki w niezobowiązującej formie. Czekadefka jako darmowy poczęstunek mogłyby zachęcić także konsumentów do dalszego eksperymentowania. Dania główne, które wymagają bardziej zaangażowanego podejścia zarówno kulinarnego, jak i konsumenckiego, również uzyskały 33,8% wskazań, co pokazuje, że istnieje grupa osób gotowych na bardziej treściwe dania z owadami. Z kolei desery oraz zupy zyskały odpowiednio 16,3% i 13,8% wskazań, co może odzwierciedlać mniejsze zainteresowanie lub wyższe bariery



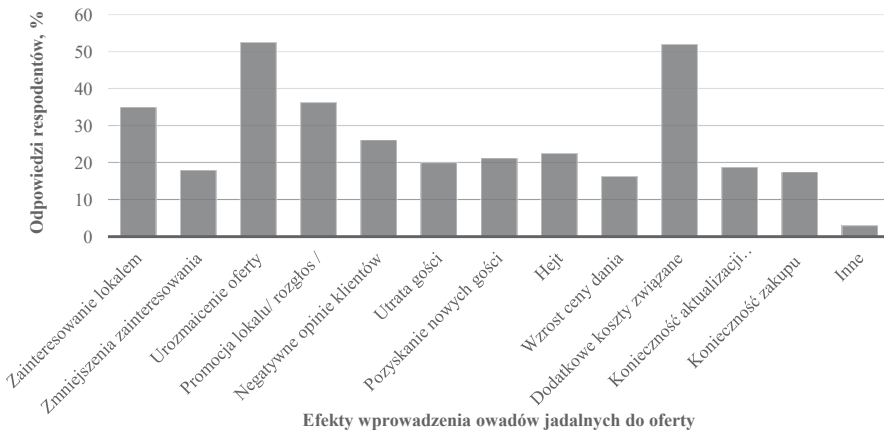
Rysunek 4. Grupa potraw, w której respondent byłby gotów serwować owady jadalne (opracowanie własne)

psychologiczne w przypadku tych kategorii menu. Napoje z dodatkiem owadów były najmniej popularną opcją, z 7,5% wskazań.

Kolejne pytanie pozwalało na swobodne wskazanie przykładów potraw i produktów, do których respondenci byliby skłonni wykorzystać owady jadalne. Ankietowani wyrazili szeroki wachlarz pomysłów, co wskazuje na ich otwartość na poznawanie nowych smaków i kombinacji kulinarnych. Najczęściej wskazywane były potrawy makaronowe, w których owady mogłyby być wykorzystane zarówno jako składnik mąki, jak i element farszu lub sosu. Często wymieniane były również przystawki, w tym owady smażone w tempurze oraz różnego rodzaju wypieki, np. ciastka i biszkopty, przygotowane z dodatkiem mączki z owadów. Ciekawymi pomysłami były także zupy, gdzie owady mogłyby pełnić rolę zarówno składnika zasadniczego, jak i dodatku smakowego, oraz dania główne, takie jak stir-fry czy pad thai, w których owady mogłyby być głównym źródłem białka. Niektóre odpowiedzi wskazywały także na potencjalne zastosowanie owadów w deserach, np. w pralinach, a także w napojach, jak tequila z dodatkiem owadów. Warto zauważyć, że na zagranicznym rynku dostępnych jest wiele produktów spożywczych z owadów jadalnych. Na przykład, we Francji dostępne są proteinowe batony, makarony, granole oraz chrupiące krakersy. W Niemczech można znaleźć batony proteinowe i burgery z owadów. W USA można kupić ciastka, czekoladki oraz chipsy, a napoje i alkohole są dostępne w Japonii, Meksyku i Danii [11]. Te przykłady pokazują, że innowacyjne produkty z owadami jadalnymi są już obecne na międzynarodowych rynkach, co potwierdza realność i różnorodność ich zastosowań. Jednak należy pamiętać, iż znaczący odsetek respondentów w tym pytaniu wskazał, że nie widzi potrzeby wprowadzania owadów jadalnych do oferty gastronomicznej, co może sugerować istniejące opory przed tego typu innowacjami. Takie rozbieżne postawy wskazują na zróżnicowane podejście do nowych trendów kulinarnych, co może wymagać dalszego dialogu i edukacji na temat korzyści płynących z wykorzystania owadów w kuchni.

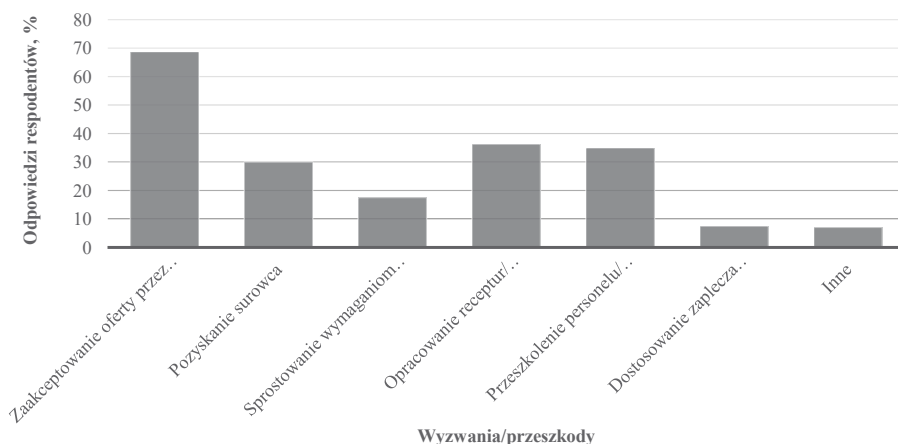
Skutki oraz wyzwania związane z wykorzystaniem owadów jadalnych w gastronomii

Na Rys. 5 przedstawiono potencjalne efekty wprowadzenia do menu pozycji z udziałem owadów jadalnych.



Rysunek 5. Potencjalny efekt wprowadzenia do oferty gastronomicznej owadów jadalnych (opracowanie własne).

Największa grupa respondentów (52,5%) uważała, że wprowadzenie owadów do menu urozmaici ofertę restauracji, przyciągając klientów ciekawych nowych doświadczeń kulinarnych. Dzięki temu, lokal mógłby zyskać na unikalności i wyróżnić się na tle konkurencji. Znaczny odsetek ankietowanych (35,0%) wyraził opinię, że innowacyjne podejście do menu przyciągnie więcej gości zainteresowanych eksploracją nowych smaków i koncepcji. O tym, że owady w menu mogą przyciągnąć uwagę mediów i nowych klientów, co może przyczynić się do wzrostu popularności restauracji, dzięki czemu lokal może stać się bardziej rozpoznawalny i atrakcyjny dla szerokiego grona odbiorców, było przekonanych 36,3% respondentów. Natomiast 21,3% pracowników biorących udział w badaniu uważało, że taka oferta może przyciągnąć klientelę poszukującą innowacyjnych i ekologicznie zrównoważonych opcji żywieniowych. Zagrożenia, jakie wskazali ankietowani, dotyczące funkcjonowania lokalu to: zmniejszenie zainteresowania lokalem (18,8% wskazań), negatywne opinie klientów (26,3%), hejt (22,5%) i utrata gości (20,0%). Niektórzy ankietowani wyrazili obawę, że wprowadzenie owadów do menu może odstraszyć dotychczasowych gości, którzy mogą negatywnie odbierać wprowadzenie owadów do menu, co może skutkować złymi opiniami i negatywnym rozgłosem w mediach społecznościowych, a także prowadzić do trwałej utraty klientów, którzy preferują tradycyjne podejście do gastronomii. Innymi negatywny-



Rysunek 6. Wyzwania i przeszkody związane z wprowadzeniem owadów jadalnych do oferty (opracowanie własne)

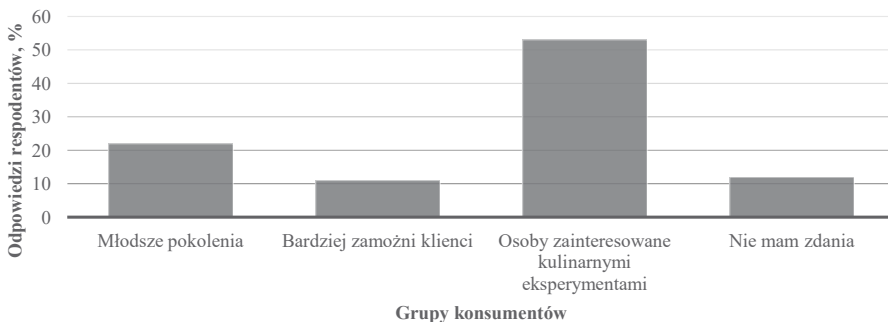
mi aspektami wprowadzenia owadów jadalnych do oferty mogłyby być według opinii respondentów dodatkowe koszty (52,5%), konieczność aktualizacji systemu HACCP (18,8%), zakup dodatkowego wyposażenia kuchni (17,5%) oraz potencjalny wzrost ceny dań (16,3%). Uzyskane wyniki są zbieżne z wynikami Hwang i Choe [5], którzy jako czynniki ryzyka postrzeganego w restauracjach wykorzystujących owady jadalne w Korei Południowej, wskazali jakość, czynniki psychologiczne, zdrowotne, finansowe, środowiskowe oraz społeczne.

Wprowadzenie owadów jadalnych do oferty gastronomicznej niesie ze sobą szereg wyzwań i przeszkód, które mogą wpłynąć na decyzję o ich wykorzystaniu (Rys. 6).

Największe obawy dotyczyły akceptacji oferty z owadami jadalnymi przez gości (68,8%). Może to być wynikiem kulturowych preferencji żywieniowych tam, gdzie owady nie są tradycyjnie postrzegane jako pożywienie. Osiągnięcie akceptacji może wymagać działań edukacyjnych i promocyjnych, aby przełamać istniejące bariery psychologiczne i kulturowe. Konieczność stworzenia receptur nowych potraw, które byłyby smaczne i atrakcyjne dla konsumentów, jako kluczowe wyzwanie została wskazana przez 36,3% ankietowanych. To wymaga nie tylko kreatywności, ale też wiedzy kulinarnej, aby skutecznie włączyć owady do istniejących dań lub opracować nowe dania. Przeszkolenie personelu/umiejętność postępowania z nowym surowcem zostało wskazane przez 35,0% ankietowanych. Niewątpliwie ważne jest to, aby personel kuchenny był odpowiednio przeszkolony, aby umieć bezpiecznie i efektywnie pracować z nowym rodzajem surowca. Obejmuje to nie tylko techniki przygotowania, ale również zrozumienie właściwości żywieniowych i obecność potencjalnych alergenów. Kolejnym wyzwaniem, według badanych, może być pozyskanie surowca (30,0%). Zagadnienia logistyczne związane z dostępnością i stabilnością dostaw owadów mogą

stanowiąc problem. Aspekty prawne i regulacyjne związane z wykorzystaniem owadów do celów spożywczych również mogą stanowić potencjalne wyzwaniem gastronomii (17,5%). Normy sanitarne i żywieniowe, rejestracja nowych produktów oraz spełnienie specyficznych wymogów prawnych dotyczących bezpieczeństwa żywności to kluczowe elementy, które muszą być sprawdzone przed wprowadzeniem owadów do oferty. Mniejsza liczba respondentów (7,5%) wskazała na potrzebę dostosowania infrastruktury kuchennej, co może obejmować zakup specjalistycznego sprzętu kuchennego lub zmiany w układzie przestrzennym kuchni. Znaczenie atrakcyjnego wyglądu i smaku potraw z dodatkiem owadów jadalnych, jako czynników decydujących o akceptacji potraw przez konsumentów, podkreślili van Huis i wsp. [16]. Autorzy wskazali też na konieczność prowadzenia działań na rzecz dostarczania dowodów na korzyści zdrowotne i środowiskowe wynikające ze spożywania owadów, które dodatkowo mogłyby wesprzeć konsumentów w ich wyborach żywności.

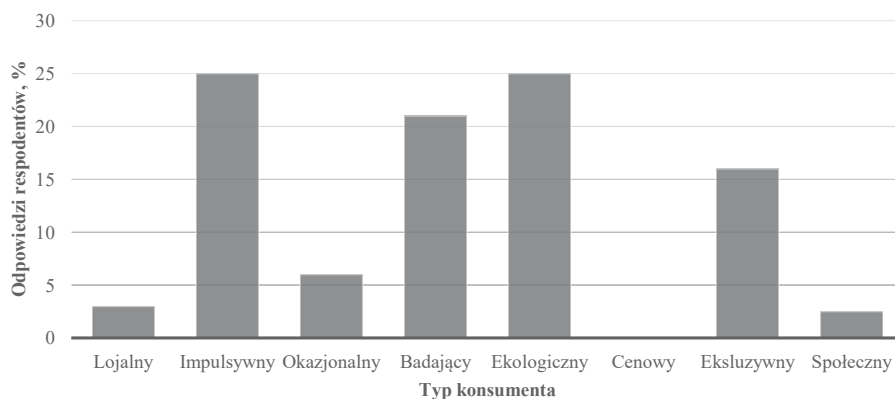
W opinii respondentów, najbardziej skłoną do spróbowania potraw z dodatkiem owadów jadalnych grupą konsumentów wydają się być osoby zainteresowane kulinariami eksperymentalnymi (53,8%; Rys. 7). Ta grupa naturalnie skłania się ku próbowaniu nietypowych składników i eksperymentowaniu ze smakami. Młodsze pokolenia, często bardziej otwarte na nowe trendy i zmiany społeczne, również potencjalnie mogą wykazać zainteresowanie owadami jadalnymi (22,5%).



Rysunek 7. Opinia na temat grupy konsumentów, która byłaby najbardziej skłonna do spróbowania potraw z wykorzystaniem owadów jadalnych (opracowanie własne)

Mniej liczna, ale również znacząca grupa uczestników badania (11,3%) wyraziła opinię, że bardziej zamożni klienci mogą być skłonni do konsumpcji owadów jadalnych jako formy nowoczesnego luksusu i innowacji w gastronomii. Interesujące jest to, że 12,5% respondentów nie miało wyraźnego zdania na ten temat, co może świadczyć o konieczności dalszego edukowania i informowania społeczeństwa na temat korzyści i możliwości, jakie niosą za sobą potrawy z owadów jadalnych. Orkusz i wsp. [12] w swoich badaniach wykazali, że wraz ze wzrostem dochodu zmniejszał się odsetek osób, które uważały, że jedzenie owadów jest obrzydliwe.

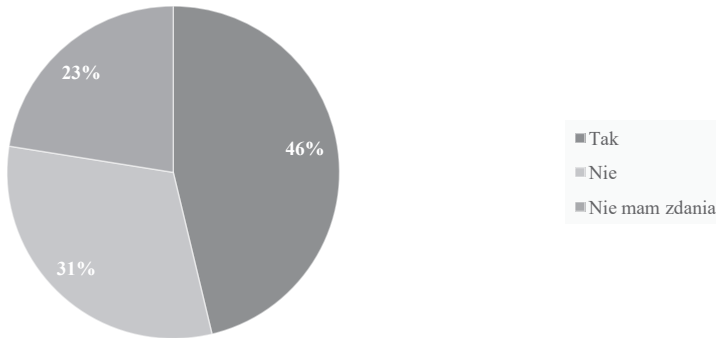
Pracownicy branży gastronomicznej zapytani o to, do jakiego typu konsumenta zaliczyliby gościa skłonnego do spróbowania potrawy z wykorzystaniem owadów jadalnych, przedstawili różnorodne perspektywy (Rys. 8).



Rysunek 8. Opinia na temat typu konsumenta, który byłby skłonny do spróbowania potraw z wykorzystaniem owadów jadalnych (opracowanie własne)

Najwięcej wskazań (25,0%) uzyskano dla konsumentów impulsywnych. Są to klienci, którzy podejmują decyzje zakupowe spontanicznie, bez głębszego planowania, co sprawia, że nowatorskie potrawy, takie jak te zawierające owady mogą ich przyciągnąć swoją unikalnością. Taki sam odsetek wskazań odnotowano dla grupy konsumentów ekologicznych, co może wynikać z faktu, że osoby te cenią produkty przyjazne dla środowiska i mogą być zainteresowane owadami jako zrównoważonym źródłem białka. Konsument badający, który został wskazany przez 21,3% respondentów, wykazuje tendencję do dokładnego analizowania produktów przed ich zakupem, a zatem można przypuszczać, że dostarczenie obszernych informacji o korzyściach płynących z jedzenia owadów może zachęcić tę grupę do ich spróbowania. Konsument ekskluzywny, wskazany przez 16,3% respondentów, poszukuje produktów oferujących prestiż i wysoką jakość, a owady jadalne mogą spełniać te kryteria dzięki swojej nowatorskości. Grupy, takie jak konsument lojalny (3,8% wskazań) oraz konsument okazjonalny (6,3% wskazań), mogą wymagać specjalnego podejścia, aby przekonać ich do spróbowania owadów. Natomiast konsument społeczny, wskazany przez 2,5% ankietowanych, może wykazywać zainteresowanie, jeśli owady będą promowane jako część działań na rzecz zrównoważonego rozwoju. Według van Huis i wsp. [16], wykształcenie wyższe, płeć męska oraz młodszy wiek konsumentów zwiększają prawdopodobieństwo spożywania przez nich owadów jadalnych, natomiast konsumenci owadów postrzegani są jako osoby zainteresowane zdrowiem, środowiskiem, bardziej odważne, z większą wiedzą i wyobraźnią. Podobne wyniki badań przytoczyli Mina i wsp. [8].

Na pytanie, czy brak standardów dotyczących wykorzystania owadów jadalnych w gastronomii może być problemem, prawie połowa respondentów (46,3%) uznała, że standardy są kluczowe dla zapewnienia jakości potraw (Rys. 9), co potwierdzają badania przeprowadzone przez Orkusza i wsp. [12].

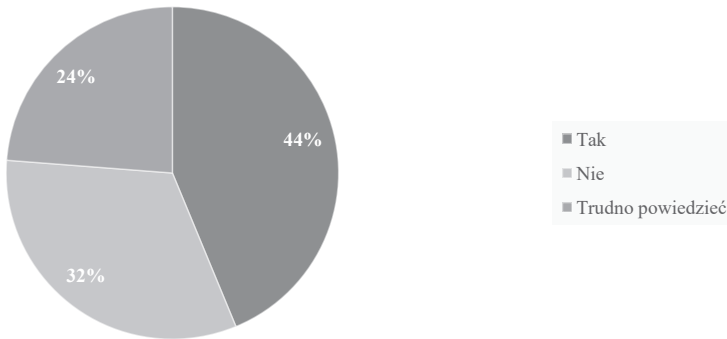


Rysunek 9. Czy brak standardów dotyczących wykorzystania owadów jadalnych w gastronomii może być problemem w podjęciu decyzji o wprowadzeniu ich do oferty? (opracowanie własne)

Ustalone normy mogą pomóc w zapewnieniu spójności, bezpieczeństwa i jakości produktów, co jest istotne zarówno dla restauratorów, jak i konsumentów. Z drugiej strony, 31,3% respondentów wyraziło gotowość do eksperymentowania z różnymi rodzajami, formami i ilościami owadów jadalnych, wykazując otwartość na innowacje i adaptację pomimo braku ściśle określonych wytycznych. Dodatkowo, 22,5% ankietowanych nie miało wyraźnego zdania na ten temat, co może świadczyć o niepewności lub braku wystarczającej wiedzy na ten temat. Dion-Pulin i wsp. [2] przeprowadzili badania, w których zapytali młodych, innowacyjnych adeptów sztuki kulinarnej o ich postawy wobec włączenia owadów jadalnych do swoich potraw. Odnotowali, że większość respondentów jadła już takie owady, a wszyscy badani wyrazili pozytywną opinię na temat wykorzystania owadów w potrawach. Jako niekorzystne aspekty wprowadzenia mączki z mącznika do potraw wskazano nierównomierną granulację mączki pogarszającą teksturę potraw, nietypowy zapach oraz niską akceptację ze strony konsumentów. Jednocześnie respondenci zasugerowali, że stworzenie dla konsumentów większych możliwości spróbowania dobrych potraw z owadami mogłoby zwiększyć akceptowalność konsumpcji owadów jadalnych.

W odpowiedzi na pytanie o przyszłość owadów jadalnych w gastronomii, 43,8% respondentów wyraziło przekonanie, że owady znajdą swoje stałe miejsce w branży gastronomicznej, widząc w nich jednocześnie duży potencjał jako zrównoważone i innowacyjne źródło białka (Rys. 10).

Jednocześnie, 32,5% ankietowanych uważało, że zainteresowanie owadami jadalnymi to tylko przejściowy trend, który może nie utrzymać się w dłuższej perspektywie,



Rysunek 10. Czy według Pana/Pani owady jadalne znajdą swoje stałe zastosowanie w gastronomii? (opracowanie własne)

a 23,8% respondentów wyraziło zdanie, że trudno jednoznacznie stwierdzić przyszłość tego trendu, co odzwierciedla istniejącą niepewność i różnorodność opinii na temat długotrwałej roli owadów w gastronomii. Ivanišová i wsp. [6] podkreślili, że dzięki swojej dobrej wartości odżywczej i pomimo pewnych zastrzeżeń co do bezpieczeństwa zdrowotnego owadów jadalnych, owady te są uważane za ekonomicznie i środowiskowo korzystne źródła żywności, które mogą być wykorzystane do przygotowania zdrowych i smacznych posiłków oraz żywności innowacyjnej. Autorzy wskazali konieczność opracowania uwarunkowań prawnych dotyczących spożycia owadów jadalnych oraz zwiększenia świadomości konsumentów odnośnie do walorów żywieniowych owadów, poprzez ich odpowiednią promocję.

Podsumowanie

Na podstawie uzyskanych wyników można wnioskować, że istnieje otwartość w branży gastronomicznej na wprowadzanie zrównoważonych praktyk żywieniowych, obejmujących nowe zjawiska, takie jak np. entomofagia.

Respondenci z różnych typów zakładów gastronomicznych różnie podchodzą do koncepcji wprowadzenia owadów jadalnych do swojej oferty. Można przypuszczać, że pracownicy restauracji stanowiący większość respondentów, byli najbardziej otwarci na nowe propozycje kulinarne. Otwartość na nowości kulinarne może być związana z typem środowiska pracy, co sugeruje, że innowacje kulinarne są lepiej przyjmowane w miejscach, które naturalnie promują eksplorację i eksperymentowanie w kuchni. Potrzebne są dalsze analizy porównawcze między różnymi typami zakładów gastronomicznych, aby lepiej zrozumieć, jak kontekst miejsca pracy wpływa na akceptację innowacji kulinarnych.

Badanie podkreśla konieczność dalszych działań edukacyjnych oraz promocyjnych w celu zwiększenia akceptacji i wiedzy na temat korzyści płynących z konsumpcji owadów, co może przyczynić się do ich szerszego wykorzystania w przyszłości. Ponadto, brak jest szczegółowych badań na temat wpływu preferencji konsumentów na decyzje gastronomiczne dotyczące innowacyjnych produktów. Zrozumienie tych preferencji jest kluczowe dla skutecznego wprowadzania owadów do menu różnorodnych zakładów gastronomicznych.

Projekt finansowany w ramach konkursu Studencki Grant Rektora Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie

Bibliografia

- Boczek, J., Pruszyński, S. 2013. Owady w żywieniu człowieka i zwierząt domowych. *Zagadnienia Doradztwa Rolniczego*, 72(2): 98–107.
- Dion-Poulin, A., Turcotte, M., Lee-Blouin, S., Perreault, V., Provencher, V., Doyen, A., Turgeon, S. L. 2021. Acceptability of insect ingredients by innovative student chefs: An exploratory study. *IJGFS*, 24: 100362.
- FAO. 2021. Looking at edible insects from a food safety perspective. Challenges and opportunities for the sector. Rome. <https://doi.org/10.4060/cb4094en> [dostęp: 17.05.2024].
- Garofalo, C., Milanović, V., Cardinali, F., Aquilanti, L., Clementi, F., Osimani, A. 2019. Current knowledge on the microbiota of edible insects intended for human consumption: A state-of-the-art review. *Food Res. Int.*, 125: 108527.
- Hwang, J., Choe, J. Y. 2020. How to enhance the image of edible insect restaurants: Focusing on perceived risk theory. *Int. J. Hosp. Manag.*, 87: 102464.
- Ivanišová, E., Miha, M., Kolesárová, A. 2022. Edible insects—history, characteristics, benefits, risks and future prospects for use. *IJERR*, 27: 69–74.
- Li, M., Mao, C., Li, X., Jiang, L., Zhang, W., Li, M., Hou, X. (2023). Edible Insects: A New Sustainable Nutritional Resource Worth Promoting. *Foods*, 12(22): 4073.
- Mina, G., Peira, G., Bonadonna, A. 2023. The potential future of insects in the European food system: A systematic review based on the consumer point of view. *Foods*, 12(3): 646.
- Miquelasquez J. P., 2006. *Kuchnia meksykańska*, Wyd. SAMP, Warszawa.
- Mroczek, J. R., Rudy, M., Mroczek, K. 2019. Owady alternatywnym źródłem białka dla ludzi i zwierząt gospodarskich. *Aura*, 7: 6–9.
- Nasir, S. Q., Świąder, K. 2022. Insects as Food—Opportunities and Constraints*. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego*, 32/61: 137–154.
- Orkusz, A., Wolańska, W., Harasym, J., Piwowar, A., Kapelko, M. 2020. Consumers' attitudes facing entomophagy: Polish case perspectives. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(7): 2427.
- Raheem, D., Carrascosa, C., Oluwole, O. B., Nieuwland, M., Saraiva, A., Millán, R., Raposo, A. (2019). Traditional consumption of and rearing edible insects in Africa, Asia and Europe. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 59(14): 2169–2188.
- Schrader, J., Oonincx, D. G. B., Ferreira, M. P. 2016. North American entomophagy. *JIFF*, 2(2), 111–120.
- Urbański, J. 2022. Hodowla przemysłowa owadów—nowa gałąź produkcji rolnej, czy przejściowy trend? Owady w przemyśle spożywczym. Rys historyczny, Perspektywy, kierunki rozwoju, status branży i sytuacja prawną w UE. *Kosmos*, 71(3): 385–392.

- Van Huis, A., Rumpold, B., Maya, C., Roos, N. 2021. Nutritional qualities and enhancement of edible insects. *Annu Rev Nutr.*, 41, 551–576.
- Yen, A. L. (2015). Insects as food and feed in the Asia Pacific region: current perspectives and future directions. *Journal of Insects as Food and Feed*, 1(1), 33–55.
- Zarzyńska, J., Zabielski, R. 2020. Entomofagia – jedzmy owady? *Życie Weterynaryjne*, 95(03).
- Źródło internetowe 1: <http://pl.wikipedia.org/wiki/Entomofag> [dostęp: 01.05.2024].
- Źródło internetowe 2: <https://foodfakty.pl/owady-w-unijnym-wykazie-nowej-zywnosci-nadchodzi-rewolucja-w-branzy-spozywczej> [dostęp: 01.05.2024].
- Źródło internetowe 3: <https://www.wur.nl/en/Research-Results/Chair-groups/Plant-Sciences/Laboratory-of-Entomology/Edible-insects/Worldwide-species-list.htm> [dostęp: 01.05.2024].

Amelia Czerwińska

Katarzyna Olszewska

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Wydział Nauki o Żywności

Studenckie Koło Naukowe Higieny Żywności i Toksykologii

e-mail: amelia.czerwinska@student.uwm.edu.pl

Opiekun koła: dr n. wet. inż. Magdalena Polak- Śliwińska

OCENA ZACHOWAŃ KONSUMENTÓW ZWIĄZANYCH ZE ZRÓWNOWAŻONYM ROZWOJEM ŻYWNOCI – ASPEKTY ŚRODOWISKOWE I SPOŁECZNE W KONTEKŚCIE DECYZJI ZAKUPOWYCH

Wstęp

W obliczu wyzwań środowiskowych i społecznych, zrównoważony rozwój żywności staje się coraz bardziej istotnym trendem, wpływającym na decyzje zakupowe konsumentów. Aspekty społeczne, takie jak sprawiedliwość w łańcuchu dostaw żywności i wsparcie lokalnych społeczności, nabierają znaczenia. Konsumentom zależy na zapewnieniu godziwych warunków pracy dla pracowników rolnych oraz pracowników przetwórstwa spożywczego. Ponadto, coraz częściej preferują oni produkty wspierające lokalne społeczności i inicjatywy społeczne. Aspekty środowiskowe również odgrywają kluczową rolę w zrównoważonym rozwoju żywności, w tym minimalizacja negatywnego wpływu produkcji na środowisko naturalne. Konsumentom zależy na produktach pochodzących z ekologicznych upraw, które ograniczają emisję gazów cieplarnianych i zużycie zasobów naturalnych. Decyzje zakupowe konsumentów odzwierciedlają obserwowane trendy, co prowadzi do wzrostu popytu na produkty zrównoważone. Firmy spożywcze starają się dostosować do tych oczekiwań, promując swoje produkty jako zrównoważone i podkreślając ich aspekty społeczne i środowiskowe. Ten rozwój zmienia rynek żywności, prowadząc do inwestycji w nowe technologie i edukację konsumentów w zakresie zrównoważonego żywienia. Trend zrównoważonego rozwoju żywności będzie prawdopodobnie stale się rozwijał, zmieniając nawyki konsumenckie i sposób produkcji oraz spożywania żywności.

Cel pracy

Celem pracy było przeprowadzenie badania konsumenckiego wśród młodego i starszego pokolenia w oparciu o kwestionariusz ankiety obejmujący m.in. ocenę przystępności cenowej żywności, wydatki na żywność- zaufanie źródłom informacji o zdrowej i zrównoważonej żywności, marnowanie żywności, bezpieczeństwo żywnościowe, wpływu produkcji przetworzonej żywności na aspekt środowiskowy.

Materiały i metody

Badanie przeprowadzono w maju 2024 roku z wykorzystaniem kwestionariusza ankiety wśród 150 osób zróżnicowanych pod względem płci, wieku oraz miejsca zamieszkania.

Ankieta składała się z 24 pytań zamkniętych, dotyczących: demografii, wydatków na żywność, częstotliwości zakupu produktów ekologicznych, a także postaw wobec zrównoważonej żywności. Respondenci mieli również możliwość wyrażenia opinii na temat rządowej i lokalnej polityki w zakresie promowania zdrowej żywności. Odpowiedzi na zadane pytania sformułowane były w formie zamkniętej, a respondent mógł wybrać jedną z opcji lub miał wielokrotny wybór.

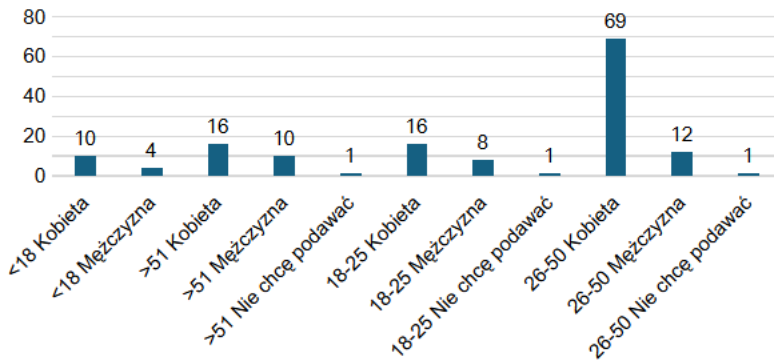
Dane były zbierane za pomocą anonimowych kwestionariuszy przygotowanych za pomocą formularza Google. Rekrutacja respondentów odbyła się poprzez sieci społecznościowe oraz ogłoszenia o ankiecie rozpowszechnione w środowisku uniwersyteckim.

Otrzymane dane zliczono, a wyniki przedstawiono w formie opisowej oraz w formie wykresów kołowych i słupkowych. Wyniki badań zostały opracowane przy pomocy arkusza kalkulacyjnego Microsoft Office Excel.

Wyniki badań i dyskusja

Kwestionariusz ankiety wypełniło 148 osób, przy czym 75% ankiet wypełniły kobiety, a 23% ankiet wypełnili mężczyźni. 2% uczestników wypełniających ankietę nie chciała podać swojej płci (1 osoba w wieku 18-25 lat i 1 osoba w wieku 26-50 lat). Największa liczba uczestników badania to kobiety w wieku 26-50 lat (69 osób). W każdej grupie wiekowej liczba kobiet, biorących udział w ankiecie, przewyższała liczbę mężczyzn. Najmniejsza liczba uczestników, zarówno kobiet, jak i mężczyzn, była w grupie wiekowej powyżej 51 lat (10 kobiet, 1 mężczyzna). Największa różnica w liczebności pomiędzy kobietami a mężczyznami wystąpiła w grupie wiekowej 26-50 lat (Rysunek 1).

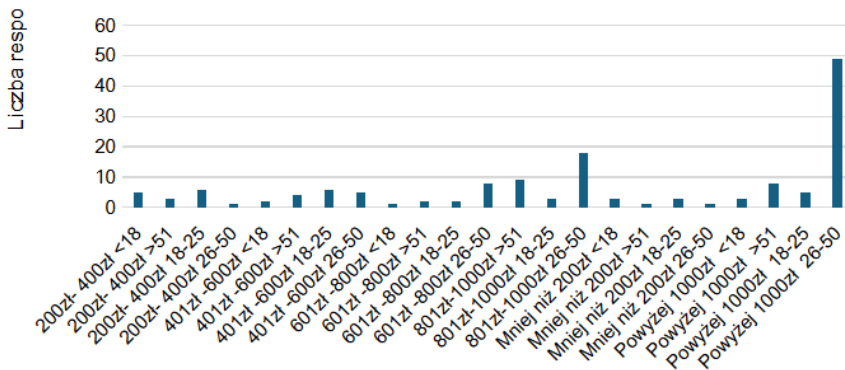
Największe wydatki na żywność powyżej 1000 zł zadeklarowano w grupie wiekowej 26-50 lat (50 osób). Jest to zdecydowanie najwyższa liczba w porównaniu do innych grup wiekowych i kategorii wydatków. W grupie 18-25 lat wydatki były bardziej roz-



Liczba kobiet i mężczyzn wg kategorii wiekowych

Rysunek 1. Udział ankietowanych w badaniu.

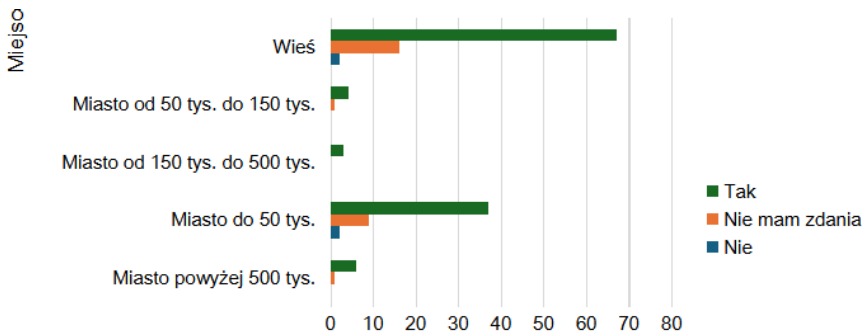
proszone w różnych kategoriach ponoszonych kosztów zakupowych, z umiarkowaną liczbą respondentów w każdej z nich. W grupie <18 lat oraz >51 lat wydatki były stosunkowo niskie, wskazane przez niewielką liczbę osób w każdej kategorii wydatków. Osoby w wieku 26-50 lat wykazywały najbardziej zróżnicowaną strukturę wydatków, ale dominowały w tej kategorii wiekowej osoby wydające powyżej 1000 zł miesięcznie na żywność. Warto zauważyć, że wydatki na zakupy poniżej 200 zł zadeklarowała niewielka liczba respondentów we wszystkich grupach wiekowych. Można przypuszczać, że osoby w wieku 26-50 lat mogły mieć większe dochody lub większe rodziny do utrzymania, co wpływało na wyższe wydatki na żywność. Duża liczba osób wydających powyżej 1000 zł w grupie 26-50 lat może również wynikać z ich stylu życia lub preferencji dotyczących żywienia (Rysunek 2).



Średnie kwoty wydatków na zakup żywności

Rysunek 2. Tygodniowe środki pieniężne przeznaczone przez respondentów na zakupy spożywcze.

Największe poparcie dla oferty produktów z rolnictwa zrównoważonego pochodziło od konsumentów z obszarów wiejskich (około 70 osób). Konsumenti z miast do 50 tys. mieszkańców również wykazywali znaczne poparcie dla tego typu wyrobów (około 30 osób). W miastach od 50 tys. do 500 tys. oraz powyżej 500 tys. mieszkańców poparcie było zdecydowanie mniejsze (około 5 osób w każdej kategorii). Niewielka liczba konsumentów wśród ankietowanych nie miała zdania na ten temat lub była przeciwna ofercie produktów z rolnictwa zrównoważonego (Rysunek 3).



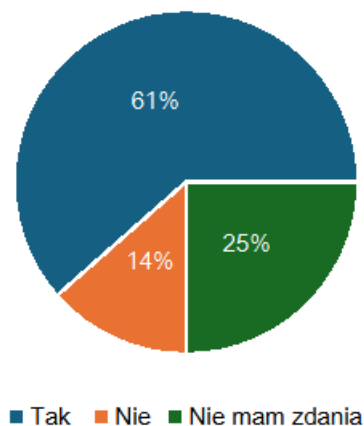
Liczba respondentów wobec oferty produktów zrównoważonego rolnictwa

Rysunek 3. Opinie respondentów dotyczące oferowania produktów z rolnictwa zrównoważonego w sieciach handlowych w zależności od miejsca zamieszkania

Według Ślęczka i innych (2021), co drugi Polak przyznaje się, że w związku z pandemią COVID-19 zmieniły się jego preferencje zakupowe dotyczące produktów spożywczych. Jak wynika z badania przeprowadzonego na zlecenie Polskiego Stowarzyszenia Rolnictwa Zrównoważonego „ASAP”, polscy konsumenci bardziej świadomie dobierają żywność pod kątem jej wpływu na swoje zdrowie: biorą pod uwagę wpływ jej produkcji na środowisko, kupują więcej produktów polskiego pochodzenia i chcą nabywać te lepszej jakości w większej niż dotychczas liczbie. Z produktami wysokiej jakości Polakom kojarzy się przede wszystkim świeżość produktu oraz brak chemii/sztucznych dodatków.

Większość respondentów stwierdziła, że byliby gotowi zapłacić więcej za produkty pochodzące ze zrównoważonego rolnictwa. To świadczy o wysokim poziomie świadomości ekologicznej wśród konsumentów oraz ich gotowości do wsparcia bardziej zrównoważonych metod produkcji. Znaczący odsetek niezdecydowanych respondentów w udziale 25% nie ma zdania na ten temat, co może sugerować, że potrzebują więcej informacji lub są niepewni korzyści wynikających z wyższych cen za zrównoważone produkty. Tylko 14% respondentów zadeklarowało, że nie byliby gotowi zapłacić więcej za produkty ze zrównoważonego rolnictwa. Może to odzwierciedlać ich obawy finan-

sowe lub sceptycyzm, co do wartości i efektywności zrównoważonego rolnictwa. Te wyniki mogą być użyte do podkreślenia gotowości rynku do akceptowania wyższych cen w zamian za korzyści środowiskowe, co może przekonać producentów żywności do inwestycji w zrównoważone praktyki. Również wskazuje to na potrzebę edukacji konsumentów w celu zmniejszenia procentu osób niezdecydowanych i zwiększenia poparcia dla zrównoważonej produkcji (Rysunek 4).

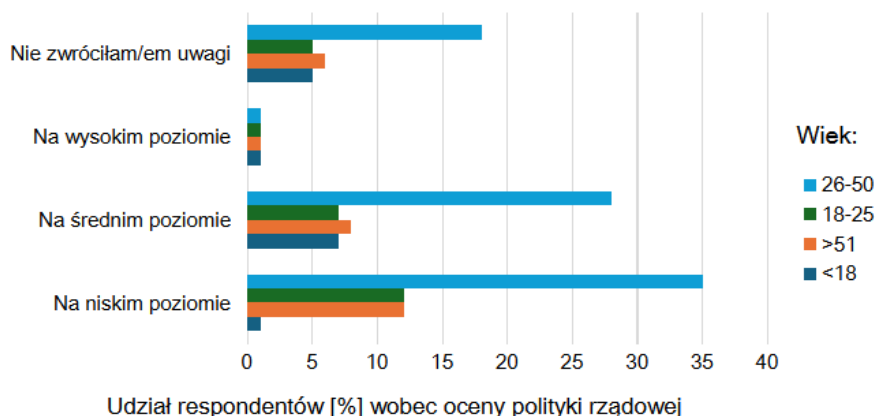


Rysunek 4. Udział chętnych respondentów [%] do zwiększonych wydatków na rzecz zakupu produktów pochodzących z rolnictwa zrównoważonego.

Według Ślęczka i innych (2021) w opinii polskich konsumentów produkty z upraw rolnictwa zrównoważonego są droższe o 40% od produktów z upraw rolnictwa konwencjonalnego i o 20% tańsze od produktów z upraw ekologicznych. Tak wygląda ich percepcja cen wobec możliwości zakupowych, którymi dysponują. Może to świadczyć o tym, że producenci powinni poszukiwać równowagi rynkowej poprzez zwiększenie wolumenu i obniżenie cen tych wyrobów.

Kolejne pytanie ankietowe dotyczyło poziomu działań rządu w zakresie wspierania zdrowej i zrównoważonej żywności. Rysunek 5 przedstawia udział respondentów oceniających poziom tych działań, z czego wynikało, że największą grupę, która nie zwróciła uwagi na działania rządu stanowili konsumenci w wieku 26-50 lat (około 25%). Bardzo niewielu konsumentów we wszystkich grupach wiekowych uważało, że działania rządu są na wysokim poziomie. Około 20% konsumentów w wieku 26-50 lat oceniło działania rządu na średnim poziomie, co stanowiło najwyższy odsetek w tej kategorii. Najwięcej konsumentów, szczególnie w wieku 26-50 lat (około 35%) oraz powyżej 51 lat (około 25%), oceniło działania rządu na niskim poziomie.

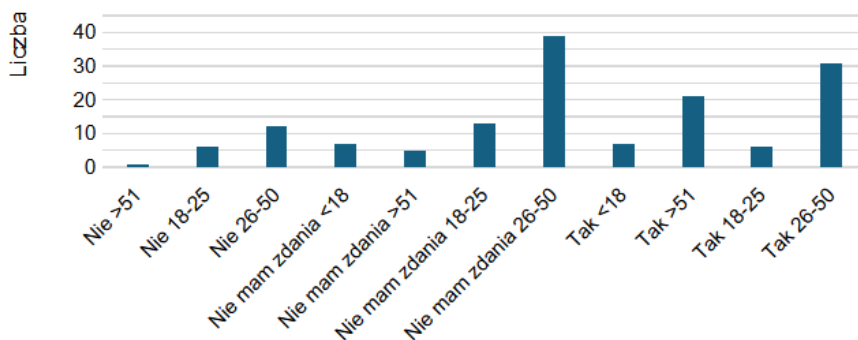
Ślęczek i inni (2021) uważają, że skoro konsumenci są skłonni zapłacić więcej za produkty rolnictwa zrównoważonego, to lepszą stawkę za surowce powinien także otrzymać rolnik. Gwarancja takiej ceny dodatkowo wzmocniłaby odczucie opłacal-



Rysunek 5. Udział respondentów dotyczący oceny poziomu działań rządu w zakresie wspierania zdrowej i zrównoważonej żywności

ności produkcji. W przyszłości konieczna staje się zmiana obecnie istniejących modeli biznesowych, promujących krótkotrwałe, jednosezonowe korzyści za wszelką cenę (jak plon z hektara) na korzyść rozwiązań, które będą wspomagały korzyści w średnim i długim terminie.

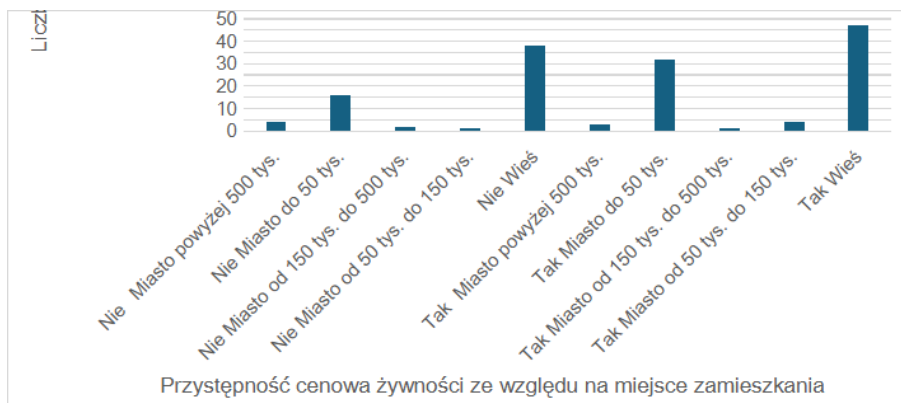
Największe poparcie dla subsydiowania rolnictwa ekologicznego pochodzi od konsumentów w wieku 26-50 lat, a także grupa powyżej 51 lat wykazuje znaczące poparcie. Konsumenty w grupie wiekowej 26-50 lat najczęściej wyrażają brak zdania na ten temat (około 20 osób). Największe poparcie dla subsydiowania rolnictwa ekologicznego pochodzi od konsumentów w grupie wiekowej 26-50 lat. Grupa ta jest również najbardziej zdecydowana w swoich opiniach, zarówno pozytywnych, jak i neutralnych (Rysunek 6).



Opinie respondentów w zależności od wieku wobec rządowego subsydiowania rolnictwa ekologicznego

Rysunek 6. Poparcie respondentów dla subsydiowania rolnictwa ekologicznego przez państwo.

W odniesieniu do przystępności cenowej na obszarach wiejskich zauważono największą rozbieżność opinii, jednak większość respondentów uważała, że ceny są przystępne dla konsumentów. Zarówno mieszkańcy wsi oraz mniejszych miast (do 50 tys. mieszkańców) mieli podobne zdanie wobec przystępności cenowej. Natomiast mieszkańcy większych miast (od 150 tys. do 500 tys. mieszkańców) nie uważają cen za przystępne. Opinie mieszkańców największych miast (powyżej 500 tys.) są bardziej podzielone, z niskim udziałem zarówno odpowiedzi „Tak”, jak i „Nie”. W dużych miastach przystępność cen nie jest wyraźnie ani potwierdzana, ani zaprzeczana, co może sugerować większą różnorodność sklepów i cen, które mogą spełniać różne oczekiwania konsumentów (Rysunek 8).

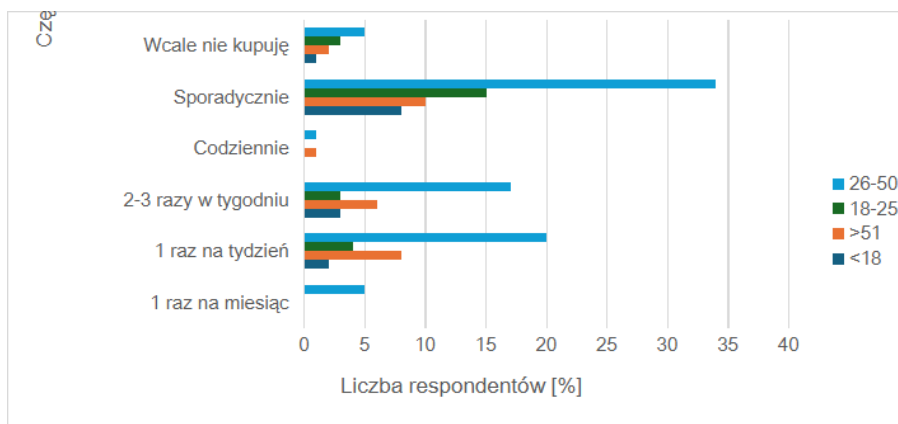


Rysunek 7. Opinie respondentów dotyczące cen produktów żywnościowych w zależności od miejsca zamieszkania.

Odnosząc się do pozyskanej wiedzy wobec częstotliwości nabywania produktów ekologicznych przez respondentów stwierdzono sporadyczny ich zakup. To sugeruje, że choć jest zainteresowanie produktami ekologicznymi, nie stanowią one głównego składnika codziennej konsumpcji większości konsumentów. Niewielki procent konsumentów, głównie w grupie wiekowej 26–50 lat, kupuje produkty ekologiczne codziennie. Może to odzwierciedlać większą świadomość zdrowotną lub wysokie dochody umożliwiające zakup tych zazwyczaj droższych produktów w tej grupie. Znacząca liczba konsumentów kupuje produkty ekologiczne kilka razy w tygodniu, co może sugerować, że produkty ekologiczne są preferowane, ale ich wysoka cena lub ograniczona dostępność wpływają na częstotliwość zakupów. Niewielka liczba respondentów w każdej grupie wiekowej stwierdziła, że w ogóle nie kupuje produktów ekologicznych, co może wskazywać na bariery cenowe, brak zainteresowania lub brak dostępności tych produktów (Rysunek 9).

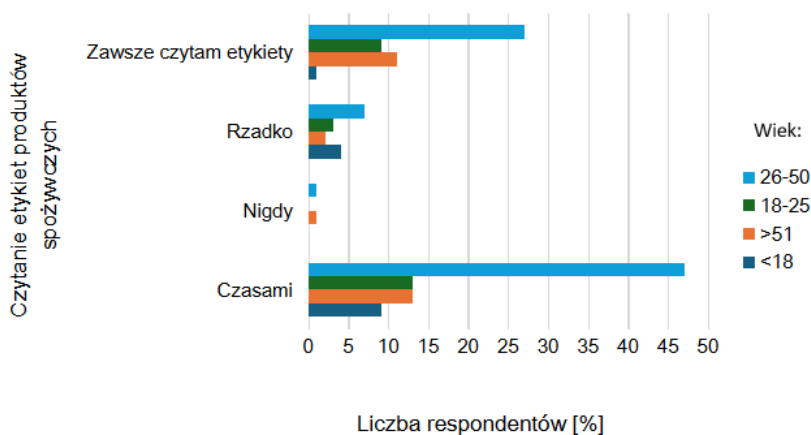
Ślęczek i inni (2021) zastanawiali się nad faktem zwiększenia skali produkcji i opłacalności wyrobów zgodnych z preferencjami konsumentów respektujących charakter

prośrodowiskowy i prozdrowotny artykułów spożywczych przy analizie produkcji żywności ekologicznej w Polsce, która nie stała się masowa (udział żywności ekologicznej w całym rynku spożywczym wynosi w Polsce 0,3%, przy średniej wartości unijnej 4%) przy promocji odejścia od produkcji konwencjonalnej.



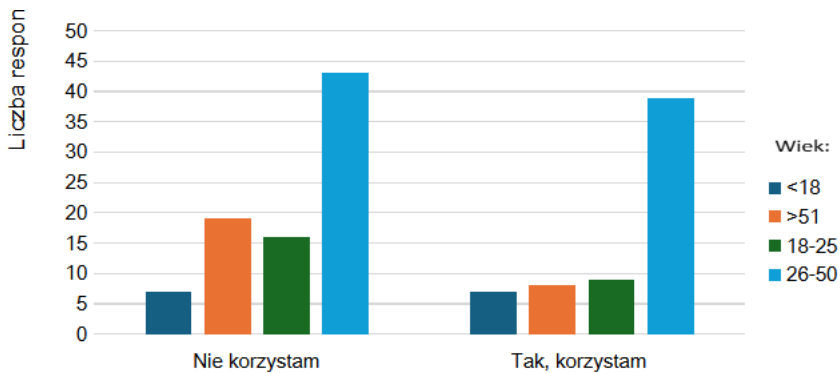
Rysunek 8. Częstotliwość zakupów produktów ekologicznych przez respondentów.

Osoby w wieku 26-50 lat najczęściej zwracają uwagę na etykiety produktów spożywczych. Osoby w wieku <18 lat najmniej wśród ankietowanych zwracają uwagę na etykiety produktów spożywczych. Największy odsetek osób, które nigdy nie czytają etykiet, stwierdzono w grupie wiekowej <18 lat. Najczęstszą odpowiedzią w większości grup wiekowych ankierów była odpowiedź „czasami”, zwłaszcza w grupie 26-50 lat, co może sugerować umiarkowane zainteresowanie czytaniem etykiet (Rysunek 10).



Rysunek 9. Częstotliwość czytania etykiet produktów spożywczych przez respondentów w zależności od wieku.

Ciekawe informacje dostarczyły odpowiedzi związane z korzystaniem z aplikacji mobilnych i zasobów internetowych wobec decyzji zakupowych respondentów. Osoby w wieku 26-50 lat najczęściej korzystają z aplikacji mobilnych i stron internetowych z recenzjami produktów żywnościowych, co wskazuje na dużą aktywność online oraz potencjalnie większą troskę o jakość kupowanych produktów. Młodsze pokolenie również aktywnie korzysta z takich narzędzi, choć w nieco mniejszym stopniu niż osoby w wieku 26-50 lat. Może to wynikać z ich biegłości w korzystaniu z technologii i pragnienia posiadania aktualnych informacji o produktach. Osoby powyżej 51 lat korzystają z tych narzędzi najrzadziej, co może świadczyć o mniejszym zaufaniu do recenzji online lub mniejszej biegłości w korzystaniu z technologii cyfrowych lub preferowania tradycyjnego podejścia do zakupów (Rysunek 12). Wyniki mogą sugerować potrzebę lepszego informowania starszych konsumentów o korzyściach wynikających z używania aplikacji i stron z recenzjami. Możliwe, że zwiększenie świadomości o istnieniu i korzyściach płynących z korzystania z recenzji produktów spożywczych miałyby pozytywny wpływ na decyzje zakupowe konsumentów.



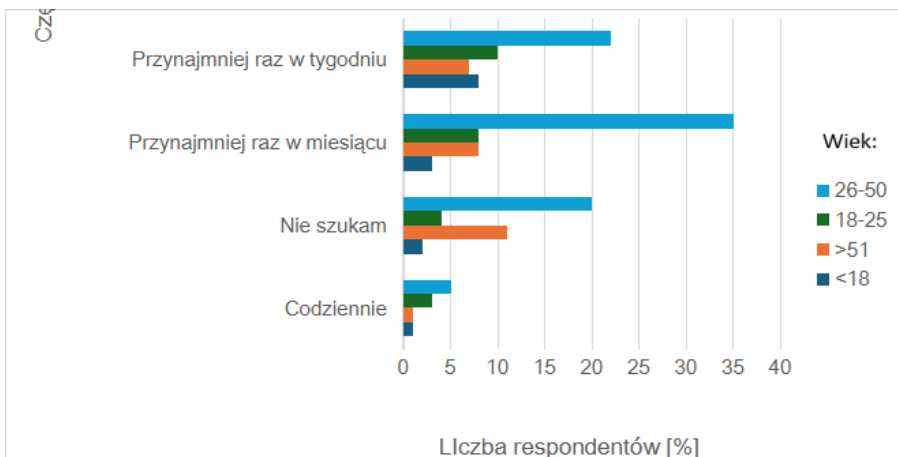
Aktywność online przy decyzjach zakupowych

Rysunek 10. Korzystanie z aplikacji mobilnych lub stron internetowych oferujących recenzje produktów żywnościowych w zależności od wieku respondentów.

Najwięcej osób codziennie poszukujących informacji jest w grupie wiekowej 18-25 lat, co sugeruje wysoką świadomość oraz aktywność w zdobywaniu wiedzy na temat zdrowego odżywiania wśród młodszych dorosłych. W grupach wiekowych 26-50 lat oraz powyżej 51 lat, codzienne poszukiwanie informacji jest mniej popularne, co może wskazywać na bardziej ugruntowane nawyki żywieniowe lub mniejsze zainteresowanie codziennym zdobywaniem wiedzy na ten temat. Osoby w wieku powyżej 51 lat wykazują znaczną tendencję do poszukiwania informacji przynajmniej raz w miesiącu, co może sugerować bardziej okazjonalne zapotrzebowanie na wiedzę związaną

z określonymi problemami zdrowotnymi lub zainteresowaniem sezonowymi aspektami zdrowia (Rysunek 13).

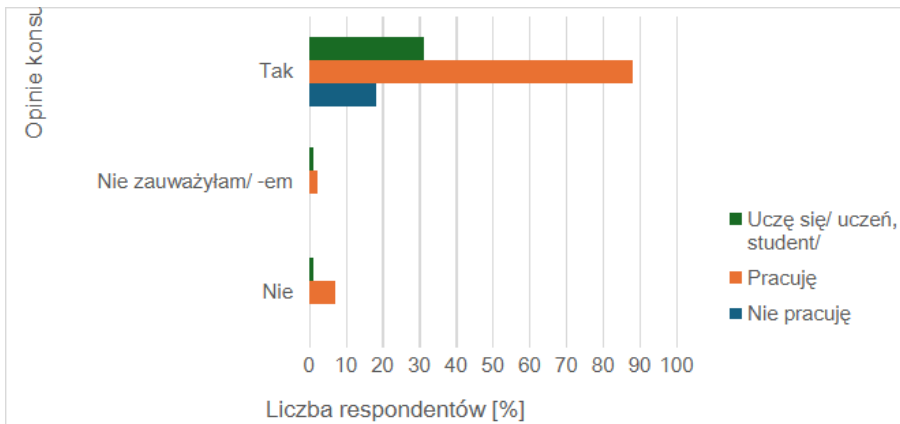
Wśród respondentów pojawiła się tendencja braku chęci do poszukiwań informacji na temat zdrowego odżywiania i wpływu żywności na zdrowie (37%). Najmniej głosów zanotowano w grupie wiekowej 18-25 lat (ok. 20%), co może świadczyć o ogólnie wyższej świadomości zdrowotnej tych osób. Wyniki mogą sugerować potrzebę zintensyfikowania kampanii edukacyjnych i informacyjnych skierowanych do osób w wieku powyżej 51 lat oraz tych, którzy rzadko lub wcale nie poszukują informacji, aby zwiększyć świadomość na temat znaczenia zdrowego odżywiania. Młodsze grupy wiekowe, które aktywnie korzystają z informacji codziennie, mogą skorzystać z nowoczesnych narzędzi, takich jak aplikacje mobilne i media społecznościowe, do promowania zdrowych nawyków żywieniowych.



Rysunek 11. Częstotliwość poszukiwania przez respondentów informacji na temat zdrowego odżywiania.

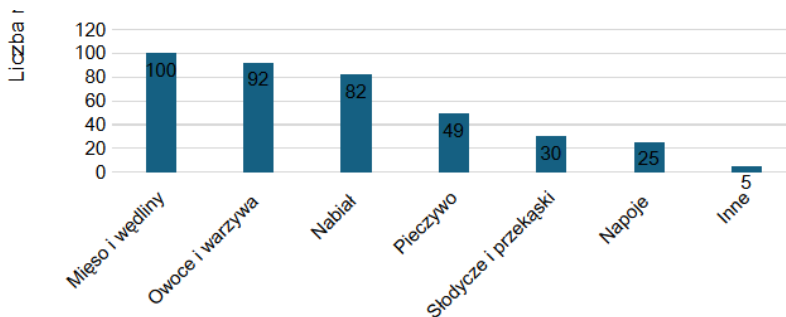
Zdecydowana większość respondentów zauważyła zmianę w swoich wydatkach na żywność. Największe zmiany w wydatkach na żywność w ostatnim roku zauważyły osoby pracujące (około 88%). Uczniowie/studenci oraz niepracujące osoby również dostrzegali zmiany, ale w mniejszym stopniu niż pracujący (Rysunek 12).

Wszyscy respondenci wydają najwięcej na mięso i wędliny. To sugeruje, że mięso i produkty mięsne stanowią fundamentalną część diety większości konsumentów. Na drugim miejscu najpopularniejszych produktów żywnościowych w strukturze wydatków, z wynikiem 92%, znajdują się owoce i warzywa. Wysoki odsetek w tej kategorii może odzwierciedlać rosnącą świadomość zdrowego odżywiania oraz preferencje za świeżymi, naturalnymi produktami. Nabiał, uzyskując 82% liczby respondentów, również jest istotną kategorią, co może wskazywać na jego rolę jako źródła białka i wapnia, istotnego dla różnych grup demograficznych, w tym dzieci i osób starszych. Pieczywo,



Rysunek 12. Zmiany wydatków przeznaczonych na artykuły żywnościowe zauważone przez respondentów.

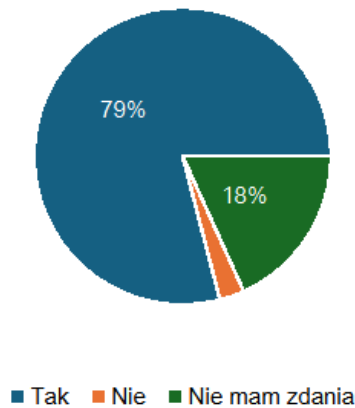
choć mniej popularne niż poprzednie produkty żywnościowe, wciąż jest znaczącym wyborem dla 49% konsumentów. Jego obecność na liście może świadczyć o jego roli jako podstawowego składnika wielu posiłków. Kategoria słodczy i przekąsek, z wynikiem 30%, wskazuje na to, że mniejsza, ale znacząca liczba konsumentów wydaje dużo na produkty mniej zdrowe. Może to być interesujący punkt dyskusji dotyczący trendów w niezdrowym odżywianiu. Podsumowując, wykres ten ukazuje, że większość konsumentów koncentruje swoje wydatki żywnościowe na podstawowych, niezbędnych produktach jak mięso, owoce, warzywa i nabiał, z mniejszym naciskiem na mniej istotne kategorie. Może to świadczyć o ogólnej tendencji w preferencjach zakupowych, która jest ważna dla firm działających na rynku żywnościowym oraz dla polityk zdrowotnych i żywieniowych (Rysunek 13).



Najpopularniejsze produkty żywnościowe w strukturze wydatków na żywność

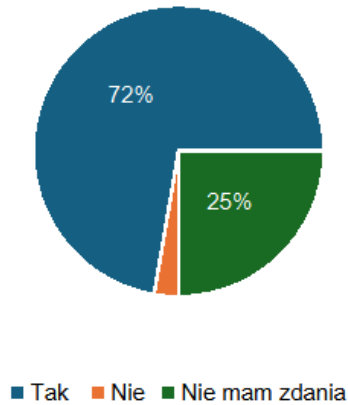
Rysunek 13. Produkty żywnościowe, na które zostaje przeznaczona największa ilość środków pieniężnych.

Badanie ankietowe pozwala zaobserwować 79% respondentów, którzy wskazali sieci handlowe jako miejsca do oferowania produktów rolnictwa zrównoważonego. To wskazuje na silne poparcie konsumentów dla praktyk rolniczych, które są przyjazne dla środowiska i zrównoważone. Tylko 3% respondentów była przeciwna tej koncepcji, co sugeruje, że argumenty przeciwko zrównoważonym produktom rolniczym mają ograniczony wpływ na ogólną opinię publiczną. 18% respondentów nie wyraziło zdania na ten temat. Ta grupa może potrzebować dodatkowych informacji lub być mniej świadoma kwestii związanych z zrównoważonym rolnictwem. Na podstawie badania można podkreślić znaczenie i rosnące zapotrzebowania na zrównoważone produkty w sektorze detalicznym. Można również zasugerować, że sieci handlowe, które zdecydują się na poszerzenie swojej oferty o produkty zrównoważone, mogą spotkać się z pozytywną reakcją konsumentów. Ponadto, istotne może być zwrócenie uwagi na potrzebę edukacji konsumentów znajdujących się w grupie niezdecydowanych, co mogłoby jeszcze bardziej zwiększyć poparcie dla zrównoważonego rolnictwa (Rysunek 14).



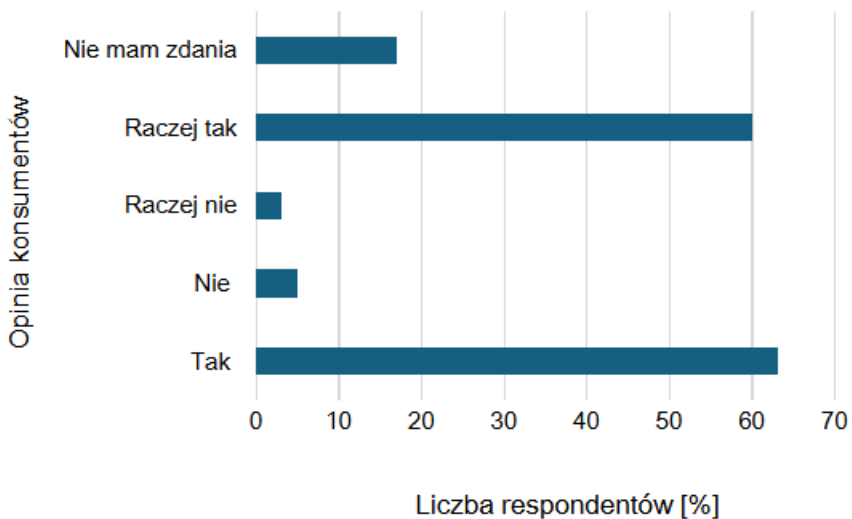
Rysunek 14. Udział respondentów [%] w opiniowaniu oferty produktów z rolnictwa zrównoważonego przedstawianej przez sieci handlowe.

Okolo 72% respondentów opowiada się za tym, aby producenci żywności korzystali z surowców z rolnictwa zrównoważonego. To podkreśla rosnące zapotrzebowanie na praktyki zrównoważone w całym łańcuchu dostaw żywności. Podobnie jak w poprzednim przypadku, tylko 3% respondentów jest przeciwna wykorzystywaniu surowców z rolnictwa zrównoważonego przez producentów żywności. To wskazuje na niewielki opór społeczny przeciwko zrównoważonemu rolnictwu. Okolo 25% respondentów nie ma zdania na ten temat. Ta grupa może być mniej świadoma korzyści związanych ze zrównoważonym rolnictwem lub potrzebuje więcej informacji, aby podjąć decyzję. Warto zwrócić uwagę na silne poparcie dla zrównoważonego rolnictwa wśród konsumentów oraz potencjalne korzyści, jakie mogą wynikać dla producentów żywności z uwzględnienia takich surowców w swojej ofercie.



Rysunek 15. Udział respondentów [%] w opiniowaniu możliwości korzystania przez producentów z surowców pochodzących z upraw rolnictwa zrównoważonego.

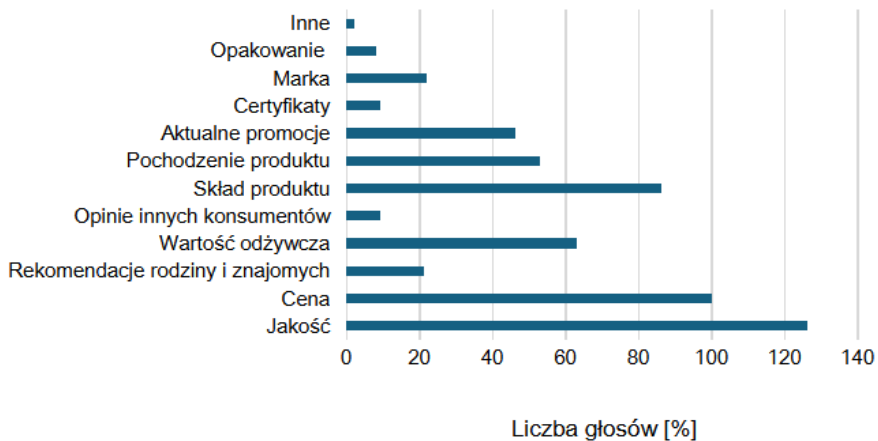
Największa grupa respondentów wyraźnie wykazała zainteresowanie produktami z rolnictwa zrównoważonego. Jest to pozytywny sygnał dla producentów i dystrybutorów, sugerujący, że produkty ekologiczne mogą być dobrze przyjmowane na rynku. Około 3% respondentów wyraziło brak zainteresowania takimi produktami. Może to wynikać z różnych czynników, takich jak cena, dostępność czy brak informacji na temat korzyści ze zrównoważonej produkcji. 25% respondentów nie ma zdania na ten temat, co może świadczyć o braku świadomości lub dostatecznych informacji na temat



Rysunek 16. Zainteresowanie respondentów zakupem produktów z rolnictwa zrównoważonego.

rolnictwa zrównoważonego. Na podstawie ankiety można z pewnym prawdopodobieństwem stwierdzić, że wielu konsumentów jest już gotowych na zakup produktów z rolnictwa zrównoważonego, co może stanowić zachętę dla firm do inwestowania w bardziej zrównoważone praktyki.

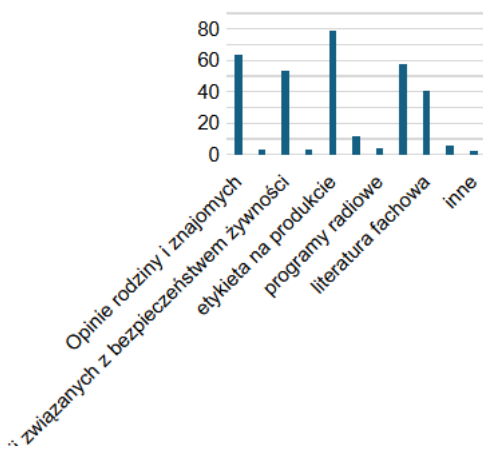
Analizując odpowiedzi respondentów na pytanie o czynniki decydujące o zakupie produktów spożywczych (Rysunek 17) zauważono, że jakość i cena produktu oraz jego skład i wartość odżywcza były w czołówce na liście oddanych głosów, co świadczy o tym, że konsumenci najbardziej cenią sobie jakość żywności, którą kupują. Jest to kluczowy czynnik decydujący o wyborze produktów.



Rysunek 17. Czynniki decydujące o zakupie produktów spożywczych przez respondentów.

Rekomendacje rodziny i znajomych wobec opinii innych konsumentów okazały się istotniejsze przy dokonywaniu zakupów. Pozwoliło to stwierdzić, że zdanie osób bliskich na temat żywności ma większy wpływ na decyzje zakupowe, ich opinia budzi większe zaufanie. Pochodzenie produktu wskazane przez respondentów jako istotny czynnik decyzyjny może odzwierciedlać rosnące zainteresowanie konsumentów lokalnymi produktami lub produktami z określonych regionów lub krajów, które są postrzegane jako lepszej jakości lub bardziej etyczne. Certyfikaty, takie jak ekologiczne czy fair trade, także są ważne dla wielu konsumentów, co wskazuje na rosnącą świadomość społeczną i ekologiczną. Opakowanie jest najmniej istotnym czynnikiem, ale wciąż ma wpływ przy zakupie żywności, co może odnosić się do aspektów wizualnych i funkcjonalnych lub do świadomości ekologicznej związanej z materiałami opakowaniowymi. Spostrzeżenia dokonane na podstawie odpowiedzi ankietowanych mogą być wykorzystane do podjęcia konkretnych działań poprzez wskazanie producentom obserwujących rynek żywności, jak ważne jest zrozumienie preferencji konsumentów i jak różnorodne są czynniki wpływające na ich wybory zakupowe. Skupienie się na jakości i pochodze-

niu produktów, wzmocnione odpowiednimi certyfikatami, może pomóc markom lepiej odpowiadać na oczekiwania rynku (Rysunek 17). W odpowiedziach respondentów na pytanie o wiarygodne źródła pozyskiwania informacji na temat żywności (Rysunek 18) opinie rodziny i znajomych cieszyły się największym zaufaniem wśród respondentów (około 64%). Wynikało to prawdopodobnie z bezpośrednich doświadczeń i rekomendacji, które są uważane za bardziej osobiste i wiarygodne. Instytucje i organizacje (około 53%), również zdobywają wysokie zaufanie. Konsumenty cenią sobie informacje pochodzące z oficjalnych i autorytatywnych źródeł, co może obejmować rządowe agencje zdrowotne, organizacje zajmujące się żywnością i bezpieczeństwem oraz inne podmioty regulacyjne. Etykiety na produktach, zawierające informacje takie jak skład, pochodzenie i certyfikaty, są kluczowym źródłem informacji i pomagają konsumentom dokonywać świadomych wyborów. W erze cyfrowej, informacje z Internetu, w tym strony specjalistyczne, fora i blogi, stanowią ważne źródło danych dla konsumentów, co świadczy o rosnącej roli cyfrowych mediów w edukacji na temat żywności. Wobec tej wiedzy etykiety na produktach powinny być jasne, przejrzyste i łatwe do zrozumienia. W najbliższej przyszłości można rozważyć zastosowanie na większą skalę inteligentniejszych etykiet, które z użyciem kodów QR czy aplikacji mobilnych udostępniają dodatkowe informacje, jak szczegóły o pochodzeniu produktu, metody produkcji czy wpływie na środowisko. Literatura fachowa, która może obejmować książki, naukowe artykuły i raporty, również zdobyła znaczące zaufanie u respondentów (około 41% odpowiedzi) jako źródło wiarygodnych informacji (Rysunek 18). Warto podkreślić, jak różnorodne i złożone są źródła, z których konsumenci czerpią informacje na temat żywności. Wskazanie, które źródła są najbardziej zaufane, pomoże w zrozumieniu, jakie kanały komunikacji należy wzmocnić, aby skutecznie docierać do konsumentów z wiarygodnymi informacjami. Publikowanie badań, raportów oraz prowadzenie blo-

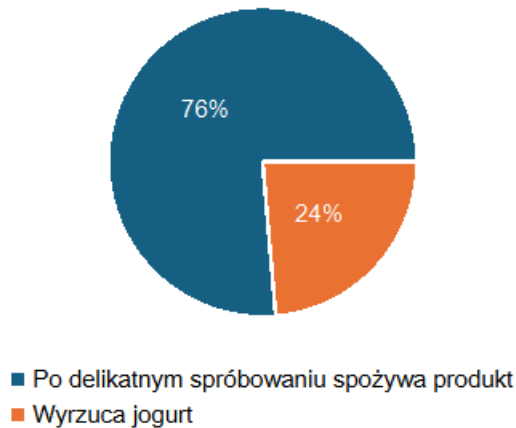


Rysunek 18. Wiarygodne źródła informacji dotyczące produktów żywnościowych według respondentów.

gów specjalistycznych może umocnić pozycję producenta jako eksperta w branży. Dla firm może to również oznaczać współpracę z naukowcami i ekspertami branżowymi w celu tworzenia solidnych, opartych na dowodach materiałach, które będą publikowane w wiarygodnych źródłach.

W przeprowadzonej ankiecie przedstawiono kilka scenariuszy, w których respondent miał podjąć decyzję o wyrzuceniu lub spożyciu żywności na podstawie dostępnych informacji, takich jak termin przydatności do spożycia lub cechy organoleptyczne produktu.

W pierwszym scenariuszu dotyczącym jogurtu, którego termin przydatności minął 3 dni temu, a opakowanie nie wskazywało na zmiany w produkcie, a i sam jogurt wyglądał normalnie, bez oznak zepsucia, zdecydowana większość respondentów stwierdziła, że w przypadku wątpliwości, co do jakości jogurtu, decyduje się na jego wyrzucenie. Może to świadczyć o ogólnym nastawieniu konsumentów do bezpieczeństwa żywnościowego i unikania ryzyka zatrucia czy innych problemów zdrowotnych. Mniejsza grupa respondentów wolała najpierw spróbować jogurt, zanim zdecydowała się o jego dalszym losie. To zachowanie może wskazywać na bardziej oszczędne podejście do żywności, gdzie konsument próbuje uniknąć marnowania i stosuje bardziej subiektywne metody oceny jakości produktu (Rysunek 19).



Rysunek 19. Decyzja konsumentów dotycząca przeterminowanego jogurtu.

W drugim scenariuszu (Rysunek 20) respondenci musieli zdecydować, co zrobić z bochenkiem chleba, na którym na jednej kromce pojawiła się pleśń, ale pozostałe kromki wyglądały dobrze. Większość respondentów zdecydowała się usunąć tylko zepsutą kromkę chleba i spożyć pozostałe. To zachowanie wskazuje na pragmatyczne podejście do marnowania żywności, gdzie konsument próbuje zminimalizować straty, jednocześnie zachowując resztę produktu do dalszego wykorzystania. 21% respondentów wybrało wyrzucenie całego bochenka chleba. To podejście może być motywowane



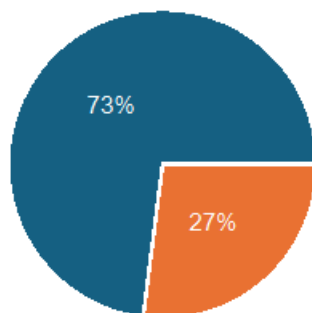
Rysunek 20. Decyzja konsumentów dotycząca spożycia chleba z widoczną pleśnią.

troską o bezpieczeństwo żywności, unikanie ryzyka związanego z możliwością rozprzestrzenienia się pleśni, której nie dostrzegano na pozostałych kromkach (Rysunek 20).

Dane odzwierciedlają różnorodność zachowań konsumentów w obliczu potencjalnego marnowania żywności i ich postaw wobec bezpieczeństwa żywnościowego. Warto również zwrócić uwagę na potrzebę edukacji na temat pleśni i innych zagrożeń związanych z żywnością, które mogą nie być widoczne gołym okiem. To może pomóc konsumentom podejmować bardziej świadome decyzje, które równoważą troskę o bezpieczeństwo żywności z redukcją marnotrawstwa żywności. Rozważając kwestie marnotrawstwa i bezpieczeństwa żywności, szczególnie w kontekście postępowania z żywnością potencjalnie zanieczyszczoną pleśnią, warto zrozumieć kilka kluczowych aspektów. Przede wszystkim pleśń na żywności nie tylko pogarsza jej jakość sensoryczną, ale może również produkować mykotoksyny, które są szkodliwe dla zdrowia. Nie wszystkie pleśnie są szkodliwe, ale niektóre, jak te produkujące aflatoksyny, mogą prowadzić do poważnych problemów zdrowotnych, w tym do uszkodzeń wątroby i potencjalnie do raka. Dlatego ważne jest, aby konsumenci mieli świadomość, że usunięcie widocznej pleśni z jednej kromki chleba nie zawsze gwarantuje, że reszta produktu jest wolna od pleśni lub toksyn. Warto także pamiętać, że choć bezpieczeństwo żywności jest priorytetem, istnieją strategie, które mogą pomóc zminimalizować marnowanie żywności, jednocześnie zapewniając bezpieczeństwo: Szkolenia w zakresie lepszego planowania zakupów i przechowywania żywności, aby unikać nadmiernego kupowania i gromadzenia żywności, prowadzącego do jej zepsucia także stają się uzasadnione. Promowanie wykorzystania żywności na różne sposoby, takie jak przyrządzanie zup czy gulaszów z resztek warzyw i mięs, które mogą być mniej wrażliwe na niewielkie niedoskonałości jest też bardzo dobrym rozwiązaniem. Zachęcanie do korzystania z aplikacji do dzielenia się żywnością z innymi również pomaga w efektywnym wykorzystaniu nadmiarów żywności przed jej zepsuciem.

Trzeci scenariusz w ankiecie dotyczył postępowania z nieotwartą puszką kukurydzy, której termin przydatności do spożycia minął 2 miesiące temu, przy czym puszka nie wykazywała żadnych oznak uszkodzenia i bombażu (Rysunek 21). Znaczna większość respondentów wolała wyrzucić puszkę z przeterminowaną kukurydzą. To zachowanie może wynikać z ostrożności i obaw o bezpieczeństwo żywności, pomimo braku widocznych oznak uszkodzenia puszki. Mniejsza liczba respondentów wybrała sprawdzenie zawartości puszki, oceniając ją po zapachu i wyglądzie. To podejście sugeruje bardziej oszczędne i potencjalnie bardziej świadome postępowanie z żywnością, przy czym decyzja o jej spożyciu oparta jest na bezpośredniej ocenie stanu produktu, a nie tylko na informacji o dacie przydatności do spożycia.

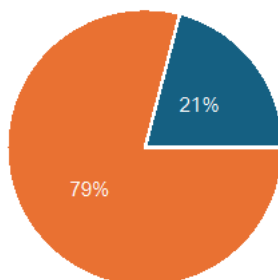
Wiele osób nie stosuje się do informacji na opakowaniu tj. „najlepiej spożyć przed” i „zużyć do”, co najprawdopodobniej często prowadzi do niepotrzebnego marnowania żywności.



- Decyduje się otworzyć puszkę i ocenić zawartość po zapachu i wyglądzie
- Wyrzuca puszkę

Rysunek 21. Decyzja konsumentów dotycząca spożycia przeterminowanej konserwy.

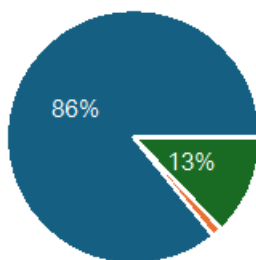
W czwartym scenariuszu respondenci mieli zadanie udzielić odpowiedzi na pytanie dotyczące ich decyzji w sytuacji, gdy mleko, którego termin przydatności do spożycia mija w dniu otwarcia produktu, ma nietypowy zapach, który nie jest wyraźnie zły, ale również nie tak świeży jak zazwyczaj. Zdecydowana większość respondentów (79%) zdecydowała się na wyrzucenie mleka. Ta decyzja może wynikać z obaw o bezpieczeństwo żywności, zwłaszcza gdy produkt wykazuje jakiegokolwiek odchylenia od normy, takie jak nietypowy zapach. Mleko jest produktem, który szybko się psuje, a wszelkie zmiany w zapachu mogą wskazywać na początki procesu psucia. Mniejsza grupa respondentów (21%) wybrała spożycie mleka, opierając się na terminie przydatności do spożycia i własnej ocenie zapachu. To podejście może wskazywać na większą tolerancję wobec niewielkich odchyżeń sensorycznych oraz chęć uniknięcia marnotrawienia żywności (Rysunek 22).



Spóżywa mleko
nie spóżywa mleka

Rysunek 22. Decyzja konsumentów dotycząca spożycia mleka o obniżonej jakości.

Ostatni, piąty scenariusz dotyczył postępowania respondentów z warzywami, które zaczęły wędnąć w miejscu przechowywania. Dominująca większość respondentów, zdecydowała się na wykorzystanie tych warzyw do przygotowania dań gotowanych, takich jak zupy. To podejście jest praktyczne i oszczędne, ponieważ gotowanie może odświeżyć nieco zwiędłe warzywa i sprawić, że nadal będą smaczne oraz bezpieczne do spożycia. Część respondentów (13%) wciąż wybiera spożywanie warzyw na surowo, co może sugerować, że warzywa nie straciły swojej atrakcyjności wizualnej lub smakowej na tyle, aby uniemożliwić ich spożycie w tej formie. Jest to również wyraz zaufania respondentów do własnej oceny jakości żywności. Tylko 1% ankietowanych zdecydowałaby się wyrzucić zwiędłe warzywa. To może świadczyć o wysokiej świadomości dotyczącej marnowania żywności wśród respondentów, gdzie wyrzucanie jedzenia jest traktowane jako ostateczność (Rysunek 23).



- Zużywa warzywa do dań gotowanych, np.. Zupy
- spożywa warzywa na surowo
- uznaje warzywa za nienadające się do spożycia i je wyrzuca

Rysunek 23. Decyzja konsumentów dotycząca spożycia warzyw o obniżonej jakości.

Według Grodzickiego (2024), w nowym raporcie „Consumer Food Insights” eksperci z Uniwersytetu Perdue przedstawili wyniki badania, w którym pytali konsumentów o takie kwestie, jak marnowanie żywności, bezpieczeństwo żywności i zakupy. W ramach badania konsumentom przedstawiono hipotetyczne scenariusze, w których musieliby podjąć decyzję o wyrzuceniu, bądź spożyciu żywności na podstawie dostępnych informacji. Badanie wskazało, że dla 30% konsumentów największe znaczenie ma jego bezpieczeństwo, a dla 45% - smak. Jeżeli chodzi o różnice międzypokoleniowe, badacze zaobserwowali, że osoby młodsze mają tendencję do zwracania większej uwagi na aspekty środowiskowe i społeczne kupowanych przez siebie produktów. Z kolei dla ankietowanych w starszym wieku częściej większe znaczenie miał smak. W kontekście bezpieczeństwa żywnościowego, troska o nie jest zdecydowanie wyższa wśród młodych osób dorosłych w porównaniu z przedstawicielami starszych pokoleń. Eksperci twierdzą, że najprawdopodobniej ma to związek z różnicami w dochodach. Brak bezpieczeństwa żywnościowego dotyka w przeważającej mierze osób o niższych dochodach, dlatego wynik ten nie był zaskakujący. Przedstawione w raporcie wyniki badania wykazują wiele podobieństw w postawach konsumentów w Polsce wobec marnowanie żywności, bezpieczeństwa żywności i decyzji zakupowych.

Podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonych badań i dostępnych danych w źródłach internetowych stwierdzono, że:

- Polscy konsumenci wykazują rosnące zainteresowanie produktami rolnictwa zrównoważonego, są gotowi płacić wyższe ceny za żywność lepszej jakości, lokalną i ekologiczną. Ok. 76% Polaków uważa, że producenci żywności powinni korzystać z surowców pochodzących z upraw rolnictwa zrównoważonego, a 82% uważa, że sieci handlowe powinny oferować takie produkty.
- Firmy mają wpływ na wyznaczanie standardów pracy i jakości surowca swoich dostawców, a także wspierają rolników poprzez dzielenie się wiedzą i praktykami wypracowanymi na rynkach międzynarodowych. Wielu odbiorców wymaga, aby surowiec pochodził w co najmniej 50% od dostawców posiadających certyfikaty zrównoważonego rolnictwa.
- Rolnicy różnie podchodzą do zmiany sposobu produkcji, co często wynika z braku wiedzy o opłacalności takich praktyk. Konieczne jest budowanie świadomości i dzielenie się wiedzą.
- Zmiany w gospodarstwach wymagają inwestycji, które mogą być postrzegane jako kosztowne (np. zakup precyzyjnych maszyn rolniczych czy systemów GPS). Ważne jest, aby firmy tworzyły atrakcyjne warunki i zachęty dla rolników, zapewniając im wyższą stawkę za surowce oraz wsparcie w uzyskiwaniu dofinansowania unijnego.

- Firmy powinny wspierać innowacyjne modele upraw oraz współpracę ze startupami i firmami technologicznymi, co przyciągnie młodsze pokolenia do rolnictwa. Wzrost automatyzacji i wykorzystanie robotów mogą zmniejszyć zapotrzebowanie na pracowników, co jest istotne w kontekście starzejącej się populacji rolników.
- Firmy wdrażają audyty i programy certyfikacji w gospodarstwach, co systematyzuje wymagania i zapewnia zgodność ze zrównoważonymi standardami. Budowanie stabilnych łańcuchów dostaw poprzez umowy kontraktacyjne z ceną gwarantowaną i bezpośrednią współpracę z rolnikami staje się coraz bardziej powszechne. Współpraca i partnerstwa z organizacjami promującymi zrównoważone rolnictwo są kluczowe.
- Wdrażanie zaawansowanych systemów wspomagania decyzji agronomicznych i biznesowych oraz innych rozwiązań cyfrowych może znacząco przyspieszyć rozwój rolnictwa zrównoważonego.

Literatura

- Balagtas J. Bryant E. 2024, Consumer Food Insights, Center for Food Demand Analysis and Sustainability, College of Agriculture, Purdue University
<https://ag.purdue.edu/cfdas/data-resources/consumer-food-insights/> dostęp: 15.05.2024
- Galler G. 2024, Decoding generational preferences in food values, taste and security, New Food Magazine, Purdue University, North America <https://www.newfoodmagazine.com/news/197404/decoding-generational-preferences-in-food-values-taste-and-security/> dostęp: 15.05.2024
- Grodzicki W. 2024, Młodsze pokolenia zwracają większą uwagę na środowiskowe i społeczne aspekty kupowanej żywności, Składniki Żywności, FoodFakty <https://www.foodfakty.pl/mlodsze-pokolenia-zwracaja-wieksza-uwage-na-srodowiskowe-i-spoleczne-aspekty-kupowanej-zywnosci> dostęp: 21.04.2024
- Ślęczka K. Bojańczyk M. Kopyść A. Skwarzec M. Suchecki K., 2021, Zrównoważona żywność w Polsce – Raport, Polskie Stowarzyszenie Zrównoważonego Rolnictwa i Żywności, str. 1-27.
- Śmiechowska M. 2016, Marnotrawstwo żywności a zrównoważona konsumpcja w gospodarstwach domowych. Próba oszacowania marnotrawstwa pieczywa, Handel Wewnętrzny, Akademia Morska w Gdyni, 1(360), str. 151-160.

Katarzyna Dołęgowska

Uniwersytet Warmińsko- Mazurski w Olsztynie, Wydział Nauki o Żywności
Studenckie Koło Naukowe Technologów Przetwórstwa Surowców Roślinnych
Opiekun koła: dr hab. inż. Małgorzata Tańska, prof. UWM

PREFERENCJE KONSUMENTÓW W ZAKRESIE SPOŻYCIA CZEKOLADY

Wstęp

Jak podaje załącznik 1 Szczegółowe wymagania w zakresie jakości handlowej dla wyrobów kakaowych i czekoladowych, do rozporządzenia Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 4 grudnia 2002 r. (poz. 1813), „Czekolada jest wyrobem otrzymanym z wyrobów kakaowych i cukrów, zawierającym nie mniej niż 35% suchej masy kakaowej, w tym: 1) nie mniej niż 18% tłuszczu kakaowego; 2) nie mniej niż 14% beztłuszczowej suchej masy kakaowej” [6]. Wiadomo jednak, że czekolady zawierają wyżej wymienione składniki w różnych proporcjach, a także są wzbogacane różnymi dodatkowymi składnikami, jak np. czekolada mleczna, która zawiera mleko lub produkty mleczne, a jej zawartość suchej masy kakaowej wynosi nie mniej niż 25%, zaś suchej masy beztłuszczowej nie mniej niż 2,5%; czekolada biała z dodatkiem mleka lub produktów mlecznych, w której zawartość tłuszczu kakaowego jest nie mniejsza niż 20% oraz tłuszczu mlecznego jest 3,5%, ale nie zawierająca suchej masy kakaowej [5]. W związku z różnym składem czekolad cechują się one różnymi walorami smakowo-zapachowymi oraz wyglądem, dzięki czemu konsumenci mają na rynku szeroki wybór produktów czekoladowych. Aby jeszcze bardziej wpasować się w gusta społeczeństwa, producenci wprowadzili do swoich wyrobów różnego rodzaju nadzienia lub dodatki. Warto zauważyć, że konsumenci mają różne preferencje dotyczące nadzienia czekolady, np. jedni wolą nadzienia płynne, inni stałe, a jeszcze inni chętniej wybierają czekolady z dodatkami. Dlatego producenci nieustannie poszerzają asortyment swoich produktów, by zadowolić najbardziej wymagających konsumentów.

Czekolada jest bardzo popularnym produktem spożywczym zarówno wśród dorosłych, jak i dzieci, co potwierdzają informacje podane przez dyrektora zarządzającego firmy Wedel Macieja Hermana, że „rynek czekolady w Polsce wzrósł pomiędzy lipcem 2022 r. a czerwcem 2023 r. o 17,3% wartościowo do 10,32 mld zł, zaś ilościowo wzrost

sięgnął 2,3%”, który ponadto dodał, że w 2022 r. spożycie czekolady w Polsce wyniosło ok. 5,9 kg na osobę [7]. Jak można przeczytać w raporcie „Rynek słodczy. Aktualna sytuacja i perspektywy” sporządzonym przez Martynę Górecką, starszą specjalistkę do spraw analiz sektorowych firmy mBank, wyroby czekoladowe w 2022 r. stanowiły niemal połowę polskiego rynku słodczy [1].

Cel badań

Celem przeprowadzonych badań było określenie preferencji konsumenckich dotyczących spożycia czekolady wśród ludzi w różnym wieku i z różnych miejsc zamieszkania. Dodatkowo sprawdzono, czy istnieją zależności między miejscem zamieszkania, wiekiem i liczbą dzieci w rodzinie a upodobaniami do danego rodzaju czekolad, a także zbadanie, co w znacznym stopniu kieruje konsumentami przy zakupie czekolady oraz jaki mają stosunek do czekolad marek własnych.

Materiał i metody

Materiał badań stanowiły dane będące wynikiem badań ankietowych przeprowadzonych w okresie od 23.12.2023 r. do 11.01.2024 r. wśród ludzi w różnym wieku i pochodzących z różnych miejsc zamieszkania. Objęto nim 117 osób, a badanie przeprowadzono metodą wywiadu bezpośredniego za pomocą kwestionariusza autorskiej ankiety. Respondentom zadano pytania o wiek, płeć, miejsce zamieszkania i ilość dzieci, aby uzyskać środowiskowy czynnik, względem którego można porównać odpowiedzi ankietowanych na takie pytania jak:

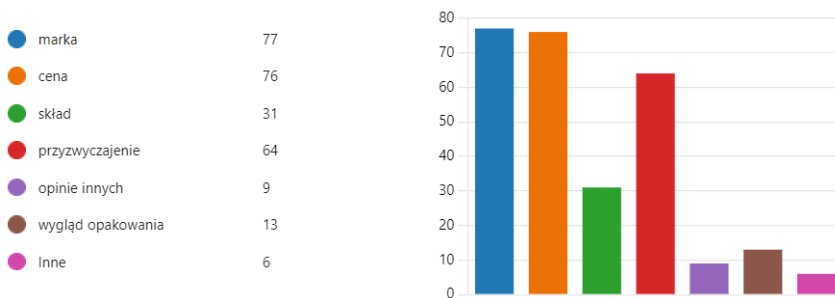
- Gdzie Pan/Pani najczęściej kupuje czekolady?
- Na co zwraca Pan/Pani uwagę przy kupnie czekolady?
- Czy kupuje Pan/Pani czekolady marek własnych sieci sklepów, np. Magnetic?
- Czy uważa Pan/Pani, że czekolady marek własnych są gorszej jakości?
- Jakiej firmy najczęściej kupuje Pan/Pani czekolady?
- Czy kupuje Pan/Pani czekolady bez nadzienia?
- Jakie czekolady bez nadzienia Pan/Pani preferuje?
- Czy kupuje Pan/Pani czekolady nadziewane?
- Jakie czekolady nadziewane Pan/Pani preferuje najbardziej?
- Jaki rodzaj nadzienia Pan/Pani preferuje?
- W jakim celu najczęściej kupuje Pan/Pani czekolady?
- W jakim okresie kupuje Pan/Pani najwięcej czekolady?

Wyniki i dyskusja

Grupie 117 osób w różnym wieku zadano 16 pytań, dzięki którym poznano ich preferencje dotyczące wyboru czekolady. Jako pierwsze, o co zapytano ankietowanych, to ich płeć i stwierdzono, że udział w badaniu wzięły głównie kobiety (81% ankietowanych). Badanie przeprowadzono wśród ludzi z różnych grup wiekowych, lecz głównie były to osoby w przedziale wiekowym 20-30 lat (74 osoby ze 117 ankietowanych, w tym 57 kobiet i 17 mężczyzn). Wśród respondentów znalazły się również 22 osoby w wieku 14-19 lat, 14 osób w wieku 31-40 lat oraz 7 osób w wieku powyżej 40 lat. Ankietowanym zadano również pytania dotyczące miejsca zamieszkania oraz ilości dzieci w gospodarstwie domowym. Jak się okazało, wśród ankietowanych było 37 osób zamieszkujących na wsi, 11 mieszkających w małych miastach, 34 osoby wskazały, że mieszkają w średnich miastach i 35 osób pochodziło z dużych miast. Jeśli chodzi o ilość dzieci, to znaczna część, bo aż 76 osób odpowiedziało, iż nie ma dzieci, 22 osoby przyznało, że ma jedno dziecko, z kolei dwójkę lub trójkę dzieci miało w obu przypadkach po 7 osób, zaś posiadanie powyżej trójki dzieci potwierdziło 5 osób.

Z zebranych danych wynika, że znaczna część, bo aż 94% badanych kupuje czekoladę w super- i hipermarketach, 6% ankietowanych przyznało, że kupuje tego typu wyroby w sklepach małopowierzchniowych, zaś za kupnem czekolad w sklepach internetowych nie opowiedział się żaden z badanych. Co więc wpływa na to, gdzie osoby poddane badaniu kupują czekolady? Na to pytanie można odpowiedzieć dzięki kolejnemu pytaniu znajdującemu się w ankiecie, a mianowicie pytaniu o to, co determinuje wybór danego produktu czekoladowego spośród tak szerokiej gamy asortymentu. W tym pytaniu respondenci mogli wybrać więcej niż jeden czynnik, jednak przeważająca część głosów rozłożona była między czynnikami takimi jak cena, marka i przyzwyczajenie. Z badań przeprowadzonych przez Jeżewską-Zychowicz i in. [2] również wynika, że ważnymi czynnikami determinującymi zakup czekolady są cena i marka, ale w cytowanych badaniach najistotniejsze okazały się walory smakowe tego produktu (wybór 85,0% ankietowanych). Jeśli znaczna część ankietowanych w niniejszych badaniach wybrała taki czynnik jak cena, to nasuwają się wnioski wskazujące, dlaczego są oni najbardziej skłonni wybierać jako miejsce zakupu tego słodkiego przysmaku hiper- i supermarkety. W tego typu sklepach zazwyczaj znajduje się szeroki asortyment produktów, dzięki czemu każdy konsument może znaleźć swoją ulubioną markę lub rodzaj czekolady. Dodatkowo, dzięki często stosowanym promocjom i upustom w tego typu sklepach, konsumenci chętniej kupują wyroby czekoladowe. Z badań wynika, że niezależnie od wieku konsumenci stawiają te czynniki na najwyższym poziomie, a więc wiek nie jest tym, co determinuje to, z jakiego powodu ludzie wybierają dane czekolady. W przypadku miejsca zamieszkania sytuacja wygląda podobnie, a więc to, czy konsument mieszka na wsi, w małym, średnim czy dużym mieście, nie wpływa na wybór danego rodzaju czekolady. Ponadto nie zauważono zależności pomiędzy czynni-

kami, na które kupujący zwraca uwagę podczas zakupu, a rodzajem sklepu, w którym dokonuje zakupu czekolady. Niezależnie od sklepu ankietowani wskazali, że najbardziej zwracają uwagę na markę (77 głosów), cenę (76 głosów) i przyzwyczajenie (64 głosy) (rys. 1). Szczegółowa analiza pytania „Na co zwraca Pan/Pani uwagę przy kupnie czekolady?” wykazała, że niektóre czynniki mogą być bardziej znaczące w zależności od płci, miejsca zamieszkania bądź też zależne od ilości dzieci. W przeciwieństwie do tego, czego można było się spodziewać, więcej mężczyzn niż kobiet odpowiednio 18,2% i 3,2% zadeklarowało, że zwraca uwagę na wygląd opakowań. Płeć męska także znacznie większą wagę przywiązuje do ceny produktu (45% badanych mężczyzn wybrała tę cechę jako znaczącą i tylko 14% spośród badanych kobiet). W przypadku cechy, jaką jest marka, zarówno kobiety, jak i mężczyźni zadeklarowali, że zwracają na tę cechę uwagę, dokonując zakupu czekolady. Porównując dane dotyczące wyboru cechy przewodzącej podczas kupna czekolady i ilość dzieci w gospodarstwie domowym, można przypuszczać, że wraz ze zwiększeniem ilości dzieci w gospodarstwie wzrasta waga, jaką respondenci przykładają do ceny. Wyniki ankiety sugerują, że największą ilość osób zwracających uwagę na cenę stanowiły osoby będące w grupie ludzi mających trójkę dzieci. Osoby posiadające jedno dziecko stwierdziły, że największą wagę przykładają do marki czekolady, podobnie jak osoby nieposiadające dzieci. Respondenci przy tym pytaniu mieli również możliwość dopisania swoich sugestii tego, co według nich definiuje wybór czekolady przez nich samych. Istotnym czynnikiem okazał się „smak”. Niewątpliwie jest to ważne kryterium, które definiuje wybory konsumenckie nie tylko w dziedzinie czekolad, ale również w przypadku wielu produktów spożywczych.

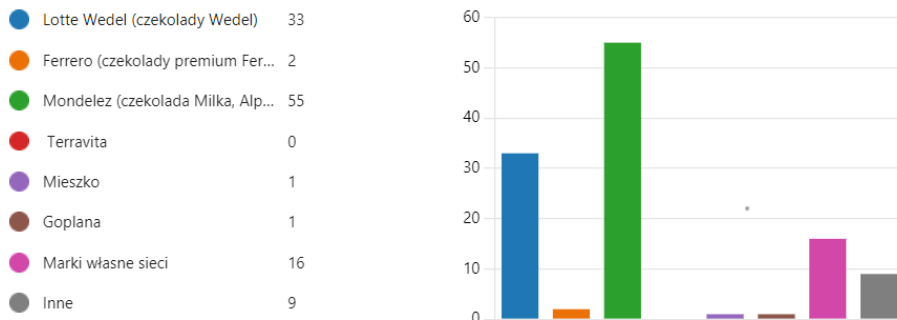


Rysunek 1. Odpowiedzi ankietowanych (liczba osób, które wskazały poszczególne odpowiedzi) na pytanie: „Na co zwraca Pan/Pani uwagę przy kupnie czekolady?”

Aby lepiej poznać preferencje ankietowanych, zadano im pytania odnośnie do preferencji czekolady marek własnych i stosunku konsumentów do tego typu wyrobów. Jak się okazało, 65% ankietowanych odpowiedziało twierdząco na pytanie o to, czy kupuje czekolady marek własnych, a ponadto 86% spośród tych osób uważa, że czekolady te nie są jakościowo gorsze od czekolad znanych marek. Można by podejrzewać, że czekolady marek własnych zważywszy na niższą cenę, będą kupowane przez

osoby posiadające większą ilość dzieci, a także mieszkające na wsiach i w mniejszych miastach. Jednak to założenie okazało się nieprawdziwe, gdyż spośród ankietowanych tego rodzaju produkty kupują głównie osoby nieposiadające dzieci, a miejsce zamieszkania nie jest tu także czynnikiem determinującym ten wybór, gdyż głosy są rozłożone dość równomiernie. Zatem nasuwa się logiczny wniosek, że czekolady marek własnych cieszą się popularnością wśród kupujących, a ich jakość zdaniem ankietowanych jest zadowolająca. Odmienne wnioski wysunęła w swoich badaniach Taranko [8], ponieważ bardziej pozytywne opinie wyrażali biorący udział w badaniach konsumenci wobec marek czekolad należących do producentów niż marek stworzonych przez sieci handlowe.

Respondentów zapytano także, której z firm produkujących czekolady wyroby kupują najczęściej. Znaczącą przewagę (59 głosów) miały tutaj czekolady firmy Mondelez, do której należą między innymi czekolada Milka, Alpen Gold, Toblerone (rys. 2), co potwierdza badania przeprowadzone przez zespół strony PanParagon.pl [4] i zespół mBank [1], że jest to najbardziej popularna na rynku wyrobów cukierniczych firma produkująca czekolady. Co do następnych w kolejności w „rankingu” popularności marek czekolad dane zarówno zawarte na stronach internetowych wspomnianych powyżej, jak i wyniki przeprowadzonych badań są dość rozbieżne.



Rysunek 2. Odpowiedzi ankietowanych (liczba osób, które wskazały poszczególne odpowiedzi) na pytanie: „Jakiej firmy najczęściej kupuje Pan/Pani czekolady?”

Analizując odpowiedzi na pytanie o najczęściej wybierane firmy, wśród których czekolady marek własnych wybrało jako najczęściej kupowane 16 osób, a także poprzednie pytania zadane konsumentom, można znaleźć potwierdzenie tego, że czekolady marek własnych sieci są również częstym wyborem kupujących. Na podobne tendencje wskazują również dane dostępne na stronie Paragon.pl [4]. Ankietowani wyrazili również swoje pozytywne opinie o jakości tych czekolady, gdyż na pytanie „Czy uważa Pan/Pani, że czekolady marek własnych są gorszej jakości?” aż 58% ankietowanych odpowiedziało przecząco. Można by przypuszczać, że o wyborze tych produktów może decydować bardziej korzystna cena niż cena produktów markowych. Również w tym

przypadku odpowiedzi nie były zgodne z przypuszczeniami. Nie wszyscy deklarujący wybór czekolad marek własnych jako wybierane najczęściej wskazali, że to cena czekolady jest tym, na co najbardziej zwracają uwagę przy jej wyborze. Chociaż cena niewątpliwie często warunkuje wybory konsumentów, to jedynie 1,9% ankietowanych zadeklarowało, że kupuje czekolady marek własnych wyłącznie ze względu na niższą cenę. Ciekawie wygląda sytuacja wśród osób, które nie kupują tego rodzaju czekolad. Z zebranych informacji wynika, że spośród tych ankietowanych 11 osób uważa, że czekolady marek własnych są złej jakości, 10 osób twierdzi, że są one jakości dobrej, zaś aż 20 osób stwierdziło, że nie ma zdania na ten temat. Zastanawiające jest, co wynika z takich opinii, jednak wyjaśnienie tego zjawiska wymagałoby dalszych badań.

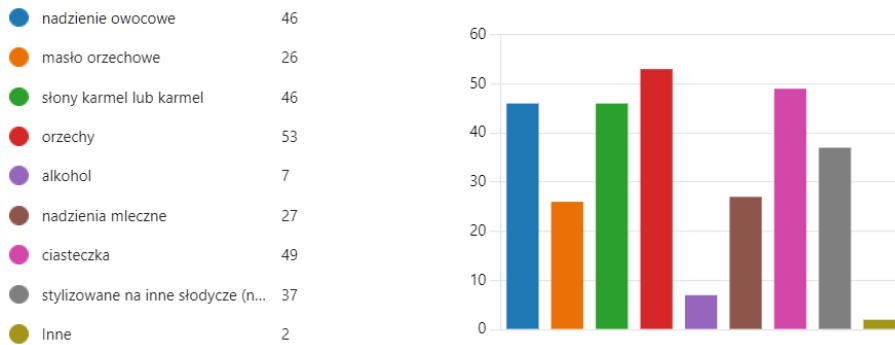
Ankietowanych zapytano także o bardziej szczegółowe preferencje co do kupowanych czekolad. Okazuje się, że znaczna część ankietowanych, bo aż 91% często kupuje czekolady bez nadzienia. Spośród tych kupowanych najbardziej preferowane są czekolady mleczne, które są najbardziej popularne niezależnie od grupy wiekowej, a wybrało je aż 59% preferujących czekolady bez nadzienia (Rys. 3). Duża liczba ankietowanych (85%) przyznała, że kupuje również czekolady nadziewane i spośród tej grupy największą popularnością cieszą się czekolady ze składnikami stałymi takimi jak np. ciasteczka czy różnego rodzaju orzechy (36%). Wyniki ankiety pokazały, że 23% kupujących czekolady nadziewane preferuje nadzienia stałe, zaś 21% płynne, pozostali przyznali, że lubią nadzienia mieszane.



Rysunek 3. Odpowiedzi ankietowanych (liczba osób, które wskazały poszczególne odpowiedzi) na pytanie: „Jakie czekolady bez nadzienia Pan/Pani preferuje?”

Na rynku dostępnych jest wiele różnych dodatków urozmaicających smak czekolady, jednak wśród ankietowanych największą popularnością cieszą się nadzienia takie jak orzechy, słony karmel oraz karmel, ciasteczka, a także nadzienia owocowe. Najmniej lubiane wśród ankietowanych okazały się czekolady nadziewane alkoholem, których preferowany wybór zadeklarowało 7 osób (rys. 4).

Na podstawie uzyskanych danych można zauważyć tendencję, że każda z badanych grup wiekowych w największym stopniu preferowała inne rodzaje nadzienia. Respondenci w wieku od 14-19 lat najwięcej głosów oddali na słony karmel lub karmel oraz orzechy (po 11 osób), osoby w wieku 20-30 lat zadeklarowały, iż najbardziej lubią nadzienie z ciasteczek (36 osób), osoby w przedziale wiekowym 31-40 lat najbardziej pre-



Rysunek 4. Odpowiedzi ankietowanych (liczba osób, które wskazały poszczególne odpowiedzi) na pytanie: „Jaki rodzaj nadzienia Pan/Pani preferuje?”

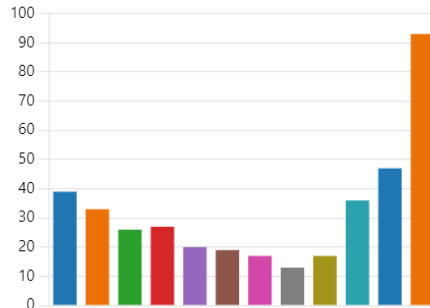
ferują nadzienia orzechowe i owocowe (8 osób), zaś osoby powyżej 40 lat wskazywały słony karmel lub karmel oraz różne nadzienia owocowe jako nadzienia preferowane (po 2 osoby). W tym pytaniu również respondenci mieli możliwość dopisania swoich ulubionych dodatków wypełniających czekolady nieuwzględnionych w ankiecie. Dwie osoby skorzystały z tej możliwości i dopisały nadzienie kokosowe oraz truskawki.

Analizując odpowiedzi na pytania o preferencje dotyczące nadzienia czekolad, stwierdzono również pewną zależność w odniesieniu do miejsca zamieszkania. Wśród ludzi zamieszkujących tereny wiejskie orzechy są najbardziej preferowanym nadzieniem, w małych miastach najbardziej lubiane są czekolady ze słonym karmelem i karmelem, mieszkańcy średnich miast chętnie wybierają czekolady z orzechami, ale także z ciasteczkami, zaś w dużych miastach najbardziej lubiane są czekolady z nadzieniami owocowymi.

Zauważono także, że osoby nieposiadające dzieci najbardziej preferują nadzienia z orzechów i ciasteczek. Co ciekawe, to właśnie osoby nieposiadające dzieci w największej ilości zadeklarowały upodobanie do czekolady z alkoholem. Osoby posiadające jedno dziecko zadeklarowały, że ich ulubionymi nadzieniami są słony karmel lub karmel oraz nadzienie orzechowe. Ludzie posiadający dwójkę dzieci najbardziej preferują nadzienia z karmelu lub słonego karmelu, ale także z ciasteczkami. Wśród osób posiadających trójkę dzieci najbardziej popularne są czekolady z nadzieniem orzechowym oraz owocowym. Nadzienia z owoców są też najbardziej popularne wśród osób z ilością dzieci większą niż troje.

W odpowiedzi na pytanie o cel najczęstszych zakupów czekolady znacząca część ankietowanych, bo aż 76%, przyznała, że kupuje czekolady w celu bezpośredniej konsumpcji. Z kolei 20% ankietowanych zadeklarowało, że kupuje je w celu obdarowania kogoś. Dane uzyskane podczas badań ankietowych dotyczące okresu, w którym ankietowani najczęściej kupują czekolady, pokazują, że produkty te są najchętniej kupowane w okresach świątecznych (głównie w grudniu) (Rys. 5). Potwierdza to, że ludzie chętniej sięgają po tego typu wyroby, by dzielić się „słodką radością” z bliskimi. Nie

● styczeń	39
● luty	33
● marzec	26
● kwiecień	27
● maj	20
● czerwiec	19
● lipiec	17
● sierpień	13
● wrzesień	17
● październik	36
● listopad	47
● grudzień	93



Rysunek 5. Odpowiedzi ankietowanych (liczba osób, które wskazały poszczególne odpowiedzi) na pytanie: „W jakim okresie kupuje Pan/Pani najczęściej czekolady?”

wykluczone jest też, że może to wynikać z większego zapotrzebowania organizmu na węglowodany w okresie zimowym.

Podsumowanie

Czekolada jest bardzo popularnym produktem żywnościowym, zarówno wśród osób starszych, jak i młodszych. Preferencje wyboru czekolady są bardzo indywidualną cechą, na którą ma wpływ wiele czynników. W obecnych czasach, jak można zauważyć na podstawie wyników ankiety, chętniej kupowane są czekolady bez nadzienia, zwłaszcza mleczne. Spośród czekolad nadziewanych, konsumentom najbardziej odpowiada smak karmelowy bądź też słonego karmelu, najlepiej zamknięty w czekoladzie mlecznej. Konsumentom generalnie częściej wybierają produkty znanych marek, ale również marki własne cieszą się zainteresowaniem ze względu na dobre opinie o ich jakości. Czynniki, które najsilniej wpływają na zakup danego rodzaju czekolady, są cena, marka i przyzwyczajenia. Przeprowadzone badania sugerują, że w wyborze rodzaju czekolady mogą mieć również znaczenie inne czynniki, np. płeć, wiek czy miejsce zamieszkania.

Bibliografia

- [1] Górecka M. 2022. Rynek słodczy. Aktualna sytuacja i perspektywy. <https://www.mbank.pl/pdf/firmy/inne/raport-slodczye.pdf> (dostęp 2024.03.17).
- [2] Jeżewska-Zychowicz M., Jeznach M., Kosicka-Gębska M. 2010. Zachowania młodych konsumentów na rynku czekolady i batonów-wybrane aspekty. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu

- Szczecińskiego. *Problemy Zarządzania, Finansów i Marketingu*, (16 Tendencje zachowań konsumentów na regionalnym rynku): 247–258.
- [3] Kowalczyk A. 2022. Jaki produkt może być sprzedawany pod nazwą czekolada? *Inspekcja Jakości Handlowej Artykułów Rolno-Spożywczych. Wiedza i Jakość* 2(67)/2022: 16–18.
 - [4] Najczęściej kupowane marki czekolad w Polsce. Raporty 18.05.2023. <https://panparagon.pl/blog/najchetniej-kupowane-czekolady-sprawdz-czy-twoja-ulubiona-jest-w-top-10/> (dostęp 2024.03.17).
 - [5] Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 14 marca 2008 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie szczegółowych wymagań w zakresie jakości handlowej wyrobów kakaowych i czekoladowych (dostęp 2024.03.17).
 - [6] Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 4 grudnia 2002 r. w sprawie szczegółowych wymagań w zakresie jakości handlowej wyrobów kakaowych i czekoladowych (dostęp 2024.03.17).
 - [7] Supernak B. 2023. Wartość rynku czekolady w Polsce wzrosła o 17,3% do 10,32 mld zł w 2022/2023. <https://inwestycje.pl/biznes/wartosc-ryнку-czekolady-w-polsce-wzrosła-o-173-do-1032-mld-zł-w-2022-2023/> (dostęp 2024.03.17).
 - [8] Taranko T. 2016. Postawy konsumentów wobec marek producentów i marek własnych detalistów na rynku czekolady w Polsce. *Problemy Zarządzania* 1/2016(57): 119–179.
 - [9] Wargocka B. 2024. Przegląd rynku. Rynek czekolady. <https://markethub.pl/rynek-czekolady/> (dostęp 2024.03.17).

Dominika Gąska

Uniwersytet Morski w Gdyni, Wydział Zarządzania i Nauk o Jakości

Koło Naukowe Towaroznawstwa Cargo

e-mail: dominikagaska@interia.eu

Opiekun koła: dr inż. Natalia Żak

Opiekun naukowej pracy: dr inż. Agnieszka Palka

PORÓWNAWCZA OCENA JAKOŚCI WYBRANYCH OWOCÓW JAGODOWYCH ŚWIEŻYCH I MROŻONYCH

Wstęp

Szybsze zamrażanie skutkuje powstaniem małych kryształków lodu i lepszą jakością mrożonej żywności. Czas zamrażania definiuje się jako czas potrzebny na obniżenie temperatury produktu od wartości początkowej do wartości docelowej w jego centrum termicznym lub czas, jaki upłynął od początku zamrożenia do zamrożenia całego produktu. Dlatego też szybkość zamrażania można oszacować jako:

- różnicę pomiędzy początkową i końcową wartością temperatury produktu podzieloną przez czas zamrażania lub
- odległość powierzchni od środka termicznego podzieloną przez czas, jaki upłynął by osiągnąć temperaturę ośrodka cieplnego do -15°C , gdy temperatura powierzchni wynosi 0°C [1].

Szybkość zamrażania to ogólny termin używany do względnego porównania operacji zamrażania. Szybkości zamrażania różnią się w zakresie od 0,2 do 100 cm w zastosowaniach komercyjnych. Powolne zamrażanie, np. zamrażanie masowe w komorach chłodniczych, mieści się w zakresie od 0,2 do 0,5 cm h⁻¹. Zamrażarki nadmuchowe i płytowe działają w zakresie szybkiego zamrażania (0,5–3 cm h⁻¹). Ważna jest także temperatura przechowywania zamrożonej żywności, a obniżenie temperatury przechowywania prowadzi do poprawy jakości mrożonej żywności [2]. W literaturze można znaleźć wyczerpujące informacje na temat wpływu temperatury zamrażania i przechowywania na zawartość składników odżywczych w owocach i warzywach. Ilość danych bezpośrednio porównujących świeże i mrożone owoce oraz warzywa jest bardzo ograniczona, przy czym większość danych pochodzi sprzed co najmniej 20–30 lat, kiedy

to pewne metody oznaczania witamin i innych składników odżywczych również były ograniczone. Doniesienia dotyczące zatrzymywania składników odżywczych podczas przechowywania w stanie zamrożonym również mogą być sprzeczne. Najczęstsze zmiany fizyczne podczas zamrażania żywności to modyfikacja objętości komórek, przemieszczanie się wody, uszkodzenia mechaniczne i pękanie zamrożeniowe, oparzenie zamrażarki i rekrytalizacja lodu. Zmiany chemiczne to reakcje enzymatyczne, denaturacja białek, utlenianie lipidów i utrata witamin [3].

Komórkowe materiały spożywcze ogólnie odnoszą się do świeżej żywności z żywych tkanek, takich jak: tkanki roślinne i zwierzęce, które składają się z dobrze zorganizowanych struktur komórkowych. Owoce i warzywa, mięso, owoce morza itp. to typowe komórkowe materiały spożywcze. Aby zachować jakość i bezpieczeństwo świeżej żywności komórkowej, w przemyśle spożywczym stosuje się wiele technik, takich jak pakowanie, suszenie, chłodzenie, zamrażanie itp. Wśród nich najpopularniejszą techniką konserwowania jest zamrażanie [4].

Jagody są znane ze swoich właściwości bioaktywnych, takich jak działanie przeciwutleniające, ochrona układu sercowo-naczyniowego, właściwości przeciwcukrzycowe, właściwości poprawiające wzrok oraz hamowanie karcynogenezy i mutagenezy. Borówki, maliny i jeżyny są doskonałym źródłem fitochemikaliów, o których uważa się, że mają istotne znaczenie aktywności biologicznej. W ciągu ostatniej dekady duże zainteresowanie skupiło się na jagodach ze względu na ich wysoki poziom antocyjanów i właściwości przeciwutleniających. Stwierdza się istotną korelację między zdolnością przeciwutleniającą a całkowitą zawartością antocyjanów i fenoli w jagodach. W wielu badaniach oceniano zawartość fenoli w różnych jagodach i stwierdzono znaczące różnice w zawartości antocyjanów, fenoli i zdolności przeciwutleniającej pomiędzy różnymi gatunkami. Antocyjany powiązano z właściwościami przeciwutleniającymi wielu pospolitych małych upraw owocowych i scharakteryzowano je jako mające znaczący korzystny wpływ na różne choroby [1].

Antocyjany miały największe działanie antyproliferacyjne, w porównaniu z kwasami fenolowymi, flawonolami i garbnikami. Donoszono, że związki fenolowe z ekstraktów z jagód wykazują szeroki zakres ochronnych korzyści zdrowotnych, które mogą zmniejszać czynniki ryzyka związane z niektórymi rodzajami nowotworów, chorobami układu krążenia i innymi chorobami zwyrodnieniowymi. Tylko niewielki procent jagód trafia na świeży rynek, a większość jagód trafia do zamrożonych lub konserwowanych. Mrożone jagody można następnie przetwarzać na dżemy, przeciery, galaretki i soki. Zmiany zawartości przeciwutleniaczy i barwy zachodzą w mrożonych jagodach w wyniku reakcji utleniająco-redukcyjnych zachodzących w owocach [2]. Na zmiany te wpływa początkowa jakość jagód, obróbka surowca przed zamrożeniem, metody mrożenia, warunki przechowywania (temperatura i wilgotność względna), czas przechowywania zamrożonych jagód oraz jakość pojemnika. Ze względu na stwierdzoną wysoką zawartość przeciwutleniaczy w przypadku borówek przetwórcy borówek poszukują skutecznych technik przetwarzania, takich jak IQF (szybkie zamrażanie indywidualne),

aby jeszcze bardziej zoptymalizować ilość przeciwutleniaczy zatrzymywanych w produkcie końcowym. Zamrażanie jagód wydłuża okres dostępności owoców. Jagody są często spożywanymi produktami roślinnymi, które pochodzą z kwiatów roślin nasiennej. Stanowią ważny składnik naszej diety ze względu na ich smak, wartość odżywczą i zdrowotne właściwości [5]. Owoce występują w różnych kształtach, rozmiarach, smakach i kolorach, co sprawia, że są atrakcyjne dla ludzi i stanowią źródło witamin, minerałów oraz błonnika. Dary natury w postaci jagód są często wytworzone z jajo-watego zalążka rozwijającego się w jajniku kwiatowym po zapłodnieniu. Wewnętrzna struktura owoców może obejmować miąższ, pestki lub nasiona oraz skórkę. Owoce są roślinami jedno- lub wielonasiennymi, co oznacza, że mogą zawierać pojedyncze lub wiele nasion. Wartość odżywcza owoców różni się w zależności od gatunku, ale są one często bogate w witaminy, minerały, antyoksydanty i błonnik. Te soczyste owoce bogate w antyoksydanty, neutralizują wolne rodniki, działają przeciwwirusowo i korzystnie wpływają na układ sercowo-naczyniowy. Co więcej, poprawiają wzrok oraz zapobiegają owrzodzeniom układu pokarmowego. Dodatkowo, ich właściwości ochronne pomagają zapobiegać powstawaniu nowotworów. Zdecydowanie wyjątkowe dobroczynne właściwości czynią owoce jagodowe nie tylko smacznym dodatkiem do naszej diety, ale także cennym wsparciem dla naszego zdrowia. Owoce z tej wyjątkowej grupy mają również zastosowanie w przemyśle kosmetycznym, gdzie świetnie sprawdzają się jako składniki nawilżające i odżywiające skórę [6].

Cel pracy

Celem badań była charakterystyka wybranych cech jakościowych owoców jagodowych świeżych i poddanych procesowi przechowywania w warunkach zamrażalniczych.

Materiał i metody

Materiałem badawczym były wybrane owoce jagodowe: borówki, maliny i truskawki. Ocenie podano owoce świeże i owoce mrożone. Owoce świeże i mrożone zakupiono w popularnej sieci handlowej na terenie Trójmiasta. Owoce świeże, zapakowane były w opakowania jednostkowe typowe dla danego produktu. Borówki zapakowane były w opakowania plastikowe o gramaturze ok. 500 g, natomiast maliny zapakowane były w łubianki o pojemności 250 g, natomiast truskawki w łubianki o pojemności ok. 1 kg. Owoce mrożone – borówki i maliny, zapakowane były w opakowania jednostkowe o pojemności 280 g, a truskawka w opakowania o gramaturze 450 g. Zakupione produkty natychmiast przewieziono do laboratorium Katedry Zarządzania Jakością, Uniwersytetu Morskiego w Gdyni i poddano natychmiastowej ocenie. Badanie pH,

kwasowości, zawartości witaminy C oraz karta oceny sensorycznej stanowiły kluczowe elementy organizacji i przeprowadzenia badań mających na celu porównawczą ocenę jakości owoców jagodowych w formie świeżej i mrożonej.

2. Wyniki

Próbki owoców jagodowych w obu formach – świeżej i mrożonej – zostały starannie przygotowane i podzielone na odpowiednie grupy. Każda grupa zawierała próbki różnych gatunków owoców jagodowych. Pomiar pH przeprowadzono w laboratorium KZJ z wykorzystaniem pH-metru. To badanie zostało wykonane zgodnie z normami i procedurami laboratoryjnymi, zapewniając precyzyjne wyniki. Uzyskane wyniki pH zostały poddane analizie, która miała na celu określenie ewentualnych istotnych różnic w kwasowości między owocami jagodowymi w formie świeżej i mrożonej. Wyniki te stanowiły istotny element analizy jakości owoców.

Skala pH to ilościowa skala kwasowości i zasadowości roztworów wodnych związków chemicznych. Skala ta jest oparta na aktywności jonów wodorowych H⁺ w roztworach wodnych. Poziom pH badanych owoców jagodowych przedstawiono w tabeli 1. Największe pH w owocach jagodowych stwierdzono w owocach truskawki. W świeżych owocach jest to pH na poziomie 3,37, natomiast w produktach rozmrożonych 3,33. pH Maliny świeżej wyniosło 2 oraz 2,98 w produktach rozmrożonych, natomiast w borówkach świeżych 2,74, a 2,81 w zamrożonych. Z wyjątkiem truskawki widać wzrost poziomu pH w owocach zamrażanych.

Tabela 1. Oznaczenie pH w owocach jagodowych

Produkt	Oznaczenie pH	
	Owoce świeże	Owoce przechowywane w warunkach zamrażalniczych – rozmrożone
Borówka	2,74 ± 0,03*	2,81 ± 0,02*
Malina	2,92 ± 0,03*	2,98 ± 0,04*
Truskawka	3,37 ± 0,03*	3,33 ± 0,05*

*SD - odchylenie standardowe

Źródło: opracowanie własne.

Ocenę kwasowości wykonano przy użyciu metody miareczkowania z użyciem wskaźników. Metoda polega na miareczkowaniu próbki roztworem wodorotlenku i sprawdzaniu zmian zabarwienia roztworu. W laboratorium KZJ odważono 40 g rozdrobionych owoców, do tego dodano 100 ml wody destylowanej. Tak przygotowaną

próbkę zagotowano w kolbie Erlenmayera w 100°C. Następnie odłożono na 15 minut w celu ostudzenia próbki. Po upływie tego czasu przesączono, a następnie pobrano 25 ml przesączu do kolby Erlenmayera z szeroką szyjką. Miareczkowano 0,01N NaOH wobec fenoloftaleiny. Wykonano oznaczenie w trzech powtórzeniach dla każdego rodzaju owocu. Poziom kwasowości badanych owoców jagodowych przedstawiono w tabeli 2. Na podstawie przeprowadzonej oceny kwasowości stwierdzono, że owoce świeże zawierają wyższą kwasowość niż owoce przechowywane w warunkach zamrażalniczych – rozmrożone. Największą zawartością kwasowości w owocach świeżych jagodowych charakteryzowała się borówka – 1,38 %. Natomiast najmniejszą truskawka – 0,88°SH.

Tabela 2. Oznaczenie kwasowości w owocach jagodowych

Produkt	Oznaczenie kwasowości %	
	Owoce świeże	Owoce przechowywane w warunkach zamrażalniczych – rozmrożone
Borówka	1,38 ± 0,03*	1,02 ± 0,04*
Malina	1,25 ± 0,05*	1,00 ± 0,03*
Truskawka	0,88 ± 0,03*	0,75 ± 0,05*

* SD - odchylenie standardowe

Źródło: opracowanie własne.

W owocach przechowywanych w warunkach zamrażalniczych a następnie rozmrożonych stwierdzono, że największą kwasowością charakteryzowały się owoce borówki, (1,02°SH), a najmniejszą owoce truskawki (0,75°SH). Zarówno w owocach świeżych, jak i rozmrożonych truskawka i borówka charakteryzują się największą, jak i najmniejszą wartością kwasowości. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że duże różnice w kwasowości owoców determinowane były prawdopodobnie procesem zamrażalniczego przechowywania owoców.

Oznaczenie zawartości witaminy C wykonano przy użyciu 2% roztworu kwasu szczawiowego i roztworu mianowanego 2,6-dichlorofenolindofenolu. W zlewce o pojemności 100 cm³ odważono 10 g produktu i dodano 50 cm³ 2% kwasu szczawiowego. Tak przygotowaną próbkę przeniesiono ilościowo do kolby miarowej o pojemności 100 cm³ i uzupełniono do kreski 2% roztworem kwasu szczawiowego. Wymieszano i pobrano 10 cm³ wyciągu do kolby stożkowej. Pobrany wyciąg miareczkowano 2,6-dichlorofenolindofenolem do momentu aż wystąpiło lekkie zabarwienie, które utrzymywało się 30 sekund. Miareczkowanie powtórzono trzykrotnie dla każdego owocu i obliczono średnią arytmetyczną z ilości użytego barwnika. W taki sam sposób wykonano próbę odczynnikową, używając wody destylowanej i 2% kwasu szczawiowego zamiast produktu spożywczego. Zawartość witaminy jako kwasu L-askorbinowego wyrażono w mg/100 g produktu obliczono według wzoru (1):

$$x = \frac{V \cdot V_0 \cdot M \cdot 100}{V \cdot a} \quad (1)$$

gdzie:

V – objętość odczynnika Tillmansa zużyta do miareczkowania;

V₀ – objętość całkowita sporządzanego wyciągu;

V₁ – objętość wyciągu wzięta do miareczkowania;

M – miano odczynnika Tillmansa;

a – naważka produktu.

Witamina C, występująca w owocach w tym również w owocach jagodowych, zapobiega wielu chorobom dzięki posiadanym właściwościom przeciwzapalnym, przeciwwirusowym, przeciwbakteryjnym, przeciwnowotworowym, zapobiegającym zakrzepom, miazdżycy naczyń krwionośnych oraz przeciwdziałają reakcjom alergicznym i obniżają poziom cholesterolu. Witamina C istotna jest także dla właściwego funkcjonowania układu odpornościowego, gdyż uczestniczy w procesach immunomodulacyjnych oraz stymuluje syntezę interferonu. Ponadto, witamina C przyczynia się do zwiększenia odporności poprzez aktywność komórek NK oraz limfocytów B i T, które oprócz zwalczania patogenów eliminują również komórki nowotworowe. Zawartość witaminy C badanych owoców jagodowych przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Oznaczenie zawartości witaminy C w owocach jagodowych

Produkt	Oznaczenie zawartości witaminy C	
	Owoce świeże	Owoce przechowywane w warunkach zamrażalniczych – rozmrożone
Borówka	780 ± 26*	520 ± 26*
Malina	1170 ± 26*	910 ± 26*
Truskawka	2080 ± 52*	1300 ± 52*

* SD - odchylenie standardowe

Źródło: opracowanie własne.

Na podstawie przeprowadzonej oceny zawartości witaminy C stwierdzono, że owoce świeże charakteryzowały się wyższą zawartością witaminy C niż owoce rozmrożone. Największą zawartość witaminy C w owocach świeżych stwierdzono w truskawkach – 2080 mg/100 g, natomiast najmniejszą w borówkach – 780 mg/100 g. Taką samą zależność stwierdzono w owocach rozmrożonych. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono duży spadek zawartości witaminy C w truskawce rozmrożonej w porównaniu z truskawką świeżą. Porównując uzyskane wyniki z badaniami prowadzonymi, stwierdzono, że badane owoce świeże i mrożone różnych producentów charakteryzują się zbliżoną zawartością witaminy C z badanymi owocami jagodowymi.

Dyskusja

Na podstawie uzyskanych wartości poziomu pH w owocach jagodowych stwierdzono, że proces mrożenia nieznacznie wpływa na poziom pH owoców jagodowych, co oznacza, że zachowują one swoją jakość smakową. Niższym poziomem kwasowości charakteryzowały się owoce mrożone niż owoce świeże. Stwierdzono różnice występujące w wartościach kwasowości w zależności od rodzaju owoców. Zaobserwowano, że owoce świeże charakteryzowały się większą zawartością witaminy C niż owoce rozmrożone. W związku z powyższym, owoce jagodowe należy poddawać jak najkrótszemu procesowi strat mrożenia w celu uniknięcia strat witamin. Mrożone owoce i warzywa są zwykle zbierane w momencie ich szczytowej dojrzałości, a następnie poddawane procesowi blanszowania, który polega na krótkim gotowaniu, aby zminimalizować utratę składników odżywczych. Podobnie jak w przypadku chłodzenia, mrożenie owoców i warzyw znacznie wydłuża ich trwałość, jednocześnie zachowując ich oryginalny smak. Nie można przecenić wygody mrożonych produktów, ponieważ często są one wstępnie przetworzone (obrane, pokrojone i gotowe do ugotowania). Co więcej, kupowanie mrożonych owoców i warzyw hurtowo, przechowywanie ich i ponowne zamykanie w razie potrzeby może przyczynić się do ograniczenia marnowania żywności. Jednakże zamrożenie produktów może zmienić ich zawartość odżywczą. Witaminy rozpuszczalne w wodzie, takie jak witamina C i B, mogą zostać wypłukane podczas początkowego procesu blanszowania. Ponadto zbyt długie przechowywanie produktów w zamrażarce może spowodować odparzenia owoców, podczas którego pękają ściany komórkowe. W kompleksowym, dwuletnim badaniu naukowcy sprawdzali poziom składników odżywczych w świeżych, mrożonych i „świeżo przechowywanych” owocach i warzywach. Zespół przeanalizował wpływ różnych sposobów przechowywania na poziom kwasu foliowego, trans- β -karetenu (formy witaminy A) i kwasu L-askorbinowego (witaminy C) w brokułach, kalafiorze, kukurydzy, fasoli szparagowej, groszku zielonym, szpinaku, jagodach i truskawkach. Co zaskakujące, badanie wykazało, że w większości przypadków różne metody przechowywania nie powodowały znaczących różnic w poziomach składników odżywczych. Chociaż każdy owoc lub warzywo reagował inaczej na różne metody przechowywania, autorzy doszli do wniosku, że różnice te były marginalne. Podobnie w innym badaniu porównano poziom kwasu askorbinowego, ryboflawiny, α -tokoferolu i β -karetenu w kukurydzy, marchwi, brokułach, szpinaku, grochu, fasolce szparagowej, truskawkach i jagodach schłodzonych i zamrożonych. Badanie to przyniosło podobne wnioski, wskazując, że mrożonki często miały porównywalną, a czasami wyższą, zawartość witamin w przypadku większości analizowanych witamin w porównaniu ze świeżymi produktami.

Prawidłowo przeprowadzone zamrażanie żywności uważane jest za jedną z najlepszych metod zachowania składników odżywczych i zachowania pożądanych właściwości organoleptycznych żywności podczas przechowywania. Sam proces zamrażania nie ma wpływu na witaminy, poza być może niewielką stratą, mniejszą niż 10% wi-

taminy C, i zachowują one stabilność w zamrożonej żywności przez okres roku lub dłużej. Zamrożenie należy jednak poprzedzić blanszowaniem z opisanymi wcześniej ubytkami. W rezultacie często różnica między zawartością witamin w gotowej żywności, oryginalnie zamrożonej lub świeżej, jest niewielka. Jednakże owoce i warzywa wymagane do zamrożenia są zbierane i przetwarzane w stanie pełnej dojrzałości owoców. W związku z tym żywność może mieć wyższą zawartość witamin po zamrożeniu i ugotowaniu niż ugotowana na świeżo. Podobnie zimne przechowywanie żywności sprzyja zachowaniu jej wartości odżywczych.

Bibliografia

- [1] Babicz M., Leja M., Szymczak G., 2016, Wpływ metody przygotowania i parametrów procesu suszenia na skład chemiczny suszu z jagód borówki wysokiej (*Vaccinium corymbosum* L.), (w:) *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, nr 5(54), s. 35–45.
- [2] Bieniek-Majka M., 2021, Consumption of fruit and vegetables in the European Union and its potential environmental and health consequences, (w:) *Zagadnienia Doradztwa Rolniczego, Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie. Oddział w Poznaniu, Tom. 1, (107)*, s. 45.
- [3] Czarnieckiej-Skubiny E., 2011, Przetwory owocowe i warzywne, (w:) *Technologia żywności cz. 2 Technologie kierunkowe tom 1, Red. 31. Czarnieckiej-Skubiny E., Wydawnictwo Format-AB, Warszawa*, s. 1–334.
- [4] Komolka P., Górecka D., 2017, Wpływ obróbki cieplnej na strukturę wybranych warzyw i owoców, (w:) *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego, Wyższa Szkoła Menadżerska*, nr 2, s. 67–73.
- [5] Kwaśniewska-Karolak I., Mostowski R., 2018, Zmiany wybranych parametrów jakościowych truskawek (*Fragaria x ananassa* D.) podczas chłodniczego i zamrażalniczego przechowywania, (w:) *Chłodnictwo: organ Naczelnej Organizacji Technicznej, T. (R.53)*, nr 2, s. 20–23.
- [6] Tkaczewska J., Skoczylas Ł., 2015, Wartość odżywcza i zawartość witamin w wybranych owocach jagodowych, (w:) *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, nr 5(100), s. 83–91.

Kinga Karwacka

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Wydział Nauki o Żywności
Naukowe Koło Technologów Mleczarstwa e-mail: 152789@student.uwm.edu.pl
Opiekun koła: dr inż. Marika Bielecka

WPŁYW SZTUCZNEJ INTELIGENCJI NA INNOWACJE W BRANŻY SPOŻYWCZEJ

Wstęp

Temat sztucznej inteligencji (AI – ang. *Artificial Intelligence*) jest aktualnie badany w wielu kontekstach, zarówno teoretycznych, jak i praktycznych. To wynika z faktu, że różne podmioty rynkowe, nie tylko zaawansowane technologicznie firmy produkcyjne i usługowe, ale także przedsiębiorstwa z branży rolniczo-spożywczej oraz konsumenci, codziennie korzystają z osiągnięć sztucznej inteligencji. Używają jej w codziennych sytuacjach, takich jak obsługa telefonu komórkowego czy różnorodnych aplikacji, często nieświadomi faktu, jakiego konkretnego narzędzia czy algorytmu właśnie używają [1]. Sztuczna inteligencja od dłuższego czasu znajduje zastosowanie w wielu firmach z branży spożywczej. Obecnie jednak sztuczna inteligencja zaczyna wchodzić w obszary, które dotychczas były domeną ludzkich zespołów, takie jak działania marketingowe, analiza danych sprzedażowych, wnioskowanie czy tworzenie innowacyjnych koncepcji reklamowych. Z jednej strony, sztuczna inteligencja stanowi wyzwanie dla wymienionych obszarów, ale z drugiej, otwiera drzwi do bardziej interesujących, kompleksowych podejść do promocji produktów spożywczych. W branży spożywczej priorytetem jest zapewnienie bezpieczeństwa żywności, co wymusza pewne ograniczenia dotyczące swobodnego łączenia składników i działania z nieograniczoną kreatywnością [2].

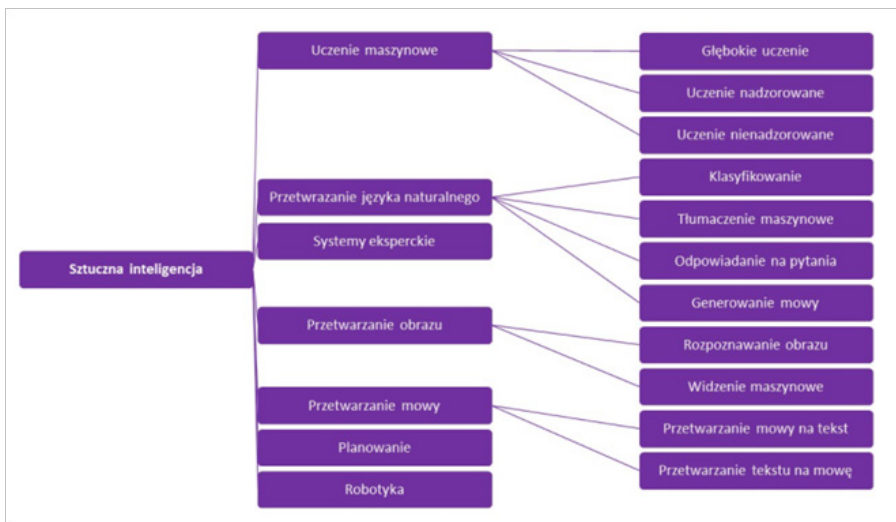
Cel pracy

Celem niniejszej pracy było przeprowadzenie systematycznego przeglądu źródeł internetowych w celu zidentyfikowania produktów spożywczych wytworzonych przy użyciu sztucznej inteligencji, aby zrozumieć sposoby wykorzystania sztucznej inteli-

gencji w procesie produkcji żywności oraz ocenić ich wpływ na innowacyjność branży spożywczej.

Definicja sztucznej inteligencji

Definicja sztucznej inteligencji jest próbą zakreślenia obszaru wiedzy obejmującego m.in. sieci neuronowe, robotykę, modelowanie inteligentnych zachowań oraz tworzenie programów komputerowych, które symulują te zachowania. W skład tej definicji wchodzi również uczenie maszynowe (*machine learning*), głębokie uczenie (*deep learning*) oraz uczenie wzmacnione (*reinforcement learning*). Z kolei w raporcie „Game-changing technologies: Transforming production and employment in Europe” [3] tematyka sztucznej inteligencji jest ujęta w schemacie, który przedstawia rysunek 1.



Rysunek 1. Schemat tematyki sztucznej inteligencji

Źródło: <https://www.gov.pl/web/ai/czym-jest-sztuczna-inteligencja2> [dostęp 16.05.2024] .

W dokumentach Komisji Europejskiej z kolei sztuczną inteligencję określa się jako: „Systemy, (...) zaprojektowane przez ludzi oprogramowania (i ewentualnie również sprzęt), które, biorąc pod uwagę złożony cel, działają w wymiarze fizycznym lub cyfrowym, postrzegając swoje środowisko poprzez pozyskiwanie danych, interpretując zebrane ustrukturyzowane lub nieustrukturyzowane dane, rozumując na podstawie wiedzy lub przetwarzając informacje, uzyskane z tych danych i decydując o najlepszym działaniu (działaniach), jakie należy podjąć, aby osiągnąć dany cel. Systemy AI mogą wykorzystywać reguły symboliczne lub uczyć się modelu numerycznego, a tak-

że dostosowywać swoje zachowanie poprzez analizę wpływu poprzednich działań na środowisko” [3].

Ewolucja wykorzystania

Rozwój sztucznej inteligencji to jedna z najbardziej fascynujących i dynamicznie rozwijających się gałęzi technologii. Od czasów jej powstania w latach 50. ubiegłego wieku, gdy po raz pierwszy pojawiły się koncepcje AI, miało miejsce wiele zmian. W połowie XX wieku, dokładnie w 1956 roku, termin „sztuczna inteligencja” został wprowadzony przez znanego naukowca komputerowego, Johna McCarthy’ego. McCarthy jest powszechnie określany mianem „ojca sztucznej inteligencji” z uwagi na jego istotny wkład i długotrwałe zaangażowanie w rozwój tej dziedziny [4].

Konferencja, która miała miejsce w Dartmouth latem 1956 roku, jest powszechnie uznawana za początek rozwoju sztucznej inteligencji jako samodzielnej dziedziny. Podczas tego wydarzenia grupa naukowców, w tym McCarthy, wysunęła tezę, że każdy proces związany z uczeniem się lub innym rodzajem inteligencji może być dokładnie opisany w taki sposób, że maszyna będzie mogła być zaprogramowana do ich symulacji. W 1957 roku Frank Rosenblatt zaprezentował perceptron, pierwszy model sztucznej sieci neuronowej. Perceptron reprezentował prosty algorytm zdolny do uczenia się i podejmowania podstawowych decyzji, co stanowiło początkowy krok w rozwoju bardziej złożonych systemów AI [4].

ELIZA, program opracowany przez Josepha Weizenbauma na Massachusetts Institute of Technology (MIT) w 1966 roku, jest jednym z wczesnych przykładów sztucznej inteligencji zdolnej do prowadzenia dialogu w języku naturalnym, choć miała ona ograniczone możliwości. Program symulował rozmowę, analizując wprowadzane przez użytkownika dane i generując odpowiedzi zgodnie z zdefiniowanymi regułami [4].

Pod koniec lat 60. i na początku lat 70. XX wieku zaobserwowano spadek entuzjazmu wokół sztucznej inteligencji, co przyczyniło się do wystąpienia tzw. „zimy AI”. Ten okres był efektem zbyt dużych oczekiwań, trudności finansowych oraz ograniczeń technologicznych, które hamowały dalszy rozwój tej dziedziny. Mimo napotykanych trudności, naukowcy kontynuowali badania nad AI. Zaczęły powstawać nowe metody, takie jak algorytmy przeszukiwania, systemy oparte na wiedzy eksperckiej oraz podejścia logiczne, mające na celu przezwyciężenie ograniczeń wcześniejszych systemów AI. Te prace stanowiły fundamenty dla nowocześniejszych metod sztucznej inteligencji, które zaczęły rozwijać się w kolejnej dekadzie [4].

W 1997 roku IBM Deep Blue, superkomputer stworzony do gry w szachy, osiągnął znaczący sukces, pokonując w pojedynku ówczesnego mistrza świata Garry’ego Kasparova. Ten moment okazał się przełomowy dla AI, prezentując zdolność maszyn do podejmowania strategii oraz taktyki na poziomie, który wcześniej uznawano wyłącznie za domenę ludzką [4]. Pod koniec lat 80. i na początku lat 90. XX wieku nastąpił roz-

wój technologii sieci neuronowych i uczenia maszynowego, co znacząco wpłynęło na AI. Te postępy umożliwiły komputerom proces uczenia się z danych, co zaowocowało stworzeniem bardziej wyrafinowanych i adaptacyjnych systemów AI. Zwiększenie mocy obliczeniowej komputerów, postęp w dziedzinie technologii pamięci masowej oraz rozwój Internetu w latach 90. doprowadziły do przyspieszenia rozwoju AI. Nowe technologie umożliwiły przetwarzanie większych ilości danych oraz złożonych obliczeń, co było niezbędne dla funkcjonowania zaawansowanych modeli sztucznej inteligencji [4].

W 2011 roku system AI IBM Watson, mający zdolność do przetwarzania języka naturalnego, odniósł zwycięstwo w teleturnieju Jeopardy, pokonując dwóch ludzkich mistrzów. To wydarzenie wyraźnie pokazało, jak znacząco zaawansowana była wtedy sztuczna inteligencja w rozumieniu oraz przetwarzaniu języka naturalnego. Pięć lat później, w 2016 roku, program AlphaGo stworzony przez Google DeepMind, zwyciężył mistrza świata w grę Go. To wydarzenie stanowiło wielkie wyzwanie dla AI ze względu na ogromną liczbę możliwych ruchów w tej grze. Sukces programu AlphaGo wyraźnie pokazał, jak daleko posunęła się sztuczna inteligencja w zrozumieniu złożonych strategii i podejmowaniu decyzji [4].

W ostatnich latach nastąpił znaczący rozwój w obszarze modeli generatywnych, takich jak GPT-3 opracowany przez OpenAI. Te modele posiadają zdolność generowania tekstów trudnych do odróżnienia od tych pisanych przez ludzi, co świadczy o znaczącym postępie w dziedzinie przetwarzania języka naturalnego oraz generowania treści [4].

Głównymi obszarami, w których sztuczna inteligencja w przemyśle może znaleźć swoje zastosowanie, są [5]:

- kontrola jakości,
- poprawa bezpieczeństwa,
- innowacje produktów i usług,
- odkrywanie nowych zależności oraz przewidywanie przyszłych zagrożeń,
- poprawa procesów, np. optymalizacja procesu produkcyjnego [4].

Personalizacja i marketing w branży spożywczej przy wykorzystaniu AI

Segmentacja grupy docelowej jest kluczowym elementem strategii marketingowych. Skuteczne kampanie reklamowe wymagają wiedzy na temat tożsamości naszych klientów oraz ich specyficznych potrzeb zakupowych. Wykorzystanie segmentacji klientów opartej na sztucznej inteligencji przynosi doskonałe rezultaty w branży e-commerce, gdzie konkurencja jest wysoka. AI przetwarza duże ilości danych, takie jak historie zakupów, preferencje, dane demograficzne oraz zachowania klientów. W ten sposób możliwe jest wyodrębnienie różnorodnych grup odbiorców na podstawie ich podo-

bieństw oraz odkrycie ukrytych wzorców. Algorytmy uczenia maszynowego automatycznie analizują te dane i generują segmenty klientów [6].

Personalizacja treści pozwala marketerom dostarczać odbiorcom komunikaty dostosowane do ich indywidualnych potrzeb, preferencji oraz zachowań. Sztuczna inteligencja odgrywa kluczową rolę w dostosowywaniu komunikacji i ofert w różnych segmentach. Na podstawie analizy danych dotyczących zachowań klientów, AI może generować spersonalizowane wiadomości, rekomendacje produktów czy oferty promocyjne, które najlepiej odpowiadają konkretnym grupom odbiorców. Reklamy są wyświetlane tylko osobom, które wykazują największe zainteresowanie danymi produktami lub usługami. Sztuczna inteligencja umożliwia emitowanie treści zawierających spersonalizowane komunikaty oraz obrazy, co prowadzi do zwiększenia skuteczności kampanii reklamowych i uzyskania wyższego zwrotu z inwestycji. Firmy takie jak Facebook, Spotify, Amazon czy Starbucks od dawna stosują personalizację treści na szeroką skalę. Wraz z nimi mniejsze firmy korzystają z nowoczesnych narzędzi automatyzujących działania marketingowe. Obecnie narzędzia oparte na sztucznej inteligencji są dostępne w różnym stopniu dla wielu marek [6].

Ostatnie narzędzia marketingowe, wykorzystujące algorytmy sztucznej inteligencji umożliwiają automatyzację wielu procesów marketingowych takich, jak wysyłka spersonalizowanych wiadomości e-mail, zarządzanie kampaniami reklamowymi w mediach społecznościowych oraz analiza wyników kampanii. Ta automatyzacja pozwala zaoszczędzić czas i zasoby, przy jednoczesnym zwiększeniu efektywności działań marketingowych. Dzięki temu specjaliści nie muszą poświęcać czasu na żmudne i rutynowe zadania. Zamiast tego mogą skupić się na kreatywnej pracy i rozwijaniu biznesu, co jest kluczowe dla osiągnięcia sukcesu w dzisiejszym środowisku marketingowym [6].

Sztuczna inteligencja wykorzystuje modele predykcyjne do klasyfikowania klientów na podstawie ich cech i zachowań. Przykładowo, algorytmy uczenia maszynowego wspierają w przewidywaniu, które grupy klientów są bardziej skłonne do zakupu określonych produktów lub usług. Integracja danych z różnych źródeł oraz szczegółowe analizy prowadzone przez sztuczną inteligencję generują gotowe do interpretacji wyniki dla specjalistów. Dzięki tym nowoczesnym technologiom możliwe jest dostosowanie strategii marketingowych i ofert do bieżących celów oraz zapotrzebowania rynkowego, co zwiększa skuteczność kampanii [6].

Współcześnie, coraz więcej klientów przenosi swoje codzienne nawyki na oczekiwania wobec obsługi klienta. Zależy im na komunikacji z firmami za pomocą narzędzi, które są im znajome z rozmów ze znajomymi (np. komunikatory i media społecznościowe). Rozwój sztucznej inteligencji daje markom większe możliwości komunikacji z konsumentami. Samoobsługa, bazująca na automatyzacji wielu procesów i zastępowaniu powtarzalnej pracy ludzi przez algorytmy i oprogramowanie, jest doskonałym kierunkiem rozwoju obsługi klienta. Zaawansowane chatboty i wirtualni asystenci potrafią naturalnie komunikować się z klientami, odpowiadając na pytania lub rozwiązując proste problemy [6].

Oprócz wielu zalet, sztuczna inteligencja ma swoje ograniczenia. Jednym z nich jest brak kreatywności. Choć AI może być niezwykle efektywna w działaniach marketingowych, nie jest w stanie zastąpić pracy kreatywnej. Sztuczna inteligencja opiera się na analizie danych i algorytmach, co może skutkować trudnościami w zrozumieniu kontekstu, który ma istotne znaczenie dla skuteczności kampanii reklamowych. Inną kwestią jest zagadnienie prawa i bezpieczeństwa danych. Klienci mogą obawiać się ochrony swojej prywatności. Każdy specjalista zajmujący się marketingiem AI powinien znać przepisy RODO i e-Prywatności oraz podstawy prawne, dotyczące wykorzystania danych osobowych w analizie i reklamie online [6].

Analiza trendów

Dzięki analizie obszernych zbiorów danych oraz wykorzystaniu modeli uczenia maszynowego, sztuczna inteligencja jest w stanie wydobyć istotne informacje dotyczące potrzeb i pragnień konsumentów. Te informacje przyczyniają się do powstawania nowych produktów oraz ich modyfikacji. Strona internetowa Gastrograph AI ma na celu pomóc firmom spożywczym zdobyć akceptację dla produktu poprzez pozytywne opinie wśród konsumentów. Ich technologia wykorzystuje uczenie maszynowe i algorytmy predykcyjne do modelowania preferencji smakowych konsumentów i przewidywania, jak dobrze zareagują na nowe smaki [5, 8].

Produkty wytworzone przy udziale sztucznej inteligencji

Szwajcarski producent coli Vivi Kola wykorzystał sztuczną inteligencję, aby zaprojektować swoją najnowszą ofertę: Vivi Nova (Rysunek 2). „Ogarnięty gorączką sztucznej



Rysunek 2. Napój VIVI nowa stworzony przez OpenAI we współpracy z AI

Źródło: Garver K. (2018). 6 Examples of Artificial Intelligence in the Food Industry <https://foodindustryexecutive.com/2018/04/6-examples-of-artificial-intelligence-in-the-food-industry/> [dostęp 17.05.2024].

inteligencji” zespół Vivi Kola odkrył, że dzięki wykorzystaniu narzędzi AI był w stanie opracować niskosłodzony, wegański napój gazowany o korzyściach zdrowotnych w ciągu zaledwie dwóch dni – podaje firma. Pierwsze kroki polegały na poproszeniu ChatGPT o opracowanie wegańskiego przepisu przy użyciu składników o znanych korzyściach zdrowotnych. Odpowiedź obejmowała wodę, sok z limonki, sok z jagód kamczackich, sok imbirowy, proszek z korzenia cykorii i cukier trzcinowy. Według ChatGPT napój byłby pełen przeciwutleniaczy, wzmacniał układ odpornościowy, promował zdrowe jelita i stymulował trawienie. Zespół Vivi Kola pozyskał składniki, połączył je i przeprowadził pierwsze testy smakowe. Wstępne wyniki były pozytywne [9].

W lutym 2022 roku Nutella wykorzystywała AI do stworzenia etykiet swoich produktów. W ramach kampanii marketingowej marka stworzyła wtedy z jej pomocą ponad 2 mln limitowanych słoików Nutella, wśród których każdy wyglądał inaczej [9].

Kolejnym przykładem wykorzystania sztucznej inteligencji w branży spożywczej był proces kampanii marki Zott. W trakcie ich kampanii outdoorowej zautomatyzowano sposób wyświetlania reklam. Algorytm oparty na uczeniu maszynowym autonomicznie decydował o czasie pojawiania się reklamy, uwzględniając obecną temperaturę powietrza [9].

Browar Night Shift Brewing w 2022 r. wykorzystał ChatGPT do przygotowania receptury piwa, które później zyskało nazwę „AI-P-A” [9].

Polski producent – rodzinna firma Willisch wprowadziła do sprzedaży lody, które wymyśliła specjalnie sztuczna inteligencja. AI zaproponowała lody (rysunek 3) o smaku popcornu z karmelem, kampanię marketingową oraz projekt opakowania [9].



Rysunek 3. Lody Willisch, które powstały we współpracy z AI

Źródło: <https://www.gastrograph.com> [dostęp 17.05.2024].

Kolejny przykład to Coca-Cola Y3000 Zero Sugar (rysunek 4). Futurystyczna nazwa przywołuje na myśl rok 3000. Producenci postawili przed sobą wyzwanie sprawdzenia, jak mogłaby smakować cola z przyszłości. Marketing opiera się na obrazach wygenerowanych przez sztuczną inteligencję Stable Diffusion [10].



Rysunek 4. Napój Coca-Coli powstał we współpracy z AI

Źródło: <https://businessinsider.com.pl/wiadomosci/coca-cola-i-sztuczna-inteligencja-tworza-napoj-przyszlosci/96vrgwk> [dostęp 17.05.2024].

Pierwszy na świecie napój energetyczny w pełni opracowany przez sztuczną inteligencję został stworzony przez firmę HELL ENERGY (rysunek 5). Wszystkie etapy, od projektu, przez skład, ocenę smaku, aż po środki bezpieczeństwa oraz elementy marketingowe, zostały wykonane przez zaawansowane systemy AI. Sztuczna inteligencja stworzyła trzy warianty smakowe. Po degustacji wszystkich trzech napojów oraz przeanalizowaniu obszernych danych i statystyk, AI wykorzystwała inteligencję predykcyjną, aby wybrać zwycięski smak. W ten sposób powstał wyjątkowy i orzeźwiający smak Tutti-frutti & Berry-blast [11].

Single malt Mackmyra Intelligens AI:02 (rysunek 6) to szwedzka whisky z destylarni Mackmyra i drugie wydanie z serii pięciu w asortymencie kolekcji Intelligens. Whisky z tej serii powstały z wykorzystaniem sztucznej inteligencji. AI pomogła wybrać najbardziej lubiane przepisy Mackmyra, które zostały zebrane w jedną wersję. Edycja AI:02 dojrzewała przez 4 lata w beczkach pierwszego napełnienia po bourbonie, świeżym sherry Oloroso, nowym dębem amerykańskim i nowych beczkach z dębu szwedzkiego i została zabutelkowana w 2021 roku z mocą 46,1% alkoholu [12].

Singapurski start-up Hoow Foods zaprezentował nowy produkt mający zastąpić kurze jajo. Zamiennik, stworzony pod marką HEGG, ma formę proszku, a jego skład



Rysunek 5. Napój energetyczny opracowany przez firmę HELL ENERGY

Źródło: <https://dailynewshungary.com/pl/ai-opracowalo-i-sprobowalo-wlasnego-napoju-energetycznego/> [dostęp 17.05.2024].



Rysunek 6. Single malt Mackmyra Intelligens AI:02

Źródło: https://kukunawa.pl/i_MACKMYRA-INTELLIGENS-AI--02-46-1--0-7L,14640 – [dostęp 17.05.2024].

opracowano przy użyciu obliczeń sztucznej inteligencji. Jest to kolejna z rosnącej liczby alternatyw produktów spożywczych z Azji Wschodniej [13].

Podsumowanie

Podkreśla się znaczenie AI w rozwoju produktów zgodnych z oczekiwaniami klientów oraz w poprawie efektywności i jakości produkcji żywności. Kwestie związane z bezpieczeństwem danych czy ograniczenia AI w pracy kreatywnej są dalej wyzwaniem być może do rozwiązywania w przyszłości. Sztuczna inteligencja, dzięki swoim zdolnościom obliczeniowym i algorytmicznym, może być bardziej efektywna w wykonywaniu określonych zadań niż ludzie. AI może pracować przez długi okres czasu bez potrzeby odpoczynku czy urlopu, co wskazuje na jego potencjał w eliminowaniu pewnych ograniczeń, jakie występują w przypadku ludzi. Wdrożenie automatyzacji za pomocą AI może prowadzić do redukcji zatrudnienia w niektórych sektorach, ponieważ pewne zadania, które kiedyś wykonywali ludzie, teraz mogą być realizowane przez systemy sztucznej inteligencji. To z kolei może wpłynąć na dynamiczne zmiany na rynku pracy, powodując konieczność nabywania nowych umiejętności przez pracowników, aby dostosować się do nowych wymogów rynku.

Bibliografia

- [1] Prus D., Stoma M., Dudziak A. (2020). Ocena świadomości wpływu sztucznej inteligencji na życie konsumentów. Wybrane zagadnienia z zakresu przemysłu spożywczego oraz zarządzania i inżynierii produkcji. 79.
- [2] <https://nowypm.pl/index.php/artykuly/rynek/30243-sztuczna-inteligencja-wchodzi-rowniez-do-branzy-spozywczej> [dostęp 16.05.2024].
- [3] <https://www.gov.pl/web/ai/czym-jest-sztuczna-inteligencja2> - dostęp 16.05.2024 r.
- [4] <https://magazyn.brandsit.pl/ewolucja-sztucznej-inteligencji-67-lat-rozwoju/> [dostęp 16.05.2024].
- [5] <https://zrobotyzowany.pl/informacje/publikacje/4501/sztuczna-inteligencja-w-przemysle-spozywczym> [dostęp 16.05.2024].
- [6] <https://www.kozminski.edu.pl/pl/review/jak-wykorzystac-sztuczna-inteligencje-w-marketingu> [dostęp 16.05.2024].
- [7] Garver K. (2018). 6 Examples of Artificial Intelligence in the Food Industry <https://food-industryexecutive.com/2018/04/6-examples-of-artificial-intelligence-in-the-food-industry/> [dostęp 17.05.2024].
- [8] <https://www.gastrograph.com> [dostęp 17.05.2024].
- [9] <https://wiadomoscispozywcze.pl/artykuly/12304/na-rynku-debiutuja-kolejne-produkty-stworzone-przez-ai-sa-dostepne-tez-w-polsce/> [dostęp 16.05.2024].
- [10] <https://businessinsider.com.pl/wiadomosci/coca-cola-i-sztuczna-inteligencja-tworza-na-poj-przyszlosci/96vrgwk> [dostęp 17.05.2024].
- [11] <https://dailynewshungary.com/pl/ai-opracowalo-i-sprobowalo-wlasnego-napoju-energetycznego/> [dostęp 17.05.2024].
- [12] https://kukunawa.pl/i_MACKMYRA-INTELLIGENS-AI--02-46-1--0-7L,14640 [dostęp 17.05.2024].
- [13] <https://www.wnp.pl/tech/sztuczna-inteligencja-daje-przepis-na-eksperymentalne-produkty-spozywcze,488580.html> [dostęp 17.05.2024].

Tadeusz K. Lorkowski

Gabriela H. Grugel

Uniwersytet Morski w Gdyni

Koło Naukowe Towaroznawstwa CARGO

e-mail: 47530@student.umg.edu.pl

Opiekun koła: dr inż. Natalia Żak

Opiekun naukowy pracy: dr hab. inż. Agnieszka Rybowska, prof. UMG

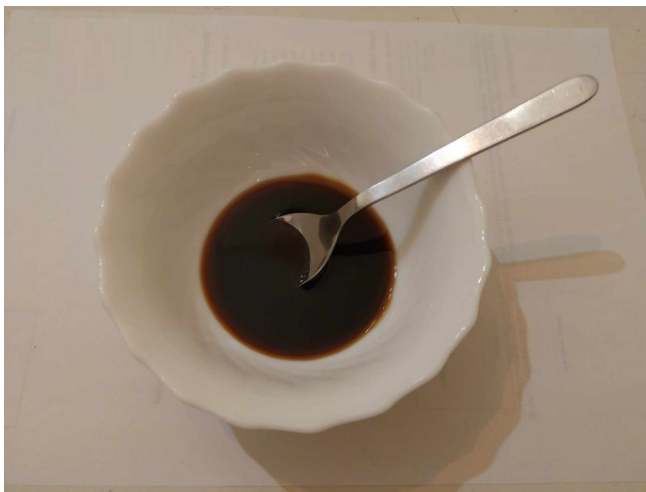
SENSORYCZNA OCENA JAKOŚCI WYBRANYCH DODATKÓW DO DESERÓW

Wstęp

W końcowych etapach procesu przygotowywania deserów i dań na słodko, na przykład naleśników, gofrów, itp., nierzadko stosuje się dodatki o smaku adekwatnym do charakterystyki takiego dania. Dodatki te występują w postaci stałej – na przykład posypki czy owoce, a także w postaci rzadkich lub gęstych płynów. Można do nich zaliczyć zarówno polewy kierowane przez producentów do takich dań, jak i uniwersalne ekstrakty roślinne i roślinno-zwierzęce. Niektóre z tych produktów wykazują działania prozdrowotne, na podstawie których można je zaliczyć do żywności funkcjonalnej. Jako przykłady można wymienić:

- miody – produkty wytwarzane przez pszczoły z nektaru kwiatów. W nektarach przeważa sacharoza, która pod wpływem pszczelich enzymów jest rozkładana na cukry proste. Szczególnie korzystny dla zdrowia człowieka jest miód gryczany, który wyróżnia się od innych miódów cechami organoleptycznymi i może być dodatkiem do słodkich dań. Według Koszowskiej i in. jest to miód najbogatszy w aminokwas prolinę oraz w barwniki polifenolowe, o czym świadczy jego ciemna barwa. Obok miodu spadziowego miód ten jest jednym z najbardziej wartościowych miódów, ponieważ zawiera dużo substancji lotnych, pochodnych olejków eterycznych, dużą ilość soli mineralnych oraz inhibin, rutyny, enzymów i hormonów [7]. Spożywanie tego miodu korzystnie wpływa na układ krwionośny i trawienny.
- syrop klonowy – najszerzej produkowany i spożywany produkt naturalny, który pochodzi w całości z soku drzew liściastych. Wytwarzany jest poprzez zagęszczanie soku z drzew klonu, głównie klonu cukrowego (*Acer saccharum* Marsh.). Zbiera

- się go w miesiącach wiosennych, gdy drzewa przeżywają cykle zamrażania i rozmrażania, co powoduje wypływ słodkiego soku z kranów umieszczonych w pniu drzewa. Do produkcji jednego litra syropu potrzeba około czterdziestu litrów soku [12]. Syrop ten zawiera barwniki polifenolowe, minerały i fitohormony. Według Saraivya i in. do prozdrowotnych korzyści stosowania go zamiast rafinowanego cukru należy niższy indeks glikemiczny [15].
- syrop daktylowy, będący produktem zagęszczania soku z owoców daktylowca właściwego (*Phoenix dactylifera* L.). Produkt ten zawiera polifenole o działaniu przeciwzapalnym, przeciwnowotworowym i przeciwbakteryjnym [17]. Na duże ich stężenie wskazuje ciemna barwa syropu. Ponadto produkt zawiera substancje pektynowe, na co wskazuje jego wysoka lepkość [4].
 - syrop z agawy – wytwarzany jest przez zagęszczanie soku z roślin z podrodziny *Agavoideae* - *Agave salmiana* i *Agave Tequilana*, które rosną w rejonach Meksyku. Ze względu na swoje właściwości zdrowotne produkt zyskał ogromną popularność wśród konsumentów. Ze względu na zawartość polifenoli i fitosteroli oraz niski indeks glikemiczny. Yargatti i Muley proponują jego stosowanie jako żywność funkcjonalną [19]. Właściwości te zostały wykorzystane przez zespół Cardona-Herrera do opracowania napoju funkcjonalnego z częściowo hydrolizowanym syropem z agawy, który zawiera fruktany, katechiny, kwercetyny oraz kwas chlorogenowy, przez co posiada właściwości zdrowotne [4].
 - fjut, nazywany także cyropem, to kujawski syrop z buraka cukrowego (*Beta vulgaris* subsp. *vulgaris* (var. *saccharifera*) L.). Wytwarzany jest poprzez prasowanie ekstraktu buraczanego. Proces ten jest bardzo czasochłonny i kosztochłonny, w związku



Zdjęcie 1. Fjut – cyrop z buraka cukrowego (fot. T.K. Lorkowski)

Źródło: opracowanie własne.

z czym produkt nie cieszy się wysoką popularnością wśród producentów komercyjnych. Jako prozdrowotne składniki fjutu Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi wymienia potas i żelazo. Fjut jako gotowy produkt jeszcze nie był tematem badań naukowych. W 2012 r. został wpisany przez Ministerstwo na listę produktów tradycyjnych [6].

Podobnie jak w przypadku innych produktów żywnościowych, jednym z głównych czynników kształtujących popularność tych dodatków jest ich akceptacja konsumentka. Babicz-Zielińska definiuje ją jako stopień lubienia wyrażany przez konsumenta w stosunku do próbki danego produktu [2]. W celu identyfikacji tego stopnia należy przeprowadzić badanie konsumenckie, równoległe z laboratoryjnym badaniem analitycznym mającym na celu zidentyfikowanie natężenia poszczególnych wyróżników jakościowych badanych produktów.

Jakość naturalnych dodatków do deserów nie jest popularnym tematem podejmowanym w badaniach naukowych. Najpopularniejszym i jednocześnie najczęściej poddawany ocenie sensorycznej i fizykochemicznej naturalnym dodatkiem jest miód pszczeli, na temat którego powstało wiele publikacji w Polsce (Żak, Wilczyńska, Przybyłowski, Gontarz i in.) [20, 7] i za granicą (Piana i in.) [13]. Mniejszym zainteresowaniem w kontekście badań sensorycznych odznaczają się syrop klonowy (Perkins i in.) [12], syrop daktylowy (Thabet i in.) [18]. Jakość sensoryczna syropu z agawy była tematem rozważań jedynie jako składnika innego produktu – muffinów (Ozuna i in.) [11]. Właściwości wyżej wymienionego fjutu jeszcze nie badano. Dodatkową motywacją badań jest rosnąca tendencja konsumentów do wyboru naturalnych i regionalnych produktów żywnościowych, czyli ekokonsumpcja i regionalizm.

Przeprowadzona krytyczna analiza literatury wykazała lukę badawczą. Stwierdzono, że pomimo dużej popularności wśród konsumentów dodatków do deserów w literaturze naukowej brakuje badań sensorycznych i konsumenckich na temat tych produktów, a w szczególności na temat fjutu.

Cel badań

Głównym celem badań było poznanie opinii konsumentów na temat dodatków do deserów oraz wyznaczenie współzależności pomiędzy intensywnością cech sensorycznych i akceptacją pięciu z nich, w szczególności często niedostrzeganego fjutu.

Częstkowe cele badań stanowiły:

- określenie kryteriów wyboru dodatków i stwierdzenie, którymi z tych kryteriów najczęściej kierują się konsumenci,
- stwierdzenie, czy fjut może stanowić atrakcyjną sensorycznie alternatywę dla szerzej znanych dodatków.

Pozwoliło to na określenie głównego problemu badawczego, który przedstawiono w postaci następujących pytań badawczych: Czy istnieje współzależność pomiędzy

natężeniem cech sensorycznych dodatków do deserów i akceptacją ich przez konsumentów? Jeśli tak, które czynniki sprzyjają, a które nie sprzyjają akceptacji dodatków?

Częstkowe problemy badawcze:

- Czy istnieją szczególnie szeroko rozpowszechnione kryteria wyboru dodatków do deserów, na podstawie których kształtować można te produkty?
- Czy fjut uznać można za atrakcyjną sensorycznie alternatywę dla popularnych dodatków do deserów?

H_1 : Występuje statystycznie istotna współzależność pomiędzy natężeniem cech sensorycznych i akceptacją konsumentką dodatków do deserów.

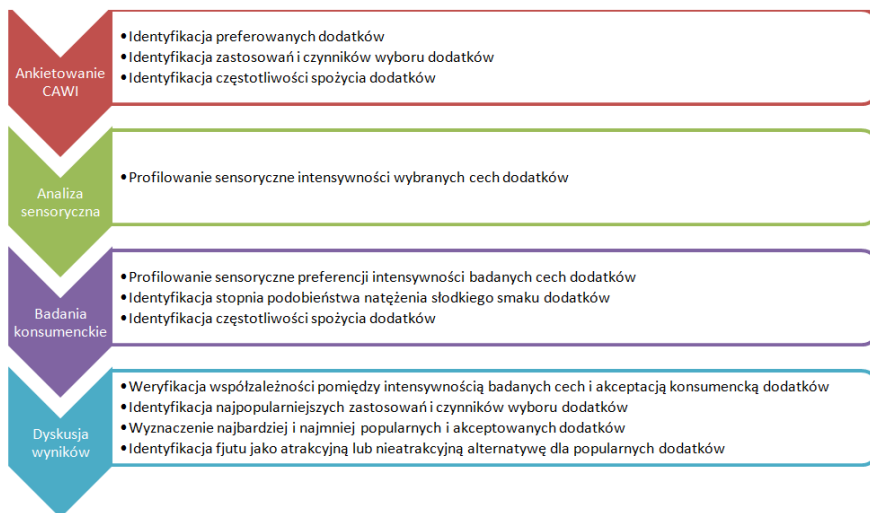
H_2 : Konsumenti wybierając dodatki do deserów, kierują się takimi samymi determinantami.

H_3 : Regionalny produkt fjut stanowi atrakcyjną sensorycznie alternatywę dla popularnych dodatków do deserów.

Material i metody

Badania podzielono na trzy części – badanie ankietowe CAWI, analizę sensoryczną w laboratorium oraz sensoryczne badania konsumenckie. Schemat ich realizacji przedstawiono na Rys. 1.

Pierwszą część badań wykonano z wykorzystaniem narzędzia ankietowania online Google Forms. W tej części respondentów zapytano o stopień preferencji i czę-



Rys. 1. Etapy postępowania badawczego

Źródło: opracowanie własne.

stotliwości spożycia dwunastu wybranych dodatków do deserów, bez wskazywania na konkretne marki, a także jakie kryteria biorą pod uwagę przy ich wyborze. Autorski kwestionariusz ankiety składał się z sześciu pytań. Były to pytania zamknięte i półzamknięte pojedynczego lub wielokrotnego wyboru. Oprócz tego zastosowano skalę do badania stopnia lubienia wybranych dodatków do deserów, w której wykorzystano pięciostopniową skalę hedoniczną (1 – bardzo nie lubię, 5 – bardzo lubię) z dodatkowym stopniem „nie znam”. Wyniki badań przedstawiono jako wartość średni (M) oraz odsetek odpowiedzi (%).

W badaniu wzięło udział 60 osób, o znanym rozkładzie płci (56% kobiet i 44% mężczyzn) i grup wiekowych (8% w wieku poniżej 18 lat, 83% w wieku 18-26 lat, 2% w wieku 27-40 lat, 7% w wieku powyżej 40 lat).

Kolejne badanie to analiza sensoryczna podanych do oceny dodatków do deserów, którą przeprowadzono w laboratorium analizy sensorycznej Uniwersytetu Morskiego w Gdyni. Jej celem było określenie intensywności cech sensorycznych badanych produktów. Badania przeprowadził piętnastoosobowy zespół wybranych oceniających – studentów Uniwersytetu Morskiego w Gdyni, którzy zostali zweryfikowani sensorycznie i przeszkoleni z zakresu analizy sensorycznej. W badaniu zastosowano metodę sensorycznego profilowania smakowitości – QDA (*Quantitative Descriptive Analysis*). Uzasadnieniem doboru metody była opinia Muktiningrum i in., którzy uznali, że niezbędnym krokiem w rozwoju produktu żywnościowego jest wykonanie i ocena jego profilu sensorycznego z udziałem przeszkolonych oceniających [10]. Metodę tę wykorzystano do skwantyfikowania stopnia natężenia cech sensorycznych dodatków do deserów. Polega ona na opisanu intensywności danych cech sensorycznych wartościami liczbowymi w pewnej skali. W badaniu wykorzystano skalę jedenastostopniową, z wartościami od 0 (cecha niewyczuwalna) do 10 (cecha skrajnie intensywna). W celu konstrukcji profilu produktu obliczono wartości średnie (M), po czym zgodnie z normą PN-ISO 6564:1999 zwizualizowano je na wykresach radarowych [14]. Badano następujące cechy sensoryczne produktów:

- intensywność smaku słodkiego, gorzkiego, kwaśnego i obcego;
- intensywność ogólna barw oraz osobno barwy żółtej, brązowej;
- intensywność zapachu słodkiego, kwaśnego i obcego.

Materiał badawczy stanowiły miód gryczany, syrop klonowy, fjut, syrop daktylowy i syrop z agawy.

Badane produkty są płynne, ich wysoka gęstość umożliwia jednak prezentację na talerzach. Według Cleavera ważne jest, żeby kodowanie próbek nie wskazywało na żaden porządek, w związku z czym próbki oznaczono kodami trzycyfrowymi [5].

W ostatniej części badania przeprowadzono pomiar akceptacji konsumenckiej tych samych dodatków. Short i in. zaproponowali komplementarne wykorzystanie profilowania do analizy laboratoryjnej i badań konsumenckich [16]. Dlatego w tym przypadku także zastosowano metodę profilowania, tym razem z wykorzystaniem jedenastostopniowej skali hedonicznej, od 0 (zdecydowanie nie odpowiada) do 10 (zdecydowanie

odpowiada). Poza wyróżnikami jakości sensorycznej zbadano preferencję ogólną produktów, ocenianą w tej samej skali. Na podstawie profili sensorycznych i konsumentckich sprawdzono, czy istnieje związek pomiędzy natężeniem cech i akceptacją dodatków do deserów przez konsumentów. Wyniki badań przedstawiono jako wartości średniej (M) intensywności i akceptacji cech. Na podstawie pozyskanych danych sporządzono wykresy. Ponadto analizowano, które cechy sprzyjają, a które nie sprzyjają akceptacji tych produktów. Określono to za pomocą współczynnika korelacji Pearsona (P). W tej samej części badano także, czy konsumenci dostrzegają różnice w natężeniu smaku słodkiego badanych dodatków. Do tego celu wykorzystano metodę kolejności, w której zadaniem oceniającego jest uszeregowanie przedstawionych do oceny próbek w kolejności według intensywności określonej cechy, w tym przypadku wzrostu smaku słodkiego. W badaniu wzięło udział pięćdziesięciu studentów UMG. Według normy ISO 8587:2006 zespół oceniających powinien się składać z przynajmniej pięciu osób [8]. Wyniki opracowano poprzez zsumowanie rang oraz porównanie ich z wartościami odczytanymi z tablic Kramera dla poziomu istotności = 0,05 [5].

W ostatnim etapie badań konsumentckich konsumentów zapytano, jak często chcieliby spożywać przedstawione do oceny produkty. Wykorzystano do tego pięciostopniową skalę częstości spożycia (1 – nigdy, 5 – codziennie). Wyniki przedstawiono jako wartość średnią (M) zaokrągloną do najbliższej liczby całkowitej.

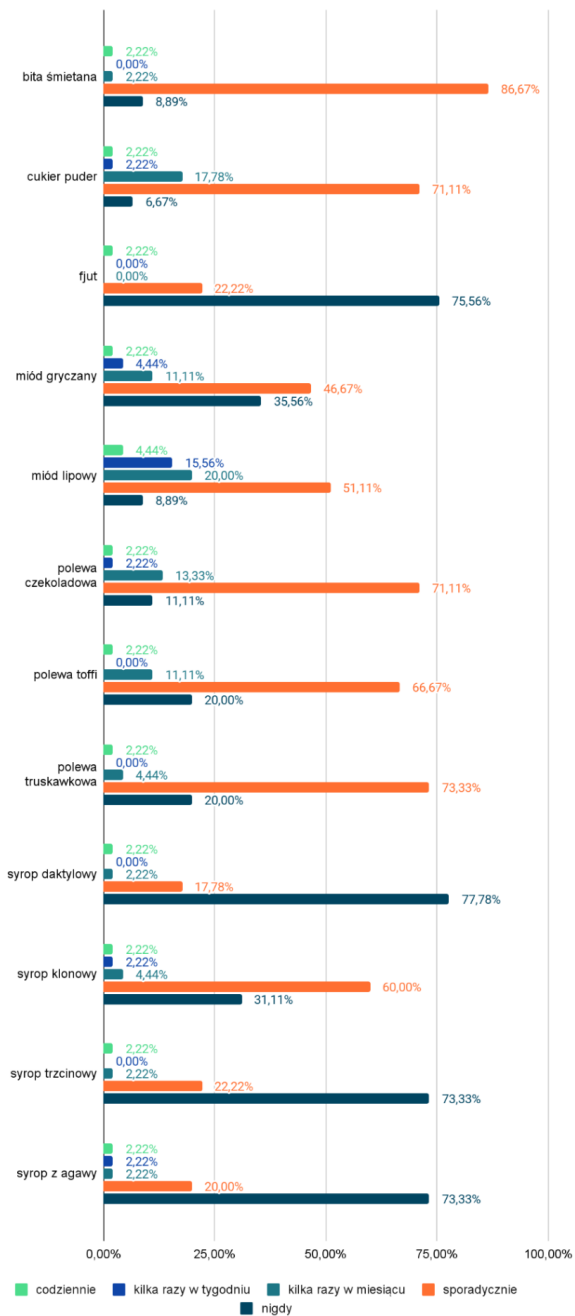
Po wykonaniu wszystkich zadań produkty odkodowano i przedstawiono je badającym. Opracowanie i porównanie profili wykonano w arkuszu kalkulacyjnym Microsoft Excel.

Wyniki

W przeprowadzonym badaniu ankietowym respondentów zapytano o preferencje i częstotliwość spożycia dodatków do deserów. Wyniki badania wykazały, że jedna czwarta z nich nie spożywa tego typu produktów. Płeć i wiek respondentów nie wpłynęły na zróżnicowanie wyników.

Dodatki do deserów spożywało 45 z 60 osób, czyli 75% ankietowanych. Osoby te zapytano o stopień preferencji pięciu dodatków do deserów, które badano sensorycznie oraz dodatkowo syropu trzcinowego, miodu lipowego, bitej śmietany, cukru pudru oraz polew toffi, czekoladowej i truskawkowej.

Najbardziej lubianymi przez badanych konsumentów dodatkami do deserów były polewa czekoladowa (78,57%), polewa toffi (78,57%) oraz bita śmietana (75,56%). Do trzech najbardziej nieznanymi produktami zaliczono syrop z agawy i syrop trzcinowy (oba po 31,11% wskazań) oraz fjut (33,33%). Spośród produktów badanych sensorycznie najbardziej lubianym przez konsumentów był syrop klonowy (52,38%), następnie miód gryczany (51,22%), syrop z agawy (35,48%) i syrop daktylowy (29,41%), zaś najmniej lubianym był fjut (23,33%).

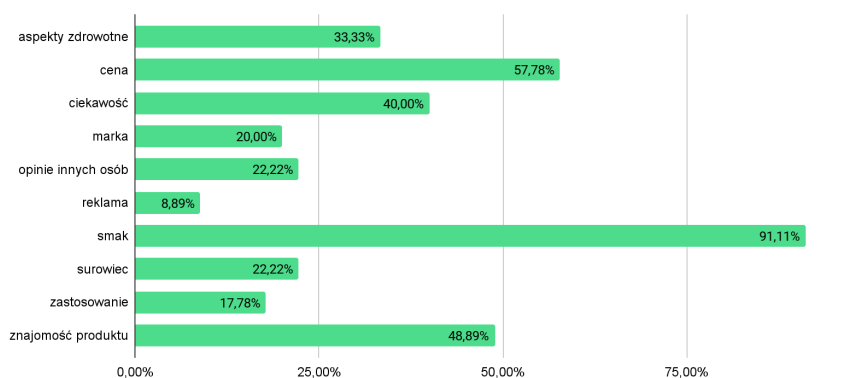


Rys. 2. Częstotliwość spożycia dodatków do deserów

Źródło: opracowanie własne.

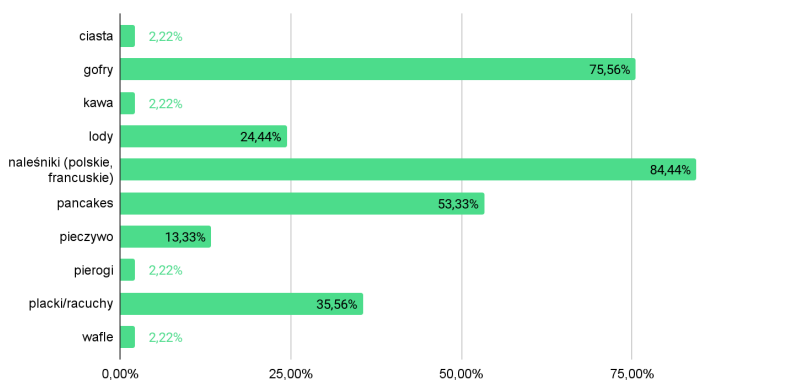
W kolejnym pytaniu respondentów zapytano o częstotliwość spożycia dodatków do deserów. Zgodnie z danymi przedstawionymi na Rys. 2 zdecydowana większość konsumentów odpowiedziała, że dodatki te spożywa sporadycznie, a w przypadku wyżej wspomnianych produktów nieznanymi, na przykład fjutu, że w ogóle ich nie spożywa. W badanej grupie byli jednak respondenci, którzy wskazywali na spożycie cukru pudru i polew kilka razy w miesiącu, w przypadku miódów, w szczególności lipowego, nawet kilka razy w tygodniu. Odpowiedzi były niezależne od płci i wieku pytanych.

Respondentów zapytano o czynniki, którymi kierują się przy zakupie dodatków do deserów. Mogli oni wybrać dowolną ich liczbę. Wykazano, że najważniejszym czynnikiem przy wyborze tych produktów był ich smak, na co wskazało 91,11% pytanych. Na kolejnych miejscach znalazły się cena (57,78%), znajomość produktu (48,89%) oraz



Rys. 3. Kryteria wyboru dodatków do deserów

Źródło: opracowanie własne.



Rys. 4. Zastosowanie dodatków

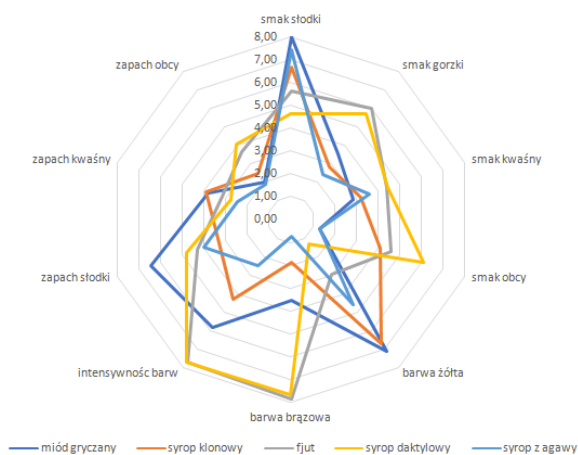
Źródło: opracowanie własne.

ciekawość (40,00%). Najmniej istotne były marka (20,22%), zastosowanie (17,78%) i reklama (8,89%). Rozkład odpowiedzi na to pytanie zestawiono na Rys. 3.

Następne pytanie zadane uczestnikom badania dotyczyło zastosowania dodatków do deserów. Każdy z nich musiał wskazać trzy produkty, do których wykorzystuje omawiane dodatki, z możliwością wskazywania innych, których nie podano w ankiecie. Respondenci najczęściej dodają tego typu dodatki do naleśników i gofrów (odpowiednio 84,44% i 75,56% wskazań jako najważniejsze zastosowanie). Na kolejnych miejscach znalazły się pancakes (53,33%) oraz placki/racuchy (35,56%). Respondenci jako pojedyncze inne zastosowania tych dodatków wskazali stosowanie ich do kawy, wafli, pierogów oraz ciast. Wyniki tej części badania zestawiono na Rys. 4.

W ostatniej części ankiety zbadano preferencje konsumentów dodatków. Tym razem badanie wykonano dla ośmiu z nich – pięciu ocenianych na badaniach sensorycznych oraz dodatkowo bitej śmietany, syropu trzcinowego i cukru pudru. Produktem o najwyższej średniej pozycji w rankingu okazał się miód ($M=4,91$), niewiele niżej oceniono bitą śmietanę ($M=4,82$) i syrop klonowy ($M=4,78$), następnie cukier puder ($M=4,47$), syrop z agawy ($M=4,42$), trzcinowy ($M=4,36$) oraz daktylowy ($M=4,24$). Najniżej oceniono fjut ($M=4,00$).

Odchylenia standardowe pomiarów w analizie sensorycznej wyniosły od $SD=1,40$ do $SD=3,40$, w badaniach konsumenckich natomiast od $SD=2,00$ do $SD=3,83$.

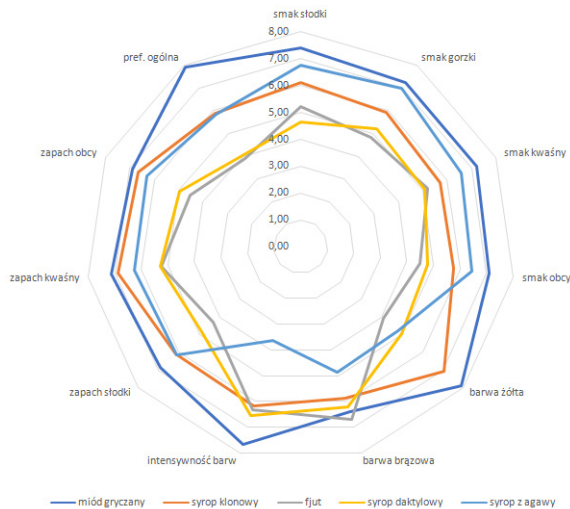


Rys. 5. Profil intensywności cech sensorycznych dodatków do deserów – wartości średnie

Źródło: opracowanie własne.

Z zestawienia zwizualizowanego na Rys. 5 wynika, iż wszystkie produkty cechują się wysoką intensywnością smaku słodkiego, chociaż w przypadku fjut i syropu daktylowego przeważa smak gorzki oraz stwierdzono występowanie smaku obcego. Były to także produkty najkwaśniejsze oraz o najintensywniejszej, brązowej barwie – resz-

ta dodatków przyjmowała mniej intensywną barwę żółtą. Intensywną słodką wonią odznaczał się wyłącznie miód, reszta syropów przyjmowała słabsze, słodkie zapachy, w jeszcze niższym stopniu kwaśne i obce. We flocie i syropie daktylowym stwierdzono najwyższą intensywność zapachu obcego.



Rys. 6. Profil akceptacji konsumenckiej cech sensorycznych – wartości średnie

Źródło: opracowanie własne.

Zgodnie z danymi przedstawionymi na Rys. 6 konsumenci najbardziej akceptują natężenie wyróżników miodu, za wyjątkiem barwy brązowej. Niewiele bardziej pożądana była przez nich intensywność barwy brązowej występującej we flocie. Niewiele niżej oceniono syrop klonowy i syrop z agawy, gdzie bardziej pożądanym smakiem obserwowano w syropie z agawy, a zapach oraz ogólną i szczegółową intensywność barwy w syropie klonowym. Bardziej pożądaną intensywnością barwy brązowej od tych produktów odznaczały się syrop daktylowy i flocie. Jasny odcień syropu z agawy także zidentyfikowano jako nieatrakcyjny dla konsumentów. Za najmniej atrakcyjne uznano smak i zapach flocie oraz syropu daktylowego.

Krokiem badania niezależnym od analizy sensorycznej był pomiar preferencji ogólnej produktu, z którego wynika, że najwyższym preferowanym dodatkiem był miód gryczany ($M=7,88$), następnie w podobnym stopniu syrop klonowy ($M=5,88$) i syrop z agawy ($M=5,84$). Najmniej pożądanymi produktami były kolejno syrop daktylowy ($M=4,00$) oraz flocie ($M=3,86$).

Następnym krokiem badań konsumenckich było sprawdzenie, czy konsumenci dostrzegają różnice w natężeniu smaku słodkiego w poszczególnych dodatkach do deserów. W tym celu zastosowano metodę kolejności. Jako że badanie wykonało aż pięćdziesiąt osób, respondentów podzielono na pięć grup po dziesięć osób. Dla dzie-

sięciu oceniających ($k = 10$) i pięciu próbek ($n = 5$) przedział górny, wyznaczający zróżnicowanie próbek wynosi 20-40, natomiast przedział dolny – wskazujący próbki odmienne – 23-37 [5]. Wyniki badania przedstawiono w Tab. 1.

Tabela 1. Zróżnicowanie intensywności smaku słodkiego w dodatkach do deserów – metoda Kramera

Produkt	Suma rang				
	Grupa 1	Grupa 2	Grupa 3	Grupa 4	Grupa 5
Fjut	29	24	26	30	25
Miód gryczany	30	27	44	33	35
Syrop daktylowy	28	25	26	26	29
Syrop klonowy	29	40	34	25	29
Syrop z agawy	34	34	20	36	32
Interpretacja	próbki nie-zróżnicowane	próbki nie-zróżnicowane	próbki zróżnicowane; miód gryczany jest odmienny	próbki nie-zróżnicowane	próbki nie-zróżnicowane

Źródło: opracowanie własne.

Stwierdzono, że w opinii respondentów produkty nie różnią się intensywnością smaku słodkiego.

W ostatniej części badań konsumenckich respondentów zapytano, jak często chcieliby spożywać prezentowane dodatki. Wyniki badań przedstawiono w Tab. 2.

Tabela 2. Preferowana częstość spożycia produktów

Produkt	M	SD	Częstość spożycia
Fjut	1,70	1,25	2 - sporadycznie
Miód gryczany	3,34	1,29	3 - kilka razy w miesiącu
Syrop daktylowy	2,38	1,01	2 - sporadycznie
Syrop klonowy	2,42	0,79	2 - sporadycznie
Syrop z agawy	1,80	0,97	2 - sporadycznie

Gdzie: M – wartość średnia, SD – odchylenie standardowe

Źródło: opracowanie własne.

Wykazano, że większość produktów badani spożywaliby sporadycznie, a jedynie miód gryczany stosowano by kilka razy w miesiącu.

Dyskusja

Z badań ankietowych wynika, że zdecydowana większość badanych konsumentów wybierając dodatek do deserów, bierze pod uwagę smak, cenę i znajomość produktu. Pozostałe czynniki konsumenci wskazali jako mało ważne. Większość pytaných jako zastosowanie dodatków wskazała naleśniki typu polskiego i francuskiego oraz go-fry. Połowa z nich wskazała naleśniki typu amerykańskiego (pancakes). Respondenci rzadko znajdowali inne zastosowania, na przykład do wafli, kawy, ciast lub pierogów.

Utworzenie profili pozwoliło stwierdzić, czy istnieją cechy sensoryczne, których intensywność istotnie wpływa na akceptację konsumencką produktów oraz czy jest to wpływ pozytywny czy negatywny. W tym celu obliczono wartości współczynnika Pearsona dla każdego z tych wyróżników i zestawiono je w Tab. 3.

Tabela 3. Wartości współczynnika korelacji Pearsona

Cecha produktu	P	Wpływ wysokiego natężenia cechy na jakość produktu
Smak słodki	0,99	bardzo mocno sprzyja
Smak gorzki	-0,83	mocno nie sprzyja
Smak kwaśny	-0,84	mocno nie sprzyja
Smak obcy	-0,90	bardzo mocno nie sprzyja
Barwa żółta	0,84	mocno sprzyja
Barwa brązowa	0,78	mocno sprzyja
Intensywność barw	0,71	mocno sprzyja
Zapach słodki	0,33	sprzyja
Zapach kwaśny	0,64	dosyć mocno sprzyja
Zapach obcy	-0,91	bardzo mocno nie sprzyja

Źródło: opracowanie własne.

Z porównania wynika, iż do szczególnie akceptowanych cech dodatków do deserów należą słodki smak oraz intensywność barw, a szczególnie barw właściwych dla tych produktów, czyli barwy brązowej i żółtej oraz w niewiele niższym stopniu brązowej. Cechami sprzyjającymi akceptacji były także kwaśny i słodki zapach produktów. Do cech niesprzyjających akceptacji dodatków do deserów należały smak inny niż słodki, w szczególności obcy, a także zapach niewłaściwy takim produktem.

Identyfikując różnice w natężeniu smaku słodkiego metodą kolejności, wykazano, że różnice te nie są statystycznie istotne, chociaż jedna z grup wskazała miód jako słodszy od reszty dodatków.

W ostatniej części badań konsumenckich zidentyfikowano miód gryczany jako jedyny produkt do spożycia więcej niż raz w miesiącu. Pozostałe produkty konsumenci

spożywaliby sporadycznie. Wyniki badania pokrywają się z profilem akceptacji produktu. Uczestnicy badania rzadko wykazywali chęć spożycia wszystkich produktów częściej niż kilka razy w miesiącu, gdyż składają się one z głównie z węglowodanów, a także mają ograniczone zastosowanie w codziennej diecie.

Wyniki tych badań trudno odnieść do innych wyników, gdyż opisywane dodatki rzadko były tematem badań konsumenckich i sensorycznych. W badaniach Gontarz i in. respondenci wskazywali sporadyczne spożycie miódów ogółem, bez wskazania na konkretny rodzaj miodu [7]. Respondenci wskazywali, że miody ciemne są mniej preferowane od jasnych, co wykazano także w tych badaniach. Jakość sensoryczna syropu klonowego i syropu daktylowego była natomiast tematem badań Thabeta i in. [18], którzy podobnie jak w tym badaniu, wskazali na korzystny wpływ natężenia smaku słodkiego i jasnej barwy na jakość sensoryczną tych produktów. Fjut oraz syrop z agawy niebędący składnikiem innego produktu nie były jeszcze tematem naukowych badań konsumenckich i sensorycznych.

Wnioski

Po przeprowadzeniu badań stwierdzić można, że intensywność cech sensorycznych właściwych dodatków do deserów istotnie wpływa na ich akceptację konsumencką, a także które z tych syropów są najbardziej przez konsumentów lubiane. Jak wykazano poprzez profilowanie QDA pod kątem intensywności i preferencji cech, istnieje wyraźny związek pomiędzy natężeniem cech sensorycznych i akceptacją takich produktów przez konsumentów. Akceptowane są syropy jedynie o smaku słodkim oraz o intensywnej barwie, najlepiej żółtej, a także o zapachu właściwym dla surowca wyjściowego, co pozwoliło na pozytywne zweryfikowanie hipotezy.

Uzupełnieniem tego badania było wyznaczenie preferowanych dodatków, z którego wynika, iż bita śmietana, syrop klonowy i miody są produktami najbardziej akceptowanymi przez konsumentów, głównie ze względu na smak, który także wskazano jako główne kryterium wyboru dodatku. Jako najpowszechniejsze zastosowania badanych produktów wskazano naleśniki typu polskiego, francuskiego i amerykańskiego oraz gofry. Występują zatem czynniki pozwalające kształtować jakość dodatków do deserów, a zatem postawiona w badaniu hipoteza dotycząca jednorodności kryteriów wyboru dodatków do deserów została zweryfikowana pozytywnie. Ze względu na dużą zawartość sacharydów i sytuacyjne zastosowanie dodatki do deserów są jednak spożywane sporadycznie.

Szczególnie niepopularny regionalny produkt fut zidentyfikowano jako nieatrakcyjny sensorycznie pod względem smaku i zapachu. Postawiona w badaniu hipoteza dotycząca zastosowania futu jako atrakcyjnej sensorycznie alternatywny dla bardziej popularnych dodatków została zweryfikowana negatywnie. Pod tym względem konsumentów należy edukować i propagować spożywanie produktów regionalnych.

Bibliografia

- [1] Al-Hilphy A.R., Al-Behadli T.K.M., Al-Mtury A.A., Abd Al-Razzaq A.A., Shaish A.S., Liao L., Zeng X., Manzoor M.F. 2023. Innovative date syrup processing with ohmic heating technology: Physiochemical characteristics, yield optimization, and sensory attributes. *Heliyon*, 9(9), <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e19583>.
- [2] Babicz-Zielińska E., Rybowska A., Obniska W. 2016. Sensoryczna ocena jakości żywności wyd. II. Wyd. AMG, Gdynia.
- [3] Baryłko-Pikielna N., Matuszewska I. 2009. Sensoryczne badania żywności, Wyd. Naukowe PTTŻ, Kraków.
- [4] Cardona-Herrera R., Franco-Robles E., Quiñones-Muñoz T.A., Ozuna C. 2023. The hydrolysis degree of agave syrup modulates its functional properties: Impact on metabolic responses and oxidative stress in C57BL/6 mice, *Food Bioscience*, 53: 102-775, <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.102775>.
- [5] Cleaver G. 2018. Ranking and Rank-Rating. W: Kemp S.E., Hort J., Hollowood T. *Descriptive Analysis in Sensory Evaluation*. 12.3.5: 469–513.
- [6] Fjuty/cyrop - Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi - Portal Gov.pl, <https://www.gov.pl/web/rolnictwo/fjuty/cyrop> (dostęp 14.05.2024).
- [7] Gontarz A., Błońska I., Socha S. 2016. Analiza preferencji konsumenckich studentów dotycząca miódów pszczelich. *Wiadomości Zootechniczne*, 4: 61–76.
- [8] ISO 8587:2006 – Sensory analysis – Methodology.
- [9] Koszowska A., Dittfeld A., Nowak J., Ziora K. 2013. Pszczoły i ich produkty – znaczenie dla zrównoważonego rozwoju roślin, zwierząt i ludzi, *Medycyna Środowiskowa - Environmental Medicine*, Vol. 16, No. 2.
- [10] Mukhtiningrum T.A., Fauza G., Ariviani S., Muhammad D.R.A, Affandi D.R. 2022. Sensory profile analysis of chocolate drinks using quantitative descriptive analysis (QDA), *E3S Web Conf*, 344: 04005 <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202234404005>.
- [11] Ozuna C., Trueba-Vázquez E., Moraga G., Llorca E., Hernando I. 2020. Agave Syrup as an Alternative to Sucrose in Muffins: Impacts on Rheological, Microstructural, Physical, and Sensorial Properties. *Foods*, 9: 895. <https://doi.org/10.3390/foods9070895>.
- [12] Perkins T.D., van den Berg A.K. 2009. Chapter 4 Maple Syrup—Production, Composition, Chemistry, and Sensory Characteristics. *Advances in Food and Nutrition Research*, 56: 101-149 [https://doi.org/10.1016/S1043-4526\(08\)00604-9](https://doi.org/10.1016/S1043-4526(08)00604-9).
- [13] Piana M.L., Oddo L.P., Bentabol A., Bruneau E., Bogdanov S., Declerck C.G. 2004. Sensory analysis applied to honey: state of the art. *Apidologie* 35(1): 26–37, <https://doi.org/10.1051/apido:2004048>.
- [14] PN-ISO 6564:1999 – Analiza sensoryczna. Metodologia. Metody profilowania smakowości.
- [15] Saraiva A., Carrascosa C., Ramos F., Raheem D., Lopes M., Raposo A. 2022. Maple Syrup: Chemical Analysis and Nutritional Profile, Health Impacts, Safety and Quality Control, and Food Industry Applications. *Public Health* 2022, 19: 13684. <https://doi.org/10.3390/ijerph192013684>.
- [16] Short E.C., Kinchla A.J., Nolden A.A. 2021. Plant-Based Cheeses: A Systematic Review of Sensory Evaluation Studies and Strategies to Increase Consumer Acceptance. *Foods*, 10: 725 <https://doi.org/10.3390/foods10040725>.
- [17] Taleb H., Maddock S.E., Morris R.K., Kanekanian A.D. 2016. Chemical characterisation and the anti-inflammatory, anti-angiogenic and antibacterial 3 properties of date fruit (*Phoenix dactylifera* L.). *Journal of Ethnopharmacology*, 194: 457–468 <https://doi.org/10.1016/j.jep.2016.10.032>.

-
- [18] Thabet B., Besbes S., Masmoudi M., Attia H., Deroanne C., Blecker C. 2009. Compositional, Physical, Antioxidant and Sensory Characteristics of Novel Syrup from Date Palm (*Phoenix dactylifera* L.). *Food Sci Tech Int*, 15(6): 583–590, <https://doi.org/10.1177/1082013209353079>.
- [19] Yargatti R., Muley A., 2022. Agave syrup as a replacement for sucrose: An exploratory review, *FFHD* 2022; 12(10): 590-600 <https://www.doi.org/10.31989/ffhd.v12i9.1003>.
- [20] Żak N., Wilczyńska A., Przybyłowski P. 2017. Colour identification as an important quality parameter of honey. *Towaroznawcze Problemy Jakości*, 4(53): 127–138.

Marta Popielarczyk
Kamila Żukowska

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Wydział Nauk o Żywności
Studenckie Koło Naukowe Towaroznawczej Oceny Sensorycznej
e-mail: marta.popielarczyk@student.uwm.edu.pl
Opiekun koła: dr inż. Marta Czarnowska-Kujawska

MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA W GASTRONOMII OWADÓW JADALNYCH W OPINII KONSUMENTÓW

Wprowadzenie

Entomofagia (spożywanie owadów) w wielu krajach jest zjawiskiem powszechnym i niebudzącym kontrowersji wśród tamtejszych mieszkańców. W części krajów wschodnioazjatyckich, afrykańskich czy Ameryki Środkowej owady są elementem codziennej diety, ale jednocześnie traktuje się je jako przysmak [6]. Najczęściej spożywanymi na świecie gatunkami owadów są chrząszcze, szarańcze, świerszcze i termity, a rzadziej mrówki, pszczoły, ryjkowce, koniki polne i inne. Łącznie znanych jest około 2000 gatunków owadów spożywanych przez ludzi [1].

Inaczej sytuacja wygląda w Europie i Ameryce Północnej, gdzie insekty wielu osobom kojarzą się jako szkodniki. Spożywanie owadów w kulturze zachodnioeuropejskiej jest często odbierane jako co najmniej dziwne albo odrażające, a czasem nawet szkodliwe dla zdrowia [2,6]. Entomofagia to zagadnienie popierane i upowszechniane przez takie organizacje jak FAO (Organizacja Narodów Zjednoczonych do spraw Wyżywienia i Rolnictwa) i EFSA (Europejski Urząd ds. Bezpieczeństwa Żywności) głównie w aspekcie ekologii [4]. Mimo tego wiele osób deklaruje niechęć do spożywania owadów z różnych względów. Jednak z roku na rok wartość sprzedaży owadów jadalnych w Europie rośnie. Coraz więcej przedsiębiorców decyduje się na ich produkcję lub sprzedaż. Największymi producentami owadów jadalnych w Europie jest Holandia, Wielka Brytania, Czechy i Węgry. W Polsce największa ferma owadów znajduje się w Karkoszowie, a pierwsza, jaka powstała i działa/ działa na skalę przemysłową mieści się w Robakowie [6]. Zauważa się też wzrost zainteresowania owadami jadalnymi w branży gastronomicznej, gdzie są one wykorzystywane jako główne składniki dań lub w formie ukrytej, stanowiąc dodatek do potrawy albo jej

bazę (np. naleśniki z mąką z mącznika młynarka). W Unii Europejskiej produkty powstałe na bazie owadów jadalnych należą do kategorii „novel food” („nowa żywność”) [6]. Na cele konsumpcyjne EFSA pozytywnie zaopiniował, między innymi, suszone larwy mącznika żółtego i suszoną szarańczę wędrowną [4]. Owady jadalne bywają też coraz częściej stosowane jako pasze dla zwierząt o wysokiej wartości żywieniowej. Na cele paszowe EFSA pozytywnie zaopiniował takie gatunki jak: mucha domowa i czarna, mącznik młynarek, świerszcz domowy, bananowy i kubański oraz pleśniakowiec lśniący [6].

Czynniki, które mają dominujący wpływ na propagację entomofagii, są ściśle związane z ochroną środowiska naturalnego, rosnącymi kosztami produkcji zwierzęcej [5] i zapobieganiem zjawisku głodu na świecie, który może być w przyszłości nasilony ze względu na stale powiększającą się populację ludzi [2]. Konwencjonalne źródła żywności mogą nie wystarczyć do zaspokojenia głodu przyszłych pokoleń, dlatego tak ważne jest osvajanie zwłaszcza młodych osób z tematem owadów jadalnych oraz edukowanie społeczeństw w tym zakresie, bo często właśnie brak wiedzy jest przyczyną niechęci do zmiany w negatywnym postrzeganiu owadów jadalnych [2].

Hodowla owadów jest bardziej ekologiczna niż konwencjonalne hodowle bydła czy trzody chlewnej. Insekty emitują do otoczenia znacznie mniejsze ilości gazów cieplarnianych niż świnie albo krowy [1]. Ponadto warto zwrócić uwagę na fakt, że owady można żywić odpadami z innych branż przemysłu spożywczego, a zwłaszcza zbożowo-młynarskiego i owocowo-warzywnego [6]. Zużycie wody również jest o wiele niższe niż w przypadku hodowli zwierząt rzeźnych. Niektóre gatunki owadów zadawalają się jedynie wodą zawartą w odpadach owocowo-warzywnych, będących ich pożywieniem. Inne choć wymagają pojenia, to w bardzo niewielkim stopniu (kilkaset razy mniej niż przy hodowlach konwencjonalnych) [4]. Warto też zwrócić uwagę na efektywność przyswajania składników odżywczych z pożywienia, będącą wyższą u zimnokrwistych owadów niż u ssaków (bydło, trzoda chlewna), które część energii dostarczanej z pożywienia muszą przeznaczyć na utrzymanie stałej temperatury ciała [1]. Kolejnym argumentem przemawiającym za rozwojem branży owadów jadalnych w przemyśle spożywczym jest to, że ферmy owadów zajmują bardzo mało przestrzeni. Zagęszczenie insektów może być duże, a dostęp do światła ograniczony. Niezbędne są jedynie stosunkowo wysoka temperatura i wilgotność względna powietrza na odpowiednim poziomie [6]. Inną zaletą hodowli owadów jadalnych jest niski koszt jej prowadzenia. W przypadku wystąpienia epidemii wśród insektów straty finansowe są niewielkie w porównaniu do chorób zwierząt w konwencjonalnych hodowlach. Co więcej, cykl rozwojowy owadów jest znacznie krótszy niż ssaków. Jako przykład można wskazać mącznika młynarka, który przy sprzyjających warunkach potrzebuje niecałe 4 miesiące, aby z jaja osiągnąć stadium imago (osobnik dorosły). Okres osiągnięcia dojrzałości hodowlanej u jałówki to około 12-15 miesięcy (dodatkowo okres ciąży około 280 dni), a w przypadku młodych maciory około 7- 8 miesięcy (dodatkowo okres ciąży około 115 dni) [3].

Owady to nie tylko bardziej ekologiczna alternatywa tradycyjnych hodowli zwierząt gospodarskich, ale też zamiennik roślinnych i zwierzęcych źródeł pełnowartościowego białka, błonnika pokarmowego, tłuszczu oraz wielu cennych witamin i składników mineralnych. Wartość odżywcza owadów zależy od takich czynników jak płeć, warunki środowiskowe i gatunek owada, aczkolwiek dominującym czynnikiem jest wiek i stadium rozwoju, w jakim się znajduje. Larwy charakteryzują się wyższą wartością odżywczą niż osobniki w stadium imago, bo mają od nich większą zawartość tłuszczu [4]. Natomiast u dorosłych osobników zauważa się wyższą zawartość pełnowartościowego białka, porównywalnego z białkiem jaj i mleka, o bardzo wysokiej strawności na poziomie sięgającym nawet 98% [1]. Białka owadzie są dobrym źródłem aminokwasów egzogennych niezbędnych do prawidłowego rozwoju organizmu człowieka. Tłuszcze zawarte w insektach także charakteryzują się wysoką wartością żywieniową. W suchej masie insektów może być od kilku do nawet 50% lipidów w zależności od fazy rozwoju, w tym cenne jedno- i wielonienasycone kwasy tłuszczowe (głównie kwas oleinowy i linolowy) [4,5]. W przeciwieństwie do zwierząt rzeźnych i drobiu, owady są dobrym źródłem błonnika pokarmowego, głównie chityny znajdującej się w ich egzoszkieletcie. Jest to ważne zagadnienie w kontekście narastającej liczby zaburzeń żywieniowych w krajach wysokorozwiniętych. Owady nie są bogatym źródłem węglowodanów (do 5,3%), dlatego nie powinno się nimi zastępować produktów zbożowych, ziemniaków i innych źródeł cukrów złożonych, a należy je traktować jako niekonwencjonalny substytut białkowo-tłuszczowy w diecie [2]. Dodatek owadów w diecie może niwelować niedobory witamin z grupy A, B (zwłaszcza ryboflawiny), C oraz E. Ponadto insekty są cennym źródłem składników mineralnych, w tym wapnia, magnezu, cynku, manganu, miedzi, fosforu i żelaza [1,5]. Ograniczeniem w przyswajalności składników odżywczych z owadów jest konieczność spożywania ich w całości lub rozdrobnionych tuż przed podaniem. Niestety ze względu na często spotykaną niechęć konsumentów do spożywania owadów w całej postaci zachodzi konieczność sporządzania z nich mączek na długo przed spożyciem, przez co część składników może zostać utracona (np. witamina C) [1,5].

Spożywanie owadów, choć ma wiele zalet, w Europie nadal jest dość drogie, a dostępność owadów w sklepach stacjonarnych bardzo ograniczona. W krajach, w których entomofagia jest powszechna, można zakupić insekty znacznie taniej niż w krajach zachodnioeuropejskich. Porównaniem może być cena 8-10 euro za 1kg szarańczy w azjatyckim Laosie, do ceny 10 euro, jaką trzeba zapłacić za 35g szarańczy w Holandii. Choć różnice cen są znaczne, to ze względu na rosnące zainteresowanie spożywaniem owadów w Europie można przewidywać wzrost ich produkcji na lokalnych rynkach i jednoczesny spadek cen [1].

Owady są potencjalnym zagrożeniem zdrowotnym dla człowieka, ponieważ mogą być nosicielami bakterii, grzybów (w tym pleśni), pierwotniaków i wirusów. Ryzyko zakażenia można zminimalizować, prowadząc hodowle zgodnie z zasadami GMP (Good Manufacturing Practice) i GHP (Good Hygienic Practice). Drobnoustroje u owadów

w znacznej części występują w przewodzie pokarmowym. Niestety zwykle niemożliwe jest ich wypatroszenie [6]. Sposobem na zmniejszenie zagrożenia mikrobiologicznego jest obróbka surowca przed spożyciem. Powszechnymi procesami stosowanymi w celu zmniejszenia liczby patogenów są: suszenie na słońcu lub sublimacyjne, stosowanie mikrofal, zamrażanie, fermentacja, gotowanie, pieczenie, marynowanie, smażenie, bądź frakcjonowanie na sucho. Owady, podobnie jak zwierzęta gospodarskie, kumulują w swoim organizmie metale ciężkie, dlatego tak jak w przypadku hodowli konwencjonalnych owady powinny mieć zapewniony dostęp do pożywienia o odpowiedniej jakości [6].

Wysoka cena, ograniczona dostępność, zagrożenia mikrobiologiczne i chemiczne to uzasadnione powody budzące obawy przed spożywaniem owadów. Jednak to nie te argumenty powstrzymują europejskich konsumentów przed sięganiem po owady jadalne. Zdecydowanie częściej obserwuje się lęk, obrzydzenie lub wypowiedzi oparte na stereotypach, często błędne, wskazujące na brak wiedzy na temat entomofagii. Nawet w przestrzeni publicznej widoczna jest tendencja do rozpowszechniania nieprawdziwych informacji na temat owadów jadalnych, pomijania korzyści wynikających z ich spożywania przy jednoczesnym wyolbrzymianiu negatywów. Jest to dowodem na potrzebę edukowania konsumentów w zakresie entomofagii, a zwłaszcza młodych pokoleń, które chętniej przyswajają wiedzę i są bardziej otwarte na zmiany w diecie.

Cel pracy

Celem pracy było poznanie opinii konsumentów na temat wykorzystania w gastronomii owadów jadalnych poprzez przeprowadzenie badania kwestionariuszem ankiety z udziałem 248 respondentów.

Materiał i metody

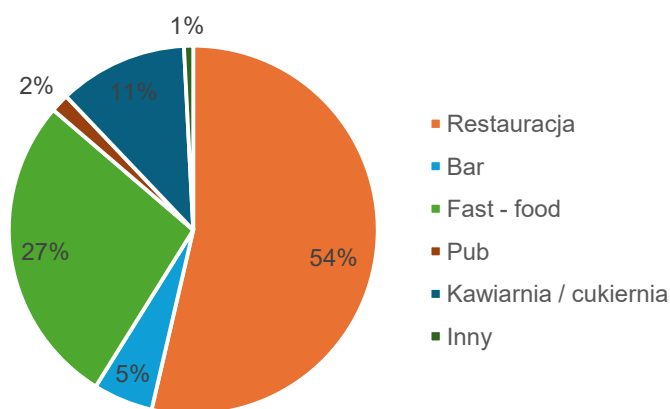
Ocenę konsumencką przeprowadzono z użyciem anonimowego kwestionariusza ankiety, który zawierał pytania dotyczące opinii konsumentów na temat zastosowania owadów jadalnych w gastronomii. Kwestionariusz zawierał 17 pytań, w tym 12 pytań jednorazowego wyboru, a 5 pytań – wielokrotnego wyboru. Ankietowani w pierwszej kolejności zostali zapytani, czy i jakie lokale gastronomiczne odwiedzają oraz z jaką częstotliwością. Szczególną uwagę zwrócono na wcześniejsze doświadczenia konsumentów związane ze spożywaniem owadów oraz preferencje ich spożycia co do formy i stopnia przetworzenia. Ponadto zapytano ankietowanych o czynniki wywołujące niechęć do spożywania owadów jadalnych wśród konsumentów. W ankiecie pojawiły się także pytania sprawdzające wiedzę na temat korzyści wynikających ze spożywania owadów jadalnych, a także dotyczące ich wartości odżywczej. Na końcu kwestiona-

riusza ankiety znajdowała się metryczka. Formularz został przygotowany z użyciem bezpłatnego narzędzia internetowego – platformy Google Forms. Otrzymane wyniki zebrano i przeanalizowano z użyciem programu Microsoft Excel Word 2007. Odpowiedzi respondentów zostały przedstawione w pracy w formie procentowego rozkładu na wykresach kołowych.

Wyniki i dyskusja

Współczesny świat zmagają się z wieloma problemami rangi globalnej, takimi jak brak wystarczających zasobów wody pitnej, szybko postępująca zmiana klimatu czy przełudnienie. Skutkuje to zwiększonym zapotrzebowaniem na produkcję żywności oraz większą eksploatacją zarówno gruntów, jak i zasobów wodnych. Koszt produkcji mięsa staje się coraz większy, dodatkowo szkodliwy dla środowiska, dlatego coraz częściej poszukuje się nowych, tańszych i proekologicznych rozwiązań. Alternatywą może być hodowla bogatych w białko owadów jadalnych [1]. Ponieważ są to produkty typu „novel food”, a dodatkowo mieszkańcy Europy nie mają w zwyczaju ich spożywania, warto badać i poznawać opinie konsumentów, żeby poznać ich ewentualne obawy, ale też preferencje, np. co do formy i sposobu przygotowania owadów, ale też ich miejsca w ofercie lokali gastronomicznych.

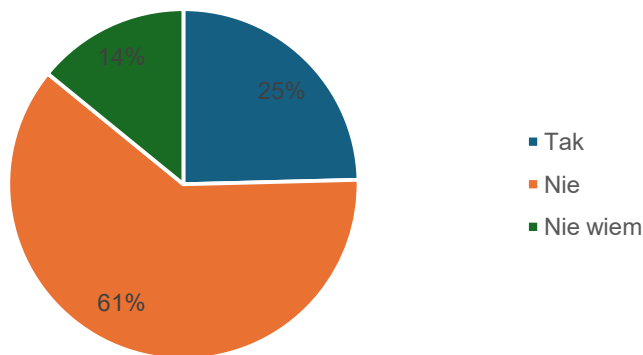
Na rysunku 1 przedstawiono wyniki przeprowadzonego badania dotyczące najczęściej wybieranego rodzaju lokalu gastronomicznego. Najwięcej (54%) ankietowanych wskazało restaurację, następnie restaurację typu fastfood (27%), a kolejno kawiarnię/cukiernię (11%), bar (5%), pub (2%) i inny (1%).



Rysunek 1. Najczęściej wybierany typ lokalu gastronomicznego

Kolejne pytanie zwraca uwagę na doświadczenia ankietowanych w związku ze spożyciem owadów jadalnych w przeszłości. Z rysunku 2. wynika, że 25% ankietowanych próbowało wcześniej owadów jadalnych, natomiast pozostała część nie wie (14%) bądź nie próbowała tych produktów (61%). Co ciekawe, spośród osób, które deklarują, że jadły wcześniej owady jadalne, w większości znajdują się osoby w wieku od 18. do 34. roku życia.

Analizując dane z metryczki, osoby, które wcześniej próbowały owadów jadalnych, to w 61% kobiety, biorąc pod uwagę wiek, najczęściej owady jadły osoby w wieku 18-24 lata (36%) oraz 25-34 lata (34%), najrzadziej osoby w wieku poniżej 18 lat (2%) oraz powyżej 55. roku życia (5%). Wykazano również wpływ miejsca zamieszkania, ponieważ aż 77% osób, które jadły wcześniej owady jadalne, mieszka w mieście. Jeżeli chodzi o wykształcenie wśród tej grupy ankietowanych jest tylko 2% osób z wykształceniem zawodowym i 3% z wykształceniem podstawowym. Z kolei osoby z wyższym wykształceniem stanowią aż 63%, a osoby ze średnim wykształceniem 32%.



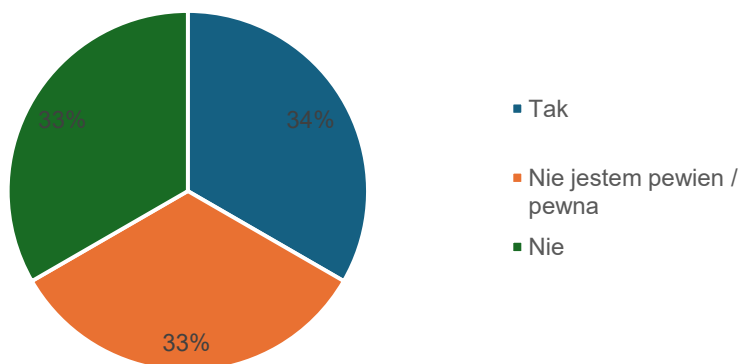
Rysunek 2. Rozkład odpowiedzi na pytanie: Czy kiedykolwiek jadł/a Pan/Pani owady jadalne lub produkty zawierające je jako składnik?

Na pytanie o skłonność do spróbowania dania zawierającego owady jadalne rozkład odpowiedzi jest wyrównany. Skłonnych spróbować owady jadalne w lokalu gastronomicznym jest 34% ankietowanych, 33% nie jest przekonanych do takiej decyzji, a 33% zdecydowanie nie spróbowałoby owadów jadalnych w lokalu gastronomicznym.

Wśród grupy, która wyraziła gotowość do spróbowania owadów, zanotowano najwięcej osób mieszkających w mieście (85%), w wieku 18-24 lata (27%), bądź 25-34 lata (39%), o wyższym wykształceniu (66%), głównie kobiety (60%).

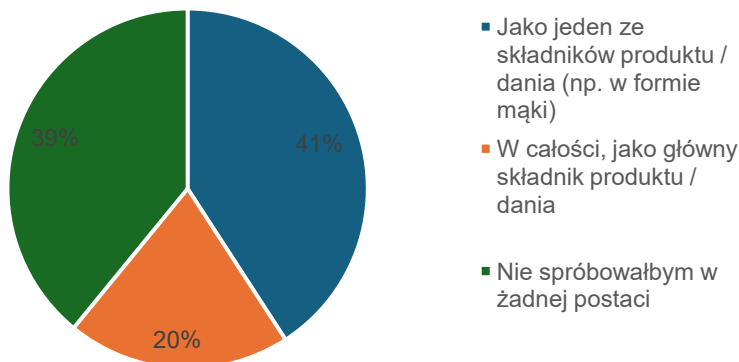
Natomiast grupa, która wskazała odpowiedź nie jestem pewny / pewna, to – podobnie jak powyżej – głównie osoby zamieszkujące miasta (76%), w wieku 18-24 lata (38%), z wykształceniem wyższym (62%) i są to głównie kobiety (82%).

Ankietowanych zapytano również o akceptowaną przez nich formę podania owadów jadalnych w lokalu gastronomicznym. Osoby, które nie spróbowałyby owadów



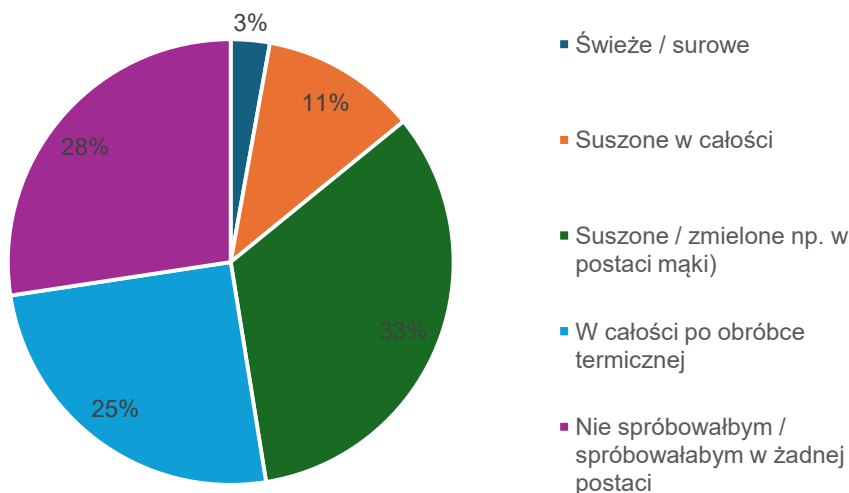
Rysunek 3. Rozkład odpowiedzi na pytanie: Czy byłby/byłaby Pan/Pani skłonny/skłonna spróbować danie zawierające owady jadalne w lokalu gastronomicznym?

jadalnych w żadnej postaci, stanowią 39%, z kolei 41% ankietowanych spróbowałoby owadów jako jednego ze składników produktu, na przykład makaronu z dodatkiem mączki z owadów jadalnych, a tylko 20% skłonnych było zjeść owady jadalne w całości, jako główny składnik posiłku / przekąski.



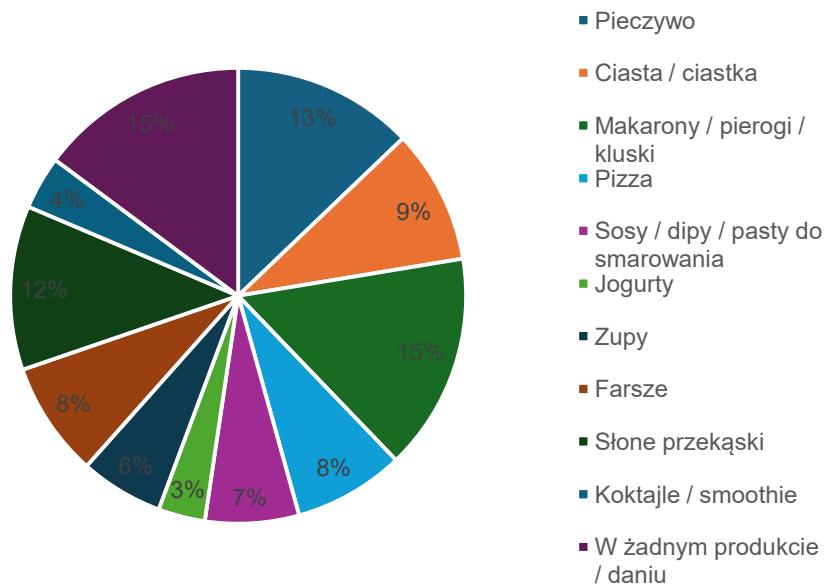
Rysunek 4. Rozkład odpowiedzi na pytanie: W jakiej formie byłby/byłaby Pan/Pani skłonny/skłonna zjeść owady jadalne?

Analiza odpowiedzi uzyskanych na temat najbardziej atrakcyjnego dla konsumenta stopnia przetworzenia owadów jadalnych wykazała, że duża część ankietowanych (28%) nie spróbowałaby owadów jadalnych w żadnej postaci (aczkolwiek niektórzy ankietowani zaznaczyli zarówno tę odpowiedź, jak i inne, co się wyklucza). Najwięcej osób (33%) skłonnych było spróbować suszone / zmielone (w formie mąki), kolejno w całości po obróbce termicznej 25% (gotowanie, smażenie, pieczenie), następnie suszone w całości (11%) i zdecydowanie najmniej respondentów (3%) wykazało gotowość do spróbowania świeżych / surowych owadów jadalnych.



Rysunek 5. Rozkład odpowiedzi na pytanie: W jakiej formie i stopniu przygotowania (przetworzenia) spróbowałby/spróbowałaby Pan/Pani owadów jadalnych? Można wybrać kilka odpowiedzi.

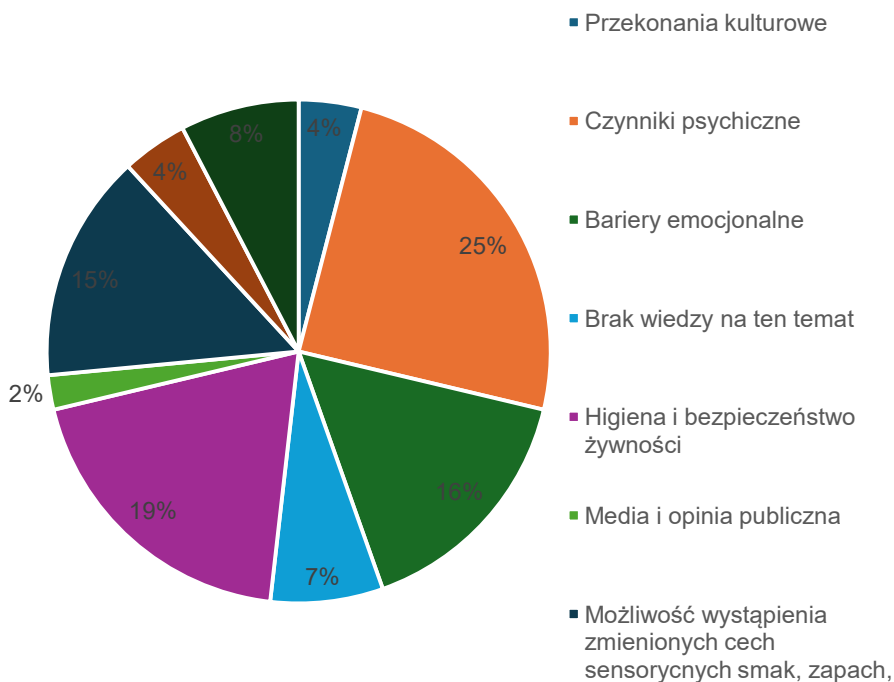
Zapytano także o produkt / danie, którego elementem mogą być owady jadalne, a które konsument byłby skłonny zjeść. Najczęściej respondenci wskazywali: makarony / pierogi / kluski (15% badanych), pieczywo (13%), słone przekąski (12%) oraz ciasta



Rysunek 6. Rozkład odpowiedzi na pytanie: W jakim produkcie/daniu lub jego elemencie zjadłby/zjadłaby Pan/Pani owady jadalne? Można wybrać kilka odpowiedzi.

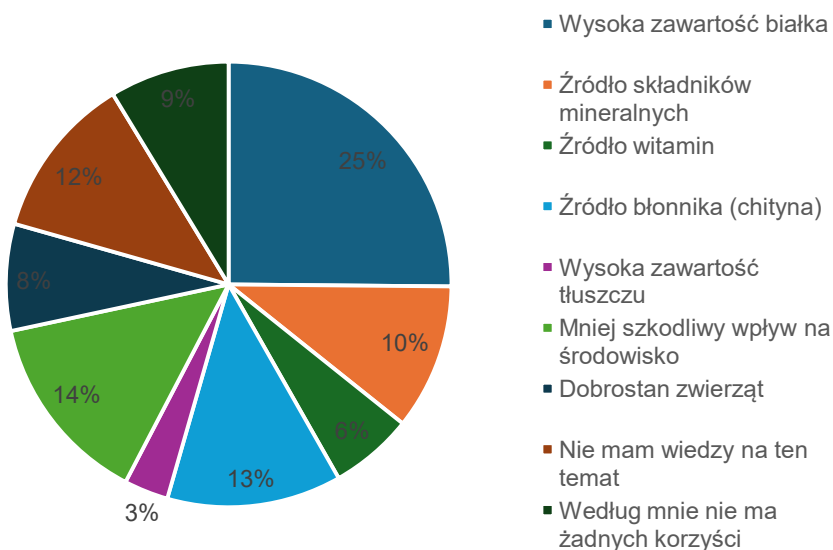
i ciastka (9% badanych). Rzadziej wskazywano pizzę (8%), sosy/dipy/pasty do smarowania pieczywa (8%), farsze (7%) i zupy (6%). Najmniejsze zainteresowanie budzą produkty takie jak jogurty (3%), koktajle/smoothie (4%). Spora część ankietowanych (15%) zaznaczyła, że nie są skłonni zjeść owadów jadalnych w żadnej postaci, ani jako składnik dania, ani produktu.

Kwestionariusz zawierał również zapytanie o czynniki, które wywołują u ankietowanych niechęć do spożywania owadów jadalnych. Pytanie jest istotne, ponieważ może wskazać, na co należy zwrócić uwagę przy projektowaniu dań / produktów, aby wyjść naprzeciw oczekiwaniom potencjalnych konsumentów. U zdecydowanej większości ankietowanych (25%) niechęć do spożywania owadów jadalnych wywołują czynniki psychiczne. Kolejnym czynnikiem, który budzi wątpliwości, jest higiena i bezpieczeństwo żywności owadów jadalnych (19%), bariery emocjonalne (16%) oraz możliwość wystąpienia zmienionych cech sensorycznych żywności, takich jak smak, zapach, wygląd, konsystencja (15%). Mniejsze znaczenie mają czynniki takie jak brak wiedzy na ten temat (7%), przekonania kulturowe (4%), także media i opinia publiczna (2%). Z kolei spośród ankietowanych 8% odpowiedziało, że żaden czynnik nie wywołuje u nich niechęci do owadów jadalnych.



Rysunek 7. Rozkład odpowiedzi na pytanie: Czy któryś z wymienionych poniżej czynników wywołuje u Pana/ Pani niechęć do spożywania żywności z wykorzystaniem owadów jadalnych? Jeśli tak, to proszę wskazać który. Można wybrać kilka odpowiedzi.

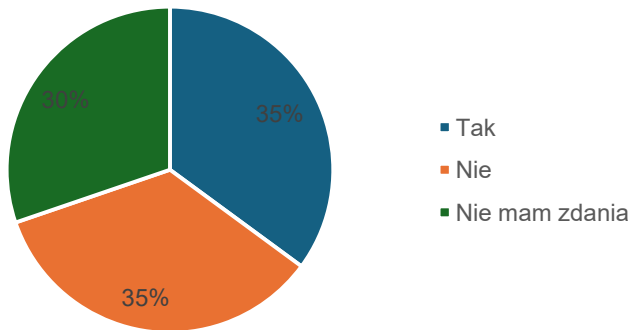
Sprawdzono także podstawową wiedzę na temat wartości odżywczych oraz korzyści płynących z hodowli i spożywania owadów jadalnych. Największa liczba osób (25%) wskazała na wysoką zawartość białka. Zdecydowanie rzadziej wskazywano mniej szkodliwy wpływ na środowisko (14%), źródło błonnika (chityna) (13%), źródło składników mineralnych (10%). Spośród ankietowanych 9% twierdzi, że owady jadalne nie mają żadnych korzyści żywieniowych i środowiskowych. Natomiast 12% ankietowanych deklaruje brak wiedzy na ten temat, co ciekawe spośród tej grupy większość nie próbowała wcześniej owadów jadalnych (79%) i nie jest skłonna ich spróbować (63%). Najmniejsza liczba osób wskazuje na zawartość witamin (6%), dobrostan zwierząt (8%) oraz wysoką zawartość tłuszczu (3%).



Rysunek 8. Rozkład odpowiedzi na pytanie: Jakie, Pana/Pani zdaniem, korzyści wynikają ze spożywania owadów jadalnych? Można wybrać kilka odpowiedzi.

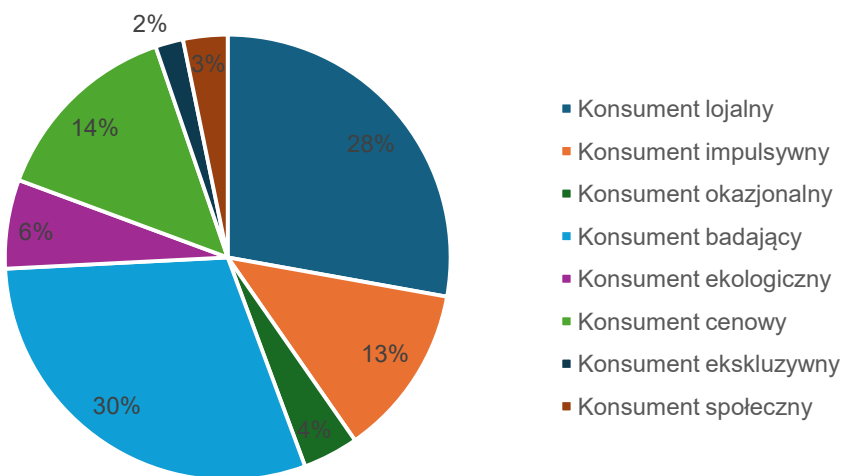
Zadano także pytanie, czy owady jadalne mogą stać się żywnością przyszłości. Wyniki są bardzo wyrównane, ponieważ 35% uważa, że tak, również 35% uważa, że nie, a 30% nie ma zdania.

Dodatkowo poproszono o stwierdzenie, z jakim typem konsumenta utożsamiają się ankietowani. Najwięcej osób (30%) zaznaczyło typ konsumenta badający (osoba, która przed zakupem dokładnie bada opcje, porównuje produkty, czyta opinie i stara się poznać wszystkie szczegóły, zanim podejmie decyzję) oraz lojalny (28%) (ten typ konsumenta często wybiera określoną markę lub produkt i pozostaje jej wierny przez długi czas, pomimo dostępności innych opcji na rynku). Kolejno wybrano typ konsumenta cenowy (14%) (osoba, dla której głównym czynnikiem decydującym jest cena,



Rysunek 9. Rozkład odpowiedzi na pytanie: Czy zgadza się Pan/Pani ze stwierdzeniem, że owady jadalne mogą stać się żywnością przyszłości?

ten typ konsumenta szuka najlepszego stosunku jakości do ceny) oraz impulsywny (13%) (ten typ konsumenta podejmuje szybkie decyzje zakupowe bez wcześniejszego planowania, zazwyczaj pod wpływem impulsu lub chwilowej potrzeby). Najmniejszą liczbę głosów zdobyły typy konsumenta: ekologiczny (6%) (klient, który przykładą dużą wagę do ekologicznych aspektów produktów, preferując te, które są bardziej przyjazne dla środowiska), okazjonalny (4%) (osoba, która dokonuje zakupów sporadycznie lub jedynie w sytuacjach, gdy natrafi na okazję lub promocję), społeczny (3%) (osoba, która dokonuje zakupów z myślą o społeczności, wspierając firmy lub produkty, które angażują się w działania społeczne lub wspierają określone wartości) oraz ekskluzywny (2%) (klient preferujący luksusowe produkty lub marki, często decydujący się na zakup ze względu na prestiż i wysoką jakość).



Rysunek 10. Rozkład odpowiedzi na pytanie: Z jakim typem konsumenta Pan/ Pani utożsamia się ?

Spośród konsumentów grupy, w których znajduje się najwięcej osób skłonnych spróbować owadów jadalnych w lokalu gastronomicznym, to konsumenci typu społecznego, badającego oraz impulsywnego. Z kolei najmniej osób występuje w grupach typu ekskluzywny, cenowy oraz, co jest zaskoczeniem, typ ekologiczny, ponieważ wydawać by się mogło, że tej grupie zależy na szukaniu proekologicznych rozwiązań.

Jeśli chodzi o wcześniejsze doświadczenie z próbowaniem owadów jadalnych, to wyniki rozkładają się podobnie jak powyżej. Największa liczba osób, która próbowała już owadów jadalnych wcześniej, to konsumenci typu: ekskluzywny 60%, społeczny 37% oraz badający 35%. Najmniejszą liczbę osób można wyróżnić w grupach konsumentów typu cenowy 17%, lojalny 17% oraz okazjonalny 10%.

Podsumowanie i wnioski

Analizując zebrane wyniki, można stwierdzić, że na rynku jest obserwowany popyt na produkty i dania z dodatkiem owadów jadalnych. Wprowadzanie tego typu żywności należałoby zacząć od restauracji, bądź restauracji typu fast food, ponieważ te są najczęściej odwiedzane przez konsumentów. Stanowią szansę dotarcia do jak największej liczby konsumentów.

Z analizy wyników badania kwestionariuszem ankiety wynika, że profil konsumenta, który już próbował, bądź jest skłonny spróbować owadów jadalnych, to mieszkaniec miasta, w młodym wieku, między 18. a 34. rokiem życia, zazwyczaj posiadający wykształcenie wyższe. Może to wynikać z większej otwartości wśród młodych osób na próbowanie nowych rzeczy, a także częstsze śledzenie trendów żywieniowych. Ponadto w mieście występuje większa dostępność produktów nietypowych, a także lokali gastronomicznych, które mogą sobie pozwolić na wprowadzenie tego typu dań do asortymentu. Wykształcenie z kolei może wpływać na poziom wiedzy na temat owadów jadalnych, a także większą świadomość żywieniową i proekologiczną. Dlatego też wyżej wskazane cechy, jak wiek, poziom wykształcenia czy miejsce zamieszkania wskazują na profil potencjalnego odbiorcy produktów/dań z dodatkiem owadów jadalnych, do którego powinna zostać kierowana oferta. Z drugiej strony, dla przeciwnego profilu konsumenta, to znaczy osób po 35. roku życia, mieszkających na wsi i z niższym wykształceniem, powinno się wychodzić z propozycją programów edukacyjno-promocyjnych (informowanie, edukacja, zwiększenie dostępności produktów z dodatkiem owadów jadalnych poza obszarem miejskim). Mogłoby to podwyższyć poziom świadomości, tym samym zwiększyć ciekawość, może także wzbudzić chęć spróbowania tego typu żywności w przyszłości.

Ważną okazuje się także forma podania czy nawet sposób przetworzenia owadów jadalnych. Wciąż duża część konsumentów preferuje zmielone, suszone owady jadalne w postaci mączki jako dodatek do dania/produktu. Prawdopodobnie jest to bardziej akceptowalne, ponieważ nie widać i nie czuć struktury owada. Pozwala to na zniesie-

nie barier psychologicznych i emocjonalnych, które ankietowani wskazali jako najistotniejsze powody niechęci do spożycia owadów jadalnych. Tego typu mączkę można wykorzystać w różnego rodzaju potrawach, najczęściej jednak wskazywane przez ankietowanych dania/produkty to makarony/pierogi/kluski, pieczywo oraz słone przekąski. Z kolei osoby, które byłyby skłonne spróbować owadów jadalnych w całości najczęściej jednak wybierały opcje po obróbce termicznej. Może wiązać się z lękiem o bezpieczeństwo i higienę żywności, która była jednym z trzech powodów niechęci do spożycia owadów.

Wnioskując na podstawie odpowiedzi na pytanie o korzyści płynące z owadów jadalnych, można stwierdzić, że respondenci mają świadomość wysokiej zawartości białka w tych produktach. Jednakże należałoby przyłożyć większą wagę do edukacji na temat mniejszej szkodliwości dla środowiska płynącej z tego typu hodowli, czy też wysokiej zawartości wartości odżywczych. Dobrym pomysłem mogłoby być popularyzowanie wiedzy na temat owadów jadalnych w szkołach oraz na uczelniach wyższych, by poszerzyć znajomość tego zakresu wśród otwartych na nowości młodych ludzi.

Typ konsumenta ma ogromny wpływ na wybory żywieniowe. W przypadku owadów jadalnych, osoby najbardziej skłonne do ich spożycia reprezentowały najczęściej typ konsumenta badający, społeczny oraz impulsywny. Osoby te przed zakupem dokładnie badają opcje, porównują produkty i starają się poznać wszystkie szczegóły dotyczące produktu, bądź podejmują szybkie decyzje pod wpływem impulsu, ciekawości czy chcą wspomóc społeczność i wspomóc określone wartości – w zależności od deklarowanego typu. Jednak zbiór tych wszystkich cech odpowiada profilowi potencjalnego konsumenta owadów jadalnych.

Reasumując, na rynku jest miejsce na wprowadzanie produktów/dań z dodatkiem owadów jadalnych, szczególnie jeśli chodzi o lokale gastronomiczne, ponieważ część konsumentów wyraża ku temu chęci oraz ciekawość. Jednak należy pamiętać, że przydatne może być prowadzenie działań promujących i edukacyjnych, by zwiększyć wiedzę na ten temat oraz zdobyć nowe grono potencjalnych konsumentów. Tym bardziej, że owady jadalne stanowią proekologiczną alternatywę dla hodowli zwierząt i prawdopodobnie stanowią przyszłość rozwoju technologii żywności i żywienia na świecie.

Bibliografia

- [1] Bartkowicz J., *Owady jadalne w aspekcie żywieniowym, ekonomicznym i środowiskowym*, „Handel wewnętrzny” 2018;2(373):77-89, 2018
- [2] Bueschke M., Kulczyński B., Gramza-Michałowska A., Kubiak T., *Alternatywne źródła białka w żywieniu człowieka*, „Zeszyty Naukowe Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie”, Problemy Rolnictwa Światowego tom 17 (XXXII), zeszyt 3, 2017
- [3] Gałęcki R., *Mącznik młynarek- hodowla w kilku krokach*, „Podręcznik hodowli mącznika młynarka”, 2021

- [4] Orkuszczyk A., *Owady jadalne – żywność przyszłości*, „Nauki inżynierskie i technologie”, nr 37, 2021
- [5] Wiza P., *Charakterystyka owadów jadalnych jako alternatywnego źródła białka w ujęciu żywieniowym, środowiskowym oraz gospodarczym*, „Postępy techniki przetwórstwa spożywczego”, numer 1/2019, 2019
- [6] Zarzyńska J., Zabielski R., *Entomofagia – jedzmy owady?* „Życie Weterynaryjne”, 2020

Piotr Radomski

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Wydział Nauki o Żywności
Naukowe Koło Mikrobiologii Żywności „KOCURIA”
e-mail: piotr.radomski.2@student.uwm.edu.pl

Opiekun koła: dr hab. inż. Wioleta Chajęcka-Wierzchowska

WPŁYW WARUNKÓW STRESOWYCH NA PRZEŻYwalNOŚĆ I WIRULENCJĘ PAŁECZEK *LISTERIA MONOCYTOGENES* IZOLOWANYCH Z ŻYwnOŚCI

***Listeria monocytogenes* – ogólna charakterystyka**

Według systematyki rodzaj *Listeria* należy do typu *Firmicutes*. Bakterie tego rodzaju są grupą mikroorganizmów blisko spokrewnionych z drobnoustrojami z rodzajów: *Bacillus*, *Clostridium*, *Enterococcus*, *Streptococcus* i *Staphylococcus*. Rodzaj *Listeria* obejmuje obecnie 28 uznanych gatunków m.in. *L. monocytogenes*, *L. seeligeri*, *L. ivanovii*, *L. innocua*, *L. welshimeri* oraz *L. grayi*. Z wyżej wymienionych gatunków dwa z nich stanowią gatunki patogenne i są to: *L. monocytogenes* jako patogen ludzi, jak i zwierząt oraz *L. ivanovii* infekująca głównie zwierzęta: bydło oraz owce [39,37]. *L. monocytogenes* charakteryzuje się małymi rozmiarami (0,5-2,0 µm), morfologicznie przypomina kształt pałeczki, a jednocześnie wykazuje tendencję do pleomorfizmu. Jest bakterią nieprzetrwalnikującą, w barwieniu metodą złożoną wg Grama wybarwia się na kolor fioletowy. W zakresie temperatur od 20 do 25°C drobnoustrój ten jest zdolny do ruchu rzęskowego. Natomiast w wyższych temperaturach produkcja flageliny jest mocno ograniczona, co przekłada się na brak możliwości poruszania się. Bakteria ta wzrasta w warunkach względnie tlenowych. Wykazuje dodatni test na katalazę, ujemny na oksydazę. *L. monocytogenes* produkuje β-hemolizynę – enzym odpowiedzialny za rozkład erytrocytów. Wśród miejsc powszechnego bytowania tej bakterii w środowisku naturalnym wyróżnić można glebę, wodę, powierzchnie roślin, gnijącą roślinność, trawy czy kiszonki [38,36]. Dodatkowo bakterie *L. monocytogenes* znajdują się w ściekach komunalnych oraz definiowane są jako przejściowy gatunek kolonizujący przewody pokarmowe zwierząt gatunków dzikich i domowych. Mikroorganizm ten

jest bardzo powszechny w środowisku wiejskim, dlatego zakażenie surowców, użytych następnie do przygotowania przemysłowo przetworzonej żywności, jest bardzo często spotykane [36,37,38]. Drobnoustrój wykazuje wzrost w szerokich warunkach temperaturowych (1-45°C). Patogen jest odporny na zakwaszenie i alkalizację środowiska (pH w zakresie 4,3-9,6), bakteria ta toleruje również wysokie stężenia soli (nawet do 10% NaCl), które stanowią czynniki konserwujące produkty spożywcze. Co więcej drobnoustrój ten jest w stanie swobodnie wzrastać i namnażać się w warunkach niskiej aktywności wody ($a_w=0,83$). Konsekwencją wynikającą z faktu powszechnego występowania tego gatunku mikroorganizmu w środowiskach różnego typu, stosunkowo wysokiej odporności na fizyczne i chemiczne czynniki, jak również wyjątkowej dużej zdolności do egzystencji i namnażania w niskich i wysokich temperaturach jest obecność w surowcach pochodzenia zwierzęcego i roślinnego oraz w wielu powszechnie spożywanych produktach [30,38]. Najczęściej *L. monocytogenes* stwierdza się w takich produktach jak: sery i pozostałe produkty mleczarskie, wędliny, wędzone ryby oraz żywność produkowana przemysłowo, chłodzona, w tym mrożonki warzyw, owoców i ryb oraz wszelka żywność gotowa do spożycia – popularne produkty *ready to eat*, bez wcześniejszej obróbki cieplnej. Wysokie ryzyko wśród konsumentów niesie ze sobą jedzenie długo przechowywanych w lodówce produktów, jakimi są ser biały albo pasztet, ale i też posiłków gotowanych zawierających mięso niepoddane bezpośrednio przed spożyciem działaniom termicznym [20,30]. Badania wskazują, iż niemal 99% przypadków zakażeń tym patogenem (przypadków listeriozy) wśród ludzi wywołanych jest przez spożycie zanieczyszczonej tą bakterią żywności. Często notowana obecność *L. monocytogenes* w żywności i środowisku produkcji żywności w połączeniu z wyjątkowo wysoką śmiertelnością spowodowaną infekcją tym patogenem niekiedy sięgającą 30% jest wyróżnikiem listeriozy spośród pozostałych zatruc i zakażeń pokarmowych, co stanowi kluczowy problem w sferze zdrowia publicznego [20]. Celem niniejszej pracy był przegląd literatury dotyczącej wpływu wybranych czynników stresowych występujących podczas przetwarzania żywności na zmiany oporności na antybiotyki, wirulencję i przeżywalność szczepów *L. monocytogenes*.

Chorobotwórczość pałeczek *Listeria monocytogenes*

Listeria monocytogenes stanowi kryterium bezpieczeństwa zdrowotnego – co oznacza, że produkt powinien być wolny od tej bakterii lub zawierać dopuszczalną jej liczbę obowiązującą do ostatniego dnia wyznaczonej trwałości produktu. Wymaganie to ponadto określa akceptację produktu lub partii środków spożywczych i stosowane jest dla produktów wprowadzanych na rynek. Działania zapobiegające zakażeniom powinny opierać się na ciągłym kontrolowaniu obecności i liczby tych bakterii w produktach żywnościowych. Naprzeciw tym oczekiwaniom wychodzi Rozporządzenie Komisji Europejskiej (WE) nr 2073/2005 z dnia 15 listopada 2005 r. w sprawie kryteriów mi-

krobiologicznych dotyczących środków spożywczych zmienione przez Rozporządzenie Komisji (WE) nr 1441/2007 z 5 grudnia 2007, następnie przez 365/2010 z dnia 28 kwietnia 2010 r. Według rozporządzenia (WE) nr 2073/2005 oznaczanie *L. monocytogenes* przebiega zgodnie z następującym schematem:

- I. Wstępne namnażanie na płynnej pożywce pół-selektywnej,
- II. Namnażanie wtórne na płynnej pożywce selektywnej,
- III. Różnicowanie na podłożach agarowych,
- IV. Identyfikacja w oparciu o testy biochemiczne.

Rozwojowi jednostki chorobowej, jaką jest listerioza, sprzyjają zazwyczaj stany typu: brak odporności, nowotwory, cukrzyca itp. Szczególne niebezpieczeństwo patogen ten stanowi wobec osób z grupy ryzyka tzw. YOPI (*ang.* Young, Old, Pregnant, Immunocompromised), czyli narażone są na nie osoby w podeszłym wieku, noworodki, kobiety w ciąży oraz pacjenci poddani immunosupresji [17,20,37]. Atypowe, przypominające grypę objawy listeriozy stwarzają problemy w identyfikacji pierwszych symptomów zakażenia. *L. monocytogenes* jest wewnątrzkomórkowym patogenem wykorzystującym szkielet cytoplazmatyczny, głównie włókna aktynowe, z których formuje ogon aktynowy i to dzięki niemu ma zdolność pokonywania trzech głównych barier w organizmie ludzkim: bariery jelitowej, bariery łożyskowej oraz bariery krew-mózg. Bakterie tego gatunku potrafią wnikać do różnego typu komórek niefagocytujących oraz przemieszczać się w tkankach w wyniku przechodzenia z komórki do komórki [17].

Występują powszechnie cztery postacie kliniczne tej choroby:

- płodowa,
- posocznica noworodków,
- zakażenie ośrodkowego układu nerwowego charakteryzujące się zapaleniem mózgu,
- zapaleniem mózgu i opon mózgowych,
- postać żołądkowo-jelitowa.

Dawka infekcyjna wynosi 10^3 komórek bakterii w jednym gramie produktu spożywczego. Komórki te następnie namnażają się na nabłonku jelita cienkiego, dalej przenikają do krwioobiegu, wywołując listeriozy – które w swym obrazie klinicznym mają zapalenie opon mózgowych, paraliż układu nerwowego, posocznice, negatywne działanie na płód kobiet w ciąży, rzadko zaś objawiają się zaburzeniami jelitowymi [37,38,39]. Za jedno z największych notowanych w historii ognisk listeriozy należy przypadek z 2011 (USA), podczas zatrucia melonem skażonym bakteriami *Listeria monocytogenes* pochodzącymi z gleby zachorowało 72 osoby, z czego 16 zmarło. Powszechne i liczne metody dbałości o mikrobiologiczne bezpieczeństwo surowców i produktów gotowych do spożycia obecnie praktykowane w branży przemysłu rolno-spożywczego nie przynoszą 100% sukcesu w eliminacji *Listeria monocytogenes*. U bakterii tych są dobrze rozwinięte mechanizmy ochronne przed przemysłowymi metodami obróbki i sterylizacji żywności. Wykrywanie obecności *L. monocytogenes* w produktach żywnościowych staje się więc istotnym problemem w zapewnieniu bezpieczeństwa żywności. Na walkę z nimi poświęca się coraz więcej środków, opracowując także nowe meto-

dy ich wykrywania. Dlatego w ostatnich czasach czołowi liderzy jakości w przemyśle spożywczym proponują nowe alternatywne metody zwalczania tej bakterii m.in. stosowanie obróbki *sous vide* czy częściej technologię wysokich ciśnień (HPP) [37,38,39].

Warunki stresowe a przeżywalność i wirulencja pałeczek *Listeria monocytogenes*

Przetwarzanie wysokociśnieniowe (HPP) jest jedną z nietermicznych metod konserwacji żywności uważaną za bezpieczną, ale mogącą powodować wzrost/spadek potencjału wirulencji i oporności na antybiotyki. Badania naukowe wykazały znaczny spadek populacji bakterii *L. monocytogenes* w momencie traktowania ich obróbką wysokociśnieniową w czasie od kilku do kilkunastu minut przy ciśnieniu osiągającym odpowiednio 100–600 MPa. Przy czym znaczny spadek populacji tego drobnoustroju notuje się już w przypadku 400 MPa. Obróbka wysokociśnieniowa za wyjątkiem różnych wariantów ciśnienia i czasu wymaga odpowiedniej temperatury, zwykle wyższej niż 23°C [21]. Parametry te przede wszystkim są skorelowane z rodzajem produktu, stanowi to podstawę doboru odpowiednich wartości trzech parametrów HPP. Typ produktu jest determinantą w znacznej mierze powiązaną z rozwojem określonej mikrobioty [29]. HPP wywołują stres środowiskowy ujawniający się zarówno w zmianach strukturalnych komórki drobnoustroju oraz jego genomie. Konsekwencją są zmiany patogenności bakterii, wliczając zjadliwość, a także oporności na antybiotyki, a to przekłada się na wzrost i spadek ekspresji genów je kodujących [8]. Rozległość indukowanych zmian wprost proporcjonalnie zależy od zastosowanych parametrów HPP [4]. *L. monocytogenes* może tolerować wiele niekorzystnych warunków środowiskowych podczas produkcji żywności jak np. zwiększona koncentracja soli czy obniżone pH [5]. Dane wskazują, iż o wrażliwości drobnoustroju na HPP decyduje kombinacja czynników takich jak fazy wzrostu, cechy indywidualne izolatu czy warunki obróbki wysokociśnieniowej [1]. Część zmian powstałych w wyniku HPP może nie być utrwalona. Autorzy wskazują też na czasową redukcję populacji. Zauważono też możliwość regeneracji komórek w trakcie dłuższego przechowywania produktu. Zjawisko to jest istotne z punktu przetrwania patogennych bakterii [3]. Wyniki badań wskazują na subletalne dawki czynników stresowych np. zbyt niskie ciśnienie podczas konserwacji jako determinanty aktywacji mechanizmów odpowiedzialnych za wzrost minimalnego stężenia hamującego czy zabójczego izolatów, nabywanie krzyżowej oporności czy adaptację do stresu środowiskowego [11]. Badania naukowe wskazują, iż po zastosowaniu HPP obserwuje się zróżnicowaną przeżywalność pewnych fenotypów i genotypów szczepów *L. monocytogenes* poddanych nieco odmiennym wariantom HPP [10]. W badaniu Wiśniewskiego i in. (2023) [38] wariant zakładający ciśnieniowanie w atmosferze 200 MPa nie zmniejszył istotnie populacji *L. monocytogenes* w żadnym z badanych izolatów. Drugi natomiast wariant ciśnienia

(400 MPa) zredukował populację tego drobnoustroju poniżej granicznego poziomu wykrywalności metodą płytkową. W badaniach tych regenerację komórek obserwowano po przechowywaniu w temperaturze 30°C. Liczni autorzy w swoich badaniach wskazują na brak odnotowanych przypadków obecności komórek *Listeria monocytogenes* zdolnych do hodowli bezpośrednio po zwiększeniu ciśnienia do 400 MPa [6,18,28]. Dłuższe przechowywanie (nawet do 42 dni) w różnych wariantach temperaturowych (włącznie z chłodniczymi) pozwala na odzysk komórek zarówno w produkcie, jak również w pożywce do hodowli drobnoustrojów [6,15,32]. Regeneracja komórek zależna jest głównie od: czasu trwania procesu, temperatury, indywidualnych cech izolatu oraz matrycy pokarmowej [9,25,33,41]. Zdolność do regeneracji *L. monocytogenes* jest też zdolnością komórek tejże bakterii do przejścia pod ciśnieniem w stan żywotny, lecz niehodowlany (VBNC) [24]. Uszkodzone komórki zdolne są do naprawy zmian w swej strukturze po przywróceniu optymalnych warunków środowiska w momencie przechowywania w temperaturze niższej niż optymalna temperatura wzrostu tych bakterii [22]. Dostępne badania wskazują na umiejętność adaptacji do napotkanych czynników stresowych jako przyczynę zdolności do przetrwania w niekorzystnym środowisku, jednocześnie prowadząc do krzyżowego zanieczyszczenia produktów spożywczych [19]. Drobnoustroje, zwłaszcza o wysokim potencjale patogeniczności, wykazują różne mechanizmy obronne na stres, co jest niezbędne do przetrwania w niesprzyjającym środowisku przetwarzania żywności [31]. *L. monocytogenes* posiada liczne czynniki wirulencji odpowiedzialne za adhezję, wiązanie i inwazję [13]. Geny wchodzące w skład wysp patogeniczności *L. monocytogenes* (LIPI-1) to główne czynniki patogeniczności tej bakterii [27]. Wyniki badań Wiśniewskiego i in. (2023) [38] stwierdzają jednoznacznie obecność wszystkich genów (*plcA*, *mpl*, *actA*, *plcB* i *osfX*), wchodzących w skład LIPI-1 wśród wszystkich poddanych analizie izolatów *L. monocytogenes*. Ponadto dane literaturowe wskazują na możliwości związane z przejściowym nabyciem zdolności do produkcji śluzu przy zastosowaniu HPP wariantu ciśnienia 200 MPa. Zdolność ta jednak potrafi zostać utracona po przywróceniu fizjologicznych warunków bytowania dla *L. monocytogenes*. Badania dowodzą również wzrost siły tworzenia biofilmu (błony biologicznej) niezależnie od zastosowanych parametrów ciśnienia czy początkowej siły jego tworzenia. Właściwość ta zdaje się być kluczowa i budzić może pewne uzasadnione obawy, gdyż bakterie żyjące w błonie biologicznej są setki razy bardziej odporne na działanie antybiotyków i chemioterapeutyków. Co więcej, bakterie żyjąc w biofilmie, zdolne są do przekazywania ruchomych elementów genetycznych na drodze horyzontalnego transferu genów o wiele łatwiej, niż żyjąc jako pojedyncze komórki na powierzchni produktów. Piśmiennictwo podaje, iż zdolność do tworzenia biofilmu wzrasta pod wpływem obróbki wysokociśnieniowej i jest to cecha trwała [2,25,38]. Wiśniewski i in. (2023) [38] wskazują na względną ekspresję przede wszystkim dwóch genów: *hly*-kodującego listerializynę O (LLO). Toksyna ta tworzy pory, umożliwiając bakterii ucieczkę z fagosomów komórek gospodarza i podleganie replikacji wewnątrzkomórkowej [14] oraz

osfX – genu kodującego czynnik wirulencji, odpowiedzialnego za tłumienie odpowiedzi oksydacyjnej zakażonych makrofagów [26]. Niedostateczną natomiast ekspresję zaobserwowano dla genu *actA*, zawierającego sekwencję kodującą białko indukujące składanie aktyny [7]. Wyniki badań potwierdzają, że transkrypcja genów wirulencji pod wpływem HPP jest specyficzna dla izolatu. Dodatkowo jest zależna od warunków HPP i utrzymuje się po przywróceniu optymalnych warunków oraz zdolności do hodowli komórek. Dostępne piśmiennictwo dotyczące zmian ekspresji genów wirulencji u *L. monocytogenes* pod wpływem HPP skupia się tylko na kilku genach, w tym na nadekspresji genów *plcA* i *hly* oraz na niedostatecznej ekspresji (supresji) genów *sigB* i *prfA* zależnie od izolatu [24]. Powodzenie terapeutyczne listeriozy u ludzi wykorzystuje wiele różnych i dostępnych klas antybiotyków. Najpowszechniejsze wśród leków są gentamycyna, amoksycylina i penicylina jako tzw. antybiotyki pierwszego rzutu. W przypadku ciężarnych kobiet leczenie polega na podawaniu erytromycyny, wankomycyny i trimetoprimu/sulfametoksazolu [35]. Listeriozę również leczy się wieloma innymi antybiotykami np. tetracykliną, ryfampicyną lub chemioterapeutykami np. fluorochinolonami [23]. Zaobserwowano, iż stosowanie HPP jako alternatywnej metody utrwalania żywności zwiększa oporność na antybiotyki *L. monocytogenes* (wzrost MIC – ang. *minimal inhibitory concentration*). Być może obserwowana klasyfikacja zmian oporności analizowanych izolatów *L. monocytogenes* na tetracyklinę w wyniku wzrostu wartości MIC związana jest z nadekspresją trzech genów, kodujących oporność na ten antybiotyk, tj. *tetA1*, *tetA3* i *tetC*. Obecnie niewiele badań poświęconych jest wpływowi HPP na zmiany oporności na antybiotyki. Pewne doniesienia mówią o zwiększonej oporności na tetracykliny pod wpływem przytoczonej technologii wśród bakterii kwasu mlekowego [40,41]. W badaniu prowadzonym przez Duru i in. (2020) [7] przeanalizowano wpływ HPP na geny oporności na antybiotyki (*FosX*, *mprF*, *norB* i *lin*), odnotowano różnice w ekspresji poszczególnych genów, wynikające z indywidualnych cech izolatów i czasu po obróbce ciśnieniowej, a także z różnic w sekwencji aminokwasowej genów kodujących oporność na określony antybiotyk. Dane literaturowe dowodzą, iż początkowa wrażliwość na antybiotyki takie jak linkomycynę, fosfomycynę, trimetoprim/sulfametoksazol i tetracyklinę ulega zmianom. Badania wykazują również, iż ekspresja specyficznych genów oporności na antybiotyki prawdopodobnie jest determinowana również indywidualnymi cechami izolatu czy rodzajem środka przeciwdrobnoustrojowego. Niemniej jednak obróbka HPP modyfikuje mechanizmy lekooporności drobnoustrojów, a zmiany te dotyczą enzymatycznej inaktywacji leków, zmian w transporcie leku do komórki, modyfikacji cząsteczki docelowej oraz utylizacji alternatywnego szlaku metabolicznego [17,30]. W piśmiennictwie podaje się zmienność poszczególnych szczepów wpływającą na skuteczność zabiegów HPP [25]. Perez-Baltar i in. (2021) [25] zbadali przeżywalność dwóch wybranych szczepów *L. monocytogenes* po ekspozycji na HPP w szynce suszonej na sucho i podczas przechowywania w lodówce. Szczepy te wykazywały umiarkowaną oporność na HPP (po

450 MPa/10 min, redukcja o 0,8 log jtk/g i po 600 MPa/5 min, redukcja odpowiednio o 1,5 log jtk/g), przy niskiej aktywności wody ($a_w=0,88$) szynki suszonej na sucho. Z kolei Bruschi i in. (2017) [4] badając 4 szczepy *L. monocytogenes* wyizolowane z żywności oraz środowiska szpitalnego charakteryzujące się odmiennymi cechami fenotypowymi i genotypowymi, zaobserwowali także dużą zmienność odporności na ciśnienie zależnie od szczepu. Reasumując, wszystkie badane szczepy przetrwały obróbkę ciśnieniową 300, 400 i 500 MPa, z utratą żywotności odpowiednio od 0,00 do 2,76, od 0,06 do 6,31 i od 0,75 do 7,23 cykli logarytmicznych. Badacze zaobserwowali również wykazywanie wyższego poziomu przeżycia po zastosowaniu ciśnienia 400 MPa, opornych na antybiotyki szczepów *L. monocytogenes* [4]. Jak podaje Wiśniewski i in. (2023) [38], zwiększona antybiotykooporność szczepów nie zwiększa ich oporności na HPP. W badaniach tych zaobserwowano też wyraźną zmienność między izolatami w ekspresji genów związanych z wirulencją i opornością na antybiotyki [9,33]. Ponadto badania dowodzą, że transkrypcja genów nie zawsze musi być skorelowana z wynikami translacji białek genów zaangażowanych w tworzenie biofilmu u *L. monocytogenes* [34]. Zmienność szczepów może również wpływać na różnice w ekspresji innych genów kodujących zjadliwość i oporność, a antybiotyki wśród różnych izolatów *L. monocytogenes*. Zrozumienie powiązań między tymi cechami a różnicami w oporności na antybiotyki oraz ekspresji genów między poszczególnymi izolatami powinna stanowić temat dalszych rozważań badawczych.

Podsumowanie

Powszechnie stosowane przez producentów klasyczne metody ochrony i konserwacji żywności przed zepsuciem mające na celu przedłużenie trwałości produktu, często zastępowane są nowymi alternatywnymi sposobami, do których należy technologia wysokociśnieniowa (HPP). Stresy symulowane na potrzeby przetwarzania żywności zmieniają zjadliwość i oporność patogenów wyizolowanych z żywności na stosowane w terapiach antybiotyki. Prowadzone liczne analizy pozwalają na weryfikację stosowanych parametrów obróbki wysokociśnieniowej w odniesieniu do przeżywalności, potencjału wirulencji i antybiotykooporności izolatów bakterii *Listeria monocytogenes*. Co więcej wyniki wskazują na możliwości związane z regeneracją komórek tego patogenu podczas przechowywania oraz zmian w ekspresji genów zaangażowanych w zjadliwość i oporność na antybiotyki. Możliwość zachowania zmodyfikowanej aktywności komórkowej w momencie przywrócenia optymalnych warunków środowiskowych bezpośrednio wpływa na transmisję wysoce zjadliwych patogenów w środowisku żywności i przetwórstwa spożywczego. Do tej pory jednak prowadzono niewiele badań naukowych w tym zakresie. Jednak przeprowadzone analizy wskazują na potrzebę dalszego monitoringu wpływu HPP na zjadliwość i antybiotykooporność patogenów izolowanych z żywności i środowisk przetwórstwa spożywczego w celu zachowania

bezpieczeństwa mikrobiologicznego żywności i ochrony osób szczególnie narażonych np. poddanych immunosupresji.

Bibliografia

- [1] Bark E., Ha J., Och H., Kim S., Choi Y., Lee Y., Kim Y., Seo Y., Kang J., Yoon Y. Wysoka częstość występowania *Listeria monocytogenes* u wędzonej kaczki: odporność na antybiotyki i ciepło, zjadliwość i genetyka izolatów. *Food Sci. Anim. Resour.* 2021, 41, 324–334.
- [2] Bonsaglia E., Silva N., Fernandes Júnior A., Araújo Júnior J., Tsunemi M., Rall V. Wytwarzanie biofilmu przez *Listeria monocytogenes* w różnych materiałach i temperaturach. *Kontrola żywności* 2014, 35, 386–391.
- [3] Bozoglu F., Alpas H., Kaletunç G. Odzyskiwanie urazów patogenów przenoszonych przez żywność w mleku poddanym obróbce pod wysokim ciśnieniem hydrostatycznym podczas przechowywania. *FEMS Immunol. Med. Microbiol.* 2004, 40, 243–247.
- [4] Bruschi C., Komora N., Castro S.M., Saraiva J., Ferreira V.B., Teixeira P. Wpływ wysokiego ciśnienia hydrostatycznego na *Listeria monocytogenes* i *L. innocua*: Dowody na zmienność zachowania inaktywacji i oporności na pediocynę bacHA-6111-2. *Mikrobiologia żywności.* 2017, 64, 226–231.
- [5] Buchanan R.L., Gorris LGM, Hayman M.M., Jackson T.C., Whiting R.C. Przegląd *Listeria monocytogenes*: aktualizacja dotycząca ognisk choroby, zjadliwości, reakcji na dawkę, ekologii i oceny ryzyka. *Kontrola żywności* 2017, 75, 1–13.
- [6] Chen Y.A., Chen G.-W., Ku H.H., Huang T.C., Chang H.Y., Wei C.I., Tsai Y.H., Chen T.Y. Różnicowa analiza proteomiczna *Listeria monocytogenes* podczas przetwarzania wysokociśnieniowego. *Biologia* 2022, 11, 1152.
- [7] Duru I.C., Andriejewska M., Laine P., Rode T.M., Ylinen A., Løvdaal T., Bar N., Crauwels P., Riedel C.U., Bucur F.I. Charakterystyka genomowa najbardziej barotolerancyjnego szczepu *Listeria monocytogenes* RO15 w porównaniu ze szczepami referencyjnymi stosowanymi do oceny przetwarzania żywności pod wysokim ciśnieniem. *Genom BMC.* 2020, 21, 455.
- [8] Duru I.C., Bucur, F.I., Andreevskaya M. Odpowiedź transkryptomu wywołana przetwarzaniem wysokociśnieniowym podczas odzyskiwania *Listeria monocytogenes*. *Genom BMC.* 2021, 22, 117.
- [9] Elowitz M.B., Levine A.J., Siggia E.D., Swain P.S. Stochastyczna ekspresja genów w pojedynczej komórce. *Nauka* 2002, 297, 1183–1186.
- [10] Evert-Arriagada K., Trujillo A., Amador-Espejo G., Hernández-Herrero M. Wpływ przetwarzania wysokociśnieniowego na różne *Listeria* spp. w komercyjnym świeżym serze bez starterów. *Mikrobiologia żywności.* 2018, 76, 481–486.
- [11] Faezi-Ghasemi M., Kazemi S. Wpływ subletalnych stresów środowiskowych na przeżycie komórek i podatność na działanie przeciwbakteryjne *Listeria monocytogenes* PTCC1297. *Zahedan J. Res. Med. Sci.* 2015, 17, E1915.
- [12] Ferreira M., Almeida A., Delgadillo I., Saraiva J., Cunha Â. Podatność *Listeria monocytogenes* na przetwarzanie pod wysokim ciśnieniem: przegląd. *Spożywca Rev. Int.* 2016, 32, 377–399.
- [13] Ghosh P., Higgins DE. *Listeria monocytogenes* Zakażenie mózgu. *J. Vis. Exp.* 2018, 140, 58723.
- [14] Hamon M.A., Ribet D., Stavru F., Cossart P. Listeriolysin O: Szwajcarski scyzoryk *Listeria*. *Trendy Mikrobiologii* 2012, 20, 360–368.

- [15] Jofré A., Aymerich T., Bover-Cid S., Garriga M. Inaktywacja i odzyskiwanie *Listeria monocytogenes*, *Salmonella enterica* i *Staphylococcus aureus* po zabiegach wysokociśnieniowych do 900 MPa. *Int. Microbiol.* 2010, 3, 105–112.
- [16] Kurpas, M., Osek, J., Moura, A., Leclercq, A., Lecuit, M., Wieczorek, K. (2020). Genomic characterization of *Listeria monocytogenes* isolated from ready-to-eat meat and meat processing environments in Poland. *Frontiers in Microbiology*, 11, 1412, <https://doi.org/10.3389/FMICB.2020.01412/BIBTEX>.
- [17] Li, L., Olsen, R.H., Ye, L., Wang, W., Shi, L., Yan, H., Meng, H. (2016). Characterization of Antimicrobial Resistance of *Listeria monocytogenes* Strains Isolated from a Pork Processing Plant and Its Respective Meat Markets in Southern China. *Foodborne Pathogens and Disease*, 13(5), 262–268, <https://doi.org/10.1089/FPD.2015.2087NMICROBIOL.2016.185>.
- [18] Misiou O., van Nassau T.J., Lenz C.A., Vogel R.F. Konserwacja żywności krytycznej dla *Listeria* poprzez połączenie endolizyny i wysokiego ciśnienia hydrostatycznego. *Int. J. Mikrobiol żywności.* 2018, 266, 355–362.
- [19] Morvan A., Moubareck C., A. Leclercq Hervé-Bazin M., Bremont S., Lecuit M., Courvalin P., Le Monnier A. Oporność na środki przeciwdrobnoustrojowe szczepów *Listeria monocytogenes* wyizolowanych od ludzi we Francji. Środek przeciwbakteryjny. *Agenci Chemother.* 2010, 54, 2728–2731.
- [20] Moura, A., Criscuolo, A., Pouseele, H., Maury, M.M., Leclercq, A., Brisse, S. (2016). Whole genome-based population biology and epidemiological surveillance of *Listeria monocytogenes*. *Nature Microbiology*, 2(2), <https://doi.org/10.1038/nmicrobiol.2016.185>.
- [21] Muntean M.V., Marian, O. Barbieru V., Cătunescu G.M., Ranta O., Drocas I. Przetwarzanie wysokociśnieniowe w przemyśle spożywczym — charakterystyka i zastosowania. *Agric. Agric. Sci. Procedia* 2016, 10, 377–383.
- [22] Nakaura Y., Morimatsu K., Inaoka T., Yamamoto K. *Listeria monocytogenes* komórki uszkodzone przez wysokie ciśnienie hydrostatyczne i ich regenerację w pożywce bogatej w składniki odżywcze lub wolnej od składników odżywczych podczas przechowywania w chłodni. *Wysoki pressing res.* 2019, 39, 324–333.
- [23] Olaimat A.N., Al-Holy M.A., Shahbaz H.M., Al-Nabulsi A.A., Abu Ghoush M.H., Osaili T.M., Ayyash M.M., Holley R.A. Emergence of antibiotic resistance in *Listeria monocytogenes* isolated from food products: A comprehensive review. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 2018, 17, 1277–1292.
- [24] Pérez-Baltar A., Alía A., Rodríguez A., Córdoba J.J., Medina M., Montiel R. Wpływ aktywności wody na inaktywację i ekspresję genów *Listeria monocytogenes* podczas przechowywania w lodówce szynki suszonej na sucho pod ciśnieniem. *Żywność* 2020, 9, 1092.
- [25] Pérez-Baltar A., Serrano A., Medina M., Montiel R. Wpływ przetwarzania wysokociśnieniowego na inaktywację i względne wzorce transkrypcji genów *Listeria monocytogenes* w szynce suszonej na sucho. *LWT* 2021, 139, 110555.
- [26] Prokop A., Gouin E., Villiers V., Nahori M.A., Vincentelli R., Duval M., Cossart P., Dusserget O. Orf X. Nukleomodulina niezbędna do zjadliwości *Listeria monocytogenes*. *mBio.* 2017, 8, E01550-17.
- [27] Quereda J.J., Morón-García A., Palacios-Gorba C., Dessaux C., Pucciarelli M.G., Ortega A.D. Patogeniczność i zjadliwość *Listeria monocytogenes*: Podróż od mikrobiologii środowiskowej do medycznej. *Zjadliwość* 2021, 12, 2509–2545.
- [28] Ritz M., Tholozan J.L., Federighi M., Pilet M.F. Charakterystyka morfologiczna i fizjologiczna *Listeria monocytogenes* poddanych wysokiemu ciśnieniu hydrostatycznemu. *Appl. Environ. Mikrobiol.* 2001, 67, 2240–2247.

- [29] Sehrawat R., Kaur B.P., Nema P.K., Tewari S., Kumar L. Inaktywacja drobnoustrojów przez przetwarzanie wysokociśnieniowe: zasada, mechanizm i czynniki odpowiedzialne. *Nauka o żywności Biotechnologia* 2020, 30, 19–35.
- [30] Shamloo, E., Hosseini, H., Moghadam, A.Z., Larsen, H.M., Haslberger, A., Alebouyeh, M. (2019). Importance of *Listeria monocytogenes* in food safety: A review of its prevalence, detection, and antibiotic resistance. *Iranian Journal of Veterinary Research*, 20(4), 240–255.
- [31] Sibanda T., Buys E.M. *Listeria monocytogenes* Patogeneza: rola adaptacji do stresu. *Mikroorganizmy* 2022, 10, 1522.
- [32] Tomasula P.M., Renye J.A., Van Hekken D.L., Tunick M.H., Kwoczek R., Toht M., Leggett L.N., Luchansky J.B., Porto-Fett A.C., Phillips J.G. Wpływ przetwarzania wysokociśnieniowego na redukcję *Listeria monocytogenes* w pakowanym queso fresco. *J. Mleczarstwo Sci.* 2014, 97, 1281–1295.
- [33] Toliopoulos C., Giaouris E. Wyrażna heterogeniczność między szczepami w zróżnicowanej ekspresji niektórych kluczowych genów związanych z reakcją na stres i zjadliwością między komórkami planktonu i biofilmu w *Listeria monocytogenes*. *Mikrobiologia żywności*. 2023, 390, 110136.
- [34] Wang X.M., Lu X.F., Yin L., Liu H.F., Zhang W.J., Si W. Występowanie i wrażliwość na środki przeciwdrobnoustrojowe izolatów *Listeria monocytogenes* z surowej żywności detalicznej. *Kontrola żywności*. 2013, 32, 153–158.
- [35] Wang J., Wu G., Chen L., Zhang W. Zintegrowana analiza transkryptomicznych i proteomicznych zbiorów danych ujawnia informacje na temat ekspresji białek i czynników wpływających na wydajność translacji. *Metody Mol. Biol.* 2016, 1375, 123–136.
- [36] Wiktorczyk-Kapischke, N., Wałęcka-Zacharska, E., Skowron, K., Kijewska, A., Bernaciak, Z.; Bauza-Kaszewska, J., Kraszewska, Z., Gospodarek-Komkowska, E. Porównanie wybranych cech fenotypowych przetrwałych i sporadycznych szczepów *Listeria monocytogenes* pobranych z zakładów przetwórstwa rybnego. *Żywność* 2022, 11, 1492.
- [37] Wiśniewski, P., Zakrzewski, A.J., Zadernowska, A. Charakterystyka oporności na środki przeciwdrobnoustrojowe i wirulencji szczepów *Listeria monocytogenes* wyizolowanych z żywności i środowisk przetwórstwa spożywczego. *Patogeny* 2022, 11, 1099.
- [38] Wiśniewski P., Chajęcka-Wierzchowska W., Zadernowska A. 2023. High-Pressure Processing-Impacts on the Virulence and Antibiotic Resistance of *Listeria monocytogenes* Isolated from Food and Food Processing Environments. *Foods*, 12:3899. <https://doi.org/10.3390/foods12213899>.
- [39] Zakrzewski, A., Gajewska, J., Chajęcka-Wierzchowska, W., Zadernowska, A. Wpływ przetwarzania sous-vide ryb na zjadliwość i antybiotykooporność *Listeria monocytogenes*. *NFS J.* 2023, 31, 155–161.
- [40] Zarzecka U., Chajęcka-Wierzchowska W., Zakrzewski A., Zadernowska A., Fraqueza M.J. Przetwarzanie wysokociśnieniowe, stres kwaśny i osmotyczny zwiększyły odporność na aminoglikozydy i tetracykliny oraz częstotliwość transferu genów między szczepami z komercyjnych kultur starterowych i ochronnych. *Mikrobiologia żywności*. 2022, 107, 104090.
- [41] Zarzecka U., Zadernowska A., Chajęcka-Wierzchowska W., Adamski, P. Wpływ przetwarzania wysokociśnieniowego na zmiany w ekspresji genów oporności na antybiotyki wśród szczepów z komercyjnych kultur starterowych. *Mikrobiologia żywności*. 2023, 110, 104169.

Kamila Żukowska

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Wydział Nauki o Żywności

Koło Naukowe Technologów Przetwórstwa Surowców Roślinnych

e-mail: kamila.zukowska.1@student.uwm.edu.pl

Opiekun koła: dr hab. inż. Małgorzata Tańska, prof. UWM

PORÓWNANIE CECH ORGANOLEPTYCZNYCH I WŁAŚCIWOŚCI ZDROWOTNYCH CHAŁW PRZYGOTOWANYCH Z RÓŻNYCH SUROWCÓW BAZOWYCH

Wprowadzenie

Chałwa to wyrób wytwarzany tradycyjnie z karmelu (syropu cukrowego) i miazgi nasion roślin oleistych (niekiedy są to orzechy zamiast nasion) [6]. Często można ją spotkać w wersjach z dodatkami, takimi jak bakalie lub kakao. W Turcji i Iranie najpowszechniejsza jest chałwa sezamowa, a w Rosji i na Ukrainie – słonecznikowa [8]. Chałwa jest bardzo cenionym wyrobem zwłaszcza na Bliskim Wschodzie i na Bałkanach. W Turcji jest uznawana nie tylko jako przysmak regionalny, ale także jako symbol gościnności i radości, będąc głęboko zakorzenionym elementem tamtejszej tradycji [5]. Tureckie chałwy często zawierają dodatek ekstraktu z mydlnicy lekarskiej, który ma za zadanie spulchnić masę, poprawiając cechy sensoryczne tego produktu [12]. Warto zauważyć, że ekstrakt z mydlnicy lekarskiej dodawany do chałwy w bezpiecznych dla zdrowia ilościach ma korzystny wpływ na procesy trawienne organizmu poprzez spowodowanie zwiększenia ilości wydzielanej żółci. Wspomaga także wchłanianie trudno przyswajalnych soli żelaza i wapnia [3]. Jest to również źródło związków fenolowych, które są uznawane za zmiatacze wolnych rodników, których nagromadzenie może być przyczyną chorób nowotworowych. Poza tym działaniem wykazano, że związki fenolowe regulują metabolizm węglowodanów w diecie, co jest istotne dla diabetyków [4].

Znanych jest wiele rodzajów chałw wraz z ich odmiennymi wariantami smakowymi. W południowej Azji czasem dodaje się do niej kaszę mannę, w Grecji skrobię kukurydzianą, a w Hiszpanii chałwę przyrządza się na bazie białek jaj [7]. Nietypowym wariantem chałwy jest chałwa indyjska, którą przygotowuje się z tartej marchwi gotowa-

nej w mleku [7]. Taki wyrób ma zupełnie inną wartość odżywczą, a przede wszystkim o wiele niższą zawartość tłuszczu niż tradycyjna chałwa, przez co jest mniej kalorycznym zamiennikiem typowej chałwy sezamowej lub słonecznikowej [8].

Cel pracy

Celem pracy była ocena jakości chałw wykonanych z różnych surowców olejarskich, takich jak nasiona lnu, sezamu, słonecznika, orzechy pistacjowe i migdały. Wszystkie rodzaje chałw przygotowano w dwóch wariantach, bez oraz z dodatkiem ekstraktu z mydlnicy lekarskiej, co pozwoliło na ocenę wpływu tej substancji spulchniającej na cechy produktu. Otrzymane chałwy oceniono pod względem barwy, zawartości tłuszczu, składu kwasów tłuszczowych, potencjału przeciwutleniającego, a także ich cech sensorycznych.

Materiał i metody

Materiałem do badań były nasiona (sezamu, słonecznika, lnu) i orzechy (pistacjowe, migdały), mielony korzeń mydlnicy lekarskiej oraz cukier zwykły. Wszystkie surowce zakupiono w sklepach zlokalizowanych na terenie Olsztyna. Chałwy zostały przygotowane w następujący sposób:

- nasiona/orzechy poddano procesowi prażenia, a następnie je rozdrobniono przy użyciu blendera,
- sporządzono syrop cukrowy (0,5 kg cukru zmieszano z 0,5 l wody, zagęszczano przez gotowanie do momentu odparowania odpowiedniej ilości wody do momentu zwiększeniu lepkości syropu i zmiany jego barwy na złotą,
- przygotowano ekstrakt z mielonego korzenia mydlnicy lekarskiej – 50 g korzenia mydlnicy zalano 300 ml wody i pozostawiono na 1,5 godziny. Po tym czasie przedzono powstały ekstrakt przez gazę (ten etap dotyczył tylko chałw z dodatkiem ekstraktu z mydlnicy lekarskiej),
- wymieszano ekstrakt z mydlnicy z syropem cukrowym do uzyskania jednolitej, błyszczącej mieszaniny (ten etap dotyczył chałw z dodatkiem ekstraktu z mydlnicy lekarskiej),
- wymieszano syrop cukrowy lub syrop cukrowy z dodatkiem ekstraktu z mydlnicy lekarskiej z rozdrobnionymi surowcami w proporcjach podanych w tabeli 1,
- z powstałej masy uformowano chałwy w postaci kostek o wymiarach 35 mm x 35 mm.

Z przygotowanych surowców otrzymano 10 próbek chałw (Tab. 1).

Tabela 1. Skład badanych próbek chałw

Rodzaj próbki/ wariantu	Skład chałwy			
	Rodzaj surowca olejarzkiego	Zawartość surowca olejarzkiego	Zawartość syropu cukrowego	Zawartość syropu cukrowego z dodatkiem ekstraktu z mydlnicy lekarskiej
1A	Pistacje łuskane	100 g (53%)	90 g (47%)	-
2A	Migdały łuskane			
3A	Siemię lniane			
4A	Nasiona słonecznika			
5A	Nasiona sezamu			
1B	Pistacjowe łuskane	110 g (60%)	-	75 g (40%)
2B	Migdały łuskane			
3B	Siemię lniane			
4B	Nasiona słonecznika			
5B	Nasiona sezamu			

Źródło: opracowanie własne.

Opis metodyczny poszczególnych wyróżników jakościowych chałw:

- Analiza barwy – barwę chałwy zmierzono z użyciem cyfrowej analizy obrazu, wyznaczając parametry modelu CIE $L^*a^*b^*$ (L^* – jasność barwy, a^* – barwa zielona (wartości ujemne) lub czerwona (wartości dodatnie), b^* – barwa niebieska (wartości ujemne) lub żółta (wartości dodatnie)). System cyfrowej analizy obrazu składał się z kamery cyfrowej (Nikon, typ DXM 1200, Amsterdam, Holandia), oświetlenia (cztery lampy, KAISER, typ RB HF, temperatura barwowa 5400K, Buchen, Niemcy), oraz oprogramowania LUCIA G wersja 4.80 (Praga, Czechy). Na podstawie wyników parametrów barwy wyznaczono także całkowitą różnicę barw (ΔE) [13].
- Oznaczanie zawartości tłuszczu – ilość tłuszczu w chałwie została oznaczona poprzez ekstrakcję próbek heksanem w aparatach Soxhleta, trwającą 16 godzin. Wyniki oznaczenia wyrażono w % masy próbki [13].
- Analiza składu kwasów tłuszczowych – skład kwasów tłuszczowych w chałwie został oznaczony chromatograficznie z użyciem chromatografii gazowej sprzężonej ze spektrometrią mas (GC-MS QP2010 PLUS, Shimadzu, Japan) na kolumnie kapilarnej BPX70 (25 m × 0,22 mm × 0,25 μm) (SGE Analytical Science, Ringwood, Victoria, Australia), z helem jako gazem nośnym o szybkości przepływu 0,9 ml/min. Estrы metylowe zostały przygotowane w następujący sposób: do ampulek odmierzone 1 kroplę tłuszczu wyekstrahowanego z chałwy, a następnie dodano 2 ml mieszaniny metylującej (chloroform/metanol/kwas siarkowy, 100:100:1) i poddano metylacji w temperaturze 70°C przez 2 godziny. Po metylacji rozpuszczalnik odpa-

rowano w strumieniu azotu w obecności cynku, a do pozostałości dodano heksan i mieszaninę odwirowano. Odwirowane roztwory przeniesiono do ampulek i poddano analizie, a wyniki wyrażono w % sumy kwasów tłuszczowych [9].

- Analiza potencjału przeciwutleniającego – przeprowadzono oznaczenie aktywności przeciwutleniającej metodą z użyciem rodnika DDPH* (1,1-difenylo-2-pikrylohydrazyl) z wykorzystaniem czynnika płytek FLUOstar Omega (producent BMG LAB-TECH, Offenburg, Niemcy). W tym celu pobierano 50 μ l metanolowego ekstraktu próbki i dodano 250 μ l uprzednio przygotowanego odczynnika DDPH na płytkę pomiarową, po czym zmierzono absorbancję przy długości fali 516 nm w czasie 0 i 16 min wobec metanolu. Zdolność zmiatania rodnika DDPH oznaczono w % (jako % zmiana absorbancji po 16 min względem absorbancji zmierzonej w czasie 0 min), a następnie przy użyciu krzywej wzorcowej obliczono pojemność przeciwutleniającą w μ M Troloksu (TE)/100 g próbki [3].
- Ocena sensoryczna – każda z próbek chałwy została oceniona przez dwunastu oceniających (zarówno kobiet, jak i mężczyzn, w wieku 22-75 lat) pod kątem pożądanłości zapachu, barwy, twardości, struktury oraz smaku. Oceniający byli proszeni o wypełnienie kart oceny organoleptycznej, przyznając punkty w skali od 1 punktu (najniższa ocena) do 5 punktów (najwyższa ocena). Oceny były dokonywane przy świetle naturalnym, w pomieszczeniu o temperaturze pokojowej. Wszystkie próbki przed oceną zostały zakodowane.

Wyniki

Na podstawie pomiaru barwy stwierdzono, że przygotowane chałwy różniły się od siebie jasnością oraz odcieniem, co było zależne zarówno od rodzaju surowca, jak i obecności substancji spulchniającej (Tab. 2). Chałwy migdałowe, słonecznikowe i sezamowe były wyraźnie jaśniejsze (wyższe wartości parametru L^*) od chałw pistacjowych i lnianych. Zauważono, że wprowadzenie dodatku ekstraktu z mydlnicy lekarskiej spowodowało zmniejszenie wartości parametru L^* , czego wynikiem było pociemnienie barwy. Chałwy pistacjowe wyróżniały się pod względem parametru a^* , którego wartość była wyraźnie mniejsza niż w przypadku innych chałw, co potwierdzało obecność odcienia zielonego. Wartości parametru b^* były dodatnie, co wskazywało na obecność odcienia żółtego, przy czym największy jego udział stwierdzono w chałwie pistacjowej, a najmniejszy w chałwie migdałowej. Wyniki obliczeń całkowitej różnicy barw, wskazujące na różnice w zabarwieniu próbek bez środka spulchniającego i ze środkiem spulchniającym wyraźnie wykazały, że dodatek ekstraktu z mydlnicy lekarskiej wpływa znacząco na zmianę barw wyrobów. Można ją określić jako bardzo dużą dla każdego rodzaju chałwy.

Różnica zabarwienia między chałwami lnianymi okazała się największa ze wszystkich typów chałw, co można zauważyć na Fot. 1. Chałwy lniane, które zawierały dodatek środka spulchniającego, były wizualnie ciemniejsze od tych, które nie zawierały

Tabela 2. Barwa otrzymanych próbek chałw wyrażona w parametrach modelu CIEL*a*b* oraz całkowita różnica barw (ΔE) (średnia \pm odchylenie standardowe)

Rodzaj chałwy	L* (-)	a* (-)	b* (-)	ΔE (-)	Opis różnicy
Lniana A	72,08 \pm 1,17	-2,70 \pm 0,55	31,34 \pm 1,38	21,6	bardzo duża
Lniana B	51,28 \pm 1,29	-2,33 \pm 0,92	37,31 \pm 0,66		bardzo duża
Migdałowa A	90,35 \pm 0,32	-2,23 \pm 0,22	16,06 \pm 0,70	6,1	bardzo duża
Migdałowa B	88,15 \pm 0,16	-3,65 \pm 0,18	21,54 \pm 0,52		bardzo duża
Pistacjowa A	73,58 \pm 0,76	-9,37 \pm 0,29	52,85 \pm 1,33	7,3	bardzo duża
Pistacjowa B	66,42 \pm 0,29	-8,09 \pm 0,14	52,80 \pm 0,99		bardzo duża
Sezamowa A	81,61 \pm 0,37	-3,43 \pm 0,31	25,21 \pm 0,99	7,0	bardzo duża
Sezamowa B	77,91 \pm 0,36	-3,94 \pm 0,14	31,18 \pm 0,65		bardzo duża
Słonecznikowa A	80,70 \pm 0,55	-3,77 \pm 0,11	22,75 \pm 1,10	12,7	bardzo duża
Słonecznikowa B	75,71 \pm 0,62	-4,91 \pm 0,17	34,34 \pm 1,08		bardzo duża

A – wariant bez dodatku ekstraktu z mydlnicy lekarskiej, B – wariant z dodatkiem ekstraktu z mydlnicy lekarskiej, $\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$, gdzie ΔL^* , Δa^* , Δb^* – różnice pomiędzy parametrami wariantów A i B.

Źródło: opracowanie własne.

spulchniacza, a dodatkowo wyróżniał je lekki połysk. Najmniejszą różnicę w zabarwieniu zauważono pomiędzy chałwami migdałowymi. Dodatek ekstraktu z mydlnicy lekarskiej wpłynął na pojawienie się połysku i pociemnienie próbki, ale nie tak intensywnie, jak w pozostałych przypadkach.

Chałwy, w których składzie było 60% surowca (próbki z ekstraktem z mydlnicy lekarskiej), wykazały się wyższą zawartością tłuszczu niż ich odpowiedniki bez środka spulchniającego (Tab. 3), w których zawartość surowca była o siedem punktów procentowych niższa. Dodatek środka spulchniającego do części próbek nie miał dużego wpływu na zawartość w nich tłuszczu. Ekstrakt z mydlnicy lekarskiej może zawierać jedynie śladowe ilości tłuszczu, nieistotnie wpływające na jego zawartość w chałwie.



Fot. 1. Wygląd otrzymanych próbek chałw, od lewej góry: lniana A, lniana B, migdałowa A, migdałowa B, pistacjowa A, pistacjowa B, sezamowa A, sezamowa B, słonecznikowa A, słonecznikowa B

Pośredni wpływ polegał na tym, że mieszanina syropu cukrowego ze środkiem spulchniającym była rzadsza od syropu cukrowego bez dodatków, a więc jej udział w próbkach z ekstraktem z mydlnicy lekarskiej musiał być mniejszy niż udział syropu cukrowego w próbkach bez tego środka spulchniającego.

Tabela 3. Zawartość tłuszczu i skład kwasów tłuszczowych w otrzymanych próbkach chałw (średnia \pm odchylenie standardowe)

Rodzaj/ wariant chałwy	Zawartość tłuszczu (%)	Udział kwasów tłuszczowych (%)								
		C16:0	C16:1	C17:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	C20:1	C22:0
Lniana A	23,3	6,96 \pm 0,04	0,08 \pm 0,01	0,05 \pm 0,00	4,85 \pm 0,07	21,42 \pm 0,27	15,77 \pm 0,09	50,71 \pm 0,12	0,04 \pm 0,06	0,12 \pm 0,00
Lniana B	26,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Migdałowa A	27,0	8,38 \pm 0,16	0,45 \pm 0,01	0,09 \pm 0,01	1,68 \pm 0,06	69,33 \pm 0,60	19,92 \pm 0,32	0,15 \pm 0,04	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00
Migdałowa B	30,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sezamowa A	26,5	12,09 \pm 0,78	0,10 \pm 0,02	0,05 \pm 0,00	5,24 \pm 0,32	38,91 \pm 1,02	43,39 \pm 0,55	0,23 \pm 0,01	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00
Sezamowa B	30,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Słonecznikowa A	27,6	7,15 \pm 0,19	0,11 \pm 0,02	0,00 \pm 0,00	3,57 \pm 0,07	55,35 \pm 0,18	32,79 \pm 0,39	0,06 \pm 0,09	0,18 \pm 0,02	0,79 \pm 0,03
Słonecznikowa B	31,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pistacjowa A	26,5	13,81 \pm 0,30	0,90 \pm 0,04	0,06 \pm 0,00	1,08 \pm 0,09	49,71 \pm 0,30	33,64 \pm 0,02	0,47 \pm 0,02	0,23 \pm 0,04	0,10 \pm 0,01
Pistacjowa B	30,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-

A – wariant bez dodatku ekstraktu z mydlnicy lekarskiej, B – wariant z dodatkiem ekstraktu z mydlnicy lekarskiej; C16:0 – kwas palmitynowy, C16:1 – kwas oleopalmitynowy, C17:0 – kwas margarynowy, C18:0 – kwas stearynowy, C18:1 – kwas oleinowy, C18:2 – kwas linolowy, C18:3 – kwas linolenowy, C20:1 – kwas eikozenowy, C22:0 – kwas behenowy

Źródło: opracowanie własne.

Z wyników analizy składu kwasów tłuszczowych wynika, że w surowcach wykorzystanych do produkcji chałw dominowały zwykle te same kwasy tłuszczowe, czyli oleinowy i linolowy (Tab. 5). Wyjątek stanowiła jedynie chałwa lniana, w której dominującym kwasem tłuszczowym był kwas linolenowy (50,71%), należący do rodziny kwasów omega-3. Jest to wyraźna różnica na tle pozostałych próbek, w których kwas linolenowy występował w ilości poniżej 0,5% sumy wszystkich kwasów tłuszczowych. W chałwie migdałowej, słonecznikowej i pistacjowej zauważalna była powtarzająca się tendencja do przewagi kwasu oleinowego nad pozostałymi, a w następnej kolejności występo-

wał kwas linolowy. W chałwie sezamowej kwas linolowy przeważał nad oleinowym, ale była to różnica zaledwie kilku procent w sumie kwasów tłuszczowych. Na trzecim miejscu plasował się kwas palmitynowy należący do grupy nasyconych kwasów tłuszczowych, podobnie jak w przypadku chałwy słonecznikowej, pistacjowej i migdałowej.

Wyniki analizy potencjału antyoksydacyjnego dowiodły, że dodatek mydlnicy lekarskiej do chałwy miał duży wpływ na zawartość związków przeciwutleniających w próbkach. Tabela 4 wyraźnie wskazuje na podwyższone pojemności antyoksydacyjnej wariantów „B” względem ich odpowiedników „A”. W zależności od tego, z jakiego surowca olejarskiego sporządzono chałwę, różnice w wynikach były większe bądź mniejsze. Największe różnice stwierdzono w przypadku chałwy migdałowej. Jej pojemność przeciwutleniająca po dodaniu ekstraktu z mydlnicy lekarskiej zwiększyła się ponad dziesięciokrotnie. Chałwa migdałowa bez ekstraktu z mydlnicy cechowała się najmniejszą wartością tego parametru ze wszystkich badanych próbek. Największą pojemnością przeciwutleniającą spośród wariantów „A” charakteryzowała się chałwa słonecznikowa. Wskazuje to na najwyższą zawartość antyoksydantów w nasionach słonecznika. Orzechy pistacjowe wykazywały się również wyższą zawartością związków przeciwutleniających.

Tabela 4. Potencjał antyoksydacyjny w otrzymanych próbkach chałw (średnia \pm odchylenie standardowe)

Rodzaj/ wariant chałwy	$\mu\text{M TE}/100 \text{ g chałwy}$ (średnia)
Lniana A	32,2 \pm 1,5
Lniana B	37,3 \pm 1,8
Migdałowa A	2,4 \pm 0,4
Migdałowa B	24,6 \pm 1,7
Sezamowa A	39,1 \pm 1,4
Sezamowa B	45,6 \pm 2,3
Słonecznikowa A	56,3 \pm 2,3
Słonecznikowa B	63,3 \pm 0,5
Pistacjowa A	42,8 \pm 1,4
Pistacjowa B	49,0 \pm 1,8

A – wariant bez dodatku ekstraktu z mydlnicy lekarskiej, B – wariant z dodatkiem ekstraktu z mydlnicy lekarskiej

Źródło: opracowanie własne.

Na podstawie przeprowadzonej oceny organoleptycznej otrzymanych próbek chałwy stwierdzono, że dodatek ekstraktu z mydlnicy lekarskiej do chałwy sezamowej wpłynął pozytywnie na wszystkie oceniane cechy jakościowe wyrobu (Tab. 5). Dodatek środka spulchniającego wpłynął również korzystnie na ocenę barwy chałwy pistacjowej. Nie-

stety pozostałe cechy wypadły pod tym kątem mniej korzystnie. Najmniejsze różnice w cechach organoleptycznych odnotowano między chałwami słonecznikowymi, gdzie dodatek środka spulchniającego wpłynął tylko na twardość i strukturę, które pogorszyły się. Zapach, barwa i smak pozostały na tym samym poziomie zarówno w wariantcie „A”, jak i „B”. Dodatek ekstraktu z mydlnicy lekarskiej korzystnie wpłynął na niektóre cechy chałwy lnianej. Według oceniających poprawiła się jej barwa, twardość i struktura, ale pogorszył się jej smak i nieznacznie zapach.

Tabela 5. Wyniki oceny organoleptycznej otrzymanych próbek chałw (punkty) (średnia ± odchylenie standardowe)

Rodzaj/ wariant chałwy	Zapach	Barwa	Twardość	Struktura	Smak	Suma punktów
Lniana A	3,7 ± 0,8	4,1 ± 0,9	4,8 ± 0,7	4,6 ± 0,9	4,6 ± 0,9	21,8
Lniana B	3,6 ± 0,5	4,3 ± 0,1	4,4 ± 0,7	4,7 ± 0,2	3,6 ± 0,7	20,5
Migdałowa A	4,0 ± 0,6	4,8 ± 0,4	4,3 ± 0,7	4,4 ± 0,9	4,4 ± 0,9	21,9
Migdałowa B	3,6 ± 0,7	4,4 ± 0,5	4,6 ± 0,4	4,8 ± 0,3	4,7 ± 0,4	22,1
Sezamowa A	4,6 ± 0,3	4,3 ± 0,7	4,4 ± 0,2	4,3 ± 0,2	4,1 ± 0,6	21,7
Sezamowa B	4,7 ± 0,2	4,5 ± 0,5	4,8 ± 0,3	4,4 ± 0,6	4,3 ± 0,6	22,7
Słonecznikowa A	4,8 ± 1,0	4,6 ± 0,3	4,6 ± 0,2	4,8 ± 0,2	4,6 ± 0,4	23,4
Słonecznikowa B	4,8 ± 0,3	4,8 ± 0,2	4,2 ± 0,5	4,2 ± 0,7	4,6 ± 0,4	22,6
Pistacjowa A	4,1 ± 0,5	4,2 ± 0,2	4,7 ± 0,0	4,8 ± 0,3	4,3 ± 0,2	21,7
Pistacjowa B	3,8 ± 0,9	4,3 ± 0,2	4,7 ± 0,3	4,9 ± 0,4	4,4 ± 0,5	22,1

A – wariant bez dodatku ekstraktu z mydlnicy lekarskiej, B – wariant z dodatkiem ekstraktu z mydlnicy lekarskiej

Źródło: opracowanie własne.

Oceniający wskazali chałwę słonecznikową jako najbardziej pożądaną ze względu na smak, a za najmniej atrakcyjną pod tym względem uznali chałwę lnianą ze środkiem spulchniającym. Chałwą o najkorzystniejszej barwie, zdaniem oceniających, była chałwa migdałowa bez dodatku środka spulchniającego. Jako produkty o najmniejszej pożądalności barwy oceniający wskazali chałwy pistacjowe i lniane. Oba rodzaje chałw charakteryzowały się nietypowym zabarwieniem, przy czym chałwy pistacjowe były zielone, a chałwy lniane były ciemnobrązowe z żółtymi drobinami, co nie przypadło do gustu oceniającym.

Dyskusja

Wszystkie badane chałwy zawierały zróżnicowaną ilość tłuszczu, co było związane przede wszystkim z rodzajem nasion. Najwięcej tego składnika było w chałwie słonecznikowej, ponad 31%. Wyższą zawartość tłuszczu (32,6%) w chałwie słonecznikowej stwierdzili Belinska i in. [1]. Z kolei Racota i in. [12] badając chałwy słonecznikowe dostępne na rynku w Rumunii, stwierdzili, że zawartość tłuszczu była w nich na znacznie wyższym poziomie, kształtując się w zakresie 37-43%. Wysoką zawartość tłuszczu (37,9%) w chałwie z Rumunii potwierdzili również Nistor i in. [10]. Autorzy zauważyli również, że zawartość tłuszczu jest zależna od technologii produkcji chałwy stosowanej w różnych krajach. W swoich badaniach wykazali, że chałwa słonecznikowa z Ukrainy zawierała mniej tłuszczu niż ta z Rumunii (32,4%), a w chałwie z Bułgarii składnik ten stanowił tylko 13,4%. W innych badaniach potwierdzono również zmienność składu chemicznego, w tym zawartości tłuszczu, w chałwach sezamowych pochodzących z różnych krajów [11]. Warto zwrócić uwagę, że nasiona lnu oraz orzechy nie były dotąd badane jako surowiec bazowy do produkcji chałwy. Były dodawane do chałw sezamowych w niewielkiej ilości, jedynie jako składnik poprawiający wartość odżywczą i/lub poprawiające cechy sensoryczne [1,11].

Przeprowadzone badania wskazały, że chałwa lniana bez dodatku ekstraktu z mydlnicy lekarskiej wyróżniała się spośród pozostałych wysoką zawartością wielonienasyconego kwasu linolenowego z rodziny omega-3, który należy do grupy NNKT (niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych). Organizm człowieka nie potrafi go syntetyzować, a więc należy dostarczać odpowiednie ilości tego kwasu z pożywieniem [2]. Jego źródłem w żywności jest niewiele. Można go spotkać np. w nasionach lnu, rzepaku, orzechach włoskich i kiełkach pszenicy [2]. Chałwa lniana może być traktowana nie tylko jako słodka przekąska, ale także produkt, którego regularne spożywanie może zapobiegać niedoborom kwasów omega-3 w diecie, a równocześnie pomóc w utrzymaniu homeostazy organizmu.

Wnioski

Warto zauważyć, że dodatek ekstraktu z mydlnicy lekarskiej z założenia jest stosowany w celu poprawy struktury chałwy. Tradycyjna chałwa ma włóknistą strukturę dzięki odpowiedniemu mieszanemu syropu cukrowego ze środkiem spulchniającym, a następnie pastą sezamową – tahini. We włóknistej strukturze ekstrakt z mydlnicy korzystnie wpływa na cechy strukturotwórcze chałwy, natomiast w próbkach sporządzonych na potrzeby niniejszej pracy (w warunkach laboratoryjnych) nie było możliwości odtworzenia procesu przygotowania klasycznej chałwy. Chociaż struktura otrzymanych chałw ze środkiem spulchniającym nie była włóknista, to oceniający uznali, że w chałwie sezamowej i lnianej była to korzystna zmiana. Prawdopodobnie odpowiedniki tych chałw

bez środka spulchniającego były, zdaniem oceniających, trochę zbyt twarde, a dodatek spulchniacza rozluźnił strukturę tych próbek.

Ekstrakt z mydlnicy lekarskiej użyty do wyrobu chałwy miał ciemną żłocistobrązową barwę, a po dodaniu do niego syropu cukrowego mieszanina stała się trochę ciemniejsza niż syrop cukrowy bez dodatków. To spowodowało zwiększenie intensywności zabarwienia próbek z dodatkiem środka spulchniającego.

Bibliografia

- [1] Belinska A., Bochkarev S., Varankina O., Rudniev V., Zviahintseva O., Bielykh I., Khosha V., Rudnieva K., *Research on oxidative stability of protein-fat mixture based on sesame and flax seeds for use in halva technology*, "Eastern-European Journal of Enterprise Technologies", 511): 6–14, 2019, doi: 10.15587/1729-4061.2019.178908
- [2] Gawęcki J., *Żywnienie człowieka. Podstawy nauki o żywieniu*, Tom 1. wyd. IV, PWN, 2022.
- [3] Godočiková L., Ivanišová E., Kačániová M., *The impact of addition of different tea powders on the biological value of white chocolates*, „Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences”, 9(Special): 396-399, 2019, doi: 10.15414/jmbfs.2019.9.special.396–399.
- [4] Golonko A., Kalinowska M., Świśłocka R., Świdorski G., Lewandowski W., *Zastosowanie związków fenolowych i ich pochodnych w przemyśle i medycynie*, „Budownictwo i Inżynieria Środowiska”, 6: 2081–3279, 2015.
- [5] Grygierzec B., *Uprawa i pozyskiwanie wybranych roślin zielarskich cz.2*, „Małopolski Ośrodek Doradztwa Rolniczego w Karniowicach”, Wydawca: Małopolski Ośrodek Doradztwa Rolniczego z siedzibą w Karniowicach, ISBN: 978-83-66244-64-1, 2022.
- [6] Internet 1: <https://krukam.pl/Chalwa-turecka-sprawdz-jak-powstaje-i-jakie-sa-jej-wlasciwosci-blog-pol-1708066981.html> (dostęp: 15.05.2024).
- [7] Internet 2: <https://pl.wikipedia.org/wiki/Cha%C5%82wa> (dostęp: 15.05.2024).
- [8] Internet 3: <https://swiezopalona.pl/blog/chalwa-skad-pochodzi-i-co-w-niej-jest-rodzaje-chalwy-i-przepis-na-domowa-chalwe-bez-konserwantow> (dostęp: 15.05.2024).
- [9] Mikołajczak N., Sobiechowska D.A., Tańska M., *Edible flowers as a new source of natural antioxidants for oxidative protection of cold-pressed oils rich in omega-3 fatty acids*, „Food Research International”, 134, 109216: 1–10, 2020, doi: 10.1016/j.foodres.2020.109216.
- [10] Nistor C.E., Hoha G.V., Usturoi M.G., *Comparison of three sunflower halva assortments from Romanian market*, „Analele Universității din Oradea, Fascicula”, 2014: 329–336, 2014.
- [11] Nistor C.E., Hoha G.V., Usturoi M. G., Păsărin B., *Comparison between sunflower and sesame halva assortments from Iași County market*, „Scientific Papers-Animal Science Series: Lucrări Științifice - Seria Zootehnie”, 71: 132–138, 2019.
- [12] Racolta E., Muresan V., Muste S., Semeniuc C.A., *Comparison of sunflower halva products from Romanian market*, „Bulletin UASVM Agriculture”, 67(2)/2010: 381–386, 2010.
- [13] Tańska M., Konopka I., Ruzzkowska M., *Sensory, physico-chemical and water sorption properties of corn extrudates enriched with spirulina*, „Plant Foods for Human Nutrition”, 72: 250–257, 2017, doi: 10.1007/s11130-017-0628-z.

**SEKCJA NAUK
ROLNICZYCH, LEŚNYCH
I OCHRONY ŚRODOWISKA**

Przemysław Białoskórski

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Koło Naukowe Entomologów „Pasikonik”, 154437@student.uwm.edu.pl

opiekun: dr hab. Agnieszka Kosewska, prof. UWM

ENTOMOFAUNA SZKODLIWA UPRAWY RZEPAKU OZIMEGO

Wprowadzenie

Rzepak ozimy uprawiany jest globalnie na powierzchni ok. 35 mld ha. Powierzchnia uprawy rzepaku ozimego rośnie, a w latach 2007–2017 wzrosła o ok. 5 mld ha [8]. Trend ten ściśle wiąże się z zapotrzebowaniem na olej roślinny, który jest produkowany z nasion rzepaku oraz z uwagi na jego użycie jako komponentu biopaliw [9]. Rzepak ozimy posiada wiele zalet agronomicznych, jest rośliną zapewniającą pokrycie gleby przez większą część roku, przerywa również monokultury zbożowe, pozostawia dobre stanowisko dla roślin następczych. Jednak roślina ta ma dosyć duże zapotrzebowanie na azot [3]. Ponadto jest wrażliwa na występowanie chwastów mogących zredukować jej plon jeśli nie są w odpowiedni sposób kontrolowane. Dodatkowo rzepak ozimy narażony jest na żerowanie wielu zróżnicowanych szkodników owadzych [1, 26], które są zwykle zwalczane za pomocą środków ochrony roślin – syntetycznych insektycydów [7, 10]. W Europie rzepak ozimy jest zagrożony przez charakterystyczne – typowe szkodniki rzepaku oraz polifagi. Oprócz jesiennej fali szkodników rzepak ozimy narażony jest również na drugą falę szkodników wiosną. Wiosenny zespół szkodników owadzych to przede wszystkim chowacz brukwiaczek (*Ceutorhynchus napi* Gyll), chowacz czterozębny (*C. pallidactylus* Marsh.) słodyszek rzepakowy (*Meligethes aeneus* F.), chowacz podobnik (*C. obstrictus* Marsh.), pryszczarek kapustnik (*Dasyneura brassicae* Winn.) [26]. Za najbardziej szkodliwego uważany jest chowacz brukwiaczek [1]. Gatunek ten składa jaja w łodygach roślin rzepaku ozimego [6], pozostawiając jedynie bardzo małe, trudno dostrzegalne bliźny. Larwy chowacza brukwiaczka żerują w łodygach, powodując zaburzenia w transporcie substancji odżywczych i wody między poszczególnymi organami nadziemnymi rośliny [18].

Monitoring agrofagów jest podstawą oceny liczebności szkodników i bezpośrednim decyzyjnym czynnikiem warunkującym rozpoczęcie ochrony roślin.

Cel pracy

W badaniach prowadzono monitoring plantacji rzepaku ozimego w województwie mazowieckim, co miało na celu określenie liczebności, okresów pojawu szkodników rzepaku i wpływu warunków atmosferycznych na liczebność szkodników na analizowanej plantacji.

Materiał i metody

Badania terenowe przeprowadzono na plantacji rzepaku ozimego o powierzchni 3,4 ha, zlokalizowanej w powiecie płońskim w województwie mazowieckim. Na plantacji zastosowano odmianę rzepaku ES Cesario. Jest to odmiana mieszańcowa, która cechuje się wysoką plennością, zimotrwałością, małymi wymaganiami glebowymi oraz wysoką odpornością na sprawcę suchej zgnilizny kapustnych. Wysoka odporność na choroby grzybowe oraz wyleganie sprawia, iż odmiana ta świetnie sprawdza się na stanowiskach średniej jakości [29]. Na plantacji prowadzono zabiegi insektycydowe w celu ograniczenia liczebności głównie typowych szkodników rzepaku w 3 terminach: 12.04.2022, 24.04.2022, 12.05.2022.

Obserwacje polowe prowadzono od 12 kwietnia do 17 lipca 2022 roku. Entomofaunę odławiano za pomocą żółtych naczyń, dodatkowo dokonano oceny uszkodzeń łuszczyn.

Pobór prób z żółtych naczyń prowadzony był co 3 dni. W żółtych naczyniach umieszczonych na palikach znajdowała się woda wraz z płynem zmniejszającym napięcie powierzchniowe cieczy. Odłowiona w ten sposób entomofauna była przenoszona do probówek z 75% alkoholem etylowym. Żółte naczynia zostały rozmieszczone na plantacji w 5 miejscach we wzór przypominający X.

Przekroje podłużne łuszczyn zostały wykonane trzykrotnie w odstępie 10 dni począwszy od terminu przypadającego na 10 dni przed całkowitym zakończeniem kwitnienia roślin rzepaku. Uwzględniając zalecenia pobrania 50–100 łuszczyn z plantacji, a na powierzchni powyżej 2 ha po kolejnych 20 na każdy hektar, mając na uwadze powierzchnię badanej plantacji pobrano 80 łuszczyn, które oceniano z zewnątrz oraz po przekrojeniu. Wynik z prowadzonych działań został przedstawiony jako % uszkodzonych łuszczyn.

Po zakończeniu doświadczenia polowego entomofauna z prób została oznaczona przy użyciu kluczy i atlasów entomologicznych. Uzyskane wyniki pogrupowano i zapisano w arkuszu kalkulacyjnym w celu dalszej analizy.

Informacje o warunkach pogodowych ze stacji synoptycznej (270) Mława, odległej w linii prostej od plantacji o 28 km, pozyskano ze strony internetowej IMGW w Warszawie [11]. Dane meteorologiczne dla okresu prowadzenia monitoringu szkodników

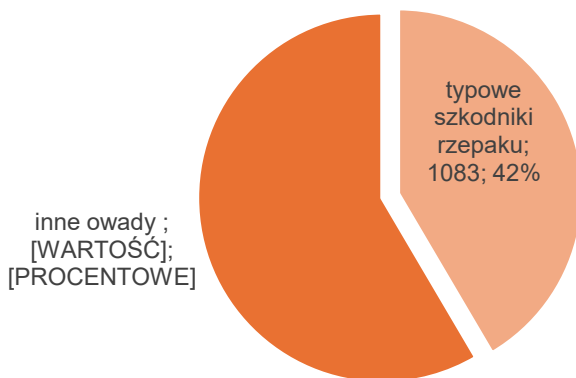
na plantacji uwzględnione w części wyników to średnia temperatura dobowa powietrza i dobową sumę opadów atmosferycznych.

Relacje pomiędzy liczebnością odłowionych szkodników rzepaku a warunkami atmosferycznymi (średnią temperaturą i sumą opadów) przedstawiono za pomocą współczynnika korelacji liniowej r Pearsona, stosując jako graficzną interpretację korelacji wykresy rozrzutu.

Opracowanie graficzne otrzymanych wyników przeprowadzono przy użyciu programów MS Exel i Statistica 13.0.

Wyniki

Ogólna liczba szkodliwej entomofauny odłowionej w okresie prowadzenia monitoringu wyniosła 2608 osobników. Entomofauna została podzielona na dwie grupy: typowe szkodniki rzepaku oraz inne owady (rys.1).



Rysunek 1. Udział poszczególnych grup entomofauny odłowionej w badanej uprawie rzepaku

Źródło: opracowanie własne

Licznieszą grupę spośród odłowionej entomofauny stanowiły inne szkodliwe owady, a wśród nich muchówki. Typowe szkodniki rzepaku stanowiły 42% ogółu odłowionej entomofauny.

Szkodniki owadzie odłowione na plantacji z podziałem na typowe szkodnik rzepaku oraz pozostałe przedstawiają tabele 1 i 2.

Spośród typowych szkodników rzepaku w okresie prowadzenia monitoringu najmniej odłowiono pryszczarków kapustników, najwięcej zaś chowaczy podobników (tab. 2). W kompleksie chowaczy lodygowych (c. brukwiaczek i c. czterozębny) odłowiono więcej o 31% chowaczy brukwiaczków w porównaniu z chowaczami czterozębnymi.

Tabela 1. Liczebność (suma) typowych szkodników rzepaku odłowionych na plantacji

Gatunek szkodnika	Liczebność [szt.]
gnatarz rzepakowiec	49
chowacz podobnik	339
chowacz brukwiaczek	205
chowacz czterozębny	156
słodyszek rzepakowy	285
pryszczarek kapustnik	18
śmietka kapuściana	31

Źródło: opracowanie własne

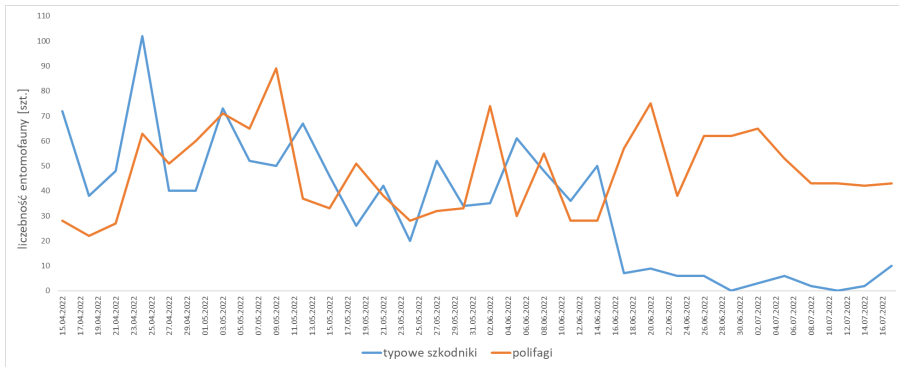
Tabela 2. Liczebność (suma) innych owadów odłowionych na plantacji

Gatunek szkodnika	Liczebność [szt.]
ogrodnica niszczylistka	249
muchówki leniowate	413
inne muchówki	563
błonkówki	158
mszyce	59
zmieniki	24
skrzypionka zbożowa	7
plusknia jagodziak	20
lednica zbożowa	18
skoczogonki	16

Źródło: opracowanie własne

Spośród gatunków owadów polifagicznych najliczniej (563 szt.) występowały muchówki nieoznaczone do gatunków oraz muchówki leniowate (413 szt.), odłowiono również znaczną liczbę chrząszczy ogrodnicy niszczylistki (tab. 3).

Dynamikę sezonową pojawu entomofauny na plantacji rzepaku ozimego z podziałem na typowe szkodniki rzepaku i polifagi przedstawiono na rysunku 2. Znaczną dynamiką (masowe pojawy i nagłe spadki) charakteryzowała się grupa typowych szkodników rzepaku. Inne owady w czasie trwania monitoringu ciągle występowały w wysokiej liczebności. Jednak udział ich grup nabrał szczególnego znaczenia pod koniec wegetacji roślin rzepaku ozimego, kiedy liczebność typowych szkodników w związku ze zbliżającym się zakończeniem wegetacji roślin znacznie zmalała. Czas, w którym rzepak kończy wegetację, warunkuje opuszczenie plantacji przez zasiedlające fitofagi. Rośliny stają się bardziej twarde i wysychają, co sprawia, że są mniej atrakcyjne od innych, mogących łatwiej dostarczyć entomofaunie pożywienia. Dodatkowo okres ten zbiega się niejednokrotnie z czasem, gdy dochodzi do zamierania pierwszego



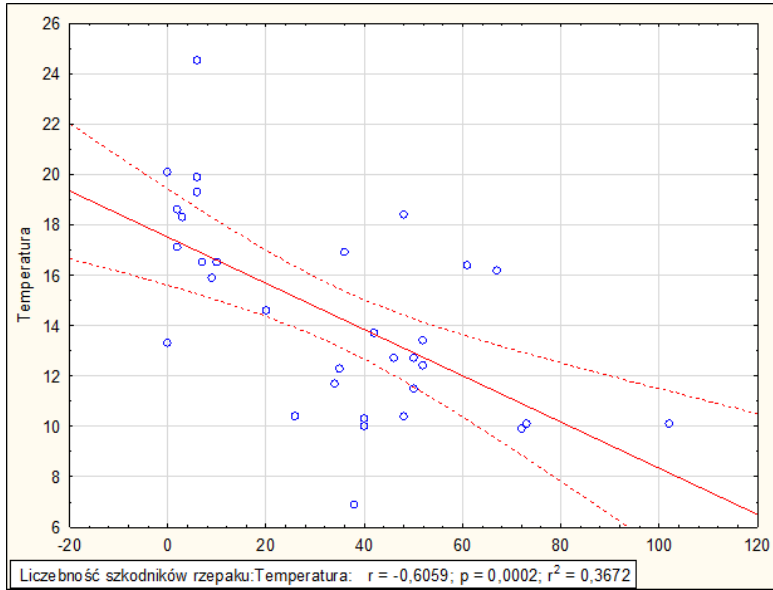
Rysunek 2 Dynamika sezonowa pojawu szkodników na plantacji rzepaku

źródło: opracowanie własne

wiosennego pokolenia szkodników, a ich kolejna generacja znajduje się jeszcze w stadium larwalnym czy też podczas przepoczwarczenia.

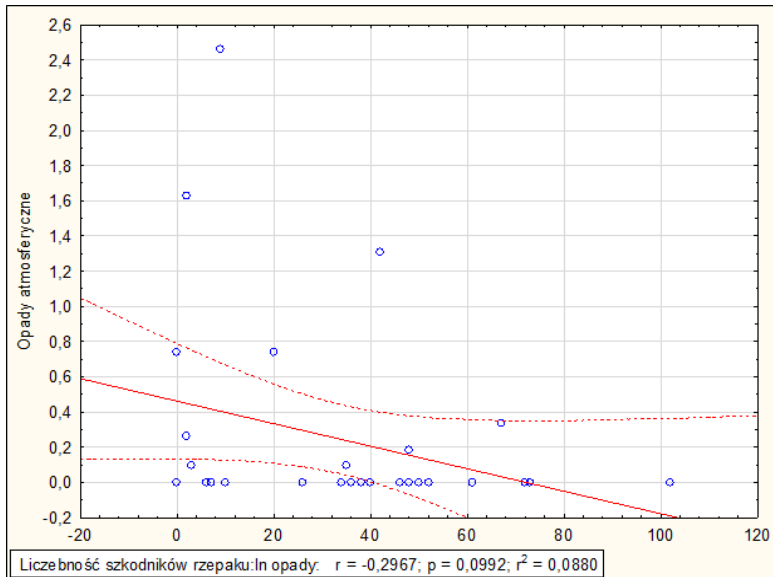
Analizując cały okres prowadzenia monitoringu szkodników rzepaku na badanej plantacji określono zależność między średnią dobową temperaturą powietrza, a liczebnością entomofauny zakwalifikowanej do grupy typowych szkodników rzepaku (rys. 3). Wartość współczynnika r Pearsona (-0.6059) świadczy o statystycznie istotnej ($p=0,002$) odwrotnie proporcjonalnej (ujemnej) zależności między zmiennymi. Zatem stwierdzono, że wzrost temperatury powoduje zmniejszenie liczebności szkodników na plantacji. Wartość współczynnika determinacji r^2 wskazuje, że temperatura determinuje 37% zmienności w obrębie liczebności typowych szkodników rzepaku ozimego. Wpływ na otrzymany wynik z pewnością miał okres monitoringu plantacji. Analizie poddano jego całość, co niejako tłumaczy otrzymaną zależność. Na początku wiosennej wegetacji roślin temperatura warunkuje tempo rozwoju i liczebność pojawu owadów, wyższa temperatura wpływa wówczas na przyspieszenie rozwoju owadów, co przekłada się na ich wcześniejszy i liczniejszy pojaw. W czerwcu, gdy rośliny rzepaku kończą wzrost, typowe szkodniki rzepaku opuszczają plantację, dodatkowo w tym miesiącu panują wyższe temperatury niż w miesiącach poprzedzających.

Analizując dobową sumę opadów atmosferycznych w okresie prowadzenia monitoringu szkodników na omawianej plantacji i liczebność entomofauny zakwalifikowanej do grupy typowych szkodników rzepaku, nie stwierdzono istotnych zależności między tymi zmiennymi (rys. 4). Wprawdzie wartość współczynnika r Pearsona (-0.2967) sugeruje, że większa suma dobowa opadów atmosferycznych powoduje zmniejszenie liczebności szkodników na plantacji, jednakże zależność ta jest statystycznie nieistotna ($p=0,0992$). Wartość współczynnika determinacji r^2 wskazuje, że opady atmosferyczne determinują 9% zmienności w obrębie liczebności typowych szkodników rzepaku ozimego. Tendencja ta ma odzwierciedlenie w praktyce, gdyż owady znacznie mniej



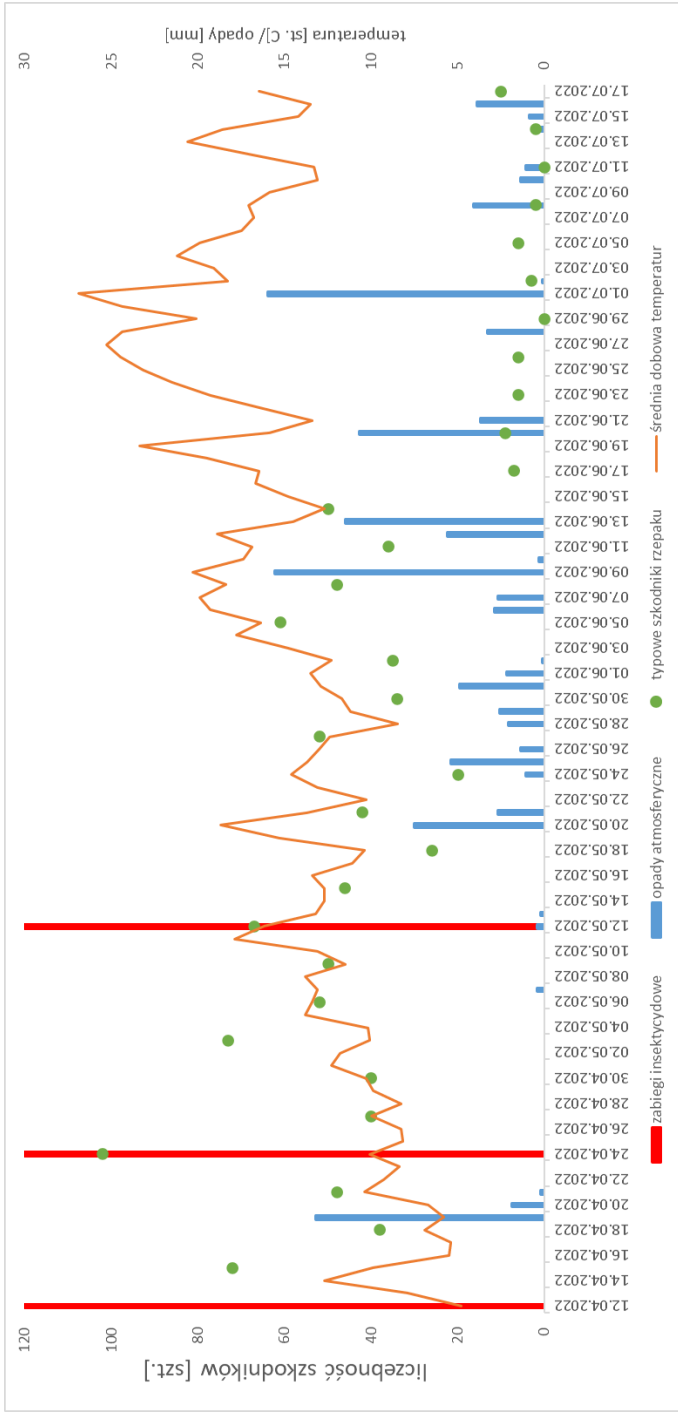
Rysunek 3. Wykres rozrzutu wraz z zależnością liniową między średnią dobową temperaturą powietrza a liczebnością typowych szkodników rzepaku

Źródło: opracowanie własne



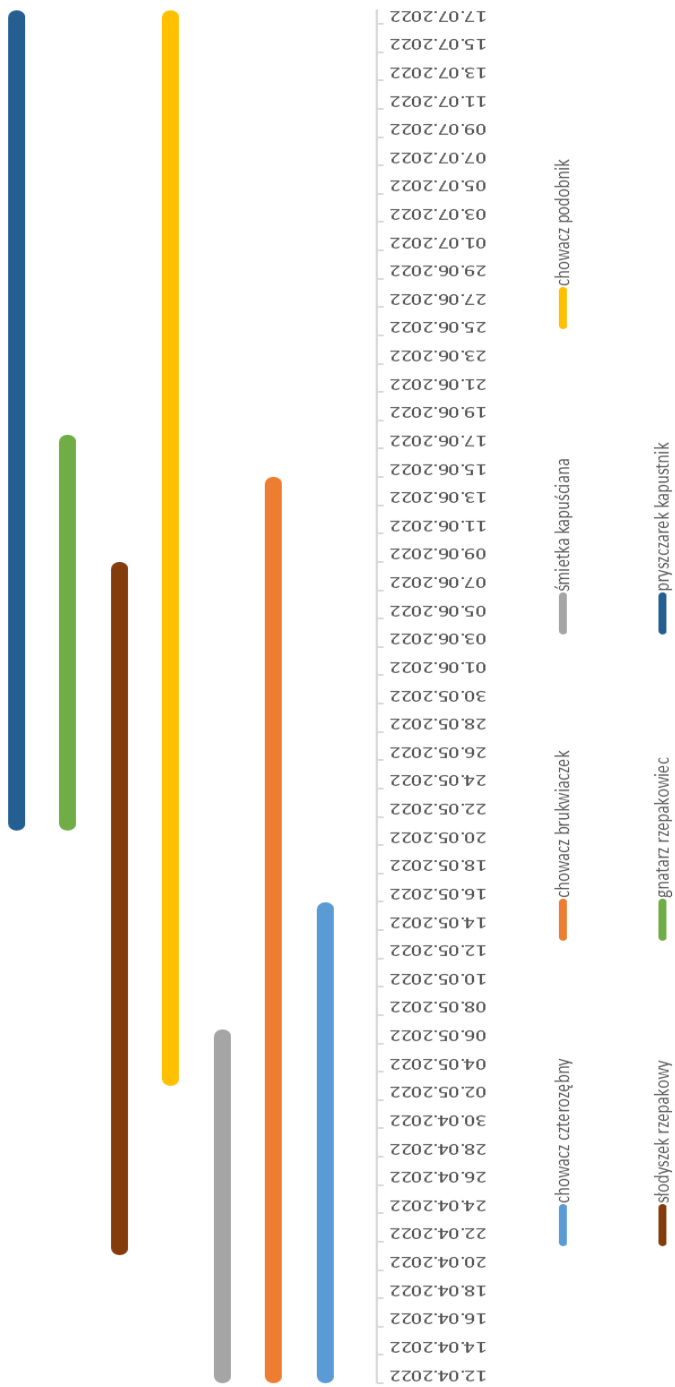
Rysunek 4. Wykres rozrzutu wraz z zależnością liniową między dobową sumą opadów atmosferycznych a liczebnością typowych szkodników rzepaku

Źródło: opracowanie własne



Rysunek 5. Aktywność sezonowa typowych szkodników rzepaku na tle warunków pogodowych, zestawiona z terminami zabiegów insektycydowych

Źródło: opracowanie własne



Rysunek 6. Terminy występowania typowych szkodników rzepaku podczas prowadzenia monitoringu na plantacji

Źródło: opracowanie własne

chętnie przemieszczają się w trakcie opadów deszczu, zatem również mniej licznie będą bytować na plantacji, czy też prowadzić aktywne loty, podczas których łapią się do żółtych naczyń. Badana zależność może być nieistotna z uwagi na niską sumę opadów w trakcie trwania monitoringu, jakie wystąpiły na omawianym obszarze, wynoszącą w całym okresie łącznie 130,4 mm. W charakterystyce średnich z wielolecia sam miesiąc maj przynosił opady atmosferyczne na poziomie 63,6 mm, a w 2022 roku średnio w kraju 40,2 mm [13], natomiast na omawianym terenie suma opadów z tego miesiąca wynosiła jedynie 28,7 mm.

Liczebność typowych szkodników rzepaku zestawiona z danymi pogodowymi (średnia dobowa temperatura, suma dobowa opadów) oraz terminami zabiegów insektycydowych została zobrazowana na wykresie (rys. 5). Ochrona roślin przed szkodnikami była prowadzona na omawianej plantacji w postaci trzech zabiegów insektycydowych w terminach 12.04.2022, 24.04.2022, 12.05.2022.

Liczebność typowych szkodników rzepaku każdorazowo po zastosowaniu insektycydu malała (rys. 5). Natomiast w drugiej połowie czerwca ustabilizowała się na niskim poziomie, co trwało do końca prowadzenia monitoringu, a uwarunkowane było terminem zbioru roślin, który nastąpił 20 lipca 2022 roku.

Terminy występowania typowych szkodników rzepaku na omawianej plantacji wskazują, że od początku prowadzenia monitoringu szkodników na plantacji występowały chowacze łodygowe oraz śmietka kapuściana (rys. 6). Imago chowacza czterozębego obserwowano na plantacji do połowy maja, natomiast chowacza brukwiaczka jeszcze w pierwszej połowie czerwca. Śmietki kapuściane zarejestrowano w terminie do 6 maja 2022 roku. Jako kolejnego szkodnika po chowaczach łodygowych, zgodnie z rozwojem roślin, 21 kwietnia w żółtych naczyniach zaobserwowano słodyszka rzepakowego, który na plantacji był obserwowany jeszcze w pierwszej dekadzie czerwca. W pierwszej dekadzie maja na plantacji bardzo licznie pojawił się chowacz podobnik uszkadzający łuszczyny rzepaku. Jego obecność rejestrowano w znacznie mniejszym nasileniu w czerwcu, a pojedyncze osobniki odnotowywano do końca prowadzenia monitoringu na plantacji, to jest niemalże do zbioru roślin. W trzeciej dekadzie maja na plantacji odłowiono metodą żółtych naczyń pojedyncze osobniki przyszczarka kapustnika. Występowanie tego szkodnika rozciągnęło się w czasie do końca prowadzenia monitoringu. Na początku pojawu obserwowano nieliczne osobniki pierwszego wiosennego pokolenia muchówek, a w dalszym okresie osobniki z drugiej generacji. Równocześnie z pojawem przyszczarka kapustnika na plantacji zaczęto obserwować pojaw gnatarza rzepakowca, który trwał około miesiąca, do drugiej dekady czerwca.

Ocena uszkodzeń łuszczyn rzepaku przez szkodniki łuszczynowe (tab. 3) wykazała szkody wyrządzone w łuszczynach tylko przez chowacza podobnika.

Uszkodzone łuszczyny w pierwszym terminie obserwacji stanowiły 18,75% wszystkich pobranych do badania łuszczyn, w drugim terminie uszkodzenia odnotowano na 21,25% łuszczyn. Wskaźnik dotyczący udziału (%) uszkodzonych łuszczyn nie może być bezpośrednio przekładany na spadek plonu o tę wartość, jest to jedynie procent

Tabela 3. Uszkodzenia łuszczyn rzepaku ozimego przez szkodniki łuszczynowe [%]

Data	Chowacz podobnik	Pryszczarek kapustnik
30.05.2022	18,75	0
09.06.2022	21,25	0
17.06.2022	26,25	0

Źródło: opracowanie własne

łuszczyn noszących ślady uszkodzenia zewnętrznego (blizny po wkłuciu, deformacje zewnętrzne) lub wewnętrznego (bytujące larwy, uszkodzone nasiona).

Dyskusja

Uzyskana w toku badań proporcja typowych szkodników rzepaku do liczby innych owadów szkodliwych jest zgodna z wynikami naukowców z Uniwersytetu w Charkowie, którzy prowadząc badania w latach 2007–2019, wykazali, iż 46% szkodników zasiedlających rzepak ozimy to szkodniki wyspecjalizowane, zaś 54% to polifagi [23]. Większa liczba polifagów w stosunku do typowych szkodników rzepaku może wynikać z niskiej koncentracji tej uprawy w województwie mazowieckim, które nie należy do wiodących terenów uprawy rzepaku w Polsce. Na przestrzeni lat tendencje te nie uległy zmianie, co potwierdzają badania uszkodzeń rzepaku prowadzone na terenie całego kraju w latach 1999–2001, w których województwo mazowieckie zostało uznane za teren, gdzie typowe szkodniki rzepaku nie występują tak licznie i nie wyrządzają tak znaczących szkód, jak w przypadku województw takich jak warmińsko-mazurskie, pomorskie czy kujawsko-pomorskie [28]. Badania nad efektywnością zwalczania szkodników rzepaku, które prowadzili Tratwal i in. [25] w latach 2006–2009, również wskazują, iż szkodliwość owadów występujących w uprawie rzepaku w kraju była zróżnicowana. Największe straty obserwowano w południowo-zachodniej i północnej części kraju. Województwo mazowieckie leżące w centralnej części Polski nie jest regionem o licznych pojawach szkodników rzepaku.

W kompleksie chowaczy łodygowych (c. brukwiaczek i c. czterozębny) odłowiono więcej o 31% chowaczy brukwiaczków w porównaniu z chowaczami czterozębnymi. co jest sprzeczne z badaniami Pruszyńskiego [16], w których autor wskazywał na mniej liczną populację chowaczy brukwiaczków w stosunku do chowaczy czterozębnych na plantacjach rzepaku ozimego, jednak równocześnie na ich większą szkodliwość. Badania własne rozpoczęto w czasie, gdy oba szkodniki już występowały na plantacji, nie można zatem wykluczyć możliwości wcześniejszego liczniejszego pojawu chowaczy czterozębnych na plantacji jeszcze przed rozpoczęciem prowadzenia monitoringu, a zatem również zniekształcenia podanej wyżej proporcji występowania chowaczy łodygowych. Jednak chowacz brukwiaczek pojawia się na plantacjach rzepaku ozimego

wcześniej niż imago chowacza czterozębnego [28], zatem niewykluczony jest również liczny pojaw chowaczy brukwiaczków i utrzymanie podanej proporcji. Elementem decydującym o takim wyniku był termin podjęcia obserwacji, toteż aby w pełnym zakresie zbadać tę zależność, należałoby monitoring rozpocząć wcześniej, to znaczy przed pojawem wszelkich szkodników na plantacji, tak aby dokładnie określić terminy ich występowania i wówczas podać ich liczebność oraz proporcje, uwzględniając cały okres ich pojawu na plantacji.

Czynnikiem warunkującym podatność odmian na żerowanie chowaczy łądogowych oraz innych szkodników jest wczesność odmiany. Ślodyzek rzepakowy w większym stopniu uszkadza odmiany, które zakwitają w terminie późniejszym. Szkodniki luszczynowe natomiast w mniejszym stopniu uszkadzają odmiany, które zakwitają później [14]. Odmiany wcześniej wznawiające vegetację na wiosnę są bardziej podatne na uszkodzenia powodowane przez chowacze łądogowe [15], a odmiana ES Cesario uprawiana na monitorowanej plantacji jest najwcześniejszą odmianą mieszańcową rzepaku ozimego dostępną na polskim rynku [12].

Badania przeprowadzone przez Remlein-Starostę i in. [17] wskazują zmieniki (*Lygus spp.*) jako najliczniejszą grupę wśród szkodników, natomiast w badaniach własnych liczebność tych szkodników miała marginalne znaczenie w porównaniu z liczebnością innych polifagów oraz typowych szkodników rzepaku.

Czynniki abiotyczne, jak temperatura, opady czy dostępność pożywienia, wpływają na rozwój i liczebność szkodników [27]. Temperatura warunkuje również termin kwitnienia rzepaku i jego jakość [22]. Opady atmosferyczne wpływają na wilgotność powietrza, która jest ważnym czynnikiem przy rozwoju owadów. Dodatkowo odpowiednia dostępność wody jest niezbędna do rozwoju roślin rzepaku ozimego, a okresy posuchy (zwłaszcza w krytycznych fazach wzrostu roślin) znacznie wpływają na obniżenie wielkości plonu nasion rzepaku ozimego. Do najważniejszych czynników mających wpływ na wzajemne zależności między uprawą a szkodnikami można zaliczyć też zabiegi ochrony roślin [2].

Zastosowanie insektycydów w ochronie rzepaku ozimego ma charakter plonochronny. Badania Budzyńskiego i in. [4] wskazują, że wiosenne szkodniki rzepaku ozimego bez prowadzenia ochrony insektycydowej mogą ograniczyć plon nasion rzepaku od 20 do 75%. Toteż na badanej plantacji zdecydowano się na ochronę przeciw insektom po przekroczeniu progów ekonomicznej szkodliwości określanych dla typowych szkodników rzepaku, a po każdorazowym zastosowaniu zabiegu ochrony roślin liczebność entomofauny na plantacji malała.

Ocenie zostały poddane również uszkodzenia luszczyn rzepaku, na których żer prowadzić mogą szkodniki luszczynowe. Larwy chowacza podobnika i pryszczarka kapustnika żerują w luszczynach w tym samym okresie [20]. Nie stwierdzono jednak luszczyn ze śladami uszkodzeń i bytującymi larwami pryszczarka kapustnika, zatem również nie stwierdzono występowania na plantacji luszczyn, w których bytowałyby larwy obydwu tych szkodników jednocześnie, co według Strażyńskiego [24] stanowi

największe zagrożenie na plantacjach rzepaku. Brak ochrony przeciwko szkodnikom luszczynowym przyczynia się do znacznej obniżki plonu nasion rzepaku ozimego. Zaniechanie zwalczania przyszcarka kapustnika przy uszkodzeniu luszczyn przewyższającym 23% skutkuje znacznym spadkiem plonu nasion w relacji 1% uszkodzonych luszczyn - 1,7% masy plonu nasion [5]. Natomiast brak zwalczania chowacza podobnika może powodować straty plonu nasion do 30% [20]. Wielu autorów wykazuje, iż zwalczanie obu tych szkodników może prowadzić do wyżki plonu nasion rzepaku od 9 do 50% [20, 21]. Szkodniki luszczynowe są o tyle groźniejsze od innych typowych szkodników rzepaku, iż w czasie ich występowania rośliny rzepaku nie mają już takich zdolności kompensacyjnych - regeneracyjnych, jak w przypadku wiosennego nalotu chowaczy lodygowych i słodyszka rzepakowego [19].

Wnioski

Czynniki abiotyczne, w szczególności czynniki atmosferyczne, wpływają na liczebność szkodników rzepaku ozimego. W okresie wegetacji roślin na ich liczebność większy wpływ ma temperatura powietrza w porównaniu z opadami atmosferycznymi.

Rzepak ozimy odmiany ES Cesario na terenie województwa mazowieckiego atakowany był głównie przez chowacze lodygowe i chowacza podobnika.

Aby w pełnym zakresie określić terminy pojawu szkodników, monitoring na plantacji należy rozpocząć wczesną wiosną, kiedy jeszcze żadne szkodniki na niej nie występują.

Bibliografia

- [1] Alford D., Nilsson C., Ulber B. 2003. Insect pests of oilseed rape crops. *Biocontrol of Oilseed Rape Pests*. Blackwell Sci.: 9–41.
- [2] Barczak T. 1994. Mechanizmy regulacyjne w agrocenozach a ochrona roślin. *Post. Nauk Roln.* 41(4): 19–28.
- [3] Bouchet A. S., Laperche A., Bissuel-Belaygue C., Snowdon R., Nesi N., Stahl A. 2016. Nitrogen use efficiency in rapeseed. *Agron Sustain Dev.* 36: 1–20.
- [4] Budzyński W., Jankowski K., Zielonka R. 2000. Efektywność nawożenia azotem rzepaku jarego chronionego i niechronionego przed szkodnikami. I. Nawożenie i ochrona a plon nasion. *R. Oleiste* 21 (2): 513–525.
- [5] Buntin G.D. 1999. Damage loss assessment and control of cabbage seedpod weevil (Coleoptera; Curculionidae) in winter canola using insecticides. *J. Econ. Entomol.* 92 (1): 220–227.
- [6] Derron J., Breitenmoser S., Goy, G., Grosjean Y., Pellet D. 2015. Charançon de la tige du colza: Effet sur le rendement et seuil d'intervention. *Rec. agrono, suisse* 6: 328–335.
- [7] Dewar A. M. 2017. The adverse impact of the neonicotinoid seed treatment ban on crop protection in oilseed rape in the United Kingdom. *Pest Manag.* 73: 1305–1309.
- [8] FAO. FAOSTAT. online: <http://www.fao.org/faostat> [dostęp 26.01. 2023].
- [9] Flénet F., Wagner D., Simonin P. 2020. Examination of an attempt to improve rapeseed cultivation in France in order to reduce the greenhouse gas emissions of biodiesel. *OCL* 27: 1–7.

- [10] Heimbach U, Müller A. 2013. Incidence of pyrethroid-resistant oilseed rape pests in Germany. *Pest Manag.* 69: 209–216.
- [11] <https://danepubliczne.imgw.pl/> [dostęp 12.05.2023].
- [12] https://dnipola.lidea-seeds.pl/?page_id=459 [dostęp 17.01.2023].
- [13] Komunikat Biura Prasowego IMGW-PIB. 2022. Charakterystyka wybranych elementów klimatu w Polsce w maju 2022 roku. Podsumowanie sezonu wiosennego [dostęp online 20.05.2023].
- [14] Mrówczyński M., Korbas M., Praczyk T., Gwiazdowski T., Jajor E., Pruszyński G., Wachowiak H. 2009. Ochrona roślin w integrowanej produkcji rzepaku. *R. Oleiste.* 30. 245–256.
- [15] Mrówczyński M., Praczyk T., Wachowiak H., Korbas M., Gwiazdowski R. 2005. Integrowana ochrona rzepaku ozimego i jarego przed agrofagami. Stosowanie agrochemikaliów. Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa. 51–68.
- [16] Pruszyński S. 1999. Łączne stosowanie agrochemikaliów w uprawach rolniczych. Wyd. IOR, Poznań.
- [17] Remlein-Starosta D., Krzywińska J., Nijak K., Drożdżyński D., Walorczyk S., Dopierała U., Jaworski R., Szłykiewicz M. 2012. Organizmy szkodliwe i entomofauna pożyteczna jako wskaźniki bioróżnorodności i stanu fitosanitarnego produkcji rolnej. Wyd. IOR Poznań. 69 (3): 73–85.
- [18] Schaefer H. L., Brandes H, Ulber B, Becker H. C, Vidal S. 2017. Evaluation of nine genotypes of oilseed rape (*Brassica napus* L.) for larval infestation and performance of rape stem weevil (*Ceutorhynchus napi* Gyll.). *PLoS One.* 12 (7) doi: 10.1371 [dostęp online 12.05.2023].
- [19] Seta G. 2003. Łączne stosowanie insektycydów i fungicydów w ochronie rzepaku ozimego w okresie kwitnienia i zawiązywania łuszczyń. *R. Oleiste* 24 (1): 183–191.
- [20] Seta G., Gałuszka A. 2012. Influence of insecticide acetamipride in tank-mix with fungicides flutriafol and tebuconazole and their effect on the pods health and yielding of winter oilseed rape. Wpływ mieszanin insektycydu acetamiprydu z fungicydami flutriafol i tebukonazol na zdrowotność łuszczyń i poziom plonowania rzepaku ozimego. *Prog. Plant Prot.* 52 (3): 752–756.
- [21] Seta G., Wolski A., Mrówczyński M. 2008. Badania nad wpływem szkodników łuszczyńowych na plon nasion rzepaku ozimego i możliwość ich zwalczania. *Prog Plant Prot.* 48 (1): 134–138.
- [22] Skrzypski B. 2017. Od czego zależy wielkość plonu rzepaku ozimego?. *Zachodniopomorski Mag. Rol.* 32: 32–34.
- [23] Stankevych S. V., Yevtushenko M. D., Zabrodina I. V., Lezhenina I. P., Baidyk H. V., Filatov M. O., Zhuravska I. A. 2020. Pests of oil producing cabbage crops in the eastern forest-steppe of Ukraine. *Ukr. J. Ecol.* 10 (5): 223–232.
- [24] Strażyński P. 2022. Zdrowe łuszczyzny- insektycydy na chowacza i pryszczarka. *WPR* [dostęp 16.05.2022].
- [25] Tratwal A., Walczak F., Golinowska M., Bandyk A. 2012. Effectiveness of rape protection against pests in the years 2006–2009 in Poland. *JPPR* 52 (3): 324–332.
- [26] Williams I. H. 2010. The major insect pests of oilseed rape in Europe and their management: an overview In: Williams IH, editor. *Biocontrol-based integrated management of oilseed rape pests.* Spring. Sci..Bus. M. 1–43.
- [27] Wojda I., Vertyporokh L. 2017. Układ odpornościowy owadów w obronie integralności organizmu. *Kosmos.* 66 (4): 541–551.
- [28] Wójtowicz M., Wójtowicz A. 2002. Uszkodzenia rzepaku ozimego przez szkodniki w okresie wiosennym w latach 1999–2001. *R. oleiste* 23: 119–128.
- [29] Wstępne wyniki plonowania odmian w doświadczeniach porejestrowych. Rzepak ozimy. 2020. COBORU.

**SEKCJA NAUK
WETERYNARYJNYCH**

Mateusz Adamczyk

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Wydział Medycyny Weterynaryjnej

Studenckie Koło Naukowe Parazytologów, mateusz.adamczyk@student.uwm.edu.pl

Opiekun koła: prof. dr hab. Rajmund Sokół

WYSTĘPOWANIE PIERWOTNIAKÓW Z RODZAJU *EIMERIA* SP. W HODOWLI ALPAK

Wprowadzenie

Alpaki (*Vicugna pacos*) należą do rodziny wielbłądowatych (Camelidae) z rzędu parzystokopytnych (Atriodactyla) zamieszkujących Andy w Ameryce Południowej, głównie na terenie Peru, Chile i Boliwii. Zwierzęta te zostały udomowione około 6000 lat temu. Hodowane były przede wszystkim dla wełny i mięsa. Obecnie występują w wielu krajach, takich jak Stany Zjednoczone, Kanada, Wielka Brytania, Japonia, Nowa Zelandia i Polska. W Polsce zalicza się je do grupy zwierząt gospodarskich. W dzisiejszych czasach alpaki utrzymywane są również w celach hodowlanych, rozrywkowych oraz turystycznych [1, 2].

W obrębie tego gatunku wyróżnia się dwie rasy: huacaya i suri, które różnicuje się na podstawie budowy włókien wełny. U suri włókna są długie i zwisają wzdłuż ciała, natomiast u huacaya są one krótsze i faliste. U zwierząt tych występują 22 kolory wełny, z których podstawowymi są czarny, brązowy, biały i szary. Można także spotkać osobniki o umaszczeniu wielokolorowym [1].

Alpaki wykazują wiele różnic, ale i podobieństw w stosunku do przeżuwaczy. Zarówno jedne, jak i drugie przeżuwają pokarm, który następnie podlega fermentacji w przewodzie pokarmowym. Żołądek alpaka składa się z trzech komór, a nie z czterech, jak ma to miejsce u przeżuwaczy. Palce alpaka nie przypominają tych u krów, gdyż ich dojrzała powierzchnia pokryta jest miękkimi poduszkami, z których wyrastają paznokcie. Różnice występują także w uzębieniu alpaka, które posiadają dwie pary kłów osadzonych w szczęcie [1].

Alpaki charakteryzuje wypróżnianie się w postaci stosów, co jest naturalnym sposobem zapobiegania rozprzestrzeniania chorób w stadzie. Niestety zbyt duże zagęszczenie zwierząt ułatwia drobnoustrojom i pasożytom zarażanie nowych osobników.

U alpak, podobnie jak u pozostałych zwierząt gospodarskich, choroby wikłane przez drobnoustroje przyczyniają się do wielu problemów związanych z produktywnością (obniżenie jakości wełny, spadek przyrostów masy ciała, zaburzenia rozrodu, poronienia). Wiele patogenów atakujących alpaki wywołuje także choroby u innych gatunków zwierząt gospodarskich. Wśród chorób wirusowych występujących u tego gatunku wyróżnia się między innymi: wściekliznę, wirusową biegunkę bydła oraz gorączkę Zachodniego Nilu. Do bakterii zakażających alpaki należą: *Brucella abortus*, *Mycobacterium tuberculosis*, *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis*, *Escherichia coli*, *Bacillus anthracis*, *Salmonella* spp., *Clostridium* spp. [3].

U alpak, tak jak u innych gatunków zwierząt gospodarskich, występuje wiele gatunków pasożytów, których oddziaływanie na organizm żywiciela prowadzi do jego osłabienia i wyniszczenia. Wśród pasożytów zarażających alpaki można wyróżnić: pierwotniaki (*Eimeria* sp., *Cryptosporidium* sp., *Giardia duodenalis*), przywry (*Fasciola hepatica*, *Dicrocoelium dendriticum*), tasiemce (*Moniezia expansa*, *Echinococcus granulosus*, *Taenia hydatigena*, *Taenia multiceps*), nicienie (*Cooperia* sp., *Nematodirus* sp., *Ostertagia* sp., *Trichostrongylus* sp.) oraz pasożyty zewnętrzne (*Bovicola breviceps*, *Chorioptes bovis*, *Sarcoptes scabiei varietas auchinae*, *Psoroptes ovis*) [1].

Eimeria sp. to pierwotniaki osiedlające się w jelitach wielu gatunków zwierząt. U alpak i pozostałych wielbłądowatych wyróżnia się 5 charakterystycznych dla nich gatunków: *Eimeria* (*E.*) *alpaca*, *E. lamae*, *E. punoensis*, *E. macusaniensis* oraz *E. ivitaensis*. Gatunki te różni kształt, ale także wielkość oocyst, przez co dzieli się je na tak zwane małe i duże kokcydia. Do pierwszej grupy zaliczane są: *E. alpaca* (22-26 x 18-21 μm , oocysty elipsoidalne), *E. lamae* (30-40 x 21-30 μm , oocysty owalne lub elipsoidalne) oraz *E. punoensis* (17-22 x 14-18 μm , oocysty elipsoidalne lub owalne). *Eimeria macusaniensis* (81-107 x 61-80 μm) i *E. ivitaensis* (84-99 x 49-59 μm) posiadają owalne oocysty i są uznawane za duże kokcydia. Wśród gatunków *Eimeria* sp. występują także różnice w długości trwania okresu prepatentnego, czyli czasu od wnikięcia pasożyta do osiągnięcia przez niego dojrzałości płciowej w organizmie żywiciela. Okres ten wynosi odpowiednio: 10 dni dla *E. punoensis*, 15-16 dni dla *E. lamae*, 16-18 dni dla *E. alpaca* i 31-43 dni dla *E. macusaniensis* [4].

Na cykl rozwojowy kokcydiów składają się fazy: bezpłciowa (schizogonia, merogonia) i płciowa (gametogonia). Sporulowane oocysty są spożywane przez zwierzęta i przedostają się wzdłuż przewodu pokarmowego do jelit cienkich. Z oocyst uwalniane są sporozoity, które wnikają do komórek ściany jelita. Sporozoity przekształcają się w trofozoity, które rosnąc, wytwarzają schizonty, wewnątrz których powstają merozoity. Uwolnione merozoity mogą zarażać kolejne komórki jelitowe. Proces ten, nazywany fazą bezpłciową, może zachodzić nawet trzykrotnie, zanim rozpocznie się faza płciowa. Początek gametogonii ma miejsce, gdy merozoity różnicują się na gamonty męskie (mikrogametocyt) oraz żeńskie (makrogametocyt). Do zapłodnienia dochodzi wewnątrz komórek jelita gospodarza, co prowadzi do wykształcenia zygoty, która dojrzewa i przekształca się w oocystę. Następnie oocysty przedostają się do światła jelita,

skąd są wydalane do środowiska zewnętrznego wraz z kałem. W środowisku ulegają procesowi sporulacji, po którym stają się zdolne do zarażenia nowych osobników [4].

Kliniczna postać choroby wikłana przez małe kokcydia występuje głównie u młodych alpak (cria) poniżej 8. miesiąca życia. Najczęściej rozwija się w ciągu pierwszych dwóch miesięcy po urodzeniu. W przypadku infestacji młodych alpak *Eimeria macusaniensis* ma miejsce biegunka, która u osobników starszych często nie występuje. Pozostałymi objawami towarzyszącymi kokcydiozie u alpak są: utrata masy ciała, słabe przyrosty, złe samopoczucie, osłabienie i utrata apetytu. Rozwój pierwotniaków w jelicie cienkim prowadzi do uszkodzenia ściany tego narządu, co skutkuje krwawieniami do światła jelita. W miarę nasilenia choroby alpaki stają się bardziej podatne na infekcje bakteryjne, które wnikają do organizmu przez uszkodzoną błonę śluzową jelit [3].

Cel pracy

Celem badania było wykrycie oocyst i określenie gatunków kokcydiów z rodzaju *Eimeria* sp. w kale alpak utrzymywanych w hodowli na terenie województwa warmińsko-mazurskiego.

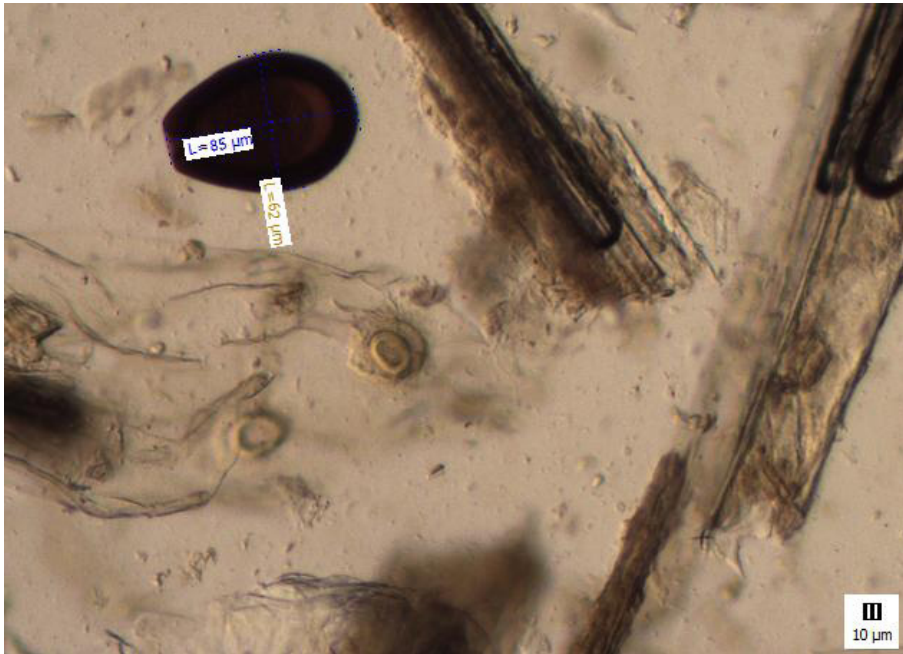
Materiały i metody

Materiał do badań stanowiły próbki świeżego kału zebrane od alpak utrzymywanych w hodowli dnia 20.11.2023 roku. Kał o masie 1 grama pozyskano bezpośrednio z prostnicy i przełożono do pojemników, od każdego osobnika oddzielnie. Podczas przeprowadzonego wywiadu z właścicielem alpak otrzymano informacje dotyczące wieku, płci i rozmieszczeniu w boksach monitorowanych zwierząt. Badaniu poddano 26 alpak w hodowli, z których 21 stanowiły samice, a 5 cria.

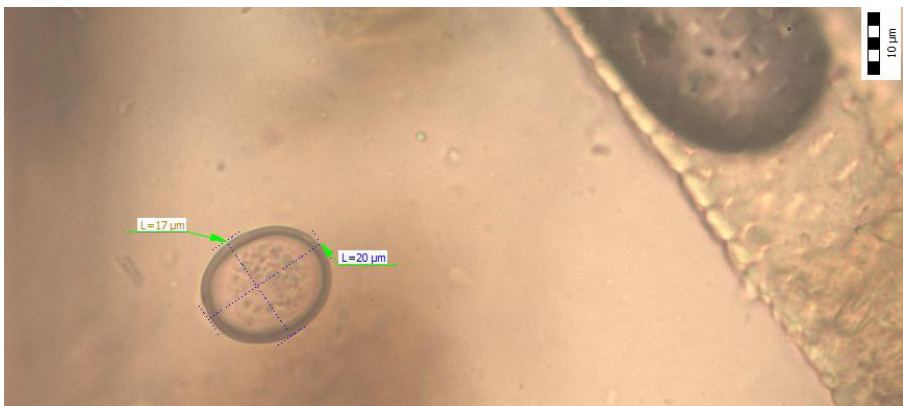
Badane zwierzęta posiadają do dyspozycji dwa wybiegi, każdy o powierzchni 1 hektara. Jeden z nich przeznaczony jest wyłącznie dla samic i cria, a drugi dla samców. Podstawą żywienia alpak w hodowli są pasze objętościowe – siano oraz trawa w sezonie letnim. Ponadto, raz dziennie zwierzęta dostają mieszankę składającą się z wysłodki buraczanej niemielasowanej i granulatu z lucerny oraz otręby pszenne z dodatkiem premixu mineralno-witaminowego dla wielbłądowatych. Jako przysmak alpaki dostają marchew pokrojoną lub tartą. Poza wybiegami zwierzęta podzielone są pomiędzy 8 boksów, z których 4 przeznaczone są dla samic i cria, a pozostałe 4 dla samców.

Próbki kału zbadano metodą flotacji według Fülleborna. Grudkę kału wielkości orzecha laskowego na sitku zlewano w płytce Petriego płynem Darlinga (1:1 nasycony roztwór soli i glicerolu) i dokładnie rozcierano do uzyskania jednorodnej zawiesiny, którą przelewano do probówki i wirowano (2500 obrotów/min przez 5 min). Bagietką pobierano z powierzchni 4 krople zawiesiny, przenoszono na szkiełko podstawo-

we, przykrywano szkiełkiem nakrywkowym i oglądano pod mikroskopem świetlnym, pod powiększeniem 10x i 40x, poszukując form rozwojowych pasożytów. Identyfikację wykrytych oocyst przeprowadzono przy pomocy zdjęć zamieszczonych w publikacji Dubey J.P., 2018 [5]. Do tego celu wykorzystano program do wizualizacji obrazu firmy Olympus. Dzięki temu wykonano pomiary oocyst wykrytych w próbkach kału (Fot. 1, Fot. 2).



Zdjęcie 1. *Eimeria macusaniensis* – powiększenie 10x (fot. M. Adamczyk)



Zdjęcie 2. *Eimeria punoensis* – powiększenie 40x (fot. M. Adamczyk)

Wyniki

W badaniu mikroskopowym kału stwierdzono oocysty dwóch gatunków kokcydiów: *Eimeria macusaniensis* i *Eimeria punoensis* w 5 (19,23%) z 26 badanych próbek, wy-

Tabela 1. Występowanie oocyst *Eimeria* sp. u alpak w zależności od płci i wieku

Lp.	Imię	Wiek (lata)	Wykryte oocysty				
			<i>Eimeria lamae</i>	<i>Eimeria alpaca</i>	<i>Eimeria punoensis</i>	<i>Eimeria macusaniensis</i>	<i>Eimeria ivitaensis</i>
Boks nr 1							
1	Italia	1	-	-	-	-	-
2	Pysia	1	-	-	-	-	-
3	Cappuczina	1	-	-	-	-	-
4	Frajda	1	-	-	-	-	-
5	Fantazja	2	-	-	-	-	-
6	Brawurka	2	-	-	-	-	-
7	Żaklin	4	-	-	-	-	-
Boks nr 2							
8	Euforia	<1	-	-	-	-	-
9	Pandemia	3	-	-	-	-	-
10	Impreza	11	-	-	-	-	-
11	Belferka	15	-	-	-	-	-
12	Damulka	21	-	-	-	-	-
Boks nr 3							
13	Inka	2	-	-	-	-	-
14	Nadzieja	3	-	-	-	-	-
15	Chmurka	5	-	-	-	-	-
16	Pyza	12	-	-	-	-	-
17	Celina	12	-	-	-	-	-
Boks nr 4							
18	Batak	<1	-	-	-	+	-
19	Fanaberia	<1	-	-	+	-	-
20	Kuzco	<1	-	-	+	-	-
21	Tadek	<1	-	-	+	-	-
22	Śnieżka	4	-	-	-	-	-
23	Inez	6	-	-	-	-	-
24	Ślicznota	8	-	-	-	-	-
25	Pięknota	9	-	-	+	-	-
26	Szachistka	9	-	-	-	-	-

„+” – oocysty obecne w badanej próbce, „-” – oocysty nieobecne w badanej próbce

łącznie u osobników z boks nr 4. Inwazja częściej dotyczyła cria poniżej jednego roku życia (80%). Wśród zarażonych osobników 3 (60%) stanowiły samce, a pozostałe 2 (40%) samice. Szczegółowe wyniki przedstawiono poniżej w tabeli (Tab.1).

Tylko u jednego osobnika spośród tych, u których wykazano infestację kokcydiami, stwierdzono występowanie oocyst z gatunku *Eimeria macusaniensis*. W pozostałych 4 próbkach zaobserwowano oocysty *Eimeria punoensis*.

Wśród alpak z boks nr 4, zarówno młodych, jak i dorosłych, w których kale wykryto oocysty pierwotniaków z rodzaju *Eimeria* sp., nie stwierdzono widocznych zaburzeń behawioralnych oraz objawów chorobowych typowych dla tej parazytozy.

Dyskusja

Wielokrotnie w literaturze naukowej opisywano występowanie oocyst *Eimeria* sp. u zwierząt z rodziny wielbłądowatych [6, 7, 8, 9, 10].

Pyziel-Serafin A.M. i in., 2022 [10] pobrali 248 próbek kału z prostnicy alpak utrzymywanych w 43 hodowlach na terenie 12 polskich województw (dolnośląskie, kujawsko-pomorskie, lubelskie, łódzkie, małopolskie, mazowieckie, podkarpackie, podlaskie, śląskie, świętokrzyskie, wielkopolskie, zachodniopomorskie). Autorzy zastosowali dwa rodzaje flotacji. Pierwszą z nich stanowiła zmodyfikowana metoda Willis'a, natomiast drugą była zmodyfikowana metoda Stoll'a. Próbkę do badań zostały podzielone ze względu na ich masę (3 g i 5 g). W badaniach wykryli jaja i oocysty należące do różnych rodzajów pasożytów (*Aonchotheca* sp., *Eimeria* sp., *Moniezia* sp., *Nematodirus* sp., *Trichostrongylidae*, *Trichuris* sp.). Jednym ze zidentyfikowanych gatunków były oocysty *Eimeria macusaniensis*, które stanowiły jedynie 4% przypadków. Natomiast w 41,9% znaleziono oocysty kokcydiów, które nie zostały sklasyfikowane na konkretne gatunki. Dla porównania w przeprowadzonych przez nas badaniach, oocysty *Eimeria macusaniensis* występowały w 1 przypadku i stanowiły mniejszość, bo zaledwie 20% dodatnich próbek, a częściej występującym gatunkiem była *Eimeria punoensis* (80%).

Gomez-Puerta L.A. i in., 2021 [9] ocenili występowanie, stopień infestacji pasożyticznej i różnorodność gatunkową pierwotniaków z rodzaju *Eimeria* u asymptomatycznych cria. W regionie Puna w południowym Peru pobrali 78 próbek kału od młodych alpak. Zwierzęta te były w wieku od 2 do 18 tygodni. U 49 (62,82%) osobników wykryli oocysty *Eimeria punoensis*, a oocysty *Eimeria macusaniensis* znajdowały się u 32 (41,03%) alpak. Łączna liczba próbek dodatnich zawierających oocysty *Eimeria* sp. wynosiła 68 (87,18%). U żadnego osobnika nie zaobserwowano zmian w zachowaniu czy objawów chorobowych, wynikających z obecności pasożytów w jelitach. W naszych badaniach otrzymaliśmy podobne wyniki. Na 26 pobranych próbek, 5 z nich było dodatnich. W 4 (80%) wykryliśmy oocysty *Eimeria punoensis*, natomiast oocysty *Eimeria macusaniensis* odnotowaliśmy tylko w 1 (20%) próbce. Podobnie jak w bada-

niach przeprowadzonych przez Gomez-Puerta i wsp., żaden z zarażonych osobników nie wykazywał oznak choroby, a większość z nich (80%) stanowiły cria.

Do swoich badań przeprowadzonych w regionie La Paz w Boliwii, Beltrán-Saavedra L.F. i in., 2014 [6] pobrali 55 próbek kału, z czego 29 pozyskali od dorosłych alpak, a 26 od młodych osobników poniżej 1 roku życia. Spośród wszystkich próbek w 37 (67,3%) wykryli obecność oocyst *Eimeria punoensis*, z których 20 (79,6%) należało do cria. W 7 (12,7%) badanych próbkach kału stwierdzili oocysty *Eimeria macusaniensis*, wśród których aż 5 (19,2%) pochodziło od młodych osobników. Zarówno u nas, jak i w badaniach przeprowadzonych przez Beltrán-Saavedra i wsp., większość dotkniętych kokcydiozą osobników stanowiły cria poniżej 1 roku życia (80%).

Camareno E. i in., 2016 [7] analizowali występowanie pierwotniaków *Eimeria* sp. u alpak, podczas pory suchej, w zależności od pochodzenia, wieku i płci, w regionie Puno w Peru. Pobrali 1319 próbek kału z prostnicy od alpak. Wszystkie próbki badali w kierunku infestacji zwierząt kokcydiami z rodzaju *Eimeria* sp. U 52,4% stwierdzono obecność oocyst, z czego u 66,2% były to oocysty *Eimeria punoensis*, a u 8,7% oocysty *Eimeria macusaniensis*. Uzyskaliśmy podobne wyniki, ponieważ u 4 (80%) z 5 alpak zarażonych kokcydiami wykryliśmy oocysty *Eimeria punoensis*, a tylko u 1 (20%) osobnika były to oocysty *Eimeria macusaniensis*.

Wnioski

Wyniki przeprowadzonego badania potwierdzają występowanie różnych gatunków kokcydiów z rodzaju *Eimeria* sp. u alpak (*Vicugna pacos*) w hodowli, szczególnie u młodych osobników. Żadne z zarażonych zwierząt nie wykazywało objawów związanych z tą pasożytnością, co wskazuje na podkliniczny przebieg choroby. W związku z tym zaleca się regularne pobieranie i badanie mikroskopowe próbek kału od alpak w celu wykrycia oocyst z rodzaju *Eimeria* sp., co umożliwi szybsze odseparowanie chorych zwierząt od reszty stada. Takie działania mogą przyczynić się do zahamowania rozprzestrzeniania się pasożyty wewnątrz hodowli.

Bibliografia

- [1] Duncanson G.R. 2012. Veterinary Treatment of Llamas and Alpacas. CABI, UK.
- [2] Kapustka J., Garbiec A. 2022. Alpacas in Poland: health, welfare, and anti-parasitic prophylaxis. Med. Weter. 2022, 78 (2), 68–73. <https://dx.doi.org/10.21521/mw.6614>.
- [3] Cebra Ch., Anderson D.E., Tibary A., Van Saun R.J., Johnson L. W. 2014. Llama and alpaca care: medicine, surgery, reproduction, nutrition and herd health, 1st Edition. Saunders, Saint Luis.
- [4] Niehaus A.J., 2022. Medicine and Surgery of Camelids, 4th Edition. J.W. and Sons Ltd, Hoboken.

-
- [5] Dubey J. P. 2018. A review of coccidiosis in South American camelids. *Parasitol. Res.* 117, 1999–2013. <https://doi.org/10.1007/s00436-018-5890-y>
- [6] Beltrán-Saavedra L.F., González-Acuña D., Nallar-Gutiérrez R., Ticona-Challco H. 2014. Estudio coproparasitario y ectoparasitario en alpacas (*Vicugna pacos* Linnaeus, 1758) de Apolobamba, con nuevos registros de Phthiraptera (Insecta) e Ixodidae (Acari), La Paz – Bolivia. *J.Selva Andina Anim. Sci.* 1(2): 2–17. <https://doi.org/10.36610/j.jsaas.2014.010200002>.
- [7] Camareno E., Chávez A., Pinedo R., Leyva V. 2016. Prevalencia de *Eimeria* spp en alpacas de dos comunidades del distrito de Macusani, Puno, Peru. *Rev. Inv. Vet. Perú* 27(3): 573–580. <https://doi.org/10.15381/rivepv27i3.11990>.
- [8] Frezzato G., Stelletta C., Pacheco Murillo C. E., Simonato G., Cassini R. 2020. Parasitological survey to address major risk threatening alpacas in Andean extensive farms (Arequipa, Peru). *J. Vet. Med. Sci.* 82(11): 1655–1661. <https://doi.org/10.1292/jvms.20-0253>.
- [9] Gomez-Puerta L.A., Carrasco J., Robles K., Vargas-Calla A., Cribillero N.G., Arroyo G., Castillo H., Lopez-Urbina M.T., Gonzalez A.E. 2021. Coccidiosis in clinically asymptomatic alpaca (*Vicugna pacos*) crias from the Peruvian Andes. *Parasitol. Int.* 85:102438. <https://doi.org/10.1016/j.parint.2021.102438>.
- [10] Pyziel-Serafin A.M., Roboszuk A., Klich D., Orłowska B., Sierociuk D., Anusz K. 2022. Two centrifugal flotation techniques for counting gastrointestinal parasite eggs and oocysts in alpaca faeces. *J. Vet. Res.* 66: 389–393. <https://doi.org/10.2478/jvetres-2022-0039>.

Marta Durska

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
Katedra Anatomii Patologicznej, Wydział Medycyny Weterynaryjnej
Studenckie Koło Naukowe Patologów Weterynaryjnych
e-mail: 157486@student.uwm.edu.pl
Opiekun: dr hab. Michał Gesek, prof. UWM

ZIARNINIAKOWO-ROPNE ZAPALENIE SKÓRY I KOŚCI U KAMELEONA JEMEŃSKIEGO (*CHAMAELEO CALYPTRATUS*) WYWOŁANE INFEKCJĄ GRZYBICZĄ

Wprowadzenie

Grzybice (mykozy) stanowią poważny problem zarówno wśród gadów utrzymywanych w niewoli, jak i u osobników wolno żyjących [1–3]. Infekcje grzybicze u gadów mogą być klasyfikowane jako dermatomykozy (jeśli dotyczą skóry i jej przydatków) lub głębokie czy układowe mykozy (jeśli infekcja obejmuje głębsze tkanki lub narządy wewnętrzne) [3]. Początkowo powierzchowne dermatomykozy, w miarę postępowania choroby, mogą doprowadzić do penetracji grzybów w głąb tkanek, a w konsekwencji do rozwoju zaawansowanej, głębokiej infekcji [3–4].

Grzybice u gadów mogą być wynikiem zakażenia szeregiem różnorodnych patogenów [2–5], a początkowe zmiany skórne mogą być drogą wejścia dla bakterii i wirusów. Dermatofitozy, czyli dermatomykozy wywołane przez grzyby keratynofilne (dermatofity) z rodzajów *Microsporum*, *Trichophyton* i *Epidermophyton*, są jednymi z najczęściej występujących infekcji grzybiczych u zwierząt domowych i gospodarskich [6]. Jednak u gadów infekcje tymi grzybami są niezwykle rzadko diagnozowane, a doniesienia o nich dotyczą głównie jaszczurek [4, 7]. Natomiast wśród patogenów dość powszechnie powodujących mykozy gadów znajdują się grzyby należące do *Chryso-sporium* anamorph of *Nannizziopsis vriesii*-complex (CANV-kompleks) [2, 4]. Do tej grupy zaliczane są liczne grzyby klasyfikowane jako CANV lub CANV-podobne [4].

Ze względu na powszechne występowanie grzybów na skórze klinicznie zdrowych gadów, uważano, że grzybice pojawiające się u tych zwierząt są wtórnym problemem

wynikającym z nieodpowiednich warunków zoohigienicznych lub innych przyczyn ściśle powiązanych z immunosupresją [3, 8–14]. Jednak ostatnie szczegółowe badania ujawniły, że ze skóry klinicznie zdrowych zwierząt najczęściej izolowane są grzyby z rodzajów *Aspergillus spp.* i *Penicillium spp.* oraz gatunek *Paecilomyces lilacinus*, natomiast grzyby należące do kompleksu *CANV* występują u mniej niż 1% takich zwierząt [11], zatem można przypuszczać, że nie stanowią one elementu fizjologicznej mikroflory skóry gadów i mogą być potencjalnym czynnikiem infekcyjnym.

Ponadto w wyniku doświadczeń przeprowadzonych na agamach brodatych (*Pogona vitticeps*) i kameleonach jemeńskich (*Chamaeleo calypttratus*), udowodniono, że patogeny te spełniają postulaty Kocha [15–16], a mianowicie: (1) potencjalny czynnik chorobotwórczy musi być obecny u zainfekowanego gospodarza, (2) czynnik chorobotwórczy musi zostać wyizolowany z zainfekowanego gospodarza i wyhodowany w czystej kulturze, (3) wyizolowany czynnik chorobotwórczy musi wywoływać chorobę po wprowadzeniu do zdrowego gospodarza, (4) czynnik chorobotwórczy musi być ponownie wyizolowany od nowo zainfekowanego i chorego gospodarza, podczas gdy kontrola negatywna pozostaje niezainfekowana [17]. Czynniki stresogenne, takie jak złe warunki środowiskowe, sprzyjają przełamaniu odporności organizmu i rozwojowi infekcji [8–9, 12, 18–19]. Zwierzęta mogą zarazić się bezpośrednio od osobników chorych lub pośrednio przez elementy wyposażenia terrarium [5, 10, 12, 16, 20]. Dodatkowo uszkodzenia naskórka ułatwiają wnikanie patogenu do organizmu [15–16]. Możliwe jest również wzajemne zarażanie się między zwierzętami znajdującymi się w bliskim sąsiedztwie, gdyż spory grzybicze mogą być rozprzestrzeniane z powietrzem, co również potwierdzono w ostatnich badaniach [16].

Patogeneza dermatomykozy wywołanej *Nannizziopsis dermatitidis* – patogenem należącym do kompleksu *CANV*, została dokładnie zbadana u kameleonów jemeńskich (*Chamaeleo calypttratus*) [3–4, 16]. Początkowo proliferacja grzybów zachodzi w warstwie rogowej naskórka, stopniowo rozprzestrzeniając się na warstwy kolczystą i podstawną, a następnie infekując skórę właściwą, tkankę podskórną i leżące pod nią mięśnie [3, 16]. Postępująca inwazja może prowadzić do rozwoju głębokiej infekcji obejmującej również kości [3]. Ponadto możliwe jest rozwinięcie się grzybicy ogólnoustrojowej, powodującej często zejście śmiertelne [3, 16].

U zwierząt cierpiących z powodu dermatomykozy wywołanej patogenem należącym do kompleksu *CANV* zaobserwować można zmianę koloru skóry, hiperkeratozę naskórka, powstawanie pęcherzy i owrzodzeń czy martwicę skóry [3–5, 8, 10, 13, 15–16, 18–21]. Początkowo występują one jako ograniczone zmiany ogniskowe, często lokalizujące się na głowie i wokół jamy ustnej, jednak mogą znajdować się na całym ciele zwierzęcia [3, 5, 10, 13–16, 18–21]. W miarę postępowania choroby i rozprzestrzeniania się inwazji, zmiany zaczynają obejmować coraz większy obszar powierzchni ciała, również głębiej położone tkanki (mięśnie, kości), a nawet narządy wewnętrzne (wątroba, serce, nerki, płuca, jelita) [3–5, 7, 9–10, 13, 16, 18–19, 21–22]. Zakażeniu towarzyszy zapalenie, a w zaawansowanych stadiach obserwuje-

my dodatkowo obrzęk okolicznych tkanek [4–5, 13–16, 18–21]. Ponadto mogą również wystąpić niespecyficzne objawy chorobowe, takie jak letarg, anoreksja i ogólne osłabienie [10, 18–19].

Patogeny kompleksu CANV nie wykazują specyficzności gatunkowej i infekują różne gatunki gadów [2, 5, 10]. Należy jednak zauważyć, że szczególnie podatne na rozwój choroby wydają się być agamy brodate (*Pogona vitticeps*) i brodatogamy brodate (*Pogona barbata*) oraz kameleony (*Chamaeleonidae*), ze względu na zdecydowanie częstsze występowanie infekcji w tych gatunków niż u innych gadów [10].

W przypadku agamy brodatej (*Pogona vitticeps*) i brodatogamy brodatej (*Pogona barbata*) choroba ta została opisana jako żółta grzybica (yellow fungus disease, YFD) [5, 10, 15, 18–19, 21]. Niedawno przeprowadzone badanie na agamach brodatych (*Pogona vitticeps*) potwierdziło, że czynnikiem etiologicznym tej choroby jest *Nannizziopsis guarroi*, zaliczający się do kompleksu CANV [15]. Najbardziej charakterystycznym objawem jest występowanie żółto-brązowych zmian skórnych, często występujących wieloogniskowo na głowie, w okolicy jamy ustnej, kończynach, brzuchu, grzbiecie czy ogonie chorych osobników [5, 10, 14–15, 18–19, 21]. Zmianom skórnym towarzyszy zapalenie oraz obrzęk okolicznych tkanek, a w miejscu początkowego owrzodzenia naskórka dochodzi do martwicy [5, 15, 18–19, 21]. Infekcje mają często agresywny przebieg i szybko rozprzestrzeniają się na większe obszary ciała, tkankę podskórną, mięśnie oraz kości [5, 10, 18–19, 21]. Ponadto mogą doprowadzić do rozwinięcia się grzybicy ogólnoustrojowej i zajmować również narządy wewnętrzne [5, 10, 14, 18–19, 21].

U kameleonów, które również wydają się być szczególnie wrażliwe na infekcje patogenami kompleksu CANV, choroba rozwija się w postaci ogniskowych bądź wieloogniskowych, czarnych obszarów martwiczych skóry otoczonych strupami, obserwowanych przede wszystkim na tułowiu, kończynach i ogonie. Obserwowanym zmianom towarzyszy zapalenie oraz może wystąpić obrzęk okolicznych tkanek, co więcej choroba również ma charakter progresywny i może rozprzestrzeniać się na głębiej położone tkanki oraz narządy wewnętrzne [5, 10, 16].

Mimo nieznacznych różnic w przebiegu choroby, ogólny obraz kliniczny jest zbliżony u różnych gatunków gadów, a infekcja wywołana grzybami kompleksu CANV diagnozowana była również u jaszczurek *Phelsuma sp.* (z rodziny gekonowatych), szyszkowca olbrzymiego (*Cordylus giganteus*), legwanów zielonych (*Iguana iguana*), gekonów lamparcich (*Eublepharis macularius*) oraz amejwy chaitzarni (*Ameiva chaitzarni*) [2, 5, 7–10, 13, 20, 22]. Ponadto podatne na zakażenie są również węże (*Serpentes*) i krokodyle (*Crocodylia*) [2, 5, 10, 12].

Ze względu na występowanie w fizjologicznej mikroflorze skóry gadów licznych grzybów oportunistycznych, kompleksowa diagnostyka jest niezbędna do rozpoznania grzybicy. Konieczne jest wykonanie szczegółowych badań mykologicznych lub molekularnych techniką reakcji łańcuchowej polimerazy (PCR) oraz ocena histopatologiczna zmienionych tkanek. Dopiero spójne wyniki obu tych badań pozwalają na

precyzyjne rozpoznanie choroby i czynnika wywołującego. Związane jest to z częstym występowaniem wyników fałszywych lub fałszywie ujemnych w badaniu mykologicznym oraz brakiem możliwości określenia konkretnego gatunku patogenu badaniem histopatologicznym [2, 5, 10, 13, 22].

Grzyby należące do kompleksu CANV na agarze glukozowo-ziemniaczanym (potato dextrose agar, PDA) wykazują przejściowy wzrost drożdżopodobny, a wraz z upływem czasu inkubacji rozwijają się gęste, czasami strefowane, żółto-białe, aksamitne grzybnie [2, 10, 13, 23]. Po 21 dniach inkubacji w temperaturze 30°C osiągają około 5 cm wielkości [7, 13, 23]. Tempo wzrostu kolonii grzybów kompleksu CANV znacząco ogranicza podniesienie temperatury inkubacji do 35°C [2, 13, 23], jednak wykazano jej dobrą tolerancję przez kilka gatunków (na przykład: *Nannizziopsis dermatitidis*, *Nannizziopsis guarroi*, *Nannizziopsis infrequens*, *Nannizziopsis hominis* oraz *Nannizziopsis obscura*) [23]. W preparacie mikroskopowym przygotowanym z kolonii obserwujemy obecność falistych strzępek oraz zarodników grzybiczych w postaci aleuriospor i artrospor [1, 7, 10, 13, 18, 20, 23]. Ze względu na znaczne podobieństwo morfologiczne strzępek i spor różnych gatunków grzybów należących do kompleksu CANV, obserwowane różnice morfologiczne są niewystarczające do wiarygodnej identyfikacji gatunkowej bez wykonania badań molekularnych techniką PCR [2, 10, 13, 18–20, 23].

Niezbędne do postawienia rozpoznania jest stwierdzenie badaniem histopatologicznym obecności strzępek i spor grzybiczych w chorobowo zmienionych tkankach wraz z charakterystycznym obrazem zmian przez nie wywołanych [2, 5, 10]. Początkowo infekcja powoduje hiperkeratozę naskórka, w miarę rozwoju choroby rozwija się owrzodzenie i martwica [3–5, 15–16, 18–21]. Zmiany te mogą być ograniczone jedynie do naskórka, jak również, wraz z postępowaniem choroby, zacząć obejmować też skórę właściwą, tkankę podskórną, mięśnie poprzecznie prążkowane czy kości [3–5, 9–10, 13, 16, 18–19, 21–22]. W przypadku rozwinięcia się mykozy ogólnoustrojowej grzyby stwierdzone są w narządach wewnętrznych [3–5, 10, 16, 18–19, 22]. Infekcji towarzyszy obrzęk okolicznych tkanek oraz naciek komórek zapalnych – heterofili, limfocytów, plazmacytów i makrofagów [2, 9, 10, 13, 18–22]. Histologicznie, grzyby kompleksu CANV są szkliste, mają 2–4 µm średnicy, przeważnie równoległe ściany, strzępki przegrodowe z nieregularnymi rozgałęzieniami i artrosporami [3–4, 20–21].

Stwierdzenie obecności artrospor w miejscach charakterystycznych zmian skórnych uznawane jest za objaw patognomiczny dla infekcji wywołanej grzybem należącym do kompleksu CANV [5].

Cel pracy

Celem niniejszego badania była ocena histopatologiczna zmian skórnych i kostnych wywołanych infekcją grzybiczą u kameleona jemeńskiego (*Chamaeleo calypttratus*).

Material i metody

Do lekarza weterynarii zgłosił się opiekun wraz z 3-letnim samcem kameleona jemeńskiego (*Chamaeleo calyptratus*), u którego zaobserwował opuchniętą prawą kończynę piersiową, utrudniającą poruszanie się. Badaniem klinicznym stwierdzono znaczne wychudzenie, odwodnienie zwierzęcia oraz obecność wrzodziejących zmian skórnych ze zmianą koloru skóry zlokalizowanych na opuchniętej kończynie. Dodatkowo wykonane zostało badanie rentgenowskie (RTG), które wykazało zaawansowaną liżę kości oraz mocny obrzęk okolicznych tkanek miękkich. Ze względu na piorunujące tempo postępowania zmian podjęto decyzję o amputacji kończyny, następnie utrwalono ją w 10% zbuforowanej formalinie oraz wysłano do badania histopatologicznego. Z przesłanej kończyny pobrano wycinki tkanek miękkich, a kości zostały umieszczone w elektrolitycznym roztworze odwapniającym (Bio-Optica, Mediolan, Włochy). Następnie wszystkie wycinki zostały poddane rutynowej obróbce histopatologicznej, obejmującej płukanie, odwadnianie przy użyciu etanolu o wzrastającym stężeniu, prześwietlanie w ksylenie, zatapianie w bloczki parafinowe oraz krojenie ich na mikrotomie rotacyjnym (HistoCore MULTICUT, Leica Biosystems, Wetzlar, Niemcy). Uzyskane w ten sposób skrawki parafinowe o grubości około 1 μm poddano barwieniu hematoksyliną i eozyną (HE). Wykonano również barwienia dodatkowe metodami PAS według McManusa (barwienie z wykorzystaniem kwasu nadjodowego oraz odczynnika Schiffa) oraz Grocott'a (z wykorzystaniem gotowego zestawu do barwienia Bio-Optica, Mediolan, Włochy). Preparaty oceniono i wykonano mikrofotografie z wykorzystaniem mikroskopu świetlnego (BX63, Olympus, Tokio, Japonia), wyposażonego w kamerę cyfrową (SC180, Olympus, Tokio, Japonia), przy użyciu oprogramowania CellSense (Olympus, Tokio, Japonia).

Wyniki

Badaniem histopatologicznym pobranych wycinków tkankowych stwierdzono obecność naskórka objętego hiperkeratozą i masywnym owrzodzeniem. W skórze, tkance podskórnej i kości obecne były ogniska martwicy z często peryferyjnie układającymi się naciekami makrofagów fagocytujących kruszywo komórkowe, komórek olbrzymich wielojądrzastych, heterofili, limfocytów i plazmocytów, z towarzyszącym zwykle peryferyjnym rozplemem tkanki łącznej (Ryc. 1). Ponadto stwierdzono destrukcję tkanki kostnej wraz z naciekiem komórek zapalnych (Ryc. 2). Pęczki włókien mięśni poprzecznie prążkowanych, wielogniskowo objęte były martwicą, niekiedy z obecną inkrustacją solami wapnia (Ryc. 3). Ponadto zaobserwowano ogniska regeneracji włókien mięśniowych. Barwieniem metodą PAS według McManusa oraz Grocott'a stwierdzono obecność strzępek oraz spor grzybiczych (Ryc. 4–5). Ponadto spory grzybicze stwierdzone były również w makrofagach, komórkach olbrzymich wielojądrzastych

oraz ogniskach martwicy. Obserwowane spory grzybicze były średnicy od 2,92 μm do 4 μm , a ich średnia wielkość wynosiła 3,53 μm . Strzępki grubości do 3 μm miały równoległe ściany, były przegrodowe z nieregularnymi rozgałęzieniami.

Dyskusja

Na podstawie przeprowadzonego badania histopatologicznego stwierdzono wieloogniskowe ziarniniakowo-ropne zapalenie skóry i kości wywołane infekcją grzybiczą. Co więcej na podstawie zaobserwowanych zmian histopatologicznych i przeprowadzonych pomiarów morfometrycznych spor i strzępek grzybiczych, można z dużym prawdopodobieństwem przypuszczać, że zwierzę zostało zainfekowane grzybem należącym do kompleksu *CANV* (*Chrysosporium* anamorph of *Nannizziopsis vriesii*-complex).

Na podstawie przeprowadzonych badań niemożliwe jest jednak precyzyjne określenie konkretnego gatunku grzyba będącego czynnikiem etiologicznym stwierdzonych zmian chorobowych, wynika to z mnogości gatunków objawiających się podobnymi obserwacjami histopatologicznymi [2, 5, 10]. Ostateczne rozpoznanie powinno być postawione na podstawie spójnych wyników badania mykologicznego lub molekularnego techniką PCR oraz zmian histopatologicznych wywoływanych przez stwierdzony patogen [2, 5, 7, 10, 13, 18–22]. Brak pobrania wymazu przez lekarza prowadzącego przed utrwaleniem kończyny w 10% buforowanej formalinie uniemożliwia wykonanie posiewu. W związku z tym należałoby rozważyć możliwość wykonania badania molekularnego na podstawie materiału pobranego z kostki parafinowej, jednak właściciel zwierzęcia nie zgodził się na jego wykonanie. Niemniej jednak, z klinicznego punktu widzenia, diagnoza czynnika etiologicznego jako grzyba należącego do kompleksu *CANV* jest wystarczająca do zastosowania odpowiedniego postępowania terapeutycznego [21].

Ze względu na często dopiero pośmiertne diagnozowanie większości przypadków grzybic u gadów, literatura na temat ich skutecznego leczenia jest skąpa i ograniczona [8, 10, 12, 14, 18–19, 21]. Niemniej jednak, leczenie mykoz wywołanych patogenami kompleksu *CANV* jest skomplikowane, mało poznane i powinno obejmować miejscowe i ogólne stosowanie preparatów przeciugrzybiczych [2, 7–8, 10, 12, 14, 18, 20–21]. Mieszane efekty w zwalczaniu infekcji wykazały leki będące pochodnymi imidazolu – ketokonazol i klotrimazol oraz triazolu – itraconazol i worykonazol [7–8, 14, 18, 20–21].

W terapii zakażenia grzybami z kompleksu *CANV* u dwóch legwanów zielonych (*Iguana iguana*) skuteczna okazała się terapia mieszana, a mianowicie doustne podawanie ketokonazolu w połączeniu z miejscowo stosowanymi 2% roztworem chlorheksydydny i terbinafiną [8]. Leczenie z wykorzystaniem doustnego podania itraconazolu oraz miejscowego stosowania klotrimazolu doprowadziło do eliminacji infekcji u siedmiu agam brodatych (*Pogona vitticeps*), zaś pozostałe sześć osobników poddano eutanazji z uwagi na dobrostan zwierząt [21]. Stosowanie itraconazolu wydaje się być skuteczne w terapii zakażeń grzybami z kompleksu *CANV*, jednak często wiąże się

z wystąpieniem skutków ubocznych w postaci utraty apetytu i anoreksji zwierzęcia [7, 10, 18], co znacząco pogarsza bilans korzyści i ryzyka stosowania tego farmaceutyku. Zarówno ketokonazol, jak i itraconazol mogą powodować wystąpienie toksycznych skutków ubocznych [2, 10, 14, 18], a najlepszą skuteczność i największe bezpieczeństwo stosowania wykazuje worykonazol [14, 20].

W badaniu przeprowadzonym na 14 agamach brodatych (*Pogona vitticeps*) porównano skuteczność i bezpieczeństwo stosowania itraconazolu i worykonazolu. W opisywanym doświadczeniu oba badane leki okazały się skuteczne w zwalczaniu infekcji grzybiczej. Wśród zwierząt leczonych worykonazolem zmarło tylko jedno zwierzę, u którego stwierdzono ogólnoustrojową postać choroby, a grzyby były izolowane z jego płuc i wątroby. W grupie poddanej terapii itraconazolem przeżyły jedynie dwa osobniki. Co więcej na podstawie wyników biochemicznych krwi, w których zaobserwowano podniesienie enzymów wątrobowych, zasugerowano uszkodzenie narządu, co powiązano z toksycznością związaną z podaniem leku, jednak powyższe obserwacje nie miały odzwierciedlenia w badaniu histopatologicznym. Wyniki powyższego badania sugerują stosowanie worykonazolu jako bezpiecznego leku w zwalczaniu grzybic u agam brodatych (*Pogona vitticeps*) wywołanych patogenami kompleksu CANV, jednak z uwagi na przeprowadzenie badania na ograniczonej grupie zwierząt sugeruje się dalsze badania nad skutecznością tego farmaceutyku [14].

Zakażenia grzybami kompleksu CANV w początkowych fazach choroby ograniczają się jedynie do zmian dermatologicznych obserwowanych na głowie, bokach, kończynach czy ogonie zakażonego osobnika [3–4, 8, 10, 13–14, 16, 18–21]. Na takim etapie rokowanie jest dobre, a choroba wydaje się być w pełni wyleczalna [8, 20]. W miarę postępowania choroby grzybica zaczyna penetrować w głąb tkanek, a w zaawansowanych przypadkach obejmuje również kości czy narządy wewnętrzne [3–4, 10, 13, 16, 18–19, 21–22]. Rozległe lub głębokie obszary infekcji grzybiczej są negatywnym czynnikiem prognostycznym, a choroba może zakończyć się śmiercią zwierzęcia [10, 13–14, 18–19, 21–22]. W prezentowanym przypadku zmiany obejmowały skórę oraz tkanki głębsze, co jest czynnikiem prognostycznie niekorzystnym, a niestety dalszy los pacjenta jest nieznyany, gdyż opiekun nie zgłosił się na kolejne kontrole wyznaczone przez lekarza weterynarii.

Ze względu na ograniczoną zdolność wzrostu grzybów należących do kompleksu CANV w temperaturze powyżej 35°C [10, 13, 23], należy rozważyć utrzymywanie w terrarium 37–39°C przez cały okres leczenia, pod warunkiem dobrej tolerancji takich warunków przez pacjenta [10].

Skutecznym sposobem walki z patogenem wydaje się być przerwanie możliwości rozprzestrzeniania się infekcji poprzez usunięcie zmienionych tkanek, ewentualnie amputację zajętej kończyny lub ogona, z zachowaniem marginesu chirurgicznego tkanek zdrowych [18]. Należy wtedy zwrócić szczególną uwagę na przeprowadzenie dokładnej dezynfekcji terrarium, aby zapobiec reinfekcji patogenami znajdującymi się w powietrzu lub na powierzchni przedmiotów będących elementami jego wyposażenia.

Niezwykle istotne dla skutecznego leczenia choroby jest szybkie postawienie rozpoznania oraz wdrożenie odpowiedniego postępowania terapeutycznego. Niestety, niespecyficzny obraz kliniczny, ogniska martwicy oraz zapalenie i obrzęk okolicznych tkanek mogą początkowo sugerować możliwość wystąpienia reakcji na obecność ciała obcego, natomiast liza kości obserwowana w obrazie RTG może dodatkowo wskazywać na rozwój procesu nowotworowego, co komplikuje diagnostykę tej choroby oraz znacząco wydłuża czas postawienia ostatecznego rozpoznania. Z tego powodu należy rozważyć konieczność uwzględnienia rutynowego pobierania wymazów oraz wykonywania badania mikrobiologicznego i mykologicznego u wszystkich gadów cierpiących na wrzodziejące zmiany skórne.

Wnioski

Mykozy stanowią istotny problem zdrowotny dla gadów utrzymywanych w niewoli, szczególnie zakażenia patogenami kompleksu *CANV* stanowią poważny problem u gadów ze względu na szybki rozwój oraz mieszane rezultaty leczenia. Nieleczona infekcja szybko może powodować zajęcie głębszych warstw skóry, mięśni oraz kości, co znacząco pogarsza rokowanie. Celem poprawy skuteczności leczenia farmakologicznego konieczna jest dezynfekcja sprzętu, terrarium oraz odizolowanie osobników chorych od osobników zdrowych, co może znacząco wpłynąć na rozprzestrzenianie się patogenu. Dodatkowo, poza obowiązkową kwarantanną dla nowych osobników, należy rozważyć konieczność poddania ich badaniu mykologicznemu celem uniknięcia rozprzestrzenienia się choroby w hodowli. Warto również zwrócić uwagę na trudności diagnostyczne, gdyż w przypadku zakażenia grzybami obserwuje się niespecyficzne objawy, które mogą sugerować inne jednostki chorobowe i opóźnić diagnostykę grzybic. Dla przyspieszenia procesu diagnostycznego należy uwzględnić rutynowe pobieranie wymazów od gadów cierpiących z powodu zmian skórnych.

Podziękowania

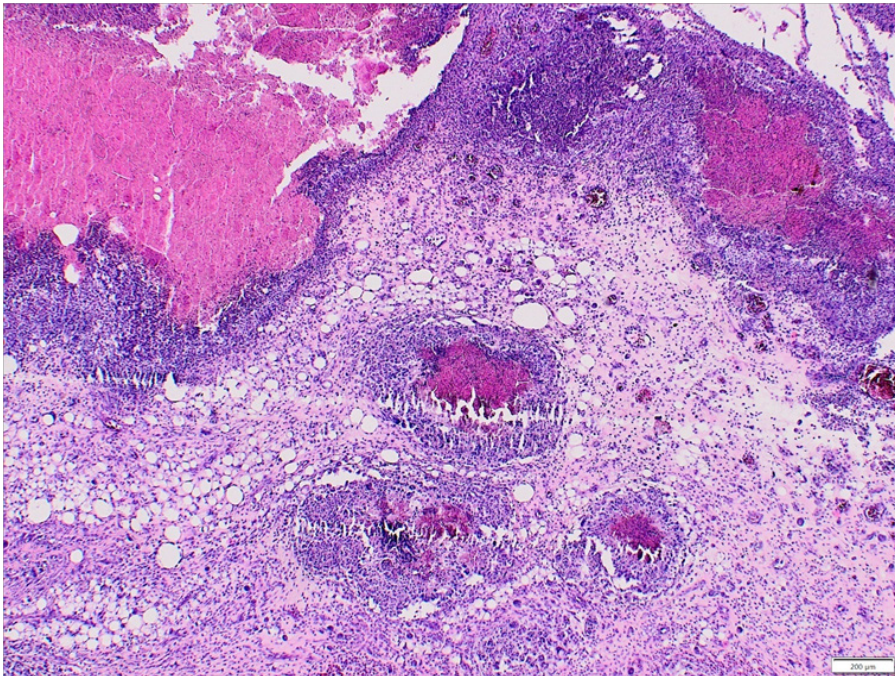
Dofinansowano ze środków Ministra Nauki w ramach Programu „Regionalna inicjatywa doskonałości”.

Bibliografia

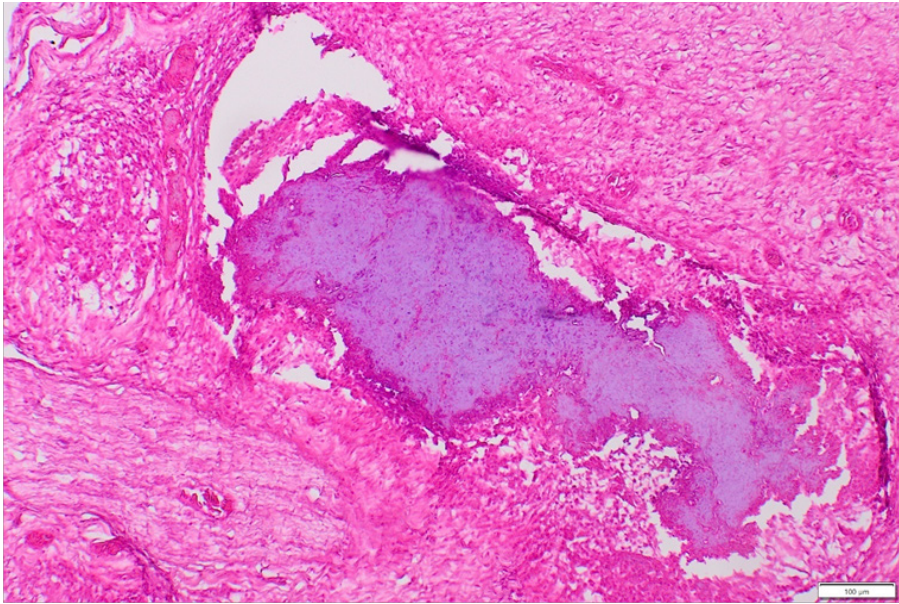
- [1] Abarca M.L., Castellá G., Martorell J., Cabañes F.J. 2010. *Chrysosporium guarroi* sp. nov. a new emerging pathogen of pet green iguanas (*Iguana iguana*). *Med Mycol* 48(2): 365–72. <https://doi.org/10.3109/13693780903173401>.

- [2] Schmidt V. 2015. Fungal infections in reptiles—an emerging problem. *J Exotic Pet Med* 24(3): 267–275. <https://doi.org/10.1053/j.jepm.2015.06.014>.
- [3] Paré J.A., Conley K.J. 2020. Mycotic diseases of reptiles. W: *Infectious diseases and pathology of reptiles*. CRC Press. 12:795–858.
- [4] Oraggi F.C. 2018. *Lacertilia*. W: Terio K.A., McAloose D., Leger J.S., eds. *Pathology of Wildlife and Zoo Animals*. London: Academic Press. 36: 871–895.
- [5] Paré J.A., Sigler L. 2016. An overview of reptile fungal pathogens in the genera *Nannizziopsis*, *Paranannizziopsis*, and *Ophidiomyces*. *J Herpetol Med Surg* 26(1–2): 46–53. <https://doi.org/10.5818/1529-9651-26.1-2.46>.
- [6] Chermette R., Ferreiro L., Guillot J. 2008. Dermatophytoses in Animals. *Mycopathologia* 166: 385–405. <https://doi.org/10.1007/s11046-008-9102-7>.
- [7] Paré J.A., Sigler L., Hunter D.B., Summerbell R.C., Smith D.A., Machin K.L. 1997. Cutaneous mycoses in chameleons caused by the *Chrysosporium* anamorph of *Nannizziopsis vriesii* (Apinis) Currah. *J Zoo Wildl Med* 28(4): 443–53.
- [8] Abarca M.L., Martorell J., Castellá G., Ramis A., Cabañes F.J. 2008. Cutaneous hyalohyphomycosis caused by a *Chrysosporium* species related to *Nannizziopsis vriesii* in two green iguanas (*Iguana iguana*). *Med Mycol* 46(4): 349–54. <https://doi.org/10.1080/13693780701851711>.
- [9] Martell A., Fonteyne P.A., Chiers K., Decostere A., Pasmans F. 2006. Nasal *Nannizziopsis vriesii* granuloma in an *Ameiva* lizard (*Ameiva chaitzami*). *Vlaams Diergeneesk. Tijdschr* 75: 306–307.
- [10] Mitchell M.A., Walden M.R. 2013. *Chrysosporium* anamorph *Nannizziopsis vriesii*: an emerging fungal pathogen of captive and wild reptiles. *Vet Clin North Am Exot Anim Pract* 16(3): 659–68. <https://doi.org/10.1016/j.cvex.2013.05.013>.
- [11] Paré J.A., Sigler L., Rypien K.L., Gibas C.F.C.. 2003. Cutaneous mycobiota of captive squamate reptiles with notes on the scarcity of *Chrysosporium* anamorph of *Nannizziopsis vriesii*. *J Herpetol Med Surg* 13(4): 10–15. <https://doi.org/10.5818/1529-9651.13.4.10>.
- [12] Thomas A.D., Sigler L., Peucker S., Norton J.H., Nielan A. 2002. *Chrysosporium* anamorph of *Nannizziopsis vriesii* associated with fatal cutaneous mycoses in the salt-water crocodile (*Crocodylus porosus*). *Med Mycol* 40(2): 143–51. <https://doi.org/10.1080/mmy.40.2.143.151>.
- [13] Toplon D.E., Terrell S.P., Sigler L., Jacobson E.R. 2013. Dermatitis and cellulitis in leopard geckos (*Eublepharis macularius*) caused by the *Chrysosporium* anamorph of *Nannizziopsis vriesii*. *Vet Pathol* 50(4): 585–9. <https://doi.org/10.1177/0300985812465324>.
- [14] Van Waeyenbergh L., Baert K., Pasmans F., van Rooij P., Hellebuyck T., Beernaert L., de Backer P., Haesebrouck F., Martel A. 2010. Voriconazole, a safe alternative for treating infections caused by the *Chrysosporium* anamorph of *Nannizziopsis vriesii* in bearded dragons (*Pogona vitticeps*). *Med Mycol* 48(6): 880–5. <https://doi.org/10.3109/13693781003743122>.
- [15] Gentry S.L., Lorch J.M., Lankton J.S., Pringle A. 2021. Koch's postulates: Confirming *Nannizziopsis guarroi* as the cause of yellow fungal disease in *Pogona vitticeps*. *Mycologia* 113(6): 1253–1263. <https://doi.org/10.1080/00275514.2021.1954445>.
- [16] Paré A., Coyle K.A., Sigler L., Maas A.K. 3rd, Mitchell R.L. 2006. Pathogenicity of the *Chrysosporium* anamorph of *Nannizziopsis vriesii* for veiled chameleons (*Chamaeleo calyptrotus*). *Med Mycol* 44(1): 25–31. <https://doi.org/10.1080/13693780500165461>.
- [17] Koch R. 1884. Die Aetiologie der Tuberkulose. *Mitt Kaiser Gesundh* 2:1–88.
- [18] Bowman M.R., Paré J.A., Sigler L., Naeser J.P., Sladky K.K., Hanley C.S., Helmer P., Phillips L.A., Brower A., Porter R. 2007. Deep fungal dermatitis in three inland bearded dragons (*Pogona vitticeps*) caused by the *Chrysosporium* anamorph of *Nannizziopsis vriesii*. *Med Mycol* 45(4): 371–6. <https://doi.org/10.1080/13693780601188610>.
- [19] Johnson R.S., Sangster C.R., Sigler L., Hambleton S., Paré J.A. 2011. Deep fungal dermatitis caused by the *Chrysosporium* anamorph of *Nannizziopsis vriesii* in captive coastal

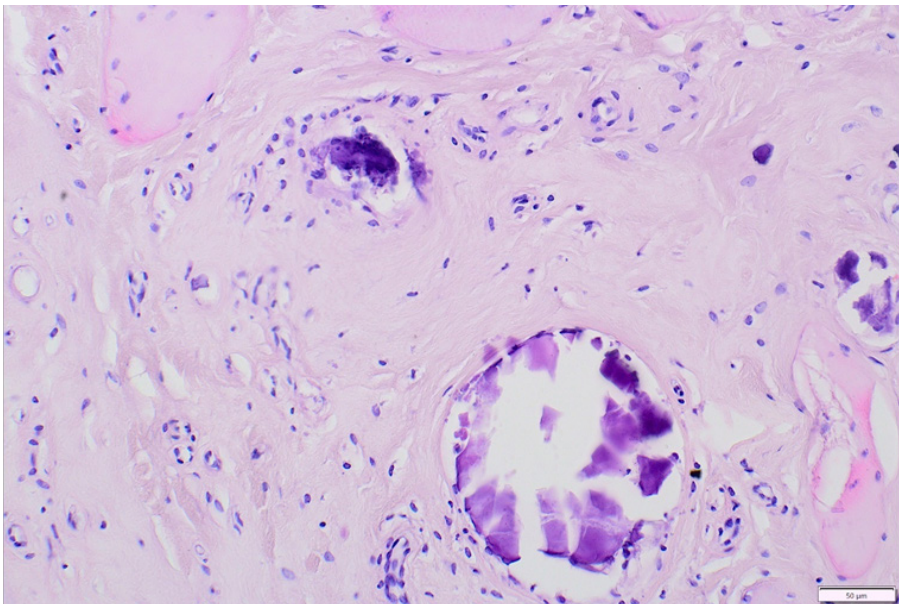
- bearded dragons (*Pogona barbata*). Aust Vet J 89(12): 515–9. <https://doi.org/10.1111/j.1751-0813.2011.00851.x>.
- [20] Hellebuyck T, Baert K, Pasmans F, Van Waeyenberghe L, Beernaert L, Chiers K, De Backer P, Haesebrouck F, Martel A. 2010. Cutaneous hyalohyphomycosis in a girdled lizard (*Cordylus giganteus*) caused by the *Chrysosporium* anamorph of *Nannizziopsis vriesii* and successful treatment with voriconazole. Vet Dermatol 21(4): 429–33. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3164.2010.00880.x>.
- [21] Hedley J, Eatwell K, Hume L. 2010. Necrotising fungal dermatitis in a group of bearded dragons (*Pogona vitticeps*). Vet Rec 166(15): 464–5. <https://doi.org/10.1136/vr.b4816>.
- [22] Tournade C.M., Doss G.A., Adamovicz L.A., Ambar N., Allender M.C., Lennox A.M., Gasper D.J., Mans C. 2021. Antemortem diagnosis of *Nannizziopsis guarroi* fungal pneumonia in a green iguana (*Iguana iguana*). J Exotic Pet Med 38: 44–47. <https://doi.org/10.1053/j.jepm.2021.04.006>.
- [23] Sigler L, Hambleton S, Paré J.A. 2013. Molecular characterization of reptile pathogens currently known as members of the *chrysosporium* anamorph of *Nannizziopsis vriesii* complex and relationship with some human-associated isolates. J Clin Microbiol 51(10): 3338–57. <https://doi.org/10.1128/jcm.01465-13>.



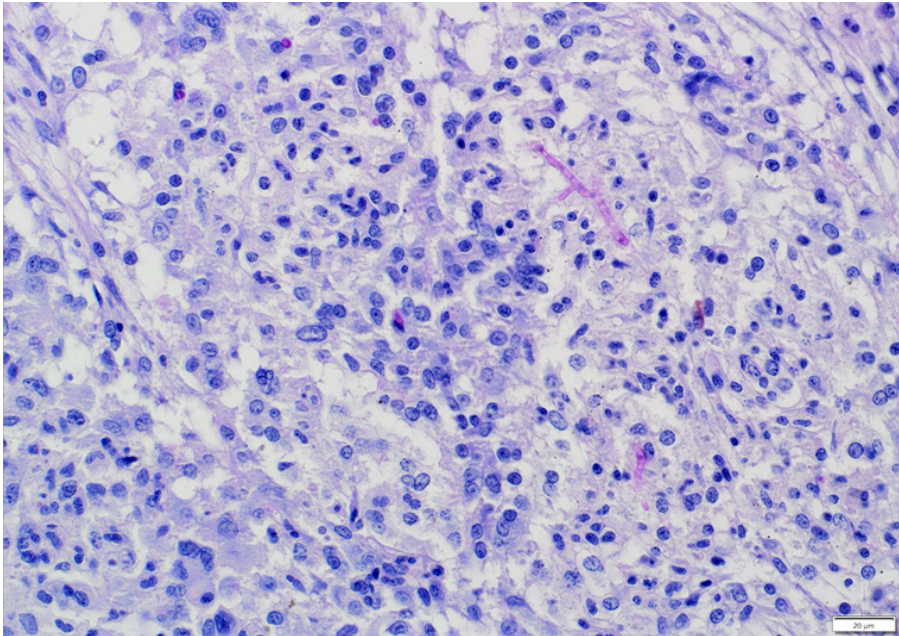
Rycina 1. Zmiana skóry i kości u kameleona jemeńskiego (*Chamaeleo calytratus*). Owrzodzenie naskórka oraz ogniska martwicy z peryferyjnie układającymi się naciekami zapalnymi, z towarzyszącym im rozpleciem tkanki łącznej. Barwienie HE, 40x



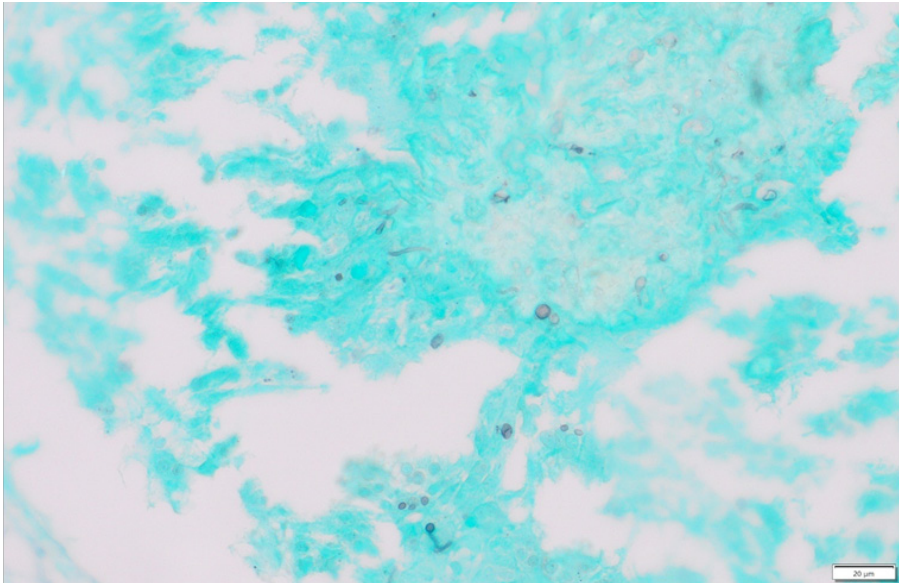
Rycina 2. Zmiana skóry i kości u kameleona jemeńskiego (*Chamaeleo calytratus*).
Destrukcja tkanki kostnej. Barwienie HE, 100x



Rycina 3. Zmiana skóry i kości u kameleona jemeńskiego (*Chamaeleo calytratus*).
Mięśnie poprzecznie prążkowane inkrustowane solami wapnia. Barwienie HE, 200x



Rycina 4. Zmiana skóry i kości u kameleona jemeńskiego (*Chamaeleo calytratus*).
Strzępki grzybicze. Barwienie PAS według McManus'a, 400x



Rycina 5. Zmiana skóry i kości u kameleona jemeńskiego (*Chamaeleo calytratus*).
Strzępki oraz spory grzybicze. Barwienie Grocott'a, 400x

Magdalena Filianowicz

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Wydział Medycyny Weterynaryjnej

Koło Naukowe „Rozród koni”

e-mail: 159806@student.uwm.edu.pl

Opiekun: dr hab. Anna Rapacz-Leonard, prof. UWM

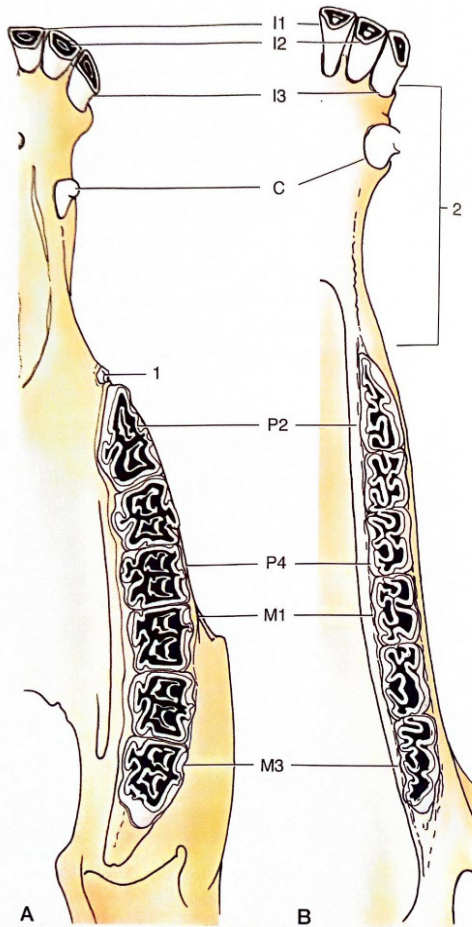
CZY URAZ MECHANICZNY SIEKACZY MLECZNYCH MOŻE WYKLUCZYĆ Z ROZRODU?

Wstęp

Uzębienie koni składa się z 24 zębów mlecznych, a w miarę dojrzewania zmieniają się na zęby stałe – 42 u ogierów (Rys. 1) i 40 u klaczy. Wymiana ich trwa do około 5. roku życia [1]. Przy prawidłowym zgryzie żuchwa i szczęka są takiej samej długości [2]. Dużym niebezpieczeństwem są wady genetyczne, takie jak zgryz karpiowaty i szczupaczy. Zgryz karpiowaty, inaczej tyłozgryz, polega na tym, że żuchwa jest krótsza od szczęki. Z kolei odwrotnością jest zgryz szczupaczy, zwany też przodozgryzem, gdzie szczęka jest krótsza od żuchwy. Obie wady w konsekwencji utrudniają pobieranie pokarmu, a druga z wymienionych w zaawansowanej formie może być podstawą do eutanazji konia. [3]. Kolejnym zagrożeniem są różnego rodzaju urazy mechaniczne w okolicy dziąseł i samych zębów. Mogą powstać w czasie zabawy czy też walki między osobnikami lub koń może się uszkodzić o wystające elementy otoczenia. Bardzo ważne z punktu widzenia hodowcy jest odróżnienie wad genetycznych od urazów mechanicznych. Urazy zgryzu diagnozuje się najczęściej przez oględziny i zbadanie palpacyjne, przy głębszych urazach zębów wykorzystuje się endoskopię i RTG. W zależności od przypadku dostosowuje się leczenie [4].

Bonitacja to ocena wartości hodowlanej i użytkowej konia. Bonitowane mogą być ogiery, jak i klacze, które są oceniane pod względem pokroju oraz ruchu. Jeśli chodzi o ogiery muszą mieć ukończone 27 miesięcy, 155-160 cm w kłębie i 25 cm obwodu nadpęcia. Za każdy element otrzymują punkty, które są sumowane, a maksymalnie mogą otrzymać 100 pkt. Aby osobnik mógł zostać uznany przez komisję, musi otrzymać minimum 79 pkt. Zapewnia to wpis do księgi głównej ogierów i możliwość użytkowania w rozrodzie. Oprócz odpowiedniego wyniku za pokrój i ruch koń musi posiadać

ujemne wyniki badań w kierunku niedokrwistości zakaźnej, nosacizny i zarazy stadniczej oraz nie może mieć stwierdzonych wad genetycznych. Jednym z takich zaburzeń, na które komisja zwraca szczególną uwagę, jest tyłozgryz i przodozgryz, które w zaawansowanych formach powodują brak kontaktu siekaczy dolnych z górnymi. Osobniki z wadami genetycznymi są eliminowane z hodowli, ponieważ mogą je przenosić na potomstwo i w ten sposób zapobiega się ich rozprzestrzenianiu w populacji [5].



Ryc. 18–19 Zęby stałe: A – łuk zębowy górny; B – łuk zębowy dolny. 1 – ząb wilczy, 2 – przestrzeń międzyzębowa (bezzębna).

Rys. 1. Zęby stałe: A – łuk zębowy górny; B – łuk zębowy dolny; 1 – ząb wilczy; 2 – przestrzeń międzyzębowa; I1-3 – siekacze; C – kły; P2-4 – przedtrzonowce; M1-3 – trzonowce (K. M. Dyce, W. O. Sack, C. J. G. Wensing „Anatomia Weterynaryjna”, 2011, str. 534)

Cel pracy

Celem pracy było omówienie mechanicznego urazu w okolicy siekaczy dolnych i jego wpływ na dalsze użytkowanie konia na podstawie własnego przypadku klinicznego.

Materiały i metody

Pacjentem był ogier Szlos, który trafił 18.02.2023 r. do Kliniki przy Wydziale Medycyny Weterynaryjnej w Olsztynie z urazem dolnych siekaczy (Fot. 1, 2). Gniady ogier rasy arden polski urodził się 25.08.2021 r. w gospodarstwie z ponad 50-letnią tradycją hodowli tych koni. Właściciele w przyszłości chcieliby użytkować go w rozrodzie jako ogiera rozplodnika, ale aby mogło do tego dojść, ogier musi zostać poddany bonitacji, która miała się odbyć 23.03.2024 r. na Wiosennej Wystawie – Aukcji Ogierów Zimnokrwistych w Kaleniu. Uraz Szlosa mógł zostać uznany przez komisję uznaniową za jeden z wykluczających go z wpisu do księgi głównej ogierów. Jego pozostałe wymagane badania, czyli ogólne badanie kliniczne, badanie andrologiczne oraz badanie w kierunku niedokrwiistości zakaźnej, nosaczyny i zarazy stadniczej zostały wykonane z surowicy krwi w Zakładzie Higieny Weterynaryjnej Wojewódzkiego Inspektoratu Weterynarii im. Prof. Kazimierza Panka w Bydgoszczy, a otrzymane wyniki były negatywne.



Zdjęcie 1, 2. Fotografie przedstawiają uraz w momencie zauważenia go przez właściciela, najprawdopodobniej około tygodnia po zdarzeniu (fot. M. Wincza)

Z wywiadu wiadomo, że konie w dniu zdarzenia zachowywały się inaczej, były bardziej pobudzone, lecz nie zauważono nic niepokojącego. Zgodnie z informacjami uzyskanymi od właściciela pacjent nie miał problemu z pobieraniem paszy oraz nie stracił

apetytu, jego zachowanie również nie uległo zmianie. Uraz żuchwy został zauważony dopiero po około tygodniu od zdarzenia. Został on najprawdopodobniej spowodowany kopnięciem przez innego osobnika lub ogier w czasie zabawy ugryzł innego konia i przy szarpnięciu głową doszło do wypadku. Po dokładnych oględzinach okazało się, że doszło do przerwania ciągłości dziąsła oraz wychylenia do przodu dwóch dolnych cęgów. Naruszeniu nie uległy zęby stałe, co zostało zdiagnozowane dopiero na miejscu w klinice po wykonaniu znieczulenia.

Koń przyjechał do kliniki 18.02.2024 r. wraz z paszportem, w którym sprawdzono, czy szczepienia przeciwko takim chorobom jak tężec i grypa są aktualne i prawidłowo wykonane. Na noc została odstawiona pasza treściwa. Następnego dnia rano zostało przeprowadzone skrócone badanie kliniczne polegające na pomiarze tętna, oddechów, CRT oraz temperatury wewnętrznej ciała, a koń został zważony. Waga wskazała na 730 kg. Zabieg korekcji został wykonany przez lek. wet. Michała Wieteskę, specjalistę w zakresie końskiej stomatologii (Fot. 3). Przed zabiegami usunięcia kawałka dziąsła oraz odchylonych cęgów, koń został poddany znieczuleniu ogólnemu za pomocą zastrzyku z detomidyny (Domosedan) 0,4 ml razem z butorfanolem (Torbugesic) 0,4



Zdjęcie 3. Lek. wet. Michał Wieteska w czasie wykonywania zabiegu korekcji zgryzu oraz usunięcia mleczny dolnych siekaczy wraz z naderwanym dziąsłem i zębów wilczych (fot. M. Filianowicz)



Zdjęcie 4. Usunięte dolne części wraz z otaczającym dziąsłem (fot. J. Przeborowska)

ml wymieszane w jednej strzykawce dożylnie w celu sedacji i analgezji, co ułatwiło wykonanie znieczulenia miejscowego w formie nasiękowej (artykainy, 2 ampułki) i przeprowadzenie czynności lekarsko-weterynaryjnych. Artykainy użyto ze względu na to, że jest bezpieczniejsza i działa szybciej niż lidokaina [6], z reguły stosowana przy znieczuleniach miejscowych u zwierząt.

Podczas zabiegu zostały usunięte mleczne dolne części wraz z naderwanym, otaczającym je dziąsłem (Fot. 4, 5). Korzystając z tego, że ogier był znieczulony ogólnie, usunięto również górne zęby wilcze po wcześniejszej analgezji miejscowej (znieczulenie nasiękowe), jak również została wykonana profilaktyczna kontrola zgryzu. Polegała ona na spiłowaniu ostrych krawędzi, które tworzą się u koni ze względu na ich budowę anatomiczną, na trzonowcach dolnych po wewnętrznej stronie i górnych po zewnętrznej. Po zabiegu koń dostał lek przeciwbólowy z grupy NSLPZ (niesterydowe leki przeciwzapalne) Contracerę zawierający substancję czynną meloxicam (15 mg/ml) doustnie w dawce 20 ml, który powtórzono po 24 h.

Wyniki i dyskusja

Wykonane zabiegi miały na celu zapobiegnięcie pogłębieniu lub powstaniu nowego urazu mechanicznego w obrębie jamy ustnej i pyska konia oraz zapewnienie komfortu pacjenta w jego dalszym użytkowaniu. Prawidłowy zgryz umożliwia odpowiednie podbieranie i rozcieranie pokarmu. W przypadku młodego, jeszcze cały czas rozwijającego się ogiera jest bardzo ważne, ponieważ niedobory wynikające z nieprawidłowo-



Zdjęcie 5. Widoczna jest skrzep w miejscu usunięcia siekaczy mlecznych wraz z otaczającym je dziąsłem po około 24 h od zabiegu. Zdjęcie wykonane 20.02.2024 r. (fot. M. Filianowicz)



Zdjęcie 6. Zdjęcie przedstawia wygojone miejsce po zabiegu usunięcia siekaczy mlecznych wraz z otaczającym je dziąsłem. Zdjęcie wykonane 04.03.2024 r. (fot. M. Filianowicz)

wego pobierania paszy mogą spowodować niedorozwój lub w przyszłości prowadzić do dysfunkcji kośćca bądź stawów [7].

Po wykonanym zabiegu zalecenia dla pacjenta były następujące: koń nie powinien być przez 10 dni dostawać paszy treściwej, aby nie podrażniać mechanicznie ran. Podrażnienie wynikałoby z tego, że pasza treściwa jest znacznie rozdrobniona, przez co może się wklinać w powstałe zachyłki dziąseł oraz puste miejsca po kłach i tam zalegać i rozkładać się, powodując powstanie stanu zapalnego, a w konsekwencji prowadzić do wystąpienia chorób przyzębia [8].

Rokowanie dla konia było pomyślne. Działo powinno było się zagoić przez ziarninę i rozrosnąć, tak aby zastąpić wycięty fragment, dzięki czemu stałe cęgi powinny rosnąć w prawidłowy sposób (Fot. 6). Zalecana była kontrola po 6 miesiącach od zabiegu, aby sprawdzić, czy nasze rokowania się sprawdziły. Uraz ten, po wykonanej korekcji, w żaden sposób nie wpływa negatywnie na użytkowanie tego konia w rozrodzie (Fot. 7).



Zdjęcie 7. Szlós w czasie bonitacji 23.03.2024 r. na Wiosennej Wystawie – Aukcji Ogierów Zimnokrwistych w Kaleniu. Otrzymał 82 punkty (fot. K. Maselek-Leniart)

Podsumowanie

Ważnym aspektem w przypadku urazów mechanicznych w okolicach uzębienia u koni, które mają być użytkowane w hodowli i są przed bonitacją, jest odróżnienie wad genetycznych od urazów mechanicznych powstałych w późniejszym życiu. Oprócz

oczywiście właściwej opieki weterynaryjnej i korekcji uzębienia ważne jest, aby właściciele zadbali o formalności przed wyjazdem na bonitację. Mówiąc o formalnościach, chodzi o to, że należy dopilnować, aby posiadać zaświadczenie od lekarza weterynarii potwierdzające, iż widoczne zmiany nie są wadami genetycznymi. Jego brak może skutkować wykluczeniem konia przez komisję z wpisu do księgi głównej ogierów lub klaczy w zależności od płci.

Bibliografia

- [1] Dyce K. M., Sack W. O., Wensing C. J. G. Anatomia Weterynaryjna, 2011; s. 531–537.
- [2] Kane E. Wady zgryzu u koni – czy nie korygujesz ich nadmiernie?, *Weterynaria po Dyplomie* nr 05/2019, s. 35.
- [3] Pavord T., Pavord M. Choroby koni weterynaria praktyczna” 2013; s. 209.
- [4] Kane E. Problemy z zębami – postępowanie przy badaniu jamy ustnej u koni, *Weterynaria po Dyplomie* nr 03/2013.
- [5] Program hodowli koni rasy arden polski, opr. Komisja Księgi Stadnej koni rasy arden polski, Biuro Polskiego Związku Hodowców Koni, Warszawa 2020.
- [6] Wiench R., Kalamarz I., Kędzia A., Gilowski Ł., Płocica I., Krzemiński T. F. Chlorowodorek artykainy – aktualny stan wiedzy, *Dent. Med. Probl.* 2004, 41, 1, 99–106; ISSN 1644–387X.
- [7] <https://www.pzhk.pl/2018/10/dwulatki/> [dostęp: 19.06.2024].
- [8] Kane E. Choroba przyzębia u koni – co ją powoduje i jak z nią postępować, *Weterynaria po Dyplomie* nr 01/2021.

Maria Jarząbek

Katarzyna Panek

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Hipiatryczne Koło Naukowe

e-mail: 159792@student.uwm.edu.pl

Opiekun: lek. wet. Piotr Bobrowski

MAŁO POZNANE SCHORZENIE U KONI – SHIVERING SYNDROME

Wstęp

Rozwój medycyny weterynaryjnej i postęp w diagnostyce pozwala na diagnozowanie coraz bardziej skomplikowanych schorzeń takich jak schorzenia układu nerwowego, które obecnie stanowią coraz większy problem w szeroko pojętej hipiatrii. Shivering Syndrome to przewlekła choroba obejmująca układ nerwowo-mięśniowy, która powoduje nieprawidłowości ruchu u dotkniętych chorobą koni. Definiowany jest on przez nieprawidłowy wzorzec ruchów kończyn miednicznych podczas określonej fazy ruchowej, szczególnie w ruchu do tyłu, który nie jest spowodowany bólem, osłabieniem bądź deficytami proprioceptywnymi [1]. Jest to choroba przewlekła, stopniowo postępująca i nieuleczalna [2,3].

Objawy Shivering Syndrome widoczne są szczególnie w momencie, gdy koń porusza się do tyłu bądź proszony jest o uniesienie kończyny miednicznej. W bardzo zaawansowanych przypadkach występują także, gdy konie zaczynają ruch do przodu lub gwałtownie skręcają. Do charakterystycznych objawów należą okresowe skurcze mięśni w jednej lub obu kończynach miednicznych, co powoduje nagłe zginanie lub rozciąganie kończyny, drżenie mięśni głównie kończyn tylnych i uniesienie ogona [1,2]. Nazwa zespołu pochodzi od angielskiego Shivering oznaczającego drżenie, co powiązane jest ściśle z charakterystycznymi objawami – z tego powodu niektórzy specjaliści określają Shivering Syndrome jako chorobę drżenia koni. Kliniczna manifestacja może być bardzo zróżnicowana pod względem stopnia i nasilenia objawów. Z początku choroby drżenie może być przerywane, subtelne i jednostronne, jednak wraz z postępem staje się widoczne i obustronne [3]. Wiele koni z Shivering Syndrome wykazuje niechęć do chodzenia do tyłu i niepewność podczas podnoszenia tylnych kończyn.

Shivering Syndrome uznawany jest obecnie za chorobę nieuleczalną, a jej diagnostyka opiera się na zestawie charakterystycznych objawów klinicznych oraz diagnostyce różnicowej z innymi schorzeniami neurologicznymi, a także ortopedycznymi, które możemy jednoznacznie potwierdzić lub wykluczyć. Nie istnieją bowiem żadne specyficzne testy dotyczące Shivering Syndrome bądź wytyczne, które umożliwiają jego rozpoznanie [2,4]. Ponadto nie powstał dotychczas żaden protokół badania neurologicznego sprecyzowany w kierunku diagnostyki powyższego schorzenia.

Cel pracy

Celem pracy jest podniesienie świadomości na temat omawianej przypadłości w oparciu o przegląd literatury naukowej oraz przypadek kliniczny konia chorującego na Shivering Syndrome, a także opracowanie protokołu badania neurologicznego nakierowanego na Shivering Syndrome. Schorzenie to znacząco obniża jakość życia koni, wyklucza je z użytkowania i stanowi trudność w codziennej opiece dla właścicieli. Diagnostyka choroby stanowi wciąż ogromne wyzwanie, a protokół badania neurologicznego w kierunku Shivering Syndrome daje nam możliwość ukierunkowania diagnostyki.

Opis przypadku

Trzynastoletni koń, wałach, rasy oldenburskiej, maści kasztanowatej, wzrost 172 cm. Urodzony w 2011 roku, zajeżdżony w wieku około 3,5 roku i od momentu rozpoczęcia pracy pod siodłem do czerwca 2022 r. trenowany i użytkowany sportowo w kierunku konkurencji skoków przez przeszkody. Zakończył karierę w powyższej dyscyplinie ze względu na pojawienie się sarkoidów w lokalizacji uniemożliwiającej używanie sprzętu jeździeckiego. Zabieg usunięcia powyższych sarkoidów odbył się w czerwcu 2022 roku. Od grudnia 2022 r., po zmianie właściciela, użytkowany rekreacyjnie. Objawy zaburzeń neurologicznych zostały zauważone przez obecną właścicielkę od momentu poznania konia – czerwiec 2022 roku. Wśród objawów należy wyróżnić: niechęć do ruchu w tył oraz bardzo szeroki rozstaw kończyn miednicznych podczas stania, a także nieprawidłowy wzorzec ruchowy z „fazą zatrzymania w zgięciu” tylnych kończyn podczas cofania. Ponadto występują zaburzenia równowagi, zwłaszcza podczas stania w zamkniętych pomieszczeniach, jak boks czy korytarz stajni, objawiające się nerwowym przestępowaniem z nogi na nogę. Brak równowagi w galopie powodował ogromną niechęć do zagalopowania zarówno w siodle, jak i podczas pracy z ziemią, a podczas samego galopu koń poruszał się czterotaktem. Koń przed kupnem przeszedł badanie TUV (czyli podstawowe badanie konia – badanie kupno-sprzedazy obejmujące szereg zdjęć RTG oraz badanie kliniczne konia), które nie wykazało żadnych

nieprawidłowości. Rutynowe badania krwi w grudniu 2022 roku wykazały przebytą postać babeszjozy. W grudniu 2022 roku koń trafił pod opiekę fizjoterapeutki. Regularne wizyty skutkują stopniową poprawą stanu klinicznego pacjenta. Postęp ten nie jest jednak jednostajny. Bezpośrednio po zabiegach osteopatycznych koń wydaje się mieć jeszcze większy problem z poczuciem własnego ciała. Trudności w poruszaniu się w galopie ustąpiły po około trzeciej wizycie fizjoterapeutki i nie nawracają przy odpowiednim treningu. Przekrzywianie ogona na stronę prawą stopniowo ustępuje przy stałym treningu rozciągającym mięśnie po stronie prawej. W maju 2023 roku wprowadzono dietę wspomagającą układ nerwowy, co w połączeniu z fizjoterapią znacząco poprawiło stan kliniczny konia. Na przełomie lipca i sierpnia 2023 roku koń wykazywał znacząca niechęć do ruchu naprzód, która ustąpiła w połowie sierpnia. We wrześniu tego samego roku nastąpił progres w zakresie ruchu, zachowania równowagi, kondycji kopyt oraz ogólnym stanie pacjenta trwający około 2 miesiące, po czym doszło do ponownego regresu, który rozpoczął się powrotem do zaburzeń w utrzymaniu równowagi zwłaszcza w zamkniętej przestrzeni. Większa otwarta przestrzeń oraz bardziej miękkie podłoże powodowały osłabienie objawów. Największy problem sprawiało pacjentowi zatrzymanie się i stanie w bezruchu. Ruch, mimo osłabienia jego jakości względem ostatnich tygodni, pozostał na akceptowalnym poziomie. Od tego momentu nastąpiła stopniowa poprawa stanu klinicznego pacjenta w miarę pracy właścicielki oraz fizjoterapeuty. Koń posiada aktualne szczepienia przeciwko grypie oraz tężcowi, jest regularnie odrobaczany. Koń jest pastwiskowany około 8-10 godzin na dobę. Nie przechodził żadnych operacji z wyjątkiem chirurgicznego usunięcia sarkoidów. Na co dzień kontaktuje się jedynie z końmi przebywającymi w tej samej stajni, jednak są to konie nieopuszczające swojego miejsca zamieszkania. Koń nie był leczony w ciągu ostatnich 6 miesięcy. Pacjent żywiony jest na podstawie diety ułożonej przez dietetyka opartej na paszy bezowsowej, siewce z lucerny, a także otrębach ryżowych. Jako dodatek do paszy stosowane jest siemię lniane, jako suplementacja olej lniany, witamina B, słońcecznik, witamina E oraz magnez. Nie choruje na inne schorzenia oraz nie ma stwierdzonych alergii. Objawom klinicznym zaburzeń neurologicznych nigdy nie towarzyszyła gorączka.

W badaniach klinicznych przeprowadzono badanie neurologiczne pacjenta w oparciu o własny protokół, który przedstawiono poniżej. Zaobserwowano poszczególne odchylenia w badaniu: stwierdzono nadmierne łzawienie z oka lewego, problemy z utrzymaniem równowagi zwłaszcza w ograniczonej, zamkniętej przestrzeni, ataksja kończyn miednicznych, osłabienie odruchu skórno-mięśniowego zwłaszcza po stronie lewej, nieznacznie osłabiony odruch mięśni grzbietu zwłaszcza po stronie lewej, obniżone napięcie mięśni ogona oraz nieznacznie osłabiony odruch odbytничный. W badaniu propriocepcji polegającym na krzyżowaniu kończyn stwierdzono zaburzenia propriocepcji zwłaszcza w kończynie prawej piersiowej oraz kończynie prawej miednicznej. Badaniem konia w ruchu po linii prostej na podłożu twardym i miękkim w stępie, a także w klusie nie stwierdzono odchyień od normy. Badaniem w stępie na

ciasnej ósemce stwierdzono nieprawidłowy ruch kończyn miednicznych objawiający się nadmiernym odwodzeniem kończyny miednicznej po stronie zewnętrznej w odniesieniu do kierunku ruchu (hiperabdukcja). Stwierdzono zaburzenia w sposobie poruszania się konia podczas cofania w postaci szeroko rozstawionych kończyn miednicznych (Fot. 1) hiperfleksji podczas ruchu oraz charakterystycznych drżeń podczas fazy zawieszenia kończyny. Podczas ruchu w klusie na kole w obu kierunkach nie stwierdzono odchyień od normy. Podczas próby prowadzenia w przód z zasłoniętymi oczami stwierdzono zdecydowaną niechęć do poruszania się oraz szeroki rozstaw kończyn miednicznych. Podczas cofania z zasłoniętymi oczami stwierdzono



Zdjęcie 1. Obrazujące objawy pacjenta podczas cofania

Źródło: M. Jarząbek

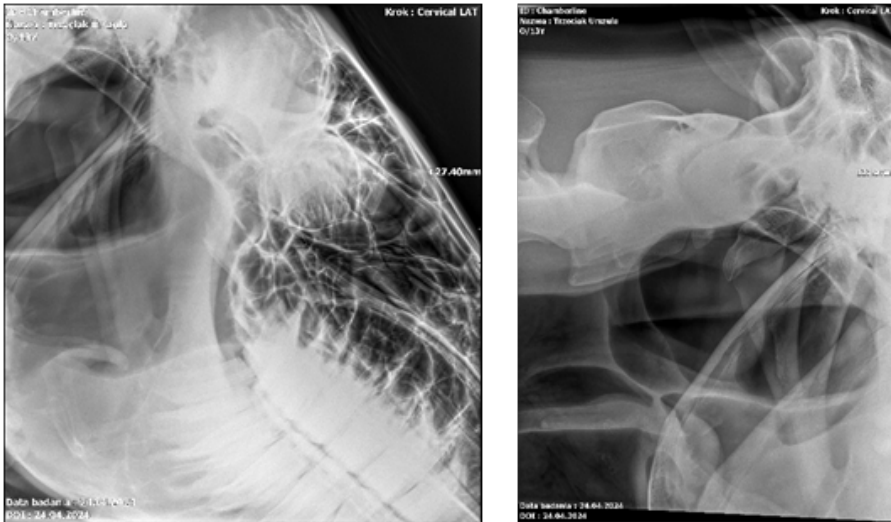
takie same objawy jak podczas cofania bez zasłoniętych oczu. Test Tail-sway z wynikiem: +++ na stronę lewą i + na stronę prawą wykazał zaburzenia w sile umięśnienia, zaburzenia równowagi tylnej części ciała.

W celu diagnostyki różnicowej ze schorzeniami ortopedycznymi wykonano zdjęcia RTG. W obrazie radiologicznym czaszki i pierwszych kręgów szyjnych w projekcji bocznej wykazano zmiany mogące sugerować potencjalne zmiany zwyrodnieniowe w lewym stawie skroniowo-gnykowym. W celu weryfikacji powstałego podejrzenia została wykonana endoskopia worków powietrznych, która wykluczyła THO jako przyczynę zaburzeń neurologicznych u badanego konia. W obrazie radiologicznym palca w projekcji bocznej widoczne niewielkie osteofity na kości koronowej kończyny prawej piersiowej, a także kończynie lewej miednicznej oraz kończynie prawej miednicznej. W obrazie radiologicznym stawu skokowego w projekcji bocznej widoczne początki zmian zwyrodnieniowych w dolnych piętach stawu lewej kończyny miednicznej. W obrazie radiologicznym palca w projekcji DMPLO widoczne pęknięcie przyśrodkowego wyrostka dłoniowego kości pięcniowej. Wszystkie opisane powyżej zmiany są bez znaczenia klinicznego w przypadku opisywanego konia.

Badanie gastroskopowe przeprowadzone w pierwszej połowie 2024 roku wykazało obecność licznych zmian o charakterze hiperkeratocycznym w obrębie części bezgruczołowej żołądka, a także brzegu strzępiastego. W części gruczołowej widoczna zmiana o charakterze przekrwienia w obrębie krzywizny większej. Ściana całego żołądka pokryta obfitą ilością gęstego, niełatwo poddającego się zmywaniu, śluzu.



Zdjęcie 2. Obraz radiologiczny palca w projekcji bocznej – osteofity na dorsalnej powierzchni kości koronowej, pęknięcie przyśrodkowego wyrostka dłoniowego kości pięcniowej



Zdjęcie 3 i zdjęcie 4. Obraz radiologiczny czaszki i pierwszych kręgów szyjnych w projekcji bocznej, sugerujący zmiany zwyrodnieniowe w lewym stawie skroniowo-gnykowym

Badanie gastroscopowe zostało wykonane w celu wykluczenia choroby wrzodowej żołądka jako przyczyny zmiany zachowania konia i problemów z ustaniem w miejscu jako konsekwencji stresu i nerwowości spowodowanej bólem wywołanym przez wrzody żołądka, a także osłabionych wyników w treningu oraz słabszej kondycji ogólnej zwierzęcia [5,6]. Na podstawie wykonanego badania lekarz przeprowadzający wykluczył chorobę wrzodową żołądka jako podłoże objawów klinicznych występujących u konia.

Badanie endoskopowe worków powietrznych przeprowadzone w pierwszej połowie 2024 roku nie wykazało istotnych klinicznie zmian. Został pobrany materiał w postaci ciała obcego z worków powietrznych, który po mikroskopowaniu został rozpoznany jako ziarno piasku niemające znaczenia klinicznego dla obecnego stanu pacjenta.

Badanie endoskopowe worków powietrznych zostało wykonane w celu wykluczenia osteoartropatii skroniowo-gnykowej (THO-Temporohyoid Osteoarthropathy). Jest to schorzenie aparatu gnykowego oraz powiązanych z nim struktur. W rezultacie tej choroby dochodzi do zespolenia stawu skroniowo-gnykowego, a w niektórych przypadkach może dochodzić do złamania małych kości tworzących aparat gnykowy. Objawy THO mogą być niespecyficzne, takie jak łzawienie oczu, podrzucanie głową, pocieranie uszu, odmowa wzięcia wędzidła, jednak co najważniejsze w miarę postępu choroby może dawać objawy neurologiczne takie jak ataksja i zaburzenia w ruchu konia, które mogą być mylone z objawami Shivering Syndrome.

Ponadto pacjent miał przeprowadzone obszerne badania krwi. Pacjent podczas pobierania materiału był na czczo. Morfologia nie wykazuje odchyień od normy. Wskaźniki stanu zapalnego, uszkodzenia wątroby czy nerek również nie wykazały odchyień

Protokół Badania Neurologicznego		Miejscowość:	Data:	Godzina:	
Dane zlecającego badanie	Imię i Nazwisko:	Adres:	Tel.	E-mail:	
Dane badanego zwierzęcia	Imię:	Płeć:	Numer identyfikacyjny:	Wiek:	
	Rasa:	Wzrost:	Maść:		
Wywiad	Aktualne szczepienia:	Odrobaczenie:	Sposób utrzymania:	Transport:	Operacje:
	Kontakt z innymi zwierzętami:	Żywnienie:	Leczenie (6 miesięcy):	Inne schorzenia:	Alergie:
Wywiad chorobowy	Objawy neurologiczne:		Od kiedy?:	Objawy: po raz pierwszy / nawrót ?	Przebieg: (gwałtowny / przewlekły)?
	Objawy towarzyszące:		Nasilenie wystąpienia ?	od Gorączka:	Zmiana zachowania ?
	Kontakt z innymi zwierzętami i ludźmi w <u>którym</u> czasie przed / w trakcie choroby?			Podobne objawy u innych zwierząt w stadzie ? ▾	
Badanie nerwów czaszkowych:	Legenda:	Lewa Prawa	(+) prawidłowe	(-) nieprawidłowe	(0) nie badano
Nerw I - węchowy	<input type="checkbox"/> Norma, <input type="checkbox"/> Anomalie: <input type="checkbox"/> Nie badano				
Wzrok (Nerw II + Nerw VII)	Widzenie: 	Szpara powiekowa: 	Trzecia powieka: 	Odruch groźnienia: 	Oftalmoskopowo:
Żrenice (II + III), Ruchy gałki ocnej (III + IV+ VI)	Odruch źreniczny: 	Anizokoria: <input type="checkbox"/> Brak, <input type="checkbox"/> Obecna	Ruchomość gałki: 	Oczopląs: <input type="checkbox"/> Brak, <input type="checkbox"/> Obecny	Zez: <input type="checkbox"/> Brak, <input type="checkbox"/> Obecny
Nerw V - Trójdzielny	Odruch powiekowy: 	Ruchomość żuchwy:		Wrażliwość nosa i twarzy (czuciowo): 	
Nerw VII - Twarzowy	Symetria pyska:	Wrażliwość nosa i twarzy (ruchowo): 		Ruchomość uszu: 	Smak:
Nerw VIII - Przedstonkowo-słi- makowy	Słuch: 	Równowaga:	Ataksja: <input type="checkbox"/> Brak, <input type="checkbox"/> Obecna	Oczopląs jednostronny: <input type="checkbox"/> Brak, <input type="checkbox"/> Obecny	Skręt głowy: <input type="checkbox"/> Brak, <input type="checkbox"/> Obecna
Nerw IX - Językowo-gardłowy, Nerw X - Błędny	Polykanie:	Nerw XI Dodatkowy	Napięcie mięśni krtani:	Nerw XII Podjęzykowy:	Ruchomość języka:
Badanie nerwów rdzeniowych:	Napięcie ogona:	Odruch m.grzbietu:	Odruch skórno-mięśniowy:	Zgięcia kręgosłupa:	Odruch odbytniczy:
Badanie propriocepcji:	Krzyżowanie kończyn:	KLP:	KPP:	KLM:	KPM:
Badanie w ruchu:	Stęp po prostej:	Kłus po prostej:	Stęp po ósemce:	Cofanie:	Kłus po kole:
	Prowadzenie z zadartą głową / zasłoniętymi oczami:		Cofanie z zadartą głową / zasłoniętymi oczami:		Tail-sway:

Tabela 1. Źródło: opracowanie własne.

od normy. Podwyższony jest wskaźnik GLDH, czyli dehydrogenaza glutaminianowa, jednak wskaźnik ten nie jest swoisty i powinien oceniany być wraz z innymi wskaźnikami wątrobowymi, w związku z czym w przypadku omawianego pacjenta nie świadczy o patologii. Poziom magnezu wskazuje na niedobór, co sugerować może powiązanie z Shivering Syndrome, szczególnie że jest on suplementowany w diecie pacjenta od dłuższego czasu. Poziomy selenu, witaminy E, A, B1, B6, B12 oraz manganu, wapnia, sodu, potasu i chloru również nie wykazały odchyień od normy. Poprzez badanie krwi wykluczona została także infekcja Herpesvirusowa.

Protokół badania neurologicznego w kierunku Shivering Syndrome

Dotychczas nie powstał protokół badania neurologicznego nakierowany na rozpoznanie Shivering Syndrome. Obecnie nie dysponujemy żadną metodą diagnostyczną mogącą jednoznacznie potwierdzić lub wykluczyć występowanie Shivering Syndrome u konkretnego pacjenta. Diagnostyka tego syndromu opiera się zatem na wykluczeniu innych schorzeń mogących dawać podobne objawy i drogą eliminacji postawienie rozpoznania, jakim jest omawiane schorzenie. Stworzony przez nas protokół badania neurologicznego nakierowany na Shivering Syndrom poza stwierdzeniem charakterystycznych objawów musi opierać się na wykluczeniu schorzeń neurologicznych mogących powodować podobne zmiany, które możemy wykluczyć na podstawie konkretnych testów wykonywanych w ramach protokołu badania neurologicznego. Poniżej przedstawiamy wzór opracowanego przez nas protokołu.

Dyskusja

W przeciągu ostatnich lat wielu naukowców formułowało hipotezy na temat pochodzenia Shivering Syndrome [1]. Najnowsze badania dowodzą, iż za objawy odpowiedzialna jest dysfunkcja aksonów komórek Purkiniego w korze mózdzku. Są to komórki odpowiadające za precyzyjną kontrolę ruchów i pamięć mięśniową. Mimo uszkodzenia liczba komórek pozostaje prawidłowa. W badaniach histopatologicznych stwierdzone zostało, iż aksony komórek Purkiniego w głębokich jądrach mózdzku koni dotkniętych Shiveringiem były 80-krotnie bardziej ujemne pod względem kalretyniny, dodatnie pod względem kalbindyny i dodatnie pod względem dekarboksylazy kwasu glutaminowego [7]. Ponadto pomiędzy osłonkami mielinowymi aksonów komórek Purkiniego w głębokich jądrach mózdzku koni chorujących na to schorzenie zaobserwowano blaszkowate lub błoniaste struktury przypominające wyraźną dekompresję mieliny [2,7]. W przypadku, gdy powyższe komórki nie funkcjonują prawidłowo, dochodzi do niekontrolowanych skurczy mięśni przede wszystkim tylnej części ciała,

zwłaszcza kończyn, prowadzące do hiperekstensji, hiperfleksji oraz drżenia [1,3,7,8,9]. Dokładna etiologia doprowadzająca do zaburzeń w komórkach Purkiniego jest jednak obecnie nieznaną.

Pierwsze objawy zazwyczaj występują w młodym wieku najczęściej do 5. roku życia. Charakter choroby jest postępujący. Naukowcy dostrzegli predyspozycje zarówno genetyczne, jak i płciowe do występowania Shivering Syndrome wśród koni. Większe szanse na wystąpienie choroby mają samce od samic, naukowcy określili stosunek częstości zachorowań w zależności od płci jako 3:1. Zauważono również zależność między występowaniem syndromu a wzrostem, konie mierzące 165 cm (16,3 hands) i powyżej częściej cierpią na omawiane schorzenie. Rasy, u których najczęściej można zaobserwować Shivering Syndrome, to przede wszystkim konie gorącokrwiste, konie pełnej krwi oraz Quarter Horse [1,4,7,10,11].

Niektóre badania sugerują podłoże Shivering Syndrome w niedoborach mineralnych, zwłaszcza pierwiastków związanych z pracą układu mięśniowego. W tym szczególnie manganu i magnezu.

Najpowszechniej występującym objawem w przypadku Shivering Syndrome jest hiperfleksja kończyn miednicznych z występującymi niekontrolowanymi skurczami mięśni w fazie zawieszenia kończyny w górze, co przypomina drgawki danej kończyny oraz hiperekstensja kończyn miednicznych, polegająca na pozostawianiu zadniej kończyny wyprostowanej i uniesionej dłużej niż występuje to normalnie, u zdrowego konia, podczas cofania się [1,3,10]. Obserwuje się również problemy z podawaniem tylnych nóg zarówno do czyszczenia, jak i przy wizytach kowala. Objaw ten dotyczy około 96% koni ze stwierdzonym Shivering Syndrome. Zdarza się, że choroba dotyka także mięśni kończyn przednich, szyi i pyska, powodując spastyczne skurcze w powyższych okolicach, czasem u chorych koni występuje uniesienie nasady ogona, a w bardzo ciężkich przypadkach stwierdzano atrofię mięśni, w konsekwencji której dochodzi do spadku siły oraz nietolerancji wysiłkowej [1].

Dr Stephanie Valberg, z działu Medycyny Sportowej Koni Uniwersytetu Stanowego Michigan, wraz ze swoim zespołem opublikowała artykuł, w którym wyróżniła określone typy „dreszczy”: drżenia w fazie zawieszenia z nadmiernym zgięciem, drżenia w fazie wykroku z nadmiernym zgięciem, drżenia w fazie zakroku z nadmiernym przeprostem [7]. W następnych latach prowadziła wraz ze swoim zespołem badania przy pomocy elektromiografii (EMG) mające na celu scharakteryzowanie wzorców aktywności mięśniowej, poszczególnych mięśni, wykorzystywanych przez konie w trakcie poruszania się, w przypadku koni cierpiących na Shivering Syndrome i koni zdrowych. Badania opierały się na prowadzeniu koni w przód oraz w tył w celu wywołania objawów Shivering Syndrome i następnie powiązania aktywności mięśni, podczas występowania objawów, z lokalizacją zaburzeń na terenie centralnego układu nerwowego. Zespół zbierał odczyty z czterech zestawów elektrod, spośród których każdy zestaw mierzył parametry innego mięśnia, podczas czterech kluczowych ruchów: unoszenia tylnych kończyn, ruchu naprzód, cofania i kłusowania. Dane z odczytów wykazały, że

u koni dotkniętych Shivering Syndrome zaburzona jest czasowa koordynacja w funkcjonowaniu antagonistycznych grup mięśni, jakim są prostowniki i zginacze. U koni bez omawianego zaburzenia grupy tych mięśni pracują naprzemiennie, podczas gdy u koni cierpiących na Shivering Syndrome prostowniki, jak i zginacze kurczyły się jednocześnie zwłaszcza podczas cofania. Na podstawie powyższych badań dr Valberg potwierdziła hipotezę, iż za charakterystyczne drżenia kończyn występujące podczas omawianego zaburzenia odpowiedzialne jest nieprawidłowe jednoczesne napięcie antagonistycznych grup mięśni – prostowników i zginaczy kończyn [7]. Omawiane badania potwierdziły również, że u podstawy zaburzenia może leżeć dysfunkcja aksonów komórek Purkiniego występujących w mózgdzku, to właśnie one odpowiadają za wzorce ruchowe i czas rekrutacji grup mięśni zginaczy i prostowników do pracy [1,7,10,12].

Diagnostyka syndromu opiera się przede wszystkim na demonstracji objawów podczas cofania się konia. Objawy choroby najczęściej dotyczą obydwu kończyn miednicznych, w większości przypadków nie dotyczą one kończyn przednich. Objawy w postaci charakterystycznych zmian w chodzie nie są obserwowane w klusie [4]. Stres lub ekscytacja mogą nasilać objawy chorobowe i być przyczyną ich częstszego występowania u koni dotkniętych chorobą [7,10].

W diagnostyce różnicowej Shivering Syndrome należy wziąć pod uwagę przede wszystkim schorzenia ortopedyczne oraz neurologiczne. Aby wykluczyć schorzenia ortopedyczne, należy przeprowadzić szczegółowe badanie ortopedyczne, opierające się na próbach zginania, badaniu konia w ruchu oraz diagnostyce obrazowej, w tym obrazach radiologicznych. Brać pod uwagę należy schorzenia dające podobne objawy, w tym na przykład zadzierzgnięcie rzepki. W kwestii zaburzeń neurologicznych należy wykluczyć stringhalt, czyli potocznie nazywany koguci chód u koni oraz pierwotnie zapalenie mózgu i rdzenia u koni (EPM – equine protozoal myeloencephalitis). Kolejnym schorzeniem, które należy brać pod uwagę w diagnostyce różnicowej Shivering Syndrome, jest zespół sztywnego konia. Jest to niezwykle rzadka choroba charakteryzująca się sztywnością mięśni i epizodami silnych skurczów. W przeciwieństwie do Shivering Syndrome skurcze wywoływane są przez zaskoczenie lub podniecenie, a nie konkretny ruch [13].

Ze względu na brak dokładnego poznania etiologii zaburzenia, jakim jest Shivering Syndrom, aktualnie nie dysponujemy specyficznym leczeniem owego schorzenia. Koniom cierpiącym z powodu powyższego syndromu należy zapewnić odpowiednią ilość ruchu, gdyż wpływa to na ograniczenie występowania objawów klinicznych. Konie wykazujące objawy choroby najczęściej nie mogą być bezpiecznie użytkowane pod siodłem, toteż powinny mieć możliwość dużej ilości swobodnego, niewymuszonego ruchu oraz odpowiednio dużą ilość miejsca w boksie. Czas pozostawiania koni w zamknięciu z ograniczoną możliwością ruchu powinien być zmniejszony do minimum, ze względu na fakt, iż objawy często nasilają się po dłuższym postoju. Pacjenci powinni mieć także zminimalizowaną ilość stresu oraz nadmiernej ekscytacji, ponieważ sprzyjają one występowaniu dodatkowych napadów objawów chorobowych. U poszczególnych

osobników cierpiących na omawiany syndrom występują specyficzne dla konkretnego pacjenta wyzwalacze stymulujące dodatkowe ataki chorobowe. U wyżej omawianego pacjenta były to zamknięcie w pustym pomieszczeniu (pusty boks bądź korytarz) oraz podawanie paszy treściwej. W skutecznym hamowaniu rozwoju choroby niezwykle ważne jest zidentyfikowanie indywidualnych dla danego osobnika “wyzwalaczy” napadów choroby oraz ich minimalizacja.

Jako niespecyficzne leczenie zaleca się także suplementację witaminy E, jako że utrzymuje ona odpowiednią przepuszczalność błon komórkowych, a także wpływa na wydolność mięśni, zapobiega ich zmęczeniu poprzez ochronę krwinek czerwonych przed przedwczesnym rozpadem. Dodatkowo witamina E spowalnia procesy starzenia się mózgu. W leczeniu tego zaburzenia zalecana jest również suplementacja selenu, ponieważ jest on składnikiem selenoprotein będących materiałem budulcowym mięśni, a także chroni mięśnie przed szkodliwym działaniem wolnych rodników, ponieważ wchodzi w skład antyoksydantu, jakim jest peroksydaza glutationowa będąca selenoproteiną. Niezwykle ważna jest także praca nad świadomością ciała u konia.

Podsumowanie

Podsumowując, Shivering Syndrome wciąż pozostawia wiele pytań bez odpowiedzi. Choroba ta ma charakter przewlekły i postępujący, co stwarza wyzwania zarówno diagnostyczne, jak i terapeutyczne. Należy podkreślić, że dalsze badania są konieczne w celu lepszego zrozumienia etiologii i patogenezы Shivering Syndrome oraz opracowania skuteczniejszych metod leczenia. Przedstawiony pacjent jest sztandarowym przykładem Shivering Syndrome, jednocześnie obrazującym, jak przy prawidłowej opiece można utrzymać zwierzę w dobrej kondycji i zminimalizować wpływ choroby na dobrostan konia. Zaproponowany protokół może ułatwić diagnostykę Shivering Syndrome u koni.

Bibliografia

- [1] Baird, J.D., Firshman, A.M., Valberg, S.J., 2006. Shivers (Shivering) in the horse. *Proceedings of the American Association of Equine Practitioners*. 52. 359–364.
- [2] Aman J.E., Valberg S. J, Elangovan N., Nicholson A., Lewis S. S., Konczak J. 2018. Abnormal locomotor muscle recruitment activity is present in horses with shivering and Purkinje cell distal axonopathy. *Equine Vet J*. 50. 636-643. 10.1111/evj.12813.
- [3] Draper A.C., Trumble T.N., Firshman A, M., Baird J.D., Reed S., Mayhew I.G., MacKay R., Valberg S.J..2015b. Posture and movement characteristics of forward and backward walking in horses with shivering and acquired bilateral stringhalt. *Equine Vet J*. 47(2). 175–81. doi: 10.1111/evj.12259.

- [4] Draper, A.C.E., Bender, J.B., Firshman, A.M., Baird, J.D., Reed, S., Mayhew, I.G., Valberg, S.J. 2015a. Epidemiology of shivering (shivers) in horses. *Equine Vet J.* 47(2): 182–7. doi: 10.1111/evj.12296.
- [5] Vokes J., Lovett A., Sykes B. 2023. Equine Gastric Ulcer Syndrome: An Update on Current Knowledge. *Animals (Basel)*. 13(7):1261. doi: 10.3390/ani13071261.
- [6] Zucca E., Lo Feudo C.M., Stucchi L., Conturba B., Stancari G. Ferrucci F. 2022. Equine Gastric Ulcer Syndrome affects fitness parameters in poorly performing Standardbred racehorses. *Front Vet Sci.* 9. Article 1014619. doi: 10.3389/fvets.2022.1014619.
- [7] Valberg S.J., Lewis S.S., Shivers J.L., 2015. The Equine Movement Disorder “Shivers” Is Associated with Selective Cerebellar Purkinje Cell Axonal Degeneration. *Veterinary Pathology*;52(6):1087-1098. 10.1177/0300985815571668.
- [8] McCue M.E., Ribeiro W.P., Valberg S. 2006. Prevalence of polysaccharide storage myopathy in horses with neuromuscular disorders. *Equine Vet J.* 36. 340-344. doi: 10.1111/j.2042-3306.2006.tb05565.
- [9] Valberg, S.J., Williams, Z.J., Henry, M.L., Finno, C.J. 2023. Cerebellar axonopathy in Shivers horses identified by spatial transcriptomic and proteomic analyses. *Journal of Veterinary Medicine.* 37. 1568–1579. 10.1111/jvim.16784.
- [10] Seino K.K., Secord T., Vig M., Kyllonen S., DeClue A.J. 2019 Three-Dimensional Kinematic Motion Analysis of Shivers in Horses: A Pilot Study. *J Equine Vet Sci.*79.13–22. doi: 10.1016/j.jevs.2019.03.006.
- [11] Valberg S.J., Baird J.D. 2022. Shivering and Stringhalt in horses. *The Veterinary Journal.* 282. Article 105829. doi: 10.1016/j.tvj;.2022.105829.
- [12] Valberg S.J. 2022a Movement Disorders and Cerebellar Abiotrophy. *Vet Clin North Am Equine Pract.*38(2). 409-426. doi: 10.1016/j.cveq.2022.05.009.
- [13] Kotecki A. 2013. Aktualne problemy w patologii koni Feige K., Cavaller J.V., Współczesne spojrzenie na diagnostykę chorób neurologicznych. 13–17.

Laura Kiełńska

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
Katedra Parazytologii i Chorób Inwazyjnych
Naukowe Koło Parazytologów
Opiekun: prof. dr hab. wet. Rajmund Sokół

OCENA SKUTECZNOŚCI PREPARATU EXZOLT (FLURALANER) W ZWALCZANIU *DERMANYSSUS GALLINAE* W PRZEMYSŁOWYM KURNIKU KUR NIOSEK

Wprowadzenie i cel pracy

Dermanyssus gallinae – ptaszyniec kurzy nazywany również dręczeniem kurzym – to gatunek roztocza z rodzaju *Dermanyssidae*. Jego ciało jest owalnie spłaszczone, a po pobraniu krwi przybiera kształt kulisty i zmienia barwę z jasnoczerwonej na ciemnoczerwoną w zależności od stopnia strawienia pokarmu (krwi żywiciela). Stadia rozwojowe występujące w cyklu życiowym tego pasożyta to jajo, larwa, protonimfa, deutonimfa i rozdzielnopłciowe postacie dorosłe. Dojrzałe osobniki żywią się krwią ptaków, które są dla nich żywicielami niezbędnymi do reprodukcji, mogą również odżywiać się krwią niektórych ssaków, w tym ludzi, psów, kotów lub koni [1]. Przy nadmiernym wzroście liczebności populacji *D. gallinae* w pobliżu gniazd dzikich ptaków, położonych blisko okien budynków mieszkalnych stwierdzono, że ptaszyniec wchodzi do mieszkań i atakują ludzi [2, 3]. Ukłucia i wprowadzenie śliny u ssaków powoduje zmiany skórne podobne do wszawicy lub świerzbu tj. rozległe powierzchnie na skórze z przerzedzonym włosiem, zgrubiałą i słoniowatą skórą. Często pokryta jest ona zestalonym wysiękiem surowicznym [3-5]. Inwazje ptaszynca stanowią duży problem w hodowli przemysłowej kur niosek [6, 7]. Wykazano też występowanie tych roztoczy u ptaków gnieźdzących się w miejscach zamieszkania ludzi, takich jak np. gołębie, ptaki ozdobne – kanarki [8]. Masowe inwazje występują najczęściej w systemach klatkowych kur niosek. Istotnym czynnikiem powodującym to zjawisko jest znaczne zagęszczenie ptaków, rozbudowana sieć taśmociągów z dużą liczbą szczelin, w których

samice ptaszyńca składają jaja. Znaczenie mają również krótkie przerwy technologiczne pomiędzy wstawieniami i niezadowalająca skuteczność środków chemicznych do jego likwidacji. Ponadto pasożyt ten jest odporny na głód i niską temperaturę [9-11]. W konsekwencji kury są stale niepokojone, co przyczynia się do obniżenia nieśności, mniejszych przyrostów masy ciała i większej liczby upadków [1, 12, 13]

Chów klatkowy stanowi idealne środowisko dla inwazji ptaszyńca, niemniej pojawia się on wśród ptaków w każdym wieku i hodowanych różnymi sposobami. Lokalizuje się głównie na głowie i pod skrzydłami. *D. gallinae* podczas nakłuwania skóry w celu pobrania krwi wprowadza do niej swoją ślinę, co powoduje świąd, a w konsekwencji niepokój kur. Ponadto ciągły ubytek krwi prowadzi często do anemii, objawiającej się m.in. wyraźnie jaśniejszym odcieniem skóry i grzebienia [10]. Obecność ptaszyńca znacznie pogarsza wyniki produkcyjne tuczu i nieśności. Powoduje także zaburzenia w przepierzaniu się kur i w konsekwencji silne podrażnienia skóry i utratę piór [14-17].

Do zwalczania *D. gallinae* w fermach kur niosek zalecane są metody chemiczne i fizyczne. Wśród metod chemicznych najskuteczniejsze jest stosowanie akarycydów [18-20]. Stosuje się je w formie oprysku pod wysokim ciśnieniem (4-5 atm), tak aby środek pokrył wszystkie ściany, podłogi i sufit pomieszczenia, a także gniazda i inne miejsca gromadzenia się roztoczy. Pomieszczenie należy uprzednio dokładnie oczyścić z kurzu, pyłu, ściółki i resztek paszy, a także usunąć lub zabezpieczyć przed opryskiem pojidła i karmidła [21, 22]. Do metod fizycznych należy dokładne mycie i dezynfekcja pomieszczenia, a następnie, po wprowadzeniu ptaków zastosowanie preparatów w postaci proszków niszczących kutikulę roztocza, co powoduje jego wysychanie i śmierć. Preparat rozprowadza się elektrostatycznie za pomocą strumienia powietrza w chowie klatkowym lub rozsypuje na ściółkę w chowie ściółkowym, pozwalając na rozprzestrzenianie proszku przez kury. Mimo istniejących metod zwalczania ptaszyńca, wiele z nich jest nieskutecznych lub nie przynosi zadowalających efektów. Spowodowane jest to mnogością szczelin w klatkach, podajnikach paszy i innych sprzętach znajdujących się w kurniku. Tworzą one idealne warunki do rozwoju *D. gallinae* często w te miejsca nie dociera rozpylany akarycyd lub gorące powietrze. Jako rozwiązanie tego problemu proponuje się uniemożliwienie przeżycia ptaszyńcowi przez brak pokarmu lub przerwanie jego cyklu życiowego. W 2017 roku dopuszczono do obrotu preparat Exzolt holenderskiej firmy Intervet International. Jest to roztwór do podawania w wodzie pitnej, zawierający akarycyd – fluralaner. Środek ten jest silnym inhibitorem części układu nerwowego stawonogów działającym antagonistycznie na bramkowane ligandami kanały chlorkowe (receptor-GABA oraz receptor glutaminianowy). Według ulotki informacyjnej produktu, aktywność przeciwko ptaszyńcowi rozpoczyna się w ciągu 4 godzin od rozpoczęcia żerowania roztoczy na kurczętach poddanych leczeniu. Preparat podaje się dwukrotnie w odstępie 7 dni *per os* wraz z wodą pitną dla kur. Jest to dogodny sposób, lecz nastęrcza problemy w postaci braku pewności, czy wszystkie osobniki spożyły taką samą, należną ilość leku. Mimo wysokiej (91%)

biodostępności produktu, jego stosowanie nie nakłada karencji na jaja, dzięki czemu może być stosowany w okresie nieśności.

Celem badania była ocena skuteczności preparatu Exzolt w zwalczaniu inwazji *D. gallinae* w przemysłowym kurniku dla kur niosek.

Materiał i metody

Badanie przeprowadzono w przemysłowym kurniku dla kur niosek na terenie województwa mazowieckiego. Do kurnika wstawiono 120 tys. kur rasy Hy-Line Brown w wieku 18 tygodni, które umieszczono w sześciu pięciokondygnacyjnych bateriach tzw. klatkach wzbogaconych. Czas trwania oceny skuteczności zastosowanego preparatu wynosił 4 tygodnie. W celu ustalenia poziomu inwazji *D. gallinae* pomiędzy 18. a 23. tygodniem życia kur przeprowadzono 2x ocenę intensywności inwazji z oceną struktury populacji, zliczając postacie rozwojowe pasożyta: jaja (J), protonimfy (P), deutonimfy (D) i postacie dorosłe – imago (I). W 24. tygodniu życia kur zgodnie z zaleceniami producenta kurom podano preparat Exzolt *per os* za pomocą linii do pojenia w dawce 0,5 mg fluralaneru (s.a) na kg masy ciała (co odpowiada 0,05 ml roztworu). Preparat podano 2x w odstępie 7 dni zgodnie z dobowym zapotrzebowaniem stada na wodę. Ocenę skuteczności preparatu wobec *D. gallinae* przeprowadzono za pomocą „Systemu do monitorowania inwazji pasożytów zewnętrznych w kurnikach kur niosek” (Sokół R. 2010, patent nr 214022 PL). System wykorzystuje naturalne zachowanie roztocza, które polega na opuszczeniu żywiciela po pobraniu krwi i ukryciu się w jego bliskim otoczeniu (szczeliny i zakamarki w wyposażeniu kurnika), aby kontynuować swój cykl rozwojowy. Pułapki w celu potwierdzenia poziomu inwazji/skuteczności preparatu wraz oceną struktury populacji *D. gallinae* w kurniku umieszczano w zestawach po 5 sztuk pułapek, które mocowano w 20 stałych, wyznaczonych i oznakowanych miejscach w kurniku (łącznie 100 pułapek/kurnik/jedno badanie) pod karmidłami na wysokości około 170 cm od podłogi. Pułapki pozostawały na miejscu przez 7 dni, po czym były zbierane do szklanych słoików o pojemności około 1 litra i szczelnie zamykane. Niezwłocznie po dostarczeniu do laboratorium umieszczano je w zamrażarce w temperaturze -20°C na 60 minut, w celu zahamowania rozwoju i unieruchomienia roztoczy. Takie postępowanie eliminuje ucieczkę i ułatwia manipulację, np. liczenie form rozwojowych roztoczy. Zawartość pułapek z każdego miejsca pomiarowego wysypywano na szalkę Petriego, oddzielając zbędne elementy (np. większe zanieczyszczenia). Za pomocą lupy binokularowej (Olympus, typ SZ, powiększenie 40x) z podziałem na: jaja (J), protonimfy (P), deutonimfy (D) i postacie dorosłe – imago (I). Wynik zapisywano jako średnią arytmetyczną z 5 pomiarów (AM) oraz odchylenie standardowe (\pm SD) dla poszczególnych postaci rozwojowych. Statystyczną istotność różnic w poszczególnych tygodniach pomiarowych określono za pomocą testu t-Studenta. Za istotne statystycznie uznano różnice między średnimi na poziomie $p \leq 0,001$

oraz $p \leq 0,05$. Ponadto w czasie badania monitorowano poziom nieśności i upadków kur, a następnie porównano te parametry zgodnie ze standardem tych wartości przyjętym dla rasy Hy-Line – kolejno 95-96% nieśności i 97% przeżywalności.

Tabela 1. Schemat badania zgodnie z tygodniem życia kur

Wiek kur w (tyg.)	Wykonywane czynności	
18 tyg.	Wstawienie kur do kurnika	
22 tyg.	Założenie pułapek	
23 tyg.	I pomiar poziomu inwazji	
24 tyg.	II pomiar poziomu inwazji	I podanie preparatu
25 tyg.	I pomiar skuteczności preparatu	II podanie preparatu
26 tyg.	II pomiar skuteczności preparatu	
27 tyg.	III pomiar skuteczności preparatu	
50 tyg.	IV pomiar skuteczności preparatu	

Tabela 2. Liczba postaci rozwojowych *D. gallinae* w poszczególnych terminach po podaniu preparatu Exzolt

Wiek kur w tygodniach	Liczba postaci rozwojowych <i>D. gallinae</i>			
	Jaja (J)	Protonimfy (P)	Deutoniimfy (D)	Imago (I)
18 tyg.	-	-	-	-
22 tyg.				
23 tyg.	4579 (± 169) ^b	1526 (± 25) ^b	636 (± 54) ^{abc}	3180 (± 124) ^{bc}
24 tyg.	4605 (± 101) ^b	1880 (± 56) ^b	727 (± 21) ^{bc}	3502 (± 96) ^{bc}
25 tyg.	3072 (± 96) ^{bc}	384 (± 12) ^{abc}	0 ^a	0 ^a
26 tyg.	35 (± 11) ^a	4 (± 1) ^{ab}	0 ^a	0 ^a
27 tyg.	63 (± 25) ^{ab}	0 ^a	50 (± 15) ^{ab}	41 (± 12) ^{ab}
50 tyg.	420 (± 63) ^{ab}	399 ^{ab}	378 (± 84) ^{abc}	630 \pm ^{abc}

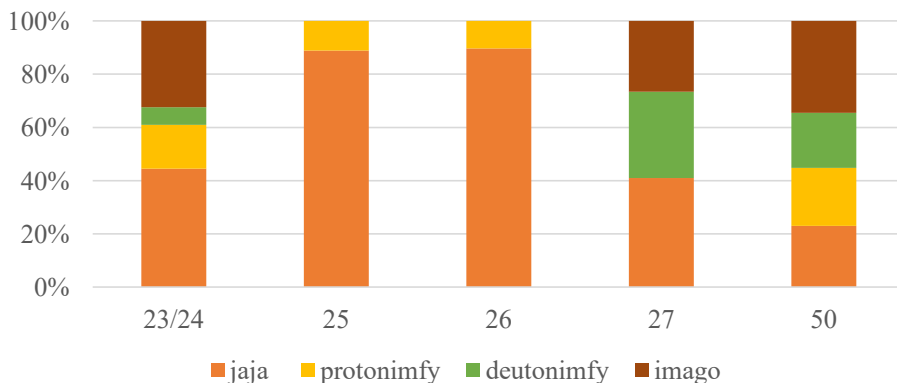
^{abc} różne litery oznaczają różnice statystycznie istotne dla $p \leq 0,05$ (pomiędzy poszczególnymi terminami badań).

Dla zobrazowania struktury populacji na rycinie 1 przedstawiono procentowy udział poszczególnych postaci rozwojowych (J, P, D, I) w kolejnych terminach badań.

Wyniki badań

Otrzymane wyniki badań były statystycznie istotne. Dla wykazania skuteczności zastosowanego preparatu wyniki badań opisano w wymiarze procentowym.

Badanie – ocenę poziomu inwazji *D. gallinae* w kurniku wykonano w 23. i 24. tygodniu życia kur. Zliczono oddzielnie liczbę postaci rozwojowych tj. J, P, D i I w obu



Ryc. 1. Odsetek (%) form rozwojowych *D. gallinae* w poszczególnych terminach badań

badaniach, a otrzymane wyniki uśredniono i oznaczono jako grupę kontrolną (grupę 0). Po zastosowaniu pierwszej dawki preparatu (I podanie) kolejny pomiar poziomu inwazji (I pomiar) wykonano zgodnie z cyklem rozwojowym *D. gallinae* po 7 dniach w 25. tygodniu życia kur. W przypadku jaj *D. gallinae* ich liczba obniżyła się o 33,1% w odniesieniu do grupy kontrolnej. Po ponownym podaniu preparatu (II podanie) i kolejnych 7 dniach II pomiar poziomu inwazji wykazał dalsze obniżenie liczby jaj do 99,2%. Kolejny III pomiar wykazał obniżenie liczby jaj do 98,6%. Dla weryfikacji skuteczności preparatu dokonano IV pomiaru w 50. tygodniu życia kur i liczba jaj była niższa o 90,8% niż w grupie kontrolnej.

W przypadku protonimf (P) I pomiar wykazał obniżenie ich liczby o 77,4% względem grupy kontrolnej. II pomiar obniżenie do 99,7%, a III pomiar nie wykazał obecności protonimf. W IV badaniu liczba protonimf była o 76,5% niższa niż w grupie kontrolnej.

Podczas I i II pomiaru poziomu inwazji nie wykryto deutonimf (D). W III badaniu ich liczba deutonimf była niższa o 92,6% niż w grupie kontrolnej. Natomiast w IV badaniu liczba deutonimf obniżyła się do 44,5%.

Podobnie w trakcie I i II pomiaru nie wykryto postaci dorosłych (I). III pomiar liczby imago wykazał obniżenie do 98,7% względem grupy kontrolnej. Ostatni IV pomiar wykazał również obniżenie liczby imago do 81,1%.

Ocenie poddano również sumę liczby wszystkich postaci rozwojowych *D. gallinae* (J, P, D, I) w poszczególnych terminach badań, uwzględniając wynik procentowy. Wykazano obniżenie o 66,5% całej populacji *D. gallinae* po podaniu pierwszej dawki preparatu, a po podaniu drugiej dawki do 99,6% względem grupy kontrolnej. Kolejny III pomiar poziomu inwazji wykazał obniżenie do 98,5%. Ostatni IV pomiaru poziom inwazji był niższy o 82,3%. Biorąc pod uwagę 4 kolejne pomiary średnie obniżenie liczby wszystkich postaci rozwojowych w odniesieniu do grupy kontrolnej wynosiło 86,7%.

Dyskusja i wnioski

W momencie rozpoczęcia badania skuteczności preparatu Exolt kurnik eksploatowany był od 8 lat. Obecność *D. gallinae* została zauważona już po 6 miesiącach użytkowania. Inwazja ptaszyńca z roku na rok narastała wraz z każdym kolejnym cyklem nieśnym kur. W okresie poprzedzającym podanie Exoltu stosowano do zwalczania ptaszyńca preparaty zawierające krzemionkę. Z metody tej zrezygnowano ze względu na znaczne zapylenie obiektu.

Podjęte badanie miało na celu wykazanie skuteczności preparatu Exolt. Jest to w zasadzie jedyny preparat dopuszczony do stosowania u kur bezpośrednio. Jego podanie wymaga zachowania reżimu polegającego na wysokiej sprawności systemu pojenia kur, tak aby mieć pewność, że wszystkie ptaki pobiorą preparat. Z literatury wynika, że szczyt inwazji *D. gallinae* w tego typu obiektach przypada na 36. do 40. tygodnia życia kur. W tym badaniu zastosowano skuteczny system oceny inwazji pozwalający na ocenę struktury populacji *D. gallinae*. Ma to duże znaczenie, aby wykazać ewentualne tempo narastania inwazji i tym samym prawidłowe jej zwalczanie. Istotnym czynnikiem wpływającym na obniżenie poziomu inwazji w tym konkretnym przypadku było zastosowanie preparatu z odpowiednim wyprzedzeniem osiągnięcia przez populację *D. gallinae* szczytu inwazji w tym systemie chowu kur. Podanie Exoltu w 25. i 26. tygodniu pozwoliło na eliminację dużej liczby deutonimf oraz imago i w ten sposób skutecznie ograniczono liczbę ewentualnie złożonych przez imago jaj. Wyniki badania poziomu inwazji z IV pomiaru w 50. tygodniu wskazują na bardzo powolne znikanie skuteczności preparatu wraz z upływem czasu. Widać wyraźnie, że populacja *D. gallinae* odbudowuje się nieznacznie, co rokuje, że po zakończeniu cyklu nieśnego nie będzie zbyt duża i nowy wsad ptaków mimo kamuflowania się ptaszyńców w szczelinach kurnika ich liczba będzie niższa. Otrzymane wyniki wskazują na dużą skuteczność preparatu Exolt w ograniczaniu populacji *D. gallinae* w kurniku przemysłowym. Niezmiernie istotą jest jednak możliwość monitorowania inwazji, szybka ocena jej poziomu i podanie skutecznego preparatu. Ten preparat okazał się nie tylko skutecznym na tle wcześniejszych rozwiązań, ale również ze względu na drogę podania łatwy w użyciu. Podobne wyniki badań odnośnie do skuteczności tego preparatu opisali Nilce M. Soares et al. z 2022 roku, gdzie skuteczność wyniosła 96,9% – 98,8%, jednak badanie dotyczyło *Alloporoptoides galli*, a nie *Dermanyssus gallinae* [23].

W czasie prowadzonego badania skuteczności preparatu monitorowano również nieśność i liczbę upadków kur. Otrzymane pomiary porównano ze standardem przyjętym dla tej rasy kur. W okresie 4 tygodni prowadzonych badań zaobserwowano wzrost nieśności o 3%, jednocześnie odnotowując spadek o 2% liczby upadków kur w porównaniu z normą technologiczną. Ze względu na jednorazowe badanie wynik można uznać za satysfakcjonujący.

Badanie dofinansowano ze środków Ministra Nauki w ramach programu „Regionalna inicjatywa doskonałości”.

Bibliografia

- [1] Nisbet A.J., Huntley J.F., Mackellar A., Sparks N., McDevitt R. 2006. A house dust mite allergen homologue from poultry red mite *Dermanyssus gallinae* (De Geer). *Parasit. Immunol.* 28 (8): 401–415.
- [2] Beugnet F., Chauve C., Gauthey M., Beert L. 1997. Resistance of the red poultry mite to pyrethroids in France. *Vet. Rec.* 31; 140 (22): 577–579.
- [3] Romaniuk K., Sokół R. 2003. Ocena inwazji *Dermanyssus gallinae* w przemysłowej fermie kur niosek. *Biuletyn Naukowy UWM* 22: 235–239.
- [4] Arkle S., Guy J.H., Blackett S.M., Sparagano O. 2004. Variation in the population of *Dermanyssus gallinae* in a free range laying unit and effectiveness of chemical control. *Br. Poult. Sci.* 45, Suppl 1: 45–46.
- [5] Auger A., Nantel J., Meunier N., Harrison JR. 1979. Skin acariasis caused by *Dermanyssus gallinae* (de Geer) an inhospital outbreak. *Can. Med. Assoc. J.* 120 (6): 700–703.
- [6] Deryło A. 2002. *Parazytologia i akaroentomologia medyczna*. Wyd. Nauk. PWN. Warszawa.
- [7] Kowalski A., Sokół R., Jedlińska-Krakowska M. 2006. Wpływ inwazji ptaszyńca *Dermanyssus gallinae* na poziom kortykosteronu oraz wskaźników immunologicznych i hematologicznych u kur niosek. *Medycyna Wet.*, 62 (10): 1188–1190.
- [8] Cosoroaba I. 2001. Massive *Dermanyssus gallinae* invasion in battery-husbandry raised fowls. *Rev. Med. Vet.* 152 (1): 89–96.
- [9] Guy J.H., Khajavi M., Hlalel M.M., Sparagano O. 2004. Red mite (*Dermanyssus gallinae*) prevalence in laying units in Northern England. *Br. Poult. Sci.* 45 Suppl 1: 15–16.
- [10] Kilpinen O., Mullens B.A. 2004. Effect of food deprivation on response of the mite, *Dermanyssus gallinae*, to heat. *Med. Vet. Entomol.* 18 (4): 368–371.
- [11] Kirkwood A.C. 1967. Anaemia in poultry infested with the red mite *Dermanyssus gallinae*. *Vet. Rec.* 80 (17): 514–516.
- [12] Auger A., Nantel J., Meunier N., Harrison JR. 1979. Skin acariasis caused by *Dermanyssus gallinae* (de Geer) an inhospital outbreak. *Can. Med. Assoc. J.* 120 (6): 700–703.
- [13] Beck W, Pfister K. 2006. Mites as a cause of zoonoses in human beings. *Wien. Klin. Wochenschr.* 118 (19-20 Suppl 3): 27–32.
- [14] Cencek T., Ziomko I., Karamon J., Sroka J. 2009. Ocena skuteczności komercyjnych akaricydów wobec roztoczy z gatunku *Dermanyssus gallinae*. *Mat. XIII Kongresu PTNW*, Olsztyn, s. 43.
- [15] Chauve C. 1998. The poultry red mite *Dermanyssus gallinae* (De Geer, 1778) current situation and future prospects for control. *Vet. Parasitol.* 79 (3): 239–245.
- [16] Jank M. 2006. Zwalczanie inwazji ptaszyńców w kurnikach. *Polskie Drobniarstwo*, 3 (17): 2–5.
- [17] Nordenfors H., Höglund J., Tauson R., Chirico J. 2001. Effect of permethrin impregnated plastic strips on *Dermanyssus gallinae* in loose-housing systems for laying hens. *Vet. Parasitol.* 102 (1-2): 121–131.
- [18] Abrahamsson P., Fossum O., Tauson R. 1998. Health of laying hens in an aviary system over fine bathes of birds. *Ac. Vet. Scand.* 39 (3): 367–379.
- [19] Bogdanova E.N. 2005. Distribution and control of acari as vectors of human disease in urban population of Moscow. *Med. Parazitol. (Moskwa)* (3): 9–15.
- [20] Skierska B. 1968. Przypadek masowego zaatakowania ludzi przez roztocze ptasie *Dermanyssus gallinae* (Redi, 1674) (Garmasoidea, Dermanyssidae). *Wiad. Parazytol.* 14 (3): 322–326.
- [21] Maurer V., Baumgartner J., Bieri M., Folsch D.W. 1993. The occurrence of the chicken mite *Dermanyssus gallinae* (Acari: Dermanyssidae) in Swiss poultry houses. *Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft.* 66: 87–97.

- [22] Nisbet A.J., Huntley J.F., Mackellar A., Sparks N., McDevitt R. 2006. A house dust mite allergen homologue from poultry red mite *Dermanyssus gallinae* (De Geer). *Parasit. Immunol.* 28 (8): 401–415.
- [23] Soares, N.M., Tucci, E.C., Perdoncini, G., & Junior, R.D.M. (2022). Efficacy of fluralaner (Exzolt) for the treatment of natural *Allopsoroptoides galli* infestations in laying hens. *Poultry Science*, 101(10), 102099.

Karolina Kraujutowicz

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Koło Naukowe „Rozród koni”

159894@student.uwm.edu.pl

Opiekun: dr hab. Anna Rapacz-Leonard, prof. UWM

APLIKACJA JAKO NARZĘDZIE UŁATWIAJĄCE OCENĘ BÓLU U KLACZY PO PORODZIE ORAZ ANALIZA UŻYTECZNOŚCI SKALI BÓLOWEJ W PRACY LEKARZA WETERYNARII, ZOOTECHNIKA I HODOWCY ZWIERZĄT

Wstęp

Praktyka weterynaryjna we współczesnym świecie wymaga nieustannego doskonalenia metod oceny zdrowia i dobrostanu zwierząt. Jednym z kluczowych elementów opieki poporodowej u klaczy jest skuteczna ocena poziomu ich bólu, która wpływa znacząco na czas rekonwalescencji oraz podnosi dobrostan i ogólny stan zwierzęcia.

Jednakże ocena bólu u klaczy nie jest łatwa ze względu na ich ewolucyjne mechanizmy przystosowawcze. Konie, jako zwierzęta pierwotne, wykształciły mechanizmy minimalizacji oznak bólu, koncentrując się na unikaniu drapieżników [1]. W rezultacie, ocena bólu u tych zwierząt wymaga szczególnej uwagi oraz umiejętności rozpoznawania nawet najmniejszych zmian behawioralnych, które mogą zostać zaobserwowane w badaniu klinicznym.

W celu ułatwienia oceny bólu u koni powstały liczne skale bólowe, które opierają się na zmianach behawioralnych oraz fizycznych parametrach możliwych do oceny w badaniu klinicznym, których użycie pomaga dokładniej ocenić poziom bólu i w celniejszy sposób dobrać dawkę leków przeciwbólowych. Istnieją skale dostosowane do oceny poziomu bólu u koni z bólem ortopedycznym czy kolkowym [2-5], nie istnieje jednak żadna skala przystosowana do bólu u klaczy będących w okresie poporodowym, który charakteryzuje się znacznie innymi cechami niż te wyżej wymienione. Koło Naukowe „Rozród koni” także podjęło próbę stworzenia takiej skali, gdyż duża liczba pacjentów przyjeżdżających do naszej kliniki to właśnie klacze, które potrze-

bują pomocy porodowej, a później, jeśli ich stan nie pozwala na powrót do hodowcy, pozostają pod naszą opieką aż do poprawy ich stanu fizycznego. Dlatego też to narzędzie jest szczególnie przydatne, gdyż odpowiednia ocena bólu może znacząco ułatwić dobranie odpowiednich leków przeciwbólowych i decyzję o postępowaniu z daną pacjentką. Po stworzeniu takiej skali członkowie koła postanowili ułatwić i usprawnić jej użytkowanie i stworzyli funkcjonalną stronę internetową pozwalającą na ocenę klaczy w czasie rzeczywistym.

Skala bólowa wykorzystana w aplikacji pozwala na kompleksową ocenę zachowań klaczy poprzez analizę jej postawy w boksie, napięcia mięśni głowy oraz reakcji na testy z jedzeniem. Badanie kliniczne rozszerzone o ocenę perystaltyki, obecności obrzęków, tętnienia tętnic palcowych czy ogólnej mobilności klaczy pozwala precyzyjnie ocenić jej aktualny stan fizyczny. Każdy z parametrów dobrany jest w taki sposób, by ocena klaczy była jak najbardziej rzetelna i dopasowana do sytuacji poporodowej, a także by skala była maksymalnie intuicyjna i łatwa w użyciu z myślą o różnych grupach użytkowników.

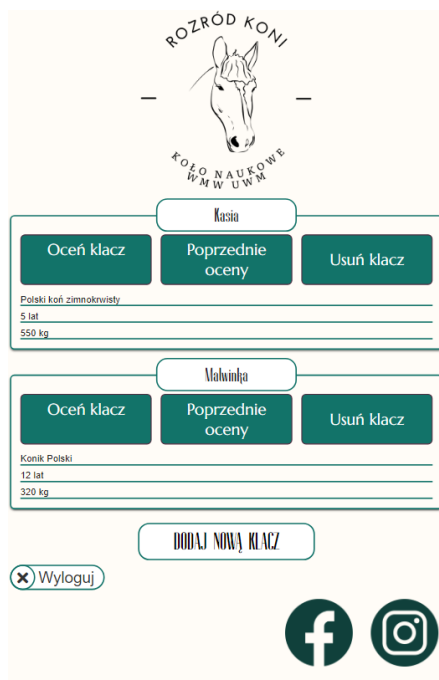
Zgodnie z danymi Krajowego Instytutu Mediów 82,5 procenta gospodarstw domowych w Polsce deklaruje dostęp do Internetu, z czego 93,4% gospodarstw domowych choć jedna osoba w gospodarstwie korzysta z Internetu na komórce. Telefony z ekranem dotykowym posiada 84,5% gospodarstw domowych [6]. Smartfon jest więc ogólnodostępnym narzędziem, który umożliwia łatwy dostęp do Internetu. Dlatego aplikacja omawiana w tej pracy umożliwia ocenę klaczy na każdym rodzaju smartfonu, a także tabletach czy komputerach z dostępem do Internetu, co sprawia, że staje się ona łatwo dostępna dla bardzo szerokiej grupy użytkowników. Co więcej, aplikacja ta jest dostosowana do dzisiejszych realiów i oszczędza czas użytkownika, eliminując konieczność wcześniejszego specjalnego przygotowania się do oceny klaczy, poprzez wydrukowanie tabeli ze skalą oceny bólu, wystarczy, że sięgnie po wybrane urządzenie z dostępem do Internetu.

Cel pracy

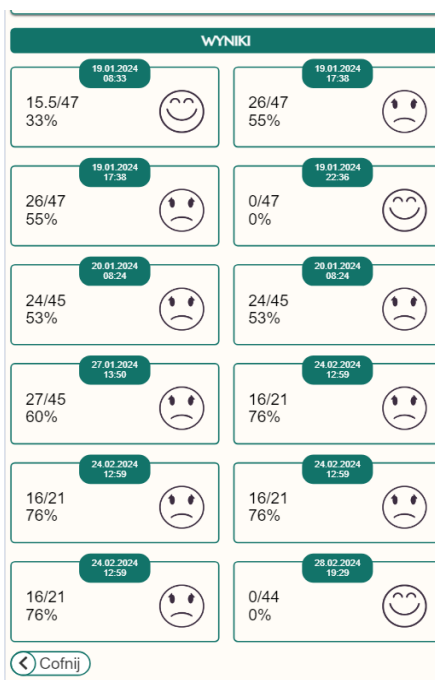
Celem tej pracy jest przedstawienie i analiza funkcji aplikacji internetowej, która została stworzona w celu usprawnienia procesu oceny bólu u klaczy w okresie poporodowym oraz ocena zastosowania skali bólowej oraz jej przydatności w codziennej pracy lekarza weterynarii, zootechnika i hodowcy koni. Badanie to ma na celu propagowanie monitorowania oceny bólu u klaczy po porodzie, podniesienie dobrostanu tych zwierząt oraz poprawę standardu opieki nad klaczami reprodukcyjnymi.

Materiał i metody

Aplikacja wykorzystywana w tym badaniu zawiera wiele przydatnych funkcji. Dzięki zalogowaniu się za pomocą adresu e-mail w domenie Google, użytkownik zyskuje możliwość utworzenia profilu klaczy. To nie tylko skraca czas oceny, eliminując konieczność wpisywania każdorazowo danych ocenianej klaczy (Rys. 1), ale daje też dostęp do jej wcześniejszych wyników (Rys. 2).



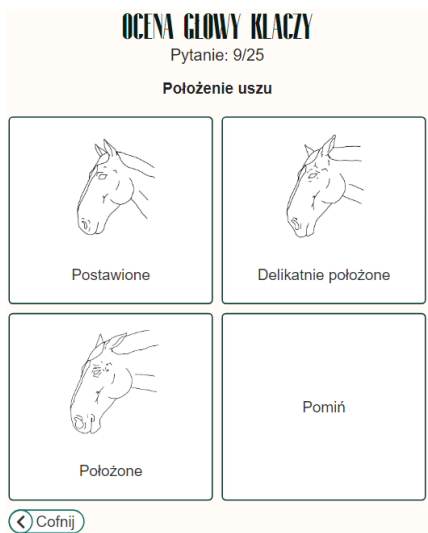
Rysunek 1. Profile klaczy



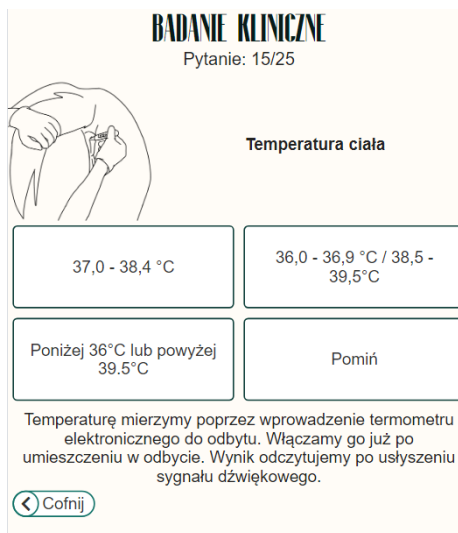
Rysunek 2. Oceny klaczy

To z kolei pozwala na dokładniejszą ocenę stanu fizjologicznego klaczy, możliwość analizy zmian zachodzących na przestrzeni kilku kolejnych dni i ewentualną modyfikację dawkowania leków przeciwbólowych.

Podczas oceny klaczy, użytkownikowi wyświetlane będą pytania. Pierwsze dotyczy subiektywnej oceny poziomu bólu przez użytkownika u ocenianego przez niego zwierzęcia, który może zostać określony jako brak bólu, lekki ból, średni ból, silny ból lub ból nie do wytrzymania. Kolejne związane jest z wyborem grupy zawodowej. Dane te są istotne dla badania omawianego w tej pracy. Później przechodzimy do pytań dotyczących oceny bólowej klaczy według przygotowanej wcześniej przez Koło Naukowe „Rozród koni”.



Rysunek 3. Rysunki poglądowe



Rysunek 4. Opisy badań

Pytania ukazują się sekwencyjnie, a do bardziej wymagających punktów oceny klaczy zostały dołączone poglądowe rysunki (Rys. 3), czy bardziej szczegółowe opisy badań (Rys. 4), tak by ocena klaczy przebiegała w komfortowy sposób i nikomu nie przysporzyła trudności, a ich interaktywny charakter może zwiększyć precyzję oceny.

Odpowiedzi na każde pytanie dokonuje się poprzez naciśnięcie kafelka odpowiadającemu stanowi klaczy. Ponadto oceniający ma możliwość kliknięcia kafelka z napisem „pomiń”, tak by na przykład klacz, która nie jest przyzwyczajona do oceny palpacyjnej wymienia, mogła dalej zostać oceniona z użyciem aplikacji. Dlatego wynik końcowy jest zebrany jako procentowy wynik z ocenianych pytań, pominięcie pytania jest więc możliwe bez znaczącego wpływu na rezultat końcowy.

Ocena klaczy z użyciem tego narzędzia jest zautomatyzowana i wymaga mniej czasu niż tradycyjne metody, ponieważ sama wylicza procentowy wynik, a jedyne co musimy robić, żeby zanotować spostrzeżenia, to klikać w odpowiednie kafelki. Aplikacja ta jest intuicyjna i prosta w użytkowaniu, pozwalając na ocenę klaczy za pomocą nowoczesnej metody i otrzymywanie zaleceń w ciągu sekundy od zakończenia oceny. Poglądowe rysunki i opisy umożliwiają jej użycie także przez osoby mniej doświadczone. Możliwość założenia profilu umożliwia porównanie wielu wyników tej samej klaczy, co jest szczególnie ważne w ocenie tego, jak zmienia się jej poziom bólu w ciągu kolejnych dni.

Aplikacja ma również możliwość zmiany języka na angielski, co pozwala na poszerzenie grupy badawczej i dotarcie do szerszego grona użytkowników. Profil administratora umożliwia dodanie kolejnych pytań lub zmianę tych obecnych już na stronie w miarę tego, jak zmienia się stan wiedzy na temat bólu (Rys. 5). Dodatkowo planu-

jemy w przyszłości zmieścić na stronie skalę bólową rozbudowaną o szereg innych, bardziej dokładnych parametrów, tak by w szczególnie trudnych przypadkach lekarze weterynarii mogli jak najprecyzyjniej ocenić poziom bólu u swoich pacjentów.

Parameter ID	Description (Polish)	Description (English)	Score
4	Mare nie posiada, wyraźnie minimalnie zainteresowana, sporadycznie próbuje jeść, podczas posiłku wyraźnie krząta się i nie odpowiednio przetłuszcza paszczę z gryzłem.	Mare looks at food, is moderately interested, tries to eat, however, visible problems with chewing (parts of food falling out of mouth, abnormal mandible movements)	1
3	Brak zainteresowania paszczą smakowitą / paszcza wypadła nozdrzami	Complete lack of interest in food or bits of food falling out of nostrils	2
FOOD TEST			
Reaction to tasty treats			
Description En			
Max: 2			
BADANIE W RUCHU			
Zachowanie w ruchu			
Icon			
1	Klacz porusza się normalnie	Mare is walking and behaving in a typical way	0
2	Zauważalne zmiany w chodzie/ niechęć do ruchu/ kulawizna	Abnormal walk, aversion to walking, lameness	2
3	Zalegała nie wstaje i nie chce wstać	Mare is lying down and it is not possible for her to stand up	4
EXAMINATION IN MOTION			
Behavior in motion			
Description En			
Max: 4			

Rysunek 5. Widok z profilu administratora

Ocena klaczy odbywa się przy użyciu dwudziestu pięciu parametrów, które zostały pogrupowane w kategorie:

- Ocena klaczy w boksie
- Ocena głowy klaczy
- Badanie kliniczne
- Ocena palpacyjna kłody i wymienia
- Ocena perystaltyki
- Ocena palpacyjna kopyt
- Test z jedzeniem
- Badanie w ruchu

Ocenę klaczy w boksie stanowią postawa i rozłożenie wagi, pozycja, w boksie, swoboda w ułożeniu i ruchach ogona, czy klacz wokalizuje, reakcja na otoczenie, dźwięki oraz zachowania, a także obecność potu. Te parametry zostały zgrupowane razem, aby oceniający mógł ocenić je, stojąc w pewnej odległości od klaczy. Na przykład, stojąc w korytarzu stajni, unikając na tym etapie wchodzenia do boksu. Pozwala to na obserwację naturalnego zachowania klaczy w warunkach stajennych.

Po podejściu bliżej przystępujemy do oceny głowy klaczy, obejmując widoczność zmarszczek, rozwarcie powiek, wywijanie wart i zgrzytanie zębami, położenie uszu, rozwarcie nozdrzy czy wypadanie języka, parametry te są proste w ocenie, szczególnie z pomocą rysunków poglądowych.

W badaniu klinicznym skupiliśmy się na dwóch prostych parametrach do zbadania: liczbie oddechów w ciągu minuty (przyjmując normę 8-16 oddechów w ciągu minuty) oraz na temperaturze rektalnej klaczy, której prawidłowy zakres wynosi 37-38,4°C.

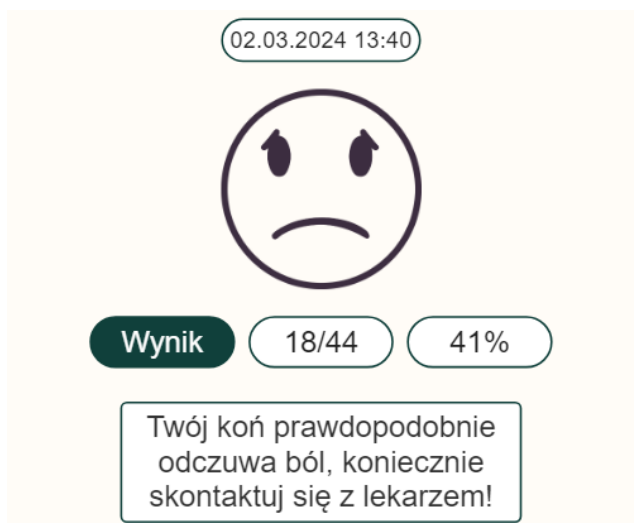
Następnie oceniana jest obecność obrzęków i zmiana temperatury na grzbiecie, brzuchu i wymieniu w porównaniu do otaczających je tkanek.

Kolejnym krokiem jest sprawdzenie, czy w boksie znajduje się świeży kał oraz jakiej jest on konsystencji. Po tym etapie sprawdzano temperaturę kopyt klaczy.

Na koniec wykonujemy testy, które najbardziej zmieniają naturalne zachowanie klaczy. Proponujemy jej smakowitą paszę, by ocenić jej apetyt, zainteresowanie paszą, poprawność przeżuwania i ewentualne wypadanie paszy z pyska. Na koniec oceniamy jej chęć do ruchu oraz występowanie kulawizn.

Po przejściu przez wszystkie pytania, użytkownik otrzymuje podsumowanie, w którym informowany jest o prawdopodobnym poziomie bólu u swojej klaczy. W przypadku gdy jest on wysoki, aplikacja zaleca skonsultowanie się z lekarzem weterynarii.

Grupa badawcza, na której przetestowano aplikację, składała się z dwudziestu dwóch zdrowych klaczy, z czego sześć z nich to klacze rasy polski koń zimnokrwisty, pięć to klacze określone jako w typie zimnokrwistym lub pogrubianym, a pozostałe klacze były ras: arabskiej, fryzyjskiej, hanowerskiej, quarter horse, trakeńskiej, w typie szlachetnym i rasy nieokreślonej. Wiemy, że cztery z badanych klaczy były w okresie poporodowym. Trzy klacze były pacjentkami Katedry Rozrodu Koni z Kliniką na Wydziale Medycyny Weterynaryjnej Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego i każda z tych klaczy miała ciężki poród zakończony fetotomią. Klacze były oceniane od jednego do dwóch razy dziennie, w sumie trzydzieści razy, a poszczególne klacze zostały ocenione od jednego do trzech razy. Udzielane odpowiedzi były przeliczane na wynik końcowy w taki sposób, że każda odpowiedź miała przydzieloną wagę od zera do czterech punktów, a wynik końcowy przedstawiany był jako liczba zdobytych punktów



Rysunek 6. Przykładowy wynik

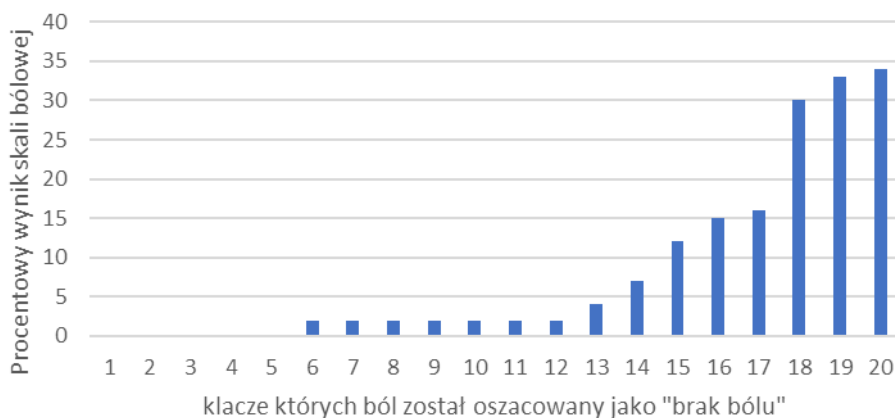
podzielona przez maksymalną możliwą liczbę punktów do zdobycia (pominięte pytania nie były uwzględniane, a wynik przedstawiany był jako wartość procentowa). Gdy osiągnięty wynik był wyższy niż 40%, po skończonej ocenie wyświetlany był komunikat „Twój koń prawdopodobnie odczuwa ból, koniecznie skontaktuj się z lekarzem!” (Rys. 6), a wyniki poniżej tej wartości informowały, że oceniana klacz prawdopodobnie nie odczuwała bólu.

Zebrane wyniki badania były przechowywane w zahasłowanych plikach .csv oraz .xlsx, nie zawierały danych osobowych studentów, lekarzy weterynarii, hodowców koni czy zootechników, a jedynie dane dotyczące zawodu osoby wypełniającej ankietę, jego/jej subiektywną ocenę klaczy, punkty otrzymane w poszczególnych parametrach oceny klaczy oraz wynik końcowy oceny bólu u klaczy. Dane przechowywane były na prywatnym komputerze strzeżonym hasłem, dysku zewnętrznym oraz na dysku w chmurze, do którego dostęp miała tylko osoba przeprowadzająca to badanie.

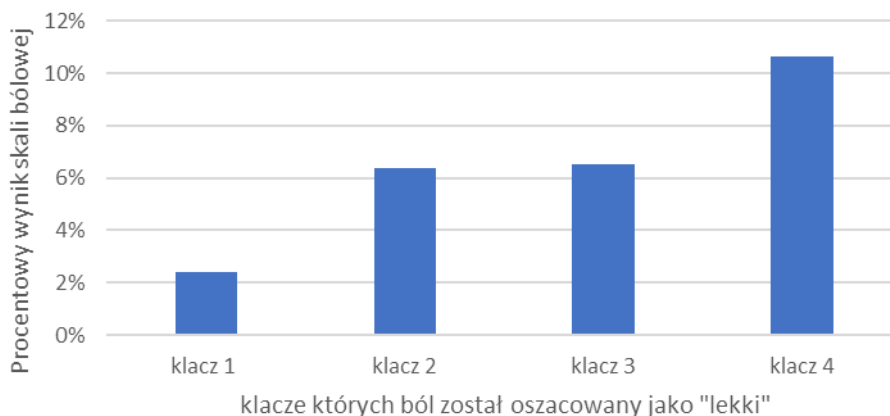
Wyniki

Czternaście pomiarów wykonali studenci, dziesięć hodowcy koni, trzy lekarze weterynarii, a pozostałe sześć osoba, która nie przypisała się do żadnej z wyżej wymienionych grup. Każdy ze studentów uczestniczących w ocenie poziomu bólu klaczy był wcześniej przeszkolony z użycia skali bólowej i potrafił prawidłowo przeprowadzić badanie kliniczne konia. Hodowcy koni otrzymali jedynie wskazówki zawarte w aplikacji i polegali na własnym doświadczeniu podczas oceny koni.

Dwadzieścia razy ocena subiektywna bólu została określona jako „brak bólu”, a średnia wyników ze skali z tych pomiarów wynosiła 8% (Rys. 7).



Rysunek 7. Wykres – Wyniki z aplikacji grupy klaczy, których ból został oszacowany jako „brak bólu”



Rysunek 8. Wykres – Wyniki z aplikacji grupy klaczy, których ból został oszacowany jako „lekki”



Rysunek 9. Wykres – Wyniki z aplikacji grupy klaczy, których ból został oszacowany jako „umiarkowany”

Czterokrotnie ocena subiektywna bólu została określona jako „lekki ból”, a średnia wyników ze skali z tych pomiarów wynosiła 6%. Wynik z aplikacji dla każdej z tych ocen był niższy niż 15% (Rys 8).

Czterokrotnie ocena subiektywna bólu została określona jako „umiarkowany ból”, a średnia wyników ze skali z tych pomiarów wynosiła 22%. Wynik z aplikacji dla każdej z tych ocen mieścił się w przedziale od 9% do 36% (Rys. 9).

Dwa razy ocena subiektywna bólu została określona jako silny ból i w obu przypadkach wynik z aplikacji wynosił 33%.

Najczęściej pomijane pytania dotyczyły badania klinicznego. Zarówno ilość oddechów, jak i pomiar temperatury ciała zostały pominięte osiem razy.

Dyskusja

Analiza porównawcza wyników oceny bólu subiektywnego z bólem ocenionym za pomocą skali bólowej zamieszczonej w tej aplikacji internetowej ukazuje interesujące różnice i zależności pomiędzy obiema metodami. Warto zwrócić uwagę, że średnia bólu w grupie klaczy, których subiektywna ocena była określona jako „brak bólu”, wynosiła 8% czyli, była aż o dwa punkty procentowe wyższa od grupy, która była określona jako „lekki ból”. Co ciekawe, dwie klacze, których ból został określony jako „brak bólu”, osiągnęły wynik sięgający 30%, podczas gdy średni wynik przypadków sklasyfikowanych jako „silny ból” wynosił 33%. Tak rozbieżne wyniki w grupie „brak bólu” mogą wskazywać na potrzebę dalszej edukacji oceniających, co mogłoby wpłynąć na dokładność i konsekwencję w ocenach, a w przyszłości ocena subiektywna tych osób byłaby coraz bardziej precyzyjna, a wraz z doświadczeniem ich wrażliwość na oznaki bólowe u ich klaczy mogłaby wzrosnąć. Dodatkowo warto zauważyć, że żadna z klaczy nie została oceniona więcej niż trzy razy, co sugeruje brak konsekwencji właścicieli w ocenie klaczy. Dodatkowo, warto zwrócić uwagę na fakt, że ogólna liczba zebranych wyników oceny bólu w okresie od marca do maja wynosiła tylko trzydzieści pomiarów. Ta stosunkowo mała liczba może wskazywać na ograniczone zaangażowanie hodowców w proces oceny bólu u klaczy i niską świadomość, że poród może być bolesnym doświadczeniem oraz że ocena bólu u klaczy, oraz wprowadzenie odpowiedniej farmakoterapii przeciwbólowej może mieć znaczenie w procesie rekonwalescencji po porodzie. Wskazuje to na potrzebę dalszej edukacji i promocji świadomości wśród hodowców na temat tego, jak dużą wartość może nieść ze sobą temat oceny bólu u klaczy w okresie poporodowym, a także dostępności narzędzi, takich jak ta aplikacja, które zostały stworzone do wspierania i ułatwiania tego procesu.

Dużą zaletą używania tej aplikacji jest nie tylko zwrócenie uwagi na edukację hodowców i wsparcie ich w ocenie bólu swoich klaczy, ale także to, że dzięki możliwości zapisywania wyników w profilu klaczy lekarz weterynarii, który opiekuje się daną stajnią, może szybko przeanalizować, jak zmienia się poziom bólu u danych klaczy i w razie, gdyby nasilenie bólu nie spadało, albo zaczęło wzrastać, może to ułatwić nie tylko dobranie odpowiednich dawek leków przeciwbólowych czy przeciwzapalnych, ale też zwrócić uwagę na potencjalne problemy zdrowotne lub komplikacje po porodzie, co umożliwi szybszą i dokładniejszą diagnozę. Dzięki temu podejście do terapii może być bardziej indywidualne, a lekarz weterynarii z większą łatwością może dostosować leczenie do specyficznych potrzeb każdej klaczy, co przyczynia się do poprawy i skuteczności terapii.

Używanie narzędzi takich jak aplikacja do oceny bólu u klaczy, przez hodowców, lekarzy weterynarii, studentów i zootechników przyczyni się do podnoszenia standardów opieki weterynaryjnej poprzez promowanie monitorowania zdrowia i podnoszenia dobrostanu zwierząt w sposób systematyczny i spersonalizowany. Dzięki regularnemu monitorowaniu poziomu bólu oraz reakcji na terapię, lekarze weterynarii mogą

podejmować bardziej świadome i indywidualne decyzje terapeutyczne, co przekłada się na lepsze rezultaty leczenia oraz ogólny stan zdrowia zwierząt. Osoby bez zaawansowanej wiedzy w ocenie bólu mają szansę nauczyć się, na co warto zwracać uwagę, obserwując swoje klacze na co dzień. Dzięki temu szybciej będą w stanie zareagować i wezwać lekarza weterynarii do swojej stajni, gdy nastąpi taka potrzeba.

Warto zauważyć, że skala bólowa użyta w omawianej aplikacji stanowi pierwszą próbę oceny bólu u klaczy bezpośrednio po porodzie. Jest to istotne osiągnięcie, ponieważ dotychczasowe narzędzia oceny bólu koncentrowały się na bólach ortopedycznych lub kolkowych, a nie były specjalnie dostosowane do potrzeb klaczy po porodzie. Nasza skala bólowa jest więc pionierskim krokiem w kierunku bardziej precyzyjnej oceny dyskomfortu i bólu u tych zwierząt w tym szczególnym okresie. Ta unikalna cecha sprawia, że nasza aplikacja staje się jeszcze bardziej atrakcyjna dla praktyków weterynarii oraz naukowców z całego świata, którzy zajmują się zdrowiem i dobrym samopoczuciem klaczy po porodzie. Udostępnienie jej na szeroką skalę międzynarodową może przyczynić się do poprawy opieki nad klaczami w okresie poporodowym oraz do poszerzenia wiedzy na temat dolegliwości bólowych u tych zwierząt.

Nasza aplikacja została zaprojektowana z myślą o użytkownikach, aby zapewnić im intuicyjne i łatwe w użytkowaniu narzędzie do oceny bólu u klaczy. Dostępna jest w dwóch językach, angielskim i polskim, co umożliwia korzystanie z niej przez szerokie grono osób. Każde pytanie w aplikacji jest opatrzone rysunkami i opisami, co sprawia, że ich wykonanie jest proste i zrozumiałe, nawet dla osób niezwiązanych zawodowo z medycyną weterynaryjną. Ponadto, każde z pytań można pominąć, a końcowy wynik jest obliczany w formie procentowej, co oznacza, że pominięcie pojedynczych pytań nie ma znaczącego wpływu na ostateczny rezultat. Na stronie aplikacji znajdują się również linki do mediów społecznościowych, ułatwiające kontakt z nami w przypadku jakichkolwiek uwag lub pytań od użytkowników. Wykonywanie skali jest niezwykle proste, nie wymaga użycia kalkulatora, a sumowanie wyników zajmuje zaledwie ułamki sekund. Co więcej, użytkownikom nie jest potrzebne przygotowywanie wydrukowanej skali, długopisu czy kalkulatora – wystarczy jedynie urządzenie z dostępem do Internetu, co sprawia, że korzystanie z aplikacji jest wyjątkowo wygodne i dostępne praktycznie w każdym miejscu i czasie.

Aplikacja została stworzona tak, aby umożliwić łatwą adaptację do zmieniającej się wiedzy na temat oceny bólu u klaczy. Jako administratorzy, mamy możliwość dodawania nowych pytań lub modyfikowania istniejących, aby zapewnić, że wszystkie kwestie są zgodne z najnowszymi standardami i badaniami naukowymi dotyczącymi oceny bólu u koni. Dzięki temu aplikacja może być stale rozwijana, aby lepiej służyć użytkownikom i dostarczać najbardziej aktualne i rzetelne narzędzie do oceny bólu.

Wnioski z przeprowadzonych badań oraz analiza wyników jednoznacznie wskazują na wartość aplikacji w ocenie bólu u klaczy po porodzie. Jednakże, aby jeszcze bardziej podnieść efektywność i dokładność tego narzędzia, warto rozważyć integrację aplikacji ze sztuczną inteligencją (AI) oraz algorytmami machine learning (ML). Technologie

te umożliwiłyby aplikacji nie tylko przetwarzanie większej ilości danych, ale także ich analizę w sposób, który przewyższa możliwości ludzkiej percepcji.

Zastosowanie machine learning pozwoliłoby aplikacji na samouczenie się na podstawie zebranych danych z każdej oceny bólu, co w efekcie prowadziło do stałego doskonalenia jej funkcji. AI mogłaby analizować wzorce zachowań i objawów bólowych u klaczy, co mogłoby przyczynić się do jeszcze bardziej precyzyjnych ocen oraz rekomendacji terapeutycznych. Dzięki integracji ze sztuczną inteligencją, aplikacja mogłaby również dostarczać użytkownikom bardziej spersonalizowane wskazówki, uwzględniając specyficzne cechy poszczególnych klaczy, ich historię zdrowotną oraz indywidualne reakcje na ból. Wprowadzenie AI i machine learning mogłoby również usprawnić proces weryfikacji i uzupełniania brakujących danych, co obecnie stanowi jedno z wyzwań aplikacji.

Wnioski

Podsumowując, należy stwierdzić, że nasza aplikacja stanowi innowacyjne narzędzie, które ma na celu ułatwienie i usprawnienie oceny bólu u klaczy w okresie poporodowym oraz zbieranie wyników z poszczególnych pomiarów w jednym miejscu. Dzięki jej zastosowaniu możliwe jest szybsze i bardziej precyzyjne monitorowanie stanu zdrowia klaczy, co przyczynia się do podniesienia dobrostanu tych zwierząt oraz poprawy standardów opieki weterynaryjnej. Analiza wyników badania wskazuje, że aplikacja jest przydatnym narzędziem w praktyce codziennej lekarzy weterynarii, hodowców koni i zootechników, umożliwiając skuteczniejsze podejmowanie decyzji terapeutycznych oraz indywidualne podejście do opieki nad klaczami reprodukcyjnymi.

Dalszy rozwój aplikacji i edukacja użytkowników w zakresie oceny bólu u klaczy mogą przyczynić się do dalszego podnoszenia standardów opieki nad końmi oraz poprawy ich dobrostanu w okresie poporodowym. Ważne jest, by kontynuować badania zarówno nad aplikacją, jak i nad samą skalą oceny bólu u klaczy po porodzie, prowadzić dalsze testy terenowe, tak by była w stanie przyczynić się ona do jak najdokładniejszej oceny poziomu bólu u klaczy, ale też spełniała oczekiwania jej użytkowników i pozostawała aktualna w zmieniającym się dynamicznie środowisku weterynaryjnym.

Podziękowania

Chciałabym serdecznie podziękować Pani profesor Annie Rapacz-Leonard za czuwanie nad poprawnością merytoryczną tej pracy oraz za nieustające wsparcie, dzielenie się wiedzą i doświadczeniem oraz za każdą radę, która była bezcenna w tworzeniu tej pracy.

Następnie pragnę wyrazić głęboką wdzięczność wobec Sebastiana Raszki za programowanie naszej aplikacji. Dzięki Twojej pracy aplikacja działa sprawnie i zgodnie z oczekiwaniami.

Nie mogę zapomnieć również o członkach naszego Koła Naukowego „Rozród koni”, których praca nad stworzeniem skali bólowej była kluczowa dla naszego projektu. Wasze badania i staranne opracowanie skali stanowiły solidną podstawę do stworzenia aplikacji.

Ostatnie, lecz nie mniej istotne, podziękowania kieruję do wszystkich osób, które wypełniały skalę i pozwoliły nam przeprowadzić to badanie. Wasze odpowiedzi były niezwykle cenne i stanowiły fundament analiz.

Bibliografia

- [1] Costa E.D., Stucke D., Dai F., Minero M., Leach M.C., Lebelt D., Using the horse grimace scale (HGS) to assess pain associated with acute laminitis in horses (*Equus caballus*), *Animals*, vol. 6, no. 8, Aug. 2016, doi: 10.3390/ani6080047.
- [2] de Grauw J.C., van Loon J.P.A.M., Systematic pain assessment in horses, *Veterinary Journal*, vol. 209. Bailliere Tindall Ltd, pp. 14–22, Mar. 01, 2016. doi: 10.1016/j.tvjl.2015.07.030.
- [3] van Loon J.P.A.M. Van Dierendonck M.C., Monitoring acute equine visceral pain with the Equine Utrecht University Scale for Composite Pain Assessment (EQUUS-COMPASS) and the Equine Utrecht University Scale for Facial Assessment of Pain (EQUUS-FAP): A scale-construction study, *Veterinary Journal*, vol. 206, no. 3, pp. 356–364, Dec. 2015, doi: 10.1016/j.tvjl.2015.08.023.
- [4] van Loon J.P.A.M., Macri L., Objective assessment of chronic pain in horses using the horse chronic pain scale (Hcps): A scale-construction study, *Animals*, vol. 11, no. 6, Jun. 2021, doi: 10.3390/ani11061826.
- [5] Short C.E., Fundamentals of pain perception in animals, 1998.
- [6] Wyniki Badania Założycielskiego Krajowego Instytutu Mediów, Usługi medialne i infrastruktura do ich odbioru w gospodarstwach domowych w Polsce w 2022 roku.

Adrianna Michniewicz

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie Studenckie Koło Naukowe Patologów
Weterynaryjnych

157836@student.uwm.edu.pl

Recenzent Michał Gesek, dr hab., prof. UWM

BADANIE MORFOMETRYCZNE JELIT KURCZĄT BROJLERÓW OTRZYMUJĄCYCH BIAŁKO POCHODZĄCE OD LARW MUCHY CZARNEJ (*HERMETIA ILLUCENS L.*)

Wprowadzenie

Zgodnie z danymi Międzynarodowej Federacji Przemysłu Paszowego (IFIF) oraz prognoz Organizacji Narodów Zjednoczonych (ONZ) do 2050 roku liczba ludności na świecie przekroczy 10 miliardów [1]. Wzrost liczby ludności spowoduje znaczny skok konsumpcyjny, wymuszając zwiększoną potrzebę produkcji żywności w celu zaspokojenia potrzeb ludzi i zwierząt, przy jednoczesnym ograniczeniu dostępności do nowych gruntów rolnych [2]. Rosnąca liczba ludności oraz chęć poprawy jakości życia spowoduje wzrost popytu na produkty pochodzenia zwierzęcego, co z kolei doprowadzi do zwiększonego zapotrzebowania na pasze dla zwierząt [3]. Zakłada się, że w przyszłości światowy popyt na mięso drobiowe i jaja znacznie wzrośnie ze względu na ich wysoką wartość odżywczą oraz stosunkowo niską cenę [4]. Jak wiadomo, żywienie jest jednym z ważniejszych czynników, które wpływają na zdrowotność, wyniki produkcyjne oraz jakość otrzymanego surowca. Stąd wymagane jest stosowanie materiałów paszowych o wysokiej zawartości białka, posiadającego odpowiedni profil aminokwasowy, smakowitość oraz właściwą strawność. Obecnie w żywieniu drobiu głównym źródłem białka jest poekstrakcyjna śruta sojowa, w większości otrzymywana z soi zmodyfikowanej genetycznie. Z uwagi jednak na specyfikę jej uprawy, konieczność importu oraz wysokie koszty, producenci pasz poszukują alternatywnych metod zastąpienia soi jako źródła białka w żywieniu zwierząt. Od wielu lat prowadzone są liczne badania sprawdzające wpływ poszczególnych alternatywnych pasz oraz dodatków paszowych na drób. Jednym z obiektów zainteresowania stały się materiały paszowe zawierające w swoim

składzie białko owadzie, stanowiące tzw. nową żywność. Pojęcie to wprowadziło na terenie Unii Europejskiej zjawisko entomofagii, czyli spożywania owadów przez człowieka i zwierzęta [5]. Owady należą do bezkręgowców występujących powszechnie w środowisku, a ich szacunkową liczę określa się na ponad 2 miliony gatunków. Przy czym zgodnie z danymi Organizacji Narodów Zjednoczonych ds. Wyżywienia i Rolnictwa (FAO) około 2 000 gatunków owadów uznaje się za jadalne. Europejski Urząd ds. Bezpieczeństwa Żywności (EFSA) określił warunki dotyczące bezpiecznego stosowania owadów do celów paszowych, na podstawie którego sporządzony został ich wykaz zamieszczony w Rozporządzeniu Komisji (UE) 2017/893. Na liście znalazły się następujące gatunki: mucha czarna (*Hermetia illucens*), mucha domowa (*Musca domestica*), mącznik młynarek (*Tenebrio molitor*), pleśniakowiec złocisty (*Alphitobius diaperinus*), świerszcz domowy (*Acheta domestica*), świerszcz bananowy (*Grylloides sigillatus*) i świerszcz kubański (*Gryllus assimilis*) [6, 7].

Mucha czarna z łaciny *Hermetia illucens*, często nazywana również czarnym żołnierzem (z angielskiego Black Soldier Fly), należy do stawonogów z rodziny lwinkowatych, rodzaju *Hermetia*. Naturalny zasięg jej występowania obejmował najprawdopodobniej tropikalną i subtropikalną strefę krainy neotropikalnej. Obecnie uznawana za gatunek kosmopolityczny jest stwierdzana niemal we wszystkich krainach zoogeograficznych [8]. W naturalnych warunkach środowiska często można zaobserwować jej obecność na obszarach rolniczych, w miejscach, gdzie zlokalizowane są odpady organiczne stanowiące odpowiednie miejsce do ich rozwoju oraz w sąsiedztwie śmietników lub kompostowników na terenach miejskich. Owad ten charakteryzuje się rozwojem złożonym, a w samym cyklu wyróżnić możemy jaja, larwy, przedpoczwarki, poczwarki oraz postać dorosłą. Rozwój muchy czarnej jest relatywnie krótki, posiada szerokie spektrum fagiczne larw i postaci dorosłych, niewielkie wymagania odnośnie do powierzchni hodowli oraz łatwe do osiągnięcia i utrzymania warunki termiczne dla wzrostu larw, co charakteryzuje ją jako obiecującą alternatywę do hodowli, w celu pozyskania z niej materiału paszowego. Hodowla owadów powoduje nieznaczną emisję gazów cieplarnianych, a zużycie wody w ich chowie również jest znacznie mniejsze niż w przypadku innych zwierząt. Ponadto do wytworzenia 1 kg białka z czarnej muchy, potrzebne jest znacznie mniej paszy, niż w przypadku innych zwierząt gospodarskich. W trakcie procesu chowu tego owada i jego przetwarzania powstaje wiele produktów, które można wykorzystać. Najcenniejszymi produktami są substancje odżywcze pozyskane z larw czarnego żołnierza. Stanowią one bogate źródło tłuszczu (7–39% suchej masy – s.m.) i białka (37–63% s.m.) o lepszym profilu aminokwasowym niż mączka produkowana z genetycznie zmodyfikowanej śruty sojowej (SBM), służąc tym samym do produkcji pełnotłustej i częściowo odtłuszczonej mączki larwalnej oraz oleju z larw [9]. W wielu niezależnych pracach i badaniach mączka owadzia z larw czarnego żołnierza wymienia się jako przyszłościowa alternatywa źródła białka, która potencjalnie zastąpić może obecnie wykorzystywane zasoby białka, głównie roślinnego [5]. Dostępne artykuły opisują badania nad możliwością całkowitego zastąpienie białka SBM białkiem

muchy czarnego żołnierza u kur niosek [10], ale nie u kurcząt brojlerów, co skłoniło nas do przeprowadzenia badań w tym kierunku.

Cel pracy

Celem pracy była ocena wpływu częściowego (50%, 75%) lub całkowitego (100%) zastąpienia, powszechnie używanej mączki sojowej produkowanej z genetycznie zmodyfikowanej śrutę sojowej (SBM), pełnotłustą mączką wyprodukowaną z larw muchy czarnej *Hermetia illucens* L. (HI) w żywieniu kurcząt brojlerów. Analizie poddano wpływ takiego podejścia na morfometrię wybranych odcinków jelit (dwunastnica, jelito czcze, jelito biodrowe) badanych grup ptaków.

Materiały i metody

Badania przez nas prowadzone były częścią obszernego doświadczenia prowadzonego przez zespół profesor Murawskiej [11], który badał możliwość częściowego lub całkowitego zastąpienia śrutę sojowej, wykorzystywanej w żywieniu drobiu jako źródło białka, przez pełnotłustą mączką z larw muchy czarnej (*Hermetia illucens*, HI). Doświadczenie przeprowadzone zostało na 384 kurczętach brojlerach linii Ross 308, utrzymywanych analogicznie do naturalnych warunków produkcyjnych przez 42 dni. Ptaki podzielono na cztery grupy żywieniowe, z czego trzy stanowiły grupy doświadczalne, a umieszczone w nich zwierzęta otrzymywały paszę o różnej zawartości pełnotłustej mączki z larw owadów (50% dla grupy HI 50, 75% dla grupy HI 75 oraz 100% dla grupy HI 100) oraz grupę kontrolną (HI 0), która otrzymywała paszę zawierającą genetycznie zmodyfikowaną śrutę sojową, stanowiącą główne źródło białka w ich diecie, a nie otrzymywała paszy zawierającej białko owadzie. Mączka z larw *Hermetia illucens* została zakupiona w firmie HiProMine S.A. (Robakowo, Polska). Zwierzęta utrzymywane były w kojcach o wymiarach 1,1 m na 1,25 metrów, a każdy z nich wyposażony był w karmnik, poidło automatyczne do wody oraz pellet ze słomy stanowiący ściółkę. Każdą z czterech grup żywieniowych podzielono na trzy standardowe fazy żywienia w cyklu produkcyjnym, tj. starter, podawaną między 1.-14. dniem życia, grower między 15.-35. dniem życia oraz finisz od 36. do 42. dnia życia. Woda i pasza podczas trwania całego doświadczenia dostępne były dla ptaków w systemie żywienia *ad libitum*. Warunki środowiskowe utrzymania ptaków były zgodne ze standardowo stosowanymi praktykami hodowlanymi [12], obejmując 18-godzinny dzień świetlny i 6-godziną noc świetlną oraz odpowiednie warunki wentylacyjne i temperaturowe. Ptaki monitorowano codziennie pod kątem wystąpienia objawów klinicznych chorób oraz upadków.

W 42. dniu doświadczenia, z każdej z czterech grup żywieniowych, 6 ptaków poddano oszołomieniu poprzez metodę elektryczną, a następnie wykrwawieniu przez przecięcie żył szyjnych, po uboju przeprowadzono badanie sekcyjne. Pobrane podczas sekcji narządy utrwalono w 10% zbuforowanej formalinie.

Z utrwalonych tkanek pobierano fragmenty jelit, które zostały poddane rutynowej obróbce histopatologicznej. Z dwunastnic ptaków pobierano fragment poprzeczny jelita 3 cm od ujścia z żołądka mięśniowego. Z jelit czczych pobierano fragment 2 cm dogłowowo od uchyłka Meckela. Z jelit biodrowych i ślepych pobierano fragment jelita w połowie długości jelita ślepego. Fragmenty jelit płukano w wodzie bieżącej, odwadniano przy użyciu etanolu o wzrastającym stężeniu, prześwietlano w ksylenie, zatapiało w bloczki parafinowe (orientacja tkanki do cięcia poprzecznego jelita) oraz krojono na mikrotomie rotacyjnym (HistoCore MULTICUT, Leica Biosystems, Wetzlar, Niemcy). Uzyskane w ten sposób skrawki parafinowe o grubości około 3 μm poddano rutynowemu barwieniu hematoksyliną i eozyną (HE).

Przygotowany w ten sposób materiał został poddany standardowej ocenie histopatologicznej. W badaniu wykorzystane zostały również wskaźniki analizy morfometrycznej jelit, takie jak wysokość kosmków – mierzona od czubka kosmków do szczytu krypt, głębokość krypt – mierzona od nasady kosmków do błony podśluzowej jelit, szerokość kosmków – mierzona w połowie wysokości kosmków jelitowych oraz grubość warstwy mięśniowej. Z każdego fragmentu jelita wykonywano 20 pomiarów (20 wysokości kosmków, 20 głębokości krypt, 20 grubości warstwy mięśniowej). Zebrane dane pomiarowe układu pokarmowego ptaków przygotowane zostały przy użyciu programu Panoramic Viewer (3DHISTECH, Węgry), a następnie opisane w formie tabel porównawczych, odpowiadających grupom żywieniowym ptaków, porównując wyniki otrzymane z grup doświadczalnych i kontrolnej.

Wyniki

Do oceny morfometrycznej wybrane zostały odcinki dwunastnicy, jelita czczego oraz jelita biodrowego ptaków poddanych ubojowi. Wyniki dla poszczególnych odcinków jelit zostały zebrane w tabelach, tj. dla dwunastnicy Tab. 1, dla jelita czczego Tab. 2 oraz dla jelita biodrowego Tab. 3.

Wyniki analizy morfometrycznej dwunastnicy przedstawione w tabeli ukazują istotne różnice pomiędzy grupami. Wysokość kosmków jest istotnie niższa w grupie HI100 w porównaniu do grup HI0, HI50 i HI75, co wskazuje na skrócenie kosmków jelitowych ($p < 0,001$). Szerokość kosmków różni się pomiędzy grupą HI75 a grupami HI50 oraz HI100 ($p < 0,005$). Analiza głębokości krypt również wykazała różnice pomiędzy grupami żywieniowymi HI0, HI50, HI75 a grupą HI100, co sugerować może negatywny wpływ pasz zawierających 100% mączki z larw muchy czarnej. Grubość

Tabela 1. Analiza wskaźników morfometrycznych dwunastnicy

Dwunastnica							
		HI0	HI50	HI75	HI100	SEM	P
Wysokość kosmków		1847,82 ^A	1780,07 ^A	1906,15 ^A	1505,33 ^B	43,67	0,001
	SEM	38,52	63,00	68,37	78,06		
Szerokość kosmków		157,94 ^{AB}	133,55 ^A	183,17 ^B	138,42 ^A	5,99	0,005
	SEM	6,69	9,97	11,01	9,49		
Głębokość krypt		201,11 ^A	180,69 ^A	185,24 ^A	151,91 ^B	5,24	0,003
	SEM	7,69	9,39	8,14	6,20		
Grubość warstwy mięśniowej		325,79 ^A	227,53 ^B	266,38 ^{AB}	205,73 ^B	15,16	0,017
	SEM	29,28	30,39	26,53	8,97		

Objaśnienia: SEM – średnia wartość; MS – masa ciała; P – Value – odchylenie standardowe; HI0 – grupa kontrolna, 0% mączki HI; HI50 – grupa otrzymująca 50% mączkę HI; HI75 – grupa otrzymująca 75% mączkę HI; A–D – średnie wartości w wierszu, wykazujące odmienne wartości między badanymi grupami żywieniowymi

Źródło: [12].

warstwy mięśniowej różni się między grupami HI0 a grupami HI50 oraz HI100, co także wykazała analiza ($p < 0,017$), wskazując na zmniejszenie grubości ścian w grupach doświadczalnych (HI50 i HI100), w porównaniu do grupy kontrolnej. Podsumowując, analiza wskaźników morfometrycznych dwunastnicy wskazuje na negatywny wpływ pasz zawierających różne proporcje mączek z larw *Hermetia illucens* (50%, 75%, 100%), na morfometrię badanej części układu pokarmowego.

Tabela 2. Analiza wskaźników morfometrycznych jelita czczego

Jelito czcze							
		HI0	HI50	HI75	HI100	SEM	P
Wysokość kosmków		1130,02	851,98	940,08	1093,87	50,99	0,177
	SEM	102,54	85,07	89,62	108,77		
Szerokość kosmków		128,79	122,13	132,44	112,66	3,81	0,284
	SEM	12,10	4,74	4,19	5,95		
Głębokość krypt		165,63	132,56	143,41	127,32	5,47	0,052
	SEM	9,15	13,25	5,98	9,06		
Grubość warstwy mięśniowej		324,48 ^A	205,42 ^A	207,30 ^A	188,95 ^B	16,20	0,004
	SEM	18,40	27,69	32,91	17,19		

Objaśnienia: SEM – średnia wartość; MS – masa ciała; P – Value – odchylenie standardowe; HI0 – grupa kontrolna, 0% mączki HI; HI50 – grupa otrzymująca 50% mączkę HI; HI75 – grupa otrzymująca 75% mączkę HI; A–D – średnie wartości w wierszu, wykazujące odmienne wartości między badanymi grupami żywieniowymi

Źródło: [12].

Wyniki analizy morfometrycznej jelita czczego przedstawione w tabeli ukazują różnice pomiędzy grupami w grubości warstwy mięśniowej jelita, między grupami HI0, HI 50, HI 75 a grupą HI100, ($p < 0,004$), zaobserwowana różnica, wykazuje zmniejszenie grubości warstwy mięśniowej jelita czczego w grupie HI100. Wskazywać to może na negatywny wpływ pasz zawierających 100% pełnotłustą mączkę z larw owadzych.

Tabela 3. Analiza wskaźników morfometrycznych jelita biodrowego

Jelito biodrowe							
		HI0	HI50	HI75	HI100	SEM	P
Wysokość kosmków		941,78 ^A	781,02 ^{AB}	686,62 ^B	709,75 ^B	35,85	0,038
	SEM	79,53	26,26	71,57	59,51		
Szerokość kosmków		136,12 ^A	107,89 ^B	141,20 ^A	95,86 ^B	5,19	0,000
	SEM	8,29	2,88	9,47	6,36		
Głębokość krypt		151,56 ^A	145,90 ^A	148,23 ^A	110,54 ^B	5,00	0,004
	SEM	7,80	3,43	9,69	8,60		
Grubość warstwy mięśniowej		306,97 ^A	284,50 ^A	214,84 ^{AB}	181,55 ^B	18,23	0,038
	SEM	43,92	40,55	18,08	12,33		

Objaśnienia: SEM – średnia wartość; MS – masa ciała; P – Value – odchylenie standardowe; HI0 – grupa kontrolna, 0% mączki HI; HI50 – grupa otrzymująca 50% mączkę HI; HI75 – grupa otrzymująca 75% mączkę HI; A–D – średnie wartości w wierszu, wykazujące odmienne wartości między badanymi grupami żywieniowymi

Źródło: [12].

Wyniki analizy morfometrycznej jelita biodrowego, przedstawione w tabeli powyżej, przedstawiają występujące różnice pomiędzy grupami żywieniowymi. Wysokość kosmków ukazuje skrócenie ich długości w grupach HI100 oraz HI75 w porównaniu do grupy kontrolnej HI0 ($p < 0,038$), co sugeruje podobnie zaobserwowane wnioski, jak w przypadku analizy morfometrycznej dwunastnicy. Ponadto, szerokość kosmków różni się pomiędzy grupą kontrolną HI0 i grupą HI75 a grupami HI50 oraz HI100 ($p < 0,005$). Analiza głębokości krypt również ujawnia różnice pomiędzy grupami HI0, HI50, HI75 a grupą HI100. Grubość warstwy mięśniowej różni się między grupą kontrolną HI0 i HI50 a grupą HI100 ($p < 0,038$).

Dyskusja

Z uwagi na stale rosnącą populację ludzką oraz zwiększone zapotrzebowanie na wartościowe źródła białka, owady stały się alternatywną możliwością zastąpienia obecnie najczęściej stosowanych białek [13]. W dotychczasowo przeprowadzonych badaniach, wykazano pozytywny wpływ stosowania pasz zawierających mączki z larw owadzych

w niższych dawkach. W pracy Dabbou, Gai, Biasato, al. i in. oraz Schiavone, De Marco, Martínez i in. [14, 15] udowodnili, że częściowo odtłuszczona mączka z larw HI włączona do diet kurcząt brojlerów w ilości 5% i 15% wywarła korzystny wpływ na przyrosty ptaków i jakość ich mięsa. Celem prowadzonych eksperymentów było zbadanie możliwości zastąpienia białka roślinnego białkiem owadzym w wyższych dawkach w paszy (50%, 75%, 100%) oraz analiza takiego postępowania na morfometrię wybranych odcinków jelit u kurcząt brojlerów.

Wyniki analizy wskaźników morfometrycznych wybranych odcinków jelit wykazały znaczące różnice między grupami żywieniowymi, wskazując na potencjalnie niekorzystny wpływ pasz zawierających różne proporcje mączek z larw *Hermetia illucens* (50%, 75%, 100%) na morfometrię wybranych odcinków przewodu pokarmowego. Zgodnie z zebranymi wynikami badań stwierdzić można, iż prawdopodobnie wykorzystanie mączek owadzych jako substytutu mączki SMB powodować może wystąpienie problemów z wchłanianiem substancji odżywczych, co w dalszej konsekwencji negatywnie wpływać może na przyrosty ptaków, wskaźniki produkcyjne oraz powodować może wystąpienie nieswoistych objawów chorobowych ze strony przewodu pokarmowego.

Według Moniello i in. [16] dodatek HI w ilości 25% i 50% zamiast śrutu sojowej pozytywnie wpływa na właściwości morfometrię jelit kur niosek. Heuel i in. [17] wykazali, że pasze na bazie SBM można całkowicie zastąpić mączką owadzią i tłuszczem czarnego żołnierza w diecie wysokowydajnych niosek. Nasze badania skupiały się na wpływie stosowania mączek owadzych u brojlerów kurzych, a badane przez nas wskaźniki analizy różniły się względem rezultatów otrzymanych u niosek. Otrzymane przez nas wyniki wykazują, że stosowanie pasz zawierających mączki z larw muchy czarnej negatywnie wpływa na morfometrię wybranych odcinków jelit u brojlerów. Wskazywać to może na brak możliwości częściowego oraz całkowitego zastąpienia białek roślinnych, białkiem owadzym.

Oceniane przez nas wyniki analizy morfometrycznej, które wykazały skrócenie i zmniejszenie wysokości oraz szerokości kosmków, zmiany w głębokości krypt oraz zmniejszenie grubości warstwy mięśniowej jelit, wskazują na zaburzenia w procesach wchłaniania i trawienia u grup badawczych, u których zaobserwowano istotne różnice w parametrach, co przekłada się na spożycie paszy, pogorszenie wskaźników produkcyjności, a to może tłumaczyć wystąpienie pogorszenia wskaźników produkcyjności tuszy, które zaobserwowano w dalszej części badań profesor Murawskiej i in. [11].

Wnioski

Badanie wykazało, że zastąpienie mączki SBM dużą zawartością pełnotłustej mączki owadziej w diecie kurcząt brojlerów przez cały okres odchowu wywiera niekorzystny wpływ na morfometrię wybranych odcinków przewodu pokarmowego, co prawdo-

podobnie przekłada się na gorszą jakość tusz, masę ciała oraz narządów wewnętrznych ptaków.

Podziękowania

Szczególne podziękowania dla zespołu badawczego profesor Murawskiej i in. za możliwość wzięcia udziału w projekcie badawczym. Podziękowania za dofinansowanie wystąpienia w konferencji naukowej w ramach Programu „Regionalna inicjatywa doskonałości”. Dofinansowano ze środków Ministra Nauki w ramach Programu „Regionalna inicjatywa doskonałości” / „Funded by the Minister of Science under the Regional Initiative of Excellence Program”.

Bibliografia

- [1] Statystyki FGF. Czym jest światowy przemysł paszowy. Arkuszy informacyjny Międzynarodowej Federacji Przemysłu Paszowego. Międzynarodowa Federacja Przemysłu Paszowego (IFIF); Wiehl, Niemcy: 2019. (dostęp 2024.05.04).
- [2] Mitsuhashi J. 2010. The Future use of insects as human food. W: Durst P. B., Johnson D.V., Leslie R. N., Shono K. (eds.): Forest insects as food: humans bite back. FAO Regional Office for Asia and the Pacific, 115–122.
- [3] Altmann B., Wigger R., Ciulu M., & Mörlein D. 2020. The effect of insect or microalga alternative protein feeds on broiler meat quality. *Journal of the science of food and agriculture*, 100(11), 4292–4302. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10473>.
- [4] Józefiak D., Józefiak A., Kierończyk B., Rawski M., Świątkiewicz S., Długosz J. & Engberg R. 2016. Insects – A Natural Nutrient Source for Poultry – A Review. *Annals of Animal Science*, 16(2) 297–313. <https://doi.org/10.1515/aoas-2016-0010>.
- [5] Kordylewska I., Gałęcki R. 2021. Czarna mucha – nowe zwierzę gospodarskie. Podręcznik hodowli czarnej muchy (*Hermetia illucens*). W: T. Bakuła & R. Gałęcki (eds.), *Strategia wykorzystania owadów jako alternatywnych źródeł białka w żywieniu zwierząt oraz możliwości rozwoju jego produkcji na terytorium Rzeczypospolitej Polskiej*. Studio Reklamy ERZET. 317–368.
- [6] Rozporządzenie Rady (WE) nr 834/2007 z dnia 28 czerwca 2007 r. w sprawie produkcji
- [7] ekologicznej i znakowania produktów ekologicznych i uchylające rozporządzenie (EWG) nr 2092/91. *Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej* 189(20.7.2007): 1–23. (dostęp 2024.01.03).
- [8] Rozporządzenie Wykonawcze Komisji (UE) 2021/1165 z dnia 15 lipca 2021 r. zezwalające na stosowanie niektórych produktów i substancji w produkcji ekologicznej oraz ustanawiające ich wykazy. *Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej* 253(16.7.2021): 13–48. (dostęp 2024.01.03).
- [9] Ustüner T., Hasbenli A., Rozkošný R. 2003. The first record of *Hermetia illucens* (Linnaeus, 1758) (Diptera, Stratiomyidae) from the Near East. *Studia Dipterologica*. 10. 181–185.
- [10] Barragan F., Marcel K., Marcel D., Van Loon J. 2017. Nutritional value of the black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) and its suitability as animal feed. *Journal of Insects as Food and Feed*. 3. 105–120. <https://doi.org/10.3920/JIFF2016.0055>.

- [11] Cutrignelli M. I., Messina M., Tulli F., Randazzo B., Olivotto I., Gasco L., Loponte R., Bovera F. 2018. Evaluation of an insect meal of the Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) as soybean substitute: Intestinal morphometry, enzymatic and microbial activity in laying hens. *Research in veterinary science*, 117, 209–215. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2017.12.02>.
- [12] Murawska D., Daszkiewicz T., Sobotka W., Gesek M., Witkowska D., Matusevičius P., & Bakula, T. 2021. Partial and Total Replacement of Soybean Meal with Full-Fat Black Soldier Fly (*Hermetia illucens* L.) Larvae Meal in Broiler Chicken Diets: Impact on Growth Performance, Carcass Quality and Meat Quality. *Animals: an open access journal from MDPI*, 11(9), 2715. <https://doi.org/10.3390/ani11092715>.
- [13] Gesek M., Murawska D. Possibilities and challenges of substituting soybean meal with full-fat black soldier fly larva meal (*Hermetia illucens* L.) in broiler nutrition. Artykuł w trakcie publikacji.
- [14] Aviagen R. 2019. Ross 308 nutrition specifications. Aviagen. Scotland (UK).
- [15] Dabbou S., Gai F., Biasato I., Capucchio M.T., Biasibetti E., Dezzutto D., Meneguz M., Plachà I., Gasco L., Schiavone A. 2018. Black soldier fly defatted meal as a dietary protein source for broiler chickens: Effects on growth performance, blood traits, gut morphology and histological features. *J. Anim. Sci. Biotechnol* 9, 49.
- [16] Schiavone A., De Marco M., Martínez S., et al. 2017. Nutritional value of a partially defatted and a highly defatted black soldier fly larvae (*Hermetia illucens* L.) meal for broiler chickens: Apparent nutrient digestibility, apparent metabolizable energy and apparent ileal amino acid digestibility. *J. Anim. Sci. Biotechnol.*, 8, 51.
- [17] Moniello G., Ariano A., Panettieri V., Tulli F., Olivotto I., Messina M., Randazzo B., Severino L., Piccolo G., Musco N., et al. 2019. Intestinal Morphometry, Enzymatic and Microbial Activity in Laying Hens Fed Different Levels of a *Hermetia illucens* Larvae Meal and Toxic Elements Content of the Insect Meal and Diets. *Animals.*; 9(3):86. <https://doi.org/10.3390/ani9030086>.
- [18] Heuel M., Sandrock C., Leiber F., Mathys A., Gold M., Zurbrügg C., Gangnat I. D. M., Kreuzer M., & Terranova M. 2021. Black soldier fly larvae meal and fat can completely replace soybean cake and oil in diets for laying hens. *Poultry science*, 100(4), 101034. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101034>.

Gabriela Panek

Wiktoria Najberg

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
Studenckie Koło Naukowe Młodych Położników
152778@student.uwm.edu.pl
Opiekun: dr Andrzej Jurczak

LECZENIE ROPOMACICZA U SUK: PORÓWNANIE DOSTĘPNYCH PROTOKOŁÓW LECZENIA

Wprowadzenie

Ropne zapalenie macicy (ropomacicze z łac. *pyometra*) jest jedną z najczęściej występujących u suk chorób układu rozrodczego, ale nie jest schorzeniem swoistym wyłącznie dla tego gatunku. Występuje stosunkowo często również wśród kotek oraz rzadziej u innych gatunków małych zwierząt [1].

Uwzględniając poziom progesteronu i jego wpływ na rozwarcie szyjki macicy, możemy wyróżnić formę zamkniętą schorzenia, w której ropna wydzielina gromadzona jest w świetle narządu oraz formę otwartą, gdy zawartość macicy wydostaje się z dróg rodnych w postaci wypływu.

Ropne zapalenie macicy dotyczy niekastrowanych suk w różnym wieku. Według publikacji analizującej 1728 przypadków ropomacicza, schorzenie diagnozowano u suk od okolic 7. miesiąca do 19. roku życia [2]. Wiek dojrzały lub zaawansowany wydaje się dość istotnym czynnikiem predysponującym [3]. Porównując dane zebrane podczas leczenia 119 suk z ropomaciczem, autorzy jednej z publikacji wykazali, że najwyższa zachorowalność przypadła między 6. a 9. rokiem życia. W tym czasie choroba rozwinęła się u 51% suk [3]. W literaturze przyjmuje się zakres 7,5-8 lat jako średni wiek wystąpienia ropomacicza u psów. Niektóre dane literaturowe dowodzą, że może dotknąć około 15,2% w grupie samic powyżej 4. roku życia (25 przypadków w grupie 165) [4]. Dostępne są także publikacje przedstawiające dane, według których odsetek zapadalności suk na ropomacicze jest jeszcze wyższy, wynosi 25% u suk w wieku powyżej 10 lat [5]. Wskazuje się na większe prawdopodobieństwo wystąpienia ropomacicza u suk, które wcześniej nie rodziły (75 z 87 badanych suk) [6]. Okazuje się, że przeżyta ciąża nie eliminuje jednak ryzyka wystąpienia ropomacicza [7].

Etiopatogeneza nie została do tej pory dokładnie opisana, ale zakładany jest istotny udział bakterii w rozwoju zapalenia. W czasie fazy estrus z uwagi na otwarcie szyjki macicy dochodzi do migracji potencjalnych patogenów z pochwy do macicy przez kanał szyjki. Wysoki poziom progestagenów i niskie stężenie estrogenu w tej fazie cyklu mogą powodować supresję odporności komórkowej, co predysponuje do rozwoju infekcji bakteryjnej. Oznacza to, że wahania hormonalne w cyklu mogą stanowić czynnik predysponujący do rozwoju ropomacicza [8]. Z wymazów pobranych z endometrium izolowana była głównie *Escherichia Coli* (28-90%), ale również *Staphylococcus sp.* (2-42%), *Klebsiella pneumoniae* (2-33%), *Streptococcus sp.* (4-25%) *Proteus mirabilis* (1-17%), *Pseudomonas aeruginosa* (1-16%), *Enterobacter sp.* (1-11%) i *Enterococcus sp.* (<1-3) [3]. Objawy zgłaszane u chorych suk dotyczą głównie narządów rodných, mogą mieć także charakter ogólnoustrojowy.

Według danych zebranych w opracowaniu R. Hagman z 2022 roku do przeważających objawów, które obserwowano u ponad 50% badanych suk, należały: wypływ z pochwy, apatia, brak apetytu, polidypsja i poliuria [1]. W grupie objawów, które dotyczyły mniej niż połowy pacjentek, wymieniono: wymioty, biegunkę, nieprawidłowości związane z widocznymi błonami śluzowymi jak bladeść lub przekrwienie, odwodnienie organizmu, palpacyjnie wyczuwalną powiększoną macicę, ból przy omacywaniu jamy brzusznej, utrudnione poruszanie się, powiększenie obrysu jamy brzusznej, gorączka, hipotermia, tachykardia oraz tachypnoe, a także SIRS [1].

Kluczowe elementy diagnostyki ropomacicza to wywiad, ogólne badanie kliniczne oraz szczegółowe badanie ginekologiczne, badanie morfologiczne i biochemiczne krwi. Do przydatnych, a w wielu przypadkach niezbędnych, badań dodatkowych w diagnostyce ropomacicza należą ultrasonografia, która jest obecnie powszechnie wykorzystywana. Proces diagnostyczny jest ułatwiony w przypadku wystąpienia ropnego wypływu z pochwy.

Nieleczone ropomacicze może prowadzić do przerwania ściany macicy, zapalenia otrzewnej i niewydolności wielonarządowej [9]. W przebiegu *pyometry* ze względu na działanie toksyn bakteryjnych rozwijają się również zaburzenia procesu krzepnięcia i fibrylizacji [10].

Najbardziej rozpowszechnione metody leczenia, to podejście chirurgiczne w postaci zabiegu owariohisterektomii oraz farmakologiczna terapia zachowawcza z wykorzystaniem aglepristonu. Aglepriston jest antagonistą progesteronu, z którym rywalizuje o receptory progesteronowe. Ma do nich większe powinowactwo i dzięki temu działanie progesteronu jest blokowane, a jego wpływ na tkanki zostaje zniesiony. Powoduje to relaksację i otwarcie szyjki macicy, dzięki czemu zawartość światła może zostać usunięta [11]. Jedynym preparatem zawierającym aglepriston zarejestrowanym do stosowania u psów jest Alizin® 30 mg/ml Virbac, występuje w formie roztworu do wstrzykiwań do podania podskórnie w dawce 10 mg na kilogram masy ciała. Jego wskazanie ulotkowe to indukcja poronienia do 45 dni po kryciu. Obecnie coraz częściej spotykane jest użycie pozautotkowe jako element terapii farmakologicznej ropomacicza. W takim przy-

padku przyjmuje się schemat podawania 1-2-8 dzień i w zależności od odpowiedzi na leczenie, rozważane jest podawanie kolejnych dawek co 7 dni do pełnego wyleczenia [12]. Według ulotki mechanizm działania substancji polega na antagonizmie aglepristonu wobec receptorów progesteronowych. Poprzez blokowanie ich wiązania z progesteronem dochodzi do otwarcia szyjki i opróżnienia macicy z patologicznej wydzieliny [13]. Z tej zależności wynika, że aglepriston może mieć zastosowanie w leczeniu ropomacicza zamkniętego, ale nie będzie skuteczny w przypadku jego formy otwartej [13].

Cel pracy

Głównym celem publikacji jest porównanie efektów trzech metod leczenia ropomacicza. Celem dodatkowym jest przedstawienie typowych dla tej choroby objawów, diagnostyki, a także powikłań, z jakimi wiąże się leczenie.

Materiał i metody

Do badania zakwalifikowano 34 suki w wieku od 14 miesięcy do 192 miesięcy, średni wiek suki w chwili podjęcia leczenia wynosił 46 miesięcy. U wszystkich włączonych do badania suk występowało ropomaciczne w formie zamkniętej lub otwartej, które zostało potwierdzone w trakcie badania ginekologicznego obejmującego również badanie ultrasonograficzne.

W zależności od stanu zdrowia, wyników badania ginekologicznego oraz oczekiwań właścicieli co do dalszego przeznaczenia rozrodowego badane suki podzielono na 3 grupy, które różniły się zastosowaną metodą postępowania terapeutycznego.

Grupa A: 12 suk, u których podjęto leczenie zachowawcze z zastosowaniem aglepristonu (Alizin®) w dawce 10 mg/kg mc w dawce podskórnej w schemacie 1, 2 i 8 dzień.

Grupa B: 17 suk, u których metodą leczenia było chirurgiczne odjęcie narządów rodnych tj. macicy i jajników (zabieg owariohisterektomii), przeprowadzane w znieczuleniu ogólnym.

Grupa C: 5 suk, u których pierwotną metodą postępowania terapeutycznego było podskórne podanie aglepristonu (Alizin®) w dawce 10 mg/kg mc, w schemacie 1, 2 dzień. Ze względu na wypełnienie macicy oraz stan ogólny prowadzono intensywną hospitalizację. Po otwarciu szyjki i częściowym opróżnieniu zawartości macicy, ostatecznie zdecydowano o przeprowadzeniu owariohisterektomii w znieczuleniu ogólnym.

Do grupy A i C zakwalifikowane zostały wyłącznie suki z ropomaciczem zamkniętym. W grupie B znalazło się 11 suk, u których nastąpił wypływ z dróg rodnych i 6, u których nie zaobserwowano wypływu.

W każdej z grup suki były poddawane antybiotykoterapii z zastosowaniem amoksyliny w dawce 125 mg/kg oraz leków przeciwzapalnych. Ponadto suki z grupy A oraz C

były poddawane kilkakrotnym badaniom USG, w celu monitorowania procesu obkurczania macicy podczas terapii aglepristonem. Po wykonaniu zabiegu owariohisterektomii od 3 suk pobrano wycinki macicy w celu wykonania badania histopatologicznego.

Zwierzęta zakwalifikowane do badania były pacjentkami diagnozowanymi, leczonymi lub konsultowanymi w Ambulatorium Kliniki Katedry Rozrodu Zwierząt Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie, Poliklinice Weterynaryjnej Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie. Materiały zebrano poprzez analizę przypadków zarejestrowanych w elektronicznej ewidencji w Ambulatorium Kliniki Katedry Rozrodu Zwierząt oraz Poliklinice Weterynaryjnej Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie.

Wyniki

Zgodnie z danymi zawartymi w Tab. 1, chore suki wykazywały leukocytozę, w następstwie stanu zapalnego toczącego się w macicy. Klinicznie ten stan manifestował się objawami podwyższonej temperatury, polidypsją, utratą apetytu oraz apatią.

Tabela 1. Wyniki badania morfologicznego krwi suk włączonych do badania przed podjęciem leczenia w zestawieniu z uśrednionymi wynikami 10 niekastrowanych suk zdrowych

Parametr	Suki zdrowe	Suki z ropomaciczem	Jednostka
WBC	8,97 ± 3,72	18,33 ± 4,79	G/l
LYM	4,43 ± 2,84	8,22 ± 4,99	G/l
MON	1,42 ± 1,03	3,01 ± 0,4	G/l
GRA	4,07 ± 3,14	5,98 ± 2,76	G/l
RBC	6,12 ± 0,86	4,11 ± 1,55	G/l
HGB	13,43 ± 2,85	11,29 ± 3,08	G/l
PLT	308 ± 11,23	356 ± 6,39	G/l

W grupie A i C po rozpoczęciu podawania aglepristonu średnio w ciągu 36 (24-72) godzin u każdej z suk zaobserwowano wypływ z dróg rodnych widoczny na Fot. 1, co świadczyło o otwarciu szyjki macicy i rozpoczęciu opróżniania macicy z ropnej zawartości. W celu monitorowania procesu terapeutycznego w grupie A i C wykonano badanie ultrasonograficzne w 1., 4. (tylko dla grupy C), 8. oraz 14. dniu leczenia. W jego trakcie mierzono szerokość światła macicy w przekroju poprzecznym, a wyniki przedstawiono w Tab. 2 oraz na Fot. 2, 3 i 4.

Ultrasonograficzne obrazy przedstawiające ocenę zmiany przekrojów macicy u suk z grupy A w trakcie leczenia przedstawiają Fot. 1, 2 i 3.



Zdjęcie 1. Wypływ z dróg rodnych suki ze zdiagnozowanym ropomaciczem (fot. G. Panek)



Zdjęcie 2. Ultrasonograficzny obraz macicy w dniu 1. stosowania aglepristonu (fot. A. Domosławska-Wyderska)



Zdjęcie 3. Ultrasonograficzny obraz macicy w czwartym dniu stosowania aglepristonu (fot. A. Domosławska-Wyderska)



Zdjęcie 4. Ultrasonograficzny obraz macicy w ósmym dniu stosowania aglepristonu (fot. A. Domosławska-Wyderska)

Tabela 2. Ultrasonograficzna ocena zmiany przekrojów macicy u suk z grupy A i C w trakcie leczenia

Grupa	Szerokość przekroju światła macicy			
	Dzień 1	Dzień 4	Dzień 8	Dzień 14
A	3,52 ± 0,89cm	-	1,25 ± 0,59cm	1,02 ± 0,4cm
C	3,16 ± 1,46 cm	2,56 ± 1,45cm	-	-

Tabela 3. Zmiany przekrojów macicy u suk z Grupy A i C w trakcie leczenia przedstawione w procentach

Grupa	Zmiana szerokości przekroju światła macicy w procentach		
	Dzień 4	Dzień 8	Dzień 14
A	-	60,41% ± 4,70%	74,04% ± 11,1%
C	22,38% ± 10,21%	-	-

Wszystkie suki z grupy A pozytywnie zareagowały na prowadzoną terapię, co potwierdza zarejestrowane w badaniu ultrasonograficznym obkurczenie macicy i progresywne zmniejszanie szerokości przekroju światła macicy opisane w Tab. 2 i 3. Ewakuacja wydzieliny ropnej z dróg rodnych oraz prowadzona terapia antybiotykowa i przeciwzapalna powodowały relatywnie szybką poprawę samopoczucia. Jednakże całkowite wyleczenie, które oceniane było na podstawie cech obrazu ultrasonograficznego macicy, a w niektórych przypadkach także informacji o uzyskaniu w późniejszym czasie potomstwa, wystąpiło u 9 z 12 suk (75%). U trzech suk obraz ultrasonograficzny narządu rodnego mimo zakończenia terapii aglepristonem odbiegał od fizjologicznego, a późniejsze próby uzyskania potomstwa u dwóch na trzy z nich nie przyniosły efektu. Z tych względów decyzją właścicieli wszystkie suki zostały poddane zabiegowi ovariohisterektomii w okresie od 3 do 14 miesięcy od zakończenia leczenia. Fragmenty macicy przekazano do oceny histopatologicznej, które wykazały obecność zaawansowanych zmian takich jak drobnotorbielowaty rozrost gruczołów oraz zniszczenie nabłonka endometrium. Zmiany te są nieodwracalne i zwykle występują w obrębie całego endometrium macicy, co dyskwalifikuje suki z dalszego rozrodu.

Wszystkim sukcom zakwalifikowanym do grupy C ze względu na wielkość macicy i stan zagrażający jej śródoperacyjnym pęknięciem, a także w niektórych przypadkach ze względu na ogólny stan ich zdrowia, na początkowym etapie leczenia zdecydowano się na zastosowanie terapii zachowawczej z zastosowaniem aglepristonu.

U wszystkich suk z grupy C, podobnie jak u suk z grupy A, doszło do otwarcia szyjki macicy i częściowej ewakuacji zawartości ropnej z macicy średnio w ciągu 36 godzin po podaniu aglepristonu. Wymiary przekroju macicy u suk z grupy C były znacząco większe w porównaniu z tymi zarejestrowanymi u suk w grupie A, co wiązało się z dużym ryzykiem śródoperacyjnego pęknięcia.



Zdjęcie 5. Zabieg owariohisterektomii u suk z ropomaciczem zamkniętym (fot. G. Panek)



Zdjęcie 6. Ropna wydzielina wypełniająca światło usuniętej macicy (fot. G. Panek)

Zabiegi operacyjne przeprowadzone u wszystkich suk w terminie od 3 do 6 dni od podania aglepristonu zakończyły się całkowitym wyzdrowieniem u 4 z 5 suk (80%). Jedna z suk z tej grupy ze względu na zły stan ogólny i współistniejące schorzenia nie przeżyła zabiegu operacyjnego.

Stan suk z grupy B pozwolił na przeprowadzenie zabiegu owariohisterektomii bez potrzeby wcześniejszej stabilizacji ich stanu zdrowia. Zabiegi wykonano pod znieczuleniem ogólnym, a w ich trakcie nie wystąpiły znaczące komplikacje. Usunięte narządy rodne były wyraźnie powiększone Fot. 5 i wypełnione gęstą wydzieliną o nieprzyjemnym zapachu Fot. 6. Wszystkie suk z grupy B (n=17) po zabiegu owariohisterektomii całkowicie wróciły do stanu zdrowia.

Dyskusja

Uzyskane wyniki są zbieżne z danymi literaturowymi. Ważnym aspektem jest rozpiętość w wartościach wieku zwierząt, u których wykryto ropomacicze. Warto zauważyć, że mimo powszechnego przekonania o występowaniu wieku typowego dla rozwinięcia ropomacicza, chorują też zwierzęta bardzo młode. Potwierdzają to zarówno przypadki ujęte w niniejszym badaniu, jak i innych. W opracowaniu Niskanen'a z 1998 roku najmłodsza z suk analizowanych w badaniu miała 9 miesięcy [14]. Do grupy badawczej u Jitpean należała suka 12-miesięczna [15]. Jest to porównywalne z danymi użytymi w niniejszym badaniu, gdzie wyróżniła się wiekiem suka mająca 14 miesięcy.

Objawy, jakie występowały u analizowanych przez nas przypadków, przyjmowały formę klasycznego ropomacicza z często obserwowanymi symptomami. W niniejszym badaniu nie zostały opracowane statystyki występowania konkretnych objawów, ponieważ nie to było jego przedmiotem. Częstotliwość ich występowania była porównywalna z danymi opracowanymi przez Hagman [1].

Wyniki badań morfologicznych krwi ujawniły leukocytozę, limfocytozę i neutropenię, co również jest charakterystyczne w przebiegu ropomacicza [16].

Otwarcie szyjki macicy i wypływ ropy z dróg rodnych następował na skutek podania aglepristonu, który działa poprzez blokowanie receptorów progesteronowych. Dzięki temu możliwe jest usunięcie częściowe, lub z czasem całkowite, ropnej zawartości światła macicy. Pozwala to na stabilizację stanu pacjenta przed zabiegiem lub całkowite wyleczenie [11]. Podjęcie leczenia zachowawczego zamiast zabiegu operacyjnego, wciąż w środowisku weterynaryjnym bywa postrzegane jako mniej skuteczne rozwiązanie. Jednak w niektórych przypadkach mając na uwadze wiek, wartość reprodukcyjną lub stan zwierzęcia, jest to korzystna forma leczenia [11]. Stan ogólny zwierząt w grupie C wymagał hospitalizacji i stabilizacji przed wykonaniem zabiegu celem zmniejszenia wielkości macicy i poprawienia stanu ogólnego zwierząt. Zatem użycie aglepristonu w pierwszej kolejności, było w tym przypadku optymalnym schematem leczenia.

Badanie ultrasonograficzne stanowi aktualnie podstawę diagnostyki ropomacicza. Światło zdrowej macicy jest często niewidoczne w obrazie ultrasonograficznym, dlatego wszelkie zmiany w jego wymiarach mogą wskazywać na zwiększenie objętości jego zawartości. Średnica macicy zależy od wielu czynników, fazy cyklu rujowego i przebytych wcześniej ciąży. W anestrus przekrój macicy powinien wynosić 5-7mm, a następnie wzrasta w fazie lutealnej i metestrus [17]. Ropomacicze może uwidocznic się dopiero w późniejszych fazach cyklu i charakteryzuje się powiększeniem macicy, wypełnieniem światła anechogeniczną treścią, ściana macicy może osiągać wymiary 7-10mm [17].

Podstawowym sposobem monitorowania efektów i skuteczności terapii aglepristonem jest regularne przeprowadzanie badania ultrasonograficznego. W przypadku badanych suk z grupy A i C nastąpiło istotne zmniejszenie wymiarów przekroju światła macicy, co jest wskaźnikiem pozytywnego efektu terapii. Wartość 75% powodzenia terapeutycznego w przypadku grupy A, również jest zgodna z danymi literaturowymi, gdzie podawana jest skuteczność na poziomie 77,1% po 90 dniach [12]. W przypadku 3 suk, które zostały poddane owariohisterektomii, zmiany w budowie histologicznej endometrium w postaci drobnotorbielowatego rozrostu gruczołów oraz zniszczenia nabłonka całkowicie wykluczały je z rozrodu ze względu na swoją nieodwracalność [18]. Dodatkowym wskaźnikiem potwierdzającym powodzenie zastosowanej terapii było urodzenie zdrowych szceniąt przez suki leczone przy użyciu aglepristonu. Owariohisterektomia jest zabiegiem, który pozwala na szybką i efektywną poprawę stanu suk chorujących na ropomacicze, jednak wadą tego rozwiązania jest brak możliwości dalszego użytkowania rozrodkowego suki [19].

Wnioski

Biorąc pod uwagę wszystkie zalety, jak i wady przedstawionych metod, można założyć, że owariohisterektomia, choć skuteczna, to nie jest jedynym właściwym rozwiązaniem w przypadku leczenia ropomacicza. Zabieg chirurgicznego usunięcia narządów rodnych jest rozwiązaniem przynoszącym szybkie efekty i gwarantuje brak nawrotów, ale może nie być metodą odpowiednią dla suk wartościowych reprodukcyjnie lub u których zabieg w znieczuleniu ogólnym wiązałby się ze zbyt dużym ryzykiem. Ważne jest indywidualne i holistyczne podejście do przypadku i dobór metody terapeutycznej odpowiedniej dla zwierzęcia oraz jego właściciela.

Podziękowania

Chciałybyśmy serdecznie podziękować dr. Andrzejowi Jurczakowi za otoczenie naszej pracy opieką merytoryczną oraz dr hab. Annie Domosławskiej-Wyderskiej za nieocenione wsparcie w procesie kompletowania danych.

Bibliografia

- [1] Hagman R. 2022. Pyometra in Small Animals 2.0. *The Veterinary clinics of North America. Small animal practice*, 52(3), 631–657. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2022.01.004>.
- [2] Gibson A., Dean R., Yates D., Stavisky J. 2013. A retrospective study of pyometra at five RSPCA hospitals in the UK: 1728 cases from 2006 to 2011. *The Veterinary record*. 173. 10.1136/vr.101514.
- [3] Xavier R.G.C., Santana C.H., de Castro Y.G., de Souza T.G.V., do Amarante V.S., Santos R.L., Silva R.O.S. 2023. Canine Pyometra: A Short Review of Current Advances. *Animals: an open access journal from MDPI*, 13(21), 3310. <https://doi.org/10.3390/ani13213310>.
- [4] Fukuda S. 2001. Incidence of pyometra in colony-raised beagle dogs. *Experimental animals*, 50(4), 325–329. <https://doi.org/10.1538/expanim.50.325>.
- [5] Egenvall A., Hagman R., Bonnett B.N., Hedhammar A., Olson P. Lagerstedt A.-S. 2001. Breed Risk of Pyometra in Insured Dogs in Sweden. *Journal of Veterinary Internal Medicine*. 15: 530–538. <https://doi.org/10.1111/j.1939-1676.2001.tb01587.x>.
- [6] Hagman R., Lagerstedt A.S., Hedhammar Å., Egenvall, A. 2011. A breed-matched case-control study of potential risk-factors for canine pyometra. *Theriogenology*, 75(7), 1251–1257. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2010.11.038>.
- [7] Martins D.G., Apparicio M., Vicente W.R.R. 2015. A Survey of Three Years Consultation: 119 Cases of Pyometra, Prognosis and Outcome. *Journal of Animal Science Advances*. 5. 10.5455/jasa.20150207123846.
- [8] Kikuya S., Nishikawa M., Ishiguro K., Tajima T., Inaba M., Torii R., Hatoya S., Wijewardana V., Kumagai D., Tamada H., Sawada T., Ikehara S., Inaba T. 2004. Effect of Ovarian Hormones on Periodical Changes in Immune Resistance Associated with Estrous Cycle in the Beagle Bitch. *Immunobiology* 209(8). doi: 10.1016/j.imbio.2004.09.003.
- [9] Jitpean S., Ambrosen A., Emanuelson U., Hagman R. 2017. Closed cervix is associated with more severe illness in dogs with pyometra. *BMC veterinary research*, 13(1), 11. <https://doi.org/10.1186/s12917-016-0924-0>.
- [10] Radwinska J., Domsławska-Wyderska A., Pomianowski A., Żarczyńska K., Jurczak A. 2012. Implications of Blood Coagulation and Fibrinolytic Disorders in Severe Endometritis-Pyometra Complex in Bitches. *Bulletin of the Veterinary Institute in Pulawy*. 56. 10.2478/v10213-012-0053-x.
- [11] Gogny A., Fiéni F. 2016. Aglepristone: A review on its clinical use in animals. *Theriogenology*, 85(4), 555–566. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2015.10.010>.
- [12] Fiéni F. 2006. Clinical evaluation of the use of aglepristone, with or without cloprostenol, to treat cystic endometrial hyperplasia-pyometra complex in bitches. *Theriogenology. Volume 66, Issues 6–7, Pages 1550-1556, ISSN 0093-691X*, <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2006.02.009>.
- [13] Fiéni, F., Topie E., Gogny A. 2014. Medical Treatment for Pyometra in Dogs. *Reproduction in Domestic Animals* 49(SUPPL.2). doi: 10.1111/rda.12302.
- [14] Niskanen M., Thrusfield M. v. 1998. Associations between Age, Parity, Hormonal Therapy and Breed, and Pyometra in Finnish Dogs. *Veterinary Record* 143(18). doi: 10.1136/vr.143.18.493.
- [15] Jitpean S., Hagman R., Ström Holst B., Höglund O.V., Pettersson A., Egenvall A. 2012. Breed variations in the incidence of pyometra and mammary tumours in Swedish dogs. *Reproduction in domestic animals = Zuchthygiene*, 47 Suppl 6, 347–350. <https://doi.org/10.1111/rda.12103>.

-
- [16] Paudel M., Kafle S., Gompo T. R., Khatri K.B., Aryal A. 2023. Microbiological and hematological aspects of canine pyometra and associated risk factors. *Heliyon* vol. 9,12 e22368, doi:10.1016/j.heliyon.2023.e22368.
- [17] England G., Yeager A.E. Concannon P.W. 2016. Ultrasound Imaging of the Reproductive Tract of the Bitch by G. England, A. Yeager and P. W. Concannon; A1203.0703.
- [18] Woźna-Wysocka M., Rybska M., Błaszak B. 2021. Morphological changes in bitches endometrium affected by cystic endometrial hyperplasia - pyometra complex – the value of histopathological examination. *BMC Vet Res* 17, 174. <https://doi.org/10.1186/s12917-021-02875-0>.
- [19] Ahn S., Bae H., Kim J., Kim S., Park J., Kim S. K., Jung D. I., Yu D. 2021. Comparison of clinical and inflammatory parameters in dogs with pyometra before and after ovariohysterectomy. *Canadian journal of veterinary research = Revue canadienne de recherche veterinaire*, 85(4), 271–278.

Rafał Pysiak

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie,
Katedra Parazytologii i Chorób Inwazyjnych, Wydział Medycyny Weterynaryjnej,
Koło Naukowe Parazytologów
rafal.pysiak@student.uwm.edu.pl
Opiekun: prof. dr hab. Rajmund Sokół

ZWIERZĘTA STUDENTÓW WETERYNARII – STAN WIEDZY PARAZYTOLOGICZNEJ NA PODSTAWIE BADANIA ANKIETOWEGO

Wstęp

Studia weterynaryjne realizowane na Wydziałach Medycyny Weterynaryjnej w Polsce należą do kierunków studiów o charakterze elitarnym. Dyplom lekarza weterynarii upoważnia osoby legitymujące się jego posiadaniem do sprawowania szeroko pojętej opieki lekarsko-weterynaryjnej nad zwierzętami, w tym nad człowiekiem. Można również przyjąć uprawnione założenie, że osoba podejmująca tego typu studia posiada dużą empatię dla zwierząt oraz często jest jego właścicielem. Natomiast program studiów realizowany przez studentów pozwala tę empatię wzmocnić przez nabycie teoretycznych i praktycznych umiejętności, które ugruntują przyszłe właściwe postępowanie lekarza weterynarii wobec zwierząt.

Cel pracy

W ramach *Naukowego Koła Parazytologów* wśród studentów wszystkich roczników z Wydziału Medycyny Weterynaryjnej w Olsztynie przeprowadzono badanie ankietowe. Jego założeniem była ocena implikacji odnośnie do postępowania studentów wobec własnych zwierząt w odniesieniu do zagrożenia powodowanego przez pasożyty.

Material i metody

Ankiety składającą się z 20 pytań przeprowadzono w 2023 roku. Pytania ułożono w taki sposób, aby ocenić, jaki wpływ ma zdobywanie wiedzy w trakcie studiów z zakresu parazytologii i inwazjologii oraz ogólnej wiedzy weterynaryjnej na postępowanie studentów wobec posiadanych przez nich różnych gatunków zwierząt. Należy zaznaczyć, że pierwsze ogólne informacje z zakresu parazytologii studenci otrzymują na I roku studiów, realizując przedmiot biologia ogólna, a właściwą wiedzę z tego zakresu na III roku na przedmiocie parazytologia i inwazjologia (2 semestry z egzaminem końcowym). Na kolejnych latach studiów chętni mogą ją uzupełnić, odbywając zajęcia w ramach zajęć fakultatywnych – parazytologiczna diagnostyka chorób zwierząt użytkowych oraz w trakcie staży klinicznych i praktyk studenckich. Wyniki przeprowadzonej ankiety zostały przedstawione poniżej w formie opisowej, tabelarycznej oraz wykresów.

Wyniki

W 2023 roku na Wydziale Medycyny Weterynaryjnej w Olsztynie studiowało 847 (100%) studentów, którym udostępniono ankietę. Wypełniło i zwróciło ją 561 (66,2%) osób, co upoważnia do uznania, że osiągnięto warunek poddania otrzymanych danych analizie. Największą liczbę ankiet wypełnili studenci I roku studiów – 178 ankiet, co stanowi 80,5% wszystkich studentów I roku oraz studenci V roku, 104 ankiety (65%). Ankiety wypełnione przez studentów I roku stanowiły 31,7% wszystkich ankiet, co świadczy o dużym zainteresowaniu badaniem wśród najmłodszych studentów. Z ankiety wynika, że studenci I roku są również posiadaczami największej liczby zwierząt. Mają ich 345, co stanowi 31,3% wszystkich zwierząt wykazanych w ankietach. Opiekują się 14 z 18 wymienionych w ankietach gatunków zwierząt. Niezależnie od roku studiów najwięcej, bo aż 275 studentów (49%) posiada jedno zwierzę. Również najwięcej ich jest na I roku – 90 osób (50,6% ankietowanych z I roku i 16% wszystkich ankietowanych). Podobny rozkład liczbowy odnosi się do posiadania 2, 3 i 4 zwierząt. Prezentuje się on następująco: 2 zwierzęta – 25,5%, trzy 14,4% oraz cztery 6,4% w odniesieniu do wszystkich ankietowanych. Ciekawostką jest, że 5% ankietowanych posiada więcej niż 5 lub 6 i więcej zwierząt (Tab. 1).

Wśród zgłoszonych gatunków zwierząt największą popularnością niezależnie od roku studiów cieszy się pies i kot. Stanowią one kolejno 49,4% (545 osobników) oraz 34,1% (377 osobników) wszystkich zwierząt ujętych w ankietach. Najwięcej zwierząt tych gatunków zgłosili studenci I roku – były to 173 psy (31,4% wszystkich zgłoszonych psów) oraz 126 kotów (33,4% wszystkich zgłoszonych kotów).

Pozostałych zwierząt innych gatunków wykazano 182 osobniki (16,5%). Wśród nich przeważają 3 gatunki: koń, szczur oraz kawia, które stanowią łącznie 36,3% „po-

Tabela 1. Liczba studentów, liczba wypełnionych ankiet oraz liczba osób posiadających od 1 do 6 i więcej zwierząt

Rok studiów	Liczba studentów w 2023 r.	Liczba wypełnionych ankiet	Liczba posiadanych zwierząt						
			łącznie	w tym					
				1	2	3	4	5	6 i <
I	221	178	345	90	44	25	11	4	4
II	157	92	173	47	23	15	3	2	2
III	151	90	187	44	22	11	7	2	4
IV	159	97	206	40	25	20	8	2	2
V	159	104	193	54	29	10	7	3	1
Razem	847	561	1104	275	143	81	36	13	13

zostałych” i 6% wszystkich zgłoszonych zwierząt. Koń stanowi 14,3% pozostałych i 2% wszystkich zgłoszonych w ankiecie zwierząt, natomiast szczur odpowiednio 12% i 2%, a kawia domowa 10% i 2% (Tab. 2).

Tabela 2. Gatunki oraz liczba ich przedstawicieli na poszczególnych latach studiów

Rok	Liczba gatunków zwierząt	Liczba zwierząt					
		pies	kot	pozostałe	w tym najczęściej wymieniane		
					koń	szczur	kawia
I	14	173	126	46	4	5	9
II	8	100	60	13	4	0	2
III	10	87	41	59	6	2	4
IV	13	96	67	48	12	9	2
V	9	89	83	31	0	5	2
Łącznie	18	545	377	182	26	21	19

Studenci deklarujący posiadanie psa lub/i kota zostali dodatkowo poproszeni o wskazanie rasy utrzymywanego zwierzęcia. Łącznie w ankietach wymieniono 19 ras psów i 17 ras kotów. W przypadku psów najliczniejszym przedstawicielem był „mieszaniec”, którego liczba wyniosła 208 osobników (38,2% wszystkich psów). Najwięcej ich było na I roku, 60 osobników (28,8% wszystkich „mieszkańców”). Drugą w kolejności rasą był owczarek niemiecki – zgłoszono 30 osobników (5% psów), najwięcej również na I roku 14 osobników. Kolejną rasą był yorkshire terrier – 26 osobników (4,8%) i najwięcej także na I roku – 11 osobników. Kolejne rasy w kolejności to labrador retriever oraz maltańczyk odpowiednio 17 i 14 zwierząt. Studenci posiadają także takie rasy jak cocker spaniel (7), gończy polski (6), chihuahua (8), west highland white terrier (6) czy husky syberyjski (4) (Tab. 3).

Tabela 3. Rasy psów posiadanych przez studentów w zależności od roku studiów

Rasa	Rok					Suma
	I	II	III	IV	V	
Mieszaniec	60	48	7	43	50	208
Owczarek niemiecki	14	2	4	4	6	30
Yorkshire terier	11	6	4	2	3	26
Labrador retriever	6	2	1	3	5	17
Maltańczyk	4	5	1	0	4	14

Wśród kotów największą popularnością cieszy się „rasa” europejski krótkowłosey, którego było 317 osobników (84,1% wszystkich zgłoszonych). Najwięcej, 108 zwierząt (34,1%), posiadają studenci I roku i V rok 69 (21,8%). Kot brytyjski (12 osobników), manie coon (11), syjamski (5), radgoll (4) i syberyjski (2) to następne najczęściej, pod względem popularności wymieniane rasy. Ankietowani posiadają także pojedyncze osobniki rasy szkocki zwisłouchy, devon rex, norweski leśny, neva masquerade, sfinks czy khao manee (Tab. 4).

Tabela 4. Rasy kotów posiadanych przez studentów w zależności od roku studiów

Rasa	Rok					Suma
	I	II	III	IV	V	
Europejski krótkowłosey	108	54	29	57	69	317
Brytyjski	7	0	0	2	3	12
Maine coon	4	2	1	1	3	11
Syberyjski	2	0	0	0	0	2
Ragdoll	2	1	0	0	1	4
Syjamski	1	2	2	0	0	5

W ankiecie zapytano studentów o płeć utrzymywanych zwierząt. Wykazano 602 (54,5%) samice i 502 (45,5%) samce. Najwięcej samic – 192 (31,9%) było na I roku oraz na roku IV – 131 (21,7%). Podobnie na I roku było najwięcej samców 153 (30,5%) oraz na II roku 86 (17,1%). Na roku I, IV oraz V dominowały samice, natomiast na II i III samce (Tab. 5).

W pytaniu o wiek zwierząt wyraźnie widać dominację zwierząt starszych (powyżej 3. roku życia), których odnotowano 670 osobników (60,7% wszystkich) i najwięcej wśród studentów I roku – 207 (30,9%) osobników. Zwierząt w wieku do 3. roku życia było 434 (39,3%), a zwierząt młodych do roku życia odnotowano 148 sztuk, do 2 lat 136, a do 3 lat – 150. Największy udział w liczbie zwierząt w poszczególnych przedziałach wiekowych zgłosili studenci I roku. W grupie do jednego roku posiadają 50 zwierząt (33,8% wszystkich zwierząt do roku), 45 w wieku do 2 lat (33%) oraz 43 zwierzęta w wieku do 3 lat (28,7%) (Tab. 5).

Tabela 5. Płeć oraz wiek zwierząt w zależności od roku studiów

Rok	Płeć		Wiek			
	samice	samce	do roku	2 lata	3 lata	starsze
I	192	153	50	45	43	207
II	82	91	24	23	25	101
III	83	104	29	16	28	114
IV	131	75	17	27	31	131
V	114	79	28	25	23	117
Łącznie	602	502	148	136	150	670

Ważnym celem przeprowadzonej ankiety było wykazanie, czy liczba posiadanych przez studentów zwierząt różnych gatunków ma odzwierciedlenie w wiedzy studentów odnośnie do niebezpieczeństwa, jakie stanowią dla ich podopiecznych pasożyty. Zapytano ankietowanych, czy ich zwierzęta miały problem z pasożytami. 222 (40%) ankietowanych wskazało, że ich zwierzęta miały problemy z pasożytami, a 339 (60%), że nie. Największą liczbę odpowiedzi na to pytanie udzielili studenci I roku. 80 (44,9% studentów I roku) osób zgłosiło problemy z pasożytami, a 98 (55,1%) ich nie miało.

Wykonanie badania parazytologicznego próbek kału od swoich zwierząt zadeklarowało 282 (50,3%) ankietowanych, a jego brak 279 (49,7%). Największą liczbę odpowiedzi udzielili studenci I roku – 178 odpowiedzi, w tym 92 (51,7%) osoby wykonały takie badanie, a 86 (48,3%) nie. Ankietowani, którzy wykonywali badanie parazytologiczne, poproszeni zostali o udzielenie odpowiedzi na pytanie, ile razy to uczynili. Badanie jedno-, dwu- oraz trzykrotne wykonało łącznie 78 pytanym, natomiast czterokrotne i więcej 5 osób. 199 (69,3%) ankietowanych wykonywało je wyłącznie w razie potrzeby, z czego najwięcej studenci I roku 64 (32,2%) osoby. Na pytanie o chęć wykonania w przyszłości badania parazytologicznego próbek od swoich zwierząt odpowiedzi twierdzącej udzieliło 299 (53,3%) osób, a 262 (46,7%) nie wyraziło zainteresowania takim badaniem. W takim podejściu do problemu dominowali studenci I roku, wśród których odpowiedzi „tak” udzieliło 81 (45,5%) osób, a 97 (54,5%) odpowiedziało „nie”. Najwięcej chętnych do wykonania badania parazytologicznego było na V roku 61 (58,4%) osób z całego rocznika. Największy odsetek chętnych do wykonania badania był wśród studentów III roku 62% – 56 pozytywnych odpowiedzi spośród 90 ankietowanych (Tab. 6).

W ankiecie zapytano studentów, skąd czerpią wiedzę z zakresu parazytologii, wskazując 4 źródła informacji, z których mogli korzystać, aby chronić swoje zwierzęta.

Jako najczęstszą formę pozyskiwania wiedzy badani zaznaczali lekarza weterynarii, bezpośredniego opiekuna ich zwierząt – 417 (74,3%) odpowiedzi. Na drugim miejscu wskazywano zajęcia na uczelni 294 (52,4%), następnie Internet 267 (47,6%), a na końcu literaturę fachową – książki, artykuły, opracowania 137 (24,4%) odpowiedzi. Jako główne źródło studenci I roku wskazali lekarza weterynarii 156 (37,4%) i Internet 91

Tabela 6. Problemy z pasożytami, wykonywanie badania parazytologicznego i jego częstotliwość, chęć przeprowadzenia badania parazytologicznego w zależności od roku studiów

Rok studiów	Czy były problemy z pasożytami?		Czy było wykonywane badanie parazytologiczne?		Ile razy wykonywane były badania?					Czy jesteś zainteresowany badaniem próbek?	
	tak	nie	tak	nie	w razie potrzeby	1x	2x	3x	4x<	tak	nie
I	80	98	92	86	64	10	8	8	2	81	97
II	31	61	44	48	33	3	7	0	1	43	49
III	31	59	50	40	40	4	4	1	1	56	34
IV	42	55	47	50	32	7	7	1	0	58	39
V	38	66	49	55	30	5	12	1	1	61	43
Łącznie	222	339	282	279	199	29	38	11	5	299	262

(34%) osób. Wśród studentów V roku 39 (28,5%) osób wskazało literaturę fachową oraz 88 (29,9%) osób zajęcia na uczelni (Tab. 7). Trzeba jednak nadmienić, że ankietowani często zaznaczali kilka źródeł, z których korzystają, dlatego zestawione wyniki prezentują trend, jaki utrzymuje się na danym roku oraz przedstawiają zmianę, jaka zachodzi na przestrzeni lat, wraz z kolejnymi latami studiów.

Tabela 7. Sposoby pozyskiwania wiedzy na temat pasożytów w zależności od roku studiów

Rok	Skąd wiedza na temat pasożytów			
	od lek. wet.	Internet	książki i opracowania	zajęcia na uczelni
I	156	91	32	30
II	76	43	11	27
III	60	43	19	69
IV	63	47	36	80
V	62	43	39	88
łącznie	417	267	137	294

Ze względu na możliwość zarażenia pasożytami znajdującymi się w środowisku, zapytano ankietowanych posiadających zwierzęta wychodzące o regularność i częstotliwość spacerów odbywanych z podopiecznymi. Okazało się, że 429 osób (76,5%) odbywa ze swoimi pupilami spacer regularnie, a 132 (23,5%) wyprowadza zwierzęta

nieregularnie bądź wcale. Najwięcej osób odbywających spacery było na I roku 143 (33,3%). Z osób odbywających spacery regularne, 217 (50,6%) wychodzi ze swoim zwierzęciem 3 lub więcej razy, natomiast 102 osoby (24,2%) odpowiedziało, że ich podopieczny przebywa na dworze przez cały dzień. Spacer 1x lub 2x w ciągu dnia odbywa łącznie 110 (25,2%) ankietowanych w tym 1x dziennie 35, a 2x dziennie 75 osób (Tab. 8).

Tabela 8. Regularność oraz częstotliwość spacerów ze zwierzętami w zależności od roku studiów

Rok	Czy były regularne spacery		Dzienna częstotliwość spacerów			
	tak	nie	1x	2x	3x<	cały dzień na dworze
I	143	35	12	30	64	37
II	71	21	8	7	40	16
III	73	17	7	10	41	15
IV	71	26	4	14	35	18
V	71	33	4	14	37	16
Łącznie	429	132	35	75	217	102

Istotnym źródłem zarażenia pasożytami jest rodzaj spożywanej karmy. Ankietowani posiadający psy i koty odpowiadali na temat sposobu żywienia swoich podopiecznych. Niezależnie od roku studiów, najwięcej, 281 (47,5%) osób w diecie swoich zwierząt stosuje gotowe karmy (najwięcej na I roku – 163), 111 (18,9%) studentów podaje surowe mięso lub warzywa, a 101 (17%) oświadczyło, że sami przygotowują posiłek. Dodatkowo 99 (17,6%) studentów wzbogaca dietę zwierząt o witaminy (Tab. 9).

Tabela 9. Rodzaj stosowanej karmy w zależności od roku studiów

Rok	Czym karmisz?			
	gotowa karma	sam gotuję	podaję surowe mięso i warzywa	podaję witaminy
I	163	42	38	38
II	89	11	19	19
III	80	24	19	14
IV	93	14	24	19
V	96	10	11	9
łącznie	281	101	111	99

Ankietowani, którzy na pytanie o występowanie problemów z pasożytami odpowiedzieli „tak”, zostali poproszeni o podanie nazwy preparatu, jaki stosowali w zwalczaniu inwazji pasożytniczej. Łącznie podano nazwy 45 preparatów, najwięcej na roku V – 30 różnych nazw preparatów. Studenci I roku najczęściej podawali Drontal – 5-krotnie. Następnie 3-krotnie preparat Simparica i Simparica trio, 2-krotnie Milprazon, Bravecto oraz Aniprazol. Inne preparaty, jak Milbemax, Ivermektyna i Fiprex podawano jednokrotnie. Wśród studentów II roku najwięcej razy podawano Simparica (3-krotnie). Z kolei inne preparaty jak InPar, Equimax i Bravecto podawano jednokrotnie. Na III roku najczęściej podawanym preparatem był Drontal, który podano 4-krotnie. Inne preparaty – Fenbendazol, Stronghold, Cestol podano jednokrotnie. Studenci IV roku najczęściej stosowali preparat Simparica (7-krotnie). Inne preparaty jak Nexgard 4-krotnie i Bravecto 3-krotnie. Wymieniane w ankiecie Paradog, Drontal, Milprazon, Advocate, Simparica trio, Equimax, Nexgard spectre, Dehinel, Milpro oraz Cestol 2-krotnie. Pozostałe preparaty wymienione w ankiecie podawali jednokrotnie. Studenci V roku najczęściej podawali Milpro – 10-krotnie, na drugim miejscu Bravecto oraz Simparica trio (8-krotnie). Kolejne jak Milprazon 7-krotnie i Simparica 6-krotnie. Cestol oraz „Aniprazol” podano 4-krotnie. Pozostałe preparaty wymienione w ankiecie podawali 2x oraz 1x.

Dyskusja

Na wstępie należy zaznaczyć, że jako autor niniejszego opracowania nie znalazłem w dostępnej literaturze naukowej opracowań popularnonaukowych lub naukowych dotyczących studentów studiów weterynaryjnych w Polsce oraz ich zwierząt. Jedyne dostępne opracowanie zamieszczone w „Przeglądzie Parazytologicznym” autorów Michalczyk i Sokół (2008) dotyczy podobnej problematyki – „The incidence of internal parasites in dogs and cats as dependent on the level of awareness among owners” [1]. W tych badaniach zaprezentowano częstotliwość występowania i rodzaje pasożytów wewnętrznych występujące u psów i kotów należących do pracowników oraz studentów Wydziału Medycyny Weterynaryjnej w Olsztynie, ale również w schronisku i pacjentów kliniki weterynaryjnej. Autorzy wykazali, że najmniejszy odsetek psów zarażonych pasożytami były to zwierzęta studentów (na 20 zwierząt pasożyty wykryto u 2 psów). Z kolei na 6 psów i 13 kotów należących do pracowników wydziału obecność pasożytów wykryto tylko u jednego kota. Wyniki tych badań wskazują, że zarówno pracownicy, jak i studenci wydziału są świadomi zagrożeń związanych z pasożytami u ich zwierząt i regularnie stosują preparaty przeciw pasożytnicze.

Przeprowadzona przeze mnie ankieta wykazała, że 2 gatunki zwierząt, pies i kot są najchętniej wybieranymi towarzyszami wśród studentów Wydziału Medycyny Weterynaryjnej w Olsztynie. Powszechnie wiadomo, że zajmują one szczególne miejsce w kulturze człowieka. Wzięcie pod opiekę szczególnie psa wiąże się również z codzien-

nymi obowiązkowymi spacerami. Jak wykazała ankieta, ich częstotliwość jest różna. Ciekawostką jest to, że wielu studentów posiada takie zwierzę jak koń, wykazano aż 26 osobników, z czego najwięcej wśród studentów IV roku (aż 46,2% zgłoszonych koni). Można domniemywać, że obecnie koń jest już zwierzęciem towarzyszącym, wykorzystywanym głównie sportowo lub rekreacyjnie, stąd prawdopodobnie tak duża liczba tych zwierząt w posiadaniu studentów.

Ciekawy trend można zauważyć wśród przedstawicieli gryzoni, gdyż stają się one coraz bardziej popularne nie tylko wśród studentów, ale i pozostałej części społeczeństwa. Szczury i myszy dziś są stałymi bywalcami gabinetów weterynaryjnych. Zmieniło się diametralnie postrzeganie tych zwierząt. Zaczęły być osławiane, tresowane i na stałe zagościły w domach, nie jako szkodniki, a zwierzęta towarzyszące. Wśród domowych gryzoni utrzymywanych przez studentów możemy spotkać nie tylko wyżej wymienione, ale także takie gatunki jak kawię domową, chomika czy szynszyle. Ankietowani posiadają aż 53 gryzonia, co stanowi prawie 5% wszystkich zgłoszonych zwierząt. Na wydziale nie brakuje również studentów, którzy posiadają zwierzęta bardziej egzotyczne jak węże (11 osobników) lub żółwie (10 sztuk). Natomiast małym zainteresowaniem cieszą się, niegdyś tak popularne, ptaki ozdobne/egzotyczne, posiadanie ich zgłosiło tylko 7 osób. Łącznie ankietowani zgłosili aż 18 różnych gatunków zwierząt, a największa różnorodność występuje wśród studentów I roku, którzy w swoich ankietach podali aż 14 różnych gatunków zwierząt.

Analizując dane zawarte w tabelach, można zauważyć, że ponad połowa ankietowanych posiada zwierzęta w wieku 3 lat i więcej, najwięcej studenci I i IV roku. Sugeruje to, że większość studentów miała już kontakt ze zwierzętami, zanim wybrała się na studia. Posiadany w domu rodzinny pupil zapewne był jednym z czynników, który sprawił, że wybrali oni studia weterynaryjne. Natomiast nieliczni studenci decydują się na wzięcie zwierzęcia pod swoją opiekę w trakcie trwania nauki. Wpływ na to ma wiele czynników, jednym z nich zapewne jest czas, jaki trzeba poświęcić na naukę. Istotnym problemem jest także miejsce zakwaterowania w czasie studiów. W akademikach najczęściej nie można posiadać zwierzęcia, a właściciele stacji również często nie zgadzają się na ich obecność. Kolejnym problemem, który powstrzymuje studentów przed wzięciem zwierzęcia, mogą być koszty związane z profilaktyką, zakupem karmy czy niezbędnych akcesoriów hodowlanych.

Sygnalizowane w tytule niniejszego artykułu ciekawostki parazytologiczne na tle informacji o zwierzętach posiadanych przez studentów zarysowały różne tendencje, jak studenci postrzegają problemy związane z zagrożeniami pasożytniczymi u swoich pupili. Wskazanie, że problemy z pasożytami u swoich zwierząt miało tylko 40% ankietowanych można uznać za dobry prognostyk, tzn. że dość dobrze opiekują się zwierzętami. W badaniach prowadzonych przez Michalczyk M. i Sokół R. w 2008 roku wynik zarażonych zwierząt należących do studentów był niższy (wyniósł 10%), jednak liczba przebadanych zwierząt również była znacząco niższa [1]. Niemniej oba badania dowiodły, że studenci, a w przypadku badań ww. autorów także pracowni-

cy wydziału dbają o swoje zwierzęta i w miarę regularnie je odrobaczają. Niestety fakt, że tylko niecała połowa badanych wykonywała kiedykolwiek badanie parazytologiczne u swoich zwierząt i tylko połowa zainteresowana jest wykonaniem takiego badania, nie napawa optymizmem. Na uwagę jednak zasługuje tendencja wzrostowa, jaką możemy zauważyć, jeżeli przyjrzymy się zainteresowaniu badaniem parazytologicznym na poszczególnych latach. Z osób biorących udział w ankiecie tylko około 45% odpowiadających zarówno z I, jak i II roku studiów wykazało chęć wykonania badania, ale na latach wyższych odsetek takich osób stanowi już około 60% zarówno na III, IV i V roku. Pokazuje to, że świadomość problemów związanych z chorobami pasożytniczymi oraz inwazjami pasożytów rośnie od momentu rozpoczęcia III roku studiów. Wpływa na to prawdopodobnie odbycie zajęć z przedmiotu parazytologia i inwazjologia. Na latach wyższych na wzrost świadomości zapewne mają staże i praktyki odbywane przez studentów i związany z nimi bezpośredni kontakt z pacjentem, a także wiedza przekazywana przez lekarza weterynarii, u którego praktykują. Ankieta wykazała również, że niestety ze wzrostem wiedzy nie idzie praktyka. Analizując jej wynik, można zauważyć, że grupa ankietowanych jest zainteresowana wykonaniem badania parazytologicznego, a odsetek zainteresowanych rośnie wraz z etapem studiów – na I roku zainteresowanie wykazało 45,5% ankietowanych, a na IV i V roku już 59,8% i 58,7%. Niestety na każdym roku studiów tylko około 50% ankietowanych kiedykolwiek wykonywała badania parazytologiczne u swoich zwierząt. Dodatkowo, aż 70,6% ankietowanych badanie takie wykonuje tylko w razie potrzeby, a 27,7% od 1 do 3 razy. Tylko 1,7% ankietowanych wykonało badanie 4 i więcej razy, a to pozwala sądzić, że wykonuje badanie w miarę regularnie i przekłada zdobytą wiedzę na działanie.

Wśród studentów I roku wiedza na temat parazytologii pochodzi głównie z Internetu oraz od lekarza weterynarii (opiekuna ich zwierząt), natomiast wiedza z literatury fachowej czy z zajęć stanowi margines zdobytych informacji. Zupełnie inaczej prezentuje się to w przypadku studentów V roku. Czerpią oni wiedzę głównie z zajęć oraz od lekarza weterynarii (u którego odbywają wolontariat/staż lub leczą swoje zwierzęta). Tendencję wzrostową można również zaobserwować w przypadku pozyskiwania wiedzy z literatury fachowej. Ciekawy trend można zauważyć także w przypadku informacji zdobywanych z pomocą Internetu, który tak popularny na pierwszych semestrach, traci na rzecz wyżej wymienionej literatury. Uwagę należy także zwrócić na wyniki studentów III roku. Na tym roku bowiem rozpoczynają oni przedmiot parazytologia i inwazjologia. To właśnie w tym miejscu obserwujemy znaczący wzrost znaczenia wiedzy pozyskiwanej na zajęciach oraz z literatury, natomiast wiedza zdobywana od lekarza traci na znaczeniu, a jeszcze na poprzednich latach stanowiła główne źródło informacji. Ten trend utrzymuje się do samego końca studiów, mimo iż po IV roku studenci muszą odbyć praktyki kliniczne, a V rok głównie staże kliniczne, co wiąże się z obcowaniem z lekarzami weterynarii. Świadczy to o tym, jak ważne dla przyszłych lekarzy są zajęcia i wiedza, która jest im przekazywana na uczelni.

Zebrane wyniki ankiety wskazują, że mimo niedużego odsetka zgłoszonych problemów na tle pasożytów, to zwierzęta ankietowanych są narażone na inwazje pasożytnicze. Aż 429 ankietowanych odbywa regularne spacerunki, z czego 50,6% wychodzi trzy lub więcej razy dziennie. 24,2% zadeklarowało, że ich podopieczny przebywa na dworze cały dzień. Częsta liczba dziennych spacerów, a nawet całodzienny pobyt na świeżym powietrzu sprawia, że prawdopodobieństwo zarażenia wzrasta. W środowisku jest dużo dojrzałych form pasożytów, jaj lub innych form rozwojowych stanowiących bezpośrednie zagrożenie dla zwierzęcia. Korzystanie ze wspólnych wybiegów dla psów, parków miejskich lub bezpośredni kontakt z innym zwierzęciem odbywającym w tym samym czasie spacer sprawia, że kontakt z pasożytem to tylko kwestia czasu, dlatego tak mała liczba zaznaczonych w ankietach problemów z pasożytami sugeruje, że profilaktyka przeciw pasożytnicza oraz odpowiednie zabezpieczenie zwierzęcia są najważniejszym ogniwem walki z inwazjami pasożytów oraz wskazuje, że studenci są świadomi występujących zagrożeń i na tym polu dbają o swoich podopiecznych.

Przedstawione w tabeli dane o sposobach żywienia zwierząt przez badanych wskazują, że dominują karmy komercyjne (47,5%), a tylko nieliczni studenci decydują się na stosowanie innej diety, głównie w postaci samodzielnie przygotowywanych posiłków (17%). Zwrócić uwagę należy również na podawanie surowych produktów – nieliczni stosują je w diecie swoich zwierząt (18,7%). Korzystanie z karm gotowych z całą pewnością korzystnie wpływa na ograniczenie transmisji pasożytów. Producenci takich wyrobów spełniają wiele wymagań pod względem jakości i bezpieczeństwa zanim finalnie ich produkt trafi na półki sklepowe. Sytuacja się zmienia, kiedy do diety włączamy surowe mięso szczególnie niewiadomego pochodzenia, może być ono źródłem różnych gatunków pasożytów. Analizując wyniki, możemy zauważyć, że surową karmę zwierzętom podają głównie studenci I roku (38 osób zadeklarowało podawanie surowego mięsa i warzyw, co stanowi 34,2% wszystkich ankietowanych). Również studenci tego rocznika stanowią największy odsetek osób (41,6%), które włączają do diety swoich pupili samodzielnie przygotowane posiłki. Na wyższych latach odsetek studentów czy to podających surowe wyroby, czy samemu przygotowujących posiłki jest znacznie niższy. Wskazuje to, że świadomość ryzyka, jakie niesie ze sobą taka dieta, jest najmniejsza wśród studentów I roku. To właśnie ich zwierzęta są najbardziej narażone na inwazje pasożytami i to właśnie ankietowani z I roku zgłosili najwięcej problemów z pasożytami u swoich podopiecznych.

Studenci, którzy zaznaczyli występowanie problemów z pasożytami, dodatkowo wpisywali nazwę preparatu, jaki stosowali w zwalczaniu oraz liczbę jego podań. Liczba wymienionych preparatów to 45. Są to preparaty zarówno działające na pasożyty zewnętrzne, wewnętrzne lub na obie grupy pasożytów jednocześnie. Najczęściej wymienianym lekiem wśród ankietowanych na I roku był Dronal, który podawano aż 5-krotnie. Kolejnymi wymienianymi były Simparica i Simparica trio, które podawane były po 3 razy. Kolejno, po dwa razy, podawano Milprazon, Bravecto oraz Aniprazol. Pozostałe preparaty podawano tylko jednokrotnie. Studenci II roku najczęściej poda-

wali preparat Simparica – 3x, a pozostałe wymienione w ankiecie podano jednokrotnie. Na III roku najczęściej podawany był Drontal – 4 razy. Na IV roku najczęściej podawano preparat Simparica, jednak tutaj trzeba zaznaczyć, że zastosowano 7 podań i jest to wskazanie jednej osoby. W tym momencie należy się zastanowić, czy preparat był odpowiednio dobrany, czy wcześniej podjęto próbę wykrycia pasożyta, przeciwko któremu był skierowany. Wśród studentów V roku była największą różnorodność zarówno w liczbie podanych preparatów, jaki i liczbie podań. Na przykład preparat Milpro podawano aż 10-krotnie, kolejne Bravecto i Simparicia trio 8-krotnie, a Milprazon oraz Simparica 7- i 6-krotnie. Po analizie wyników dotyczących zastosowanych preparatów przeciw pasożytniczych można stwierdzić, że najczęściej podawanym preparatem była Simparica, którą podawano łącznie 19 razy. Kolejne w zestawieniu to Bravecto oraz Simparicia trio 13x, a Drontal podano w sumie 11 razy. Wskazuje to, że najczęstszym problemem, z jakim mierzyli się ankietowani, była inwazja kleszczy lub pcheł. Ma to związek z liczbą spacerów czy całodziennym przebywaniem zwierzęcia na dworze. Również inwazje pasożytów wewnętrznych stanowiły pewien problem, o czym świadczy 7-krotne podanie preparatu Drontal, a także innych preparatów na tasiemce – Milpro lub InPar. Również pewien problem parazytologiczny stwarzały nicienie i pierwotniaki. Michalczyk i Sokół (2008) w swoich badaniach również wykazali, że najczęściej spotykanymi pasożytami u psów i kotów należących do społeczności wydziałowej były te 2 rodzaje pasożytów [1]. Wskazuje to, że mimo wzrostu świadomości, ale także rozwoju farmakologii w zwalczaniu pasożytów, to one również stanowią zagrożenie dla zwierząt.

Uwagę należy również zwrócić na wykazywany przez studentów poziom empatii. Sam poziom trudno jest nam zmierzyć, jednak możemy zauważyć ciekawą tendencję zaobserwowaną również w badaniach prowadzonych w Kolumbii, Chile czy Włoszech [1][2][4]. Empatia, jaką wykazują się studenci pierwszego roku, jest wyższa niż studentów ostatnich lat. Z kolei świadomość i posiadana wiedza na latach końcowych są na wyższym poziomie, niż na latach początkowych. Może mieć na to wpływ wiele czynników, jednak najpoważniejszym z nich może być fakt znikomego kontaktu ze zwierzętami w trakcie trwania studiów oraz ewentualna chęć bycia profesjonalnym, która jest ceniona przez przyszłych pracodawców [1][2][4]. Dodatkowo spadek empatii na korzyść posiadanej wiedzy może wynikać z przyszłej profesji, jaką może być leczenie zwierząt gospodarskich. Postrzeganie ww. zwierząt w kategoriach kartezjańskich i instrumentalne podejście może być spowodowane traktowaniem, zwłaszcza przez hodowców, krów czy świń, jako swoistych „fabryk”, od których wydajności zależy ich dochód, a jednostki wadliwe są szybko zamieniane w hodowlach na nowe – młodsze, sprawniejsze, wydajniejsze. Nie sprawia to oczywiście, że absolwenci wychodzą z murów uczelni pozbawieni wszelkich emocji, z jakimi studia zaczynali. Wręcz przeciwnie – gama emocji, z jakimi opuszczają wydział, jest nierzadko większa niż była na początku. Niemniej sposób czy czas ich okazywania zmieniają się na przestrzeni lat, tak samo jak zmienia się stan wiedzy studentów. Jednak chęć niesienia pomocy, która

kierowała nimi przy wyborze kierunku studiów, pozostaje. W tym miejscu warto byłoby zadać sobie pytanie, jak poziom empatii wygląda u lekarzy praktyków – czy lata niesienia pomocy sprawiają, że wraca na początkowy poziom, a może praca z klientem i wszechobecna śmierć w gabinetach sprawia, że spada jeszcze niżej.

Wnioski

Zestawione oraz omówione w artykule wyniki przeprowadzonej ankiety wskazują, że empatia dla zwierząt wśród studentów wydziału jest na bardzo wysokim poziomie i nadal rośnie. Studenci są świadomi zagrożeń pasożytniczych, jakie grożą ich podopiecznym i starają się im zapobiegać. Niestety ze wzrostem świadomości nie idzie działanie. Walka z pasożytami ogranicza się do regularnego odrobaczania pupili lub podawania preparatów bez wcześniejszego wykonania badania parazytologicznego. Wielu ankietowanych nawet mimo możliwości nie chce wykonać takiego badania, zdając się na skuteczność profilaktycznego odrobaczania. Rezultaty ankiety jednak napawają optymizmem, gdyż z roku na rok świadomość studentów rośnie. Warto byłoby również przeprowadzić podobne badanie ankietowe wśród studentów na innych wydziałach Medycyny Weterynaryjnej w Polsce m.in. w celu ich porównania.

Podziękowania

Dofinansowano ze środków Ministra Nauki w ramach Programu „Regionalna inicjatywa doskonałości” / Funded by the Minister of Science under „the Regional Initiative of Excellence Program

Bibliografia

- [1] Calderón-Amor J., Luna-Fernández D., Tadich T., Spring 2017. „Study of the Levels of Human–Human and Human–Animal Empathy in Veterinary Medical Students from Chile” *Journal of Veterinary Medical Education*, vol. 44, issue 1, pp. 179–186.
- [2] Combolo E.S., Pelosi A., Prato-Previde E., May 2016. „Empathy towards animals and belief in animal-human-continuity in Italian veterinary students” *Animal Welfare*, vol. 25, issue 2, pp. 275–286.
- [3] Michalczyk M., Sokół R. 2008. „The incidence of internal parasites in dogs and cats as dependent on the level of awareness among owners.” *Wiadomości Parazytologiczne*, 54(3), pp. 245–247.
- [4] Romero M.H, Escobar L., Sánchez J. S, December 2022. „Empathy Levels among Veterinary Medicine Students in Colombia (South America)” *Journal of Veterinary Medical Education*, vol. 49, issue 6, pp. 740–747.

Małgorzata Rasińska

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Wydział Medycyny Weterynaryjnej

Studenckie Koło Naukowe „Zebrafish”

Opiekun: dr hab. Piotr Podlasz, prof. UWM

WPLYW EKSPOZYCJI ZARODKÓW DANIO PRĘGOWANEGO (*DANIO RERIO*) NA ETANOL NA WCZESNYM ETAPIE ROZWOJU NA ICH DALSZY ROZWÓJ I BEHAVIOR

Wstęp

Rozwój płodowy to czas, kiedy organizm jest najbardziej wrażliwy na wszelkiego rodzaju zmiany, uszkodzenia i substancje toksyczne. Nawet niewielka ekspozycja na te czynniki, które na dorosły organizm nie wywarłyby żadnego wpływu, mogą u zarodka spowodować konsekwencje trwające przez całe życie, jeśli płód przeżyje. Toksyczne mogą być czynniki chemiczne, infekcyjne lub odżywcze (1). Jedną z najbardziej szkodliwych, a jednocześnie szeroko dostępnych substancji toksycznych, jest etanol. Wywołuje zarówno zmiany na poziomie fizycznym, jak i psychicznym. Etanol powoduje nieprawidłowy rozwój organów oraz deficyty sensoryczne. Nie tylko duże dawki wywołują szkodliwy wpływ, mniejsze dawki mogą powodować subtelniejsze, mniej zaakcentowane zmiany. Nawet bardzo małe dawki, które bez głębszych badań mogą wydawać się nieszkodliwe, wywołują zmiany na poziomie behawioralnym, które różnią się od prawidłowych (2). Do badania zostały użyte embriony danio pręgowanego, który z wielu powodów jest prawie idealnym organizmem modelowym. Jego szybkie dojrzewanie, łatwość rozmnażania oraz przezroczystość stadiów larwalnych sprawiła, że jest bardzo popularnym modelem eksperymentalnym w badaniach naukowych.

Cel pracy

Celem pracy było zbadanie wpływu wczesnej ekspozycji embrionów na etanol na ich rozwój osobniczy oraz późniejsze zachowanie.

Material i metody

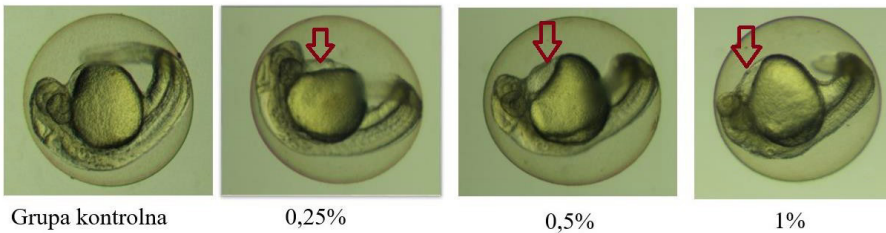
Do badania użyto 360 embrionów danio pręgowanego (linii AB), które zostały podzielone na 4 grupy i umieszczone w szalkach Petriego, w 30 ml wody. Przez wszystkie dni przeprowadzania badania, szalki znajdowały się w cieplarni w temperaturze 28,5°C. Do szalki z grupą kontrolną nie dodano alkoholu, natomiast do pozostałych grup zaaplikowano etanol, aby jego stężenie w wodzie wynosiło kolejno 0,25%, 0,5% oraz 1%. Zarodki znajdowały się w alkoholu przez 24 godziny. Po tym czasie alkohol dokładnie wypłukano, a we wszystkich grupach wodę zmieniono na świeżą, pozbawioną etanolu.

Wyniki

Pierwsze różnice zaobserwowano po 24 godzinach od ekspozycji na etanol. W grupach badawczych pojawił się obrzęk kuli żółtkowej (Ryc.1). Obecny był już u grupy 0,25%; utrzymywał się i pogłębiał w grupach 0,5% oraz 1%. W drugim dniu badania policzono stosunek osobników wyklułych do embrionów niewyklułych. W grupie kontrolnej wyniósł 33%; w grupie 0,25% etanolu – 43,75%; w grupie 0,5% etanolu – 24,67%, natomiast w grupie 1% etanolu – 1,15%. Pod mikroskopem zaobserwowano dalsze pogłębianie się obrzęku kuli żółtkowej, szczególnie wyraźne w grupach z 0,5% i 1% etanolu (Ryc. 2). Dodatkowo w tych grupach pojawiło się wyraźne przekrwienie oraz wybroczyny w okolicy worka osierdziowego. Nieliczne wyklułe osobniki eksponowane na 1% etanol posiadały również krótsze oraz zdeformowane ogony. Ostateczne badanie wykonano 5 dnia (Ryc. 3). Osobniki z grupy kontrolnej oraz eksponowane na 0,25% etanolu cechowały się prawidłową dla gatunku budową. Drastyczne zmiany zaobserwowano w grupach eksponowanych na 0,5% i 1% etanol. Larwy danio pręgowanego charakteryzowały się bardzo dużą opuchlizną praktycznie całego ciała, w tym w okolicy głowy oraz gałek ocznych. W przeciwieństwie do osobników z grupy kontrolnej oraz eksponowanej na 0,25% etanol, ogon nie rozwinął się prawidłowo, był krótszy oraz zdeformowany, co w połączeniu z obrzękiem utrudniało poruszanie się. Piątego dnia po zapłodnieniu (dpf) ich behavior został zbadany za pomocą automatycznego systemu do śledzenia i analizowania zachowania, ruchu i aktywności podczas narażenia. Zbadano również przebyty dystans (Ryc. 4) i prędkość (Ryc. 5).

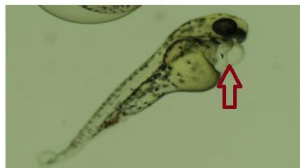
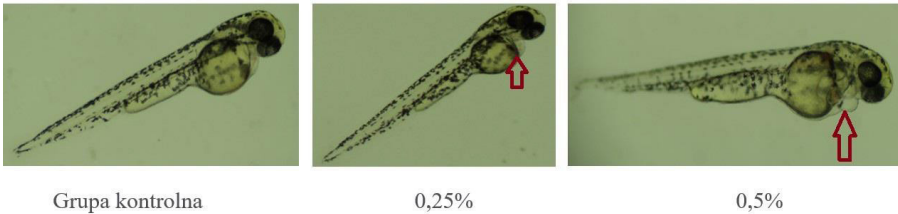
Największy dystans przebyły osobniki z grupy kontrolnej, następnie z grupy eksponowanej na 0,25% oraz 0,5% etanol. Najmniejszy dystans w czasie 30-minutowego

trwania eksperymentu pokonały osobniki z ekspozycje na 1% etanol – gdzie średnia dla całej grupy wynosiła tylko 612 mm, podczas gdy osobniki z grupy kontrolnej w tym samym czasie przebyły średnio dystans 2423 mm. Największą średnią prędkość osiągnęły osobniki z grupy kontrolnej – 1,34709 mm/s, najmniejszą osobniki z grupy ekspozycje na 1% etanol – 0,314383 mm/s. Larwy danio przęgowanego z grupy ekspozycje na 0,5% i 1% etanol wykazały nieprawidłową, bardzo słabą reakcję na czynnik stresowy. Osobniki ekspozycje na 0,25% etanol reagowała na czynnik, jednakże w porównaniu do grupy kontrolnej reakcja była osłabiona.



Zarodki 24h po ekspozycji na etanol

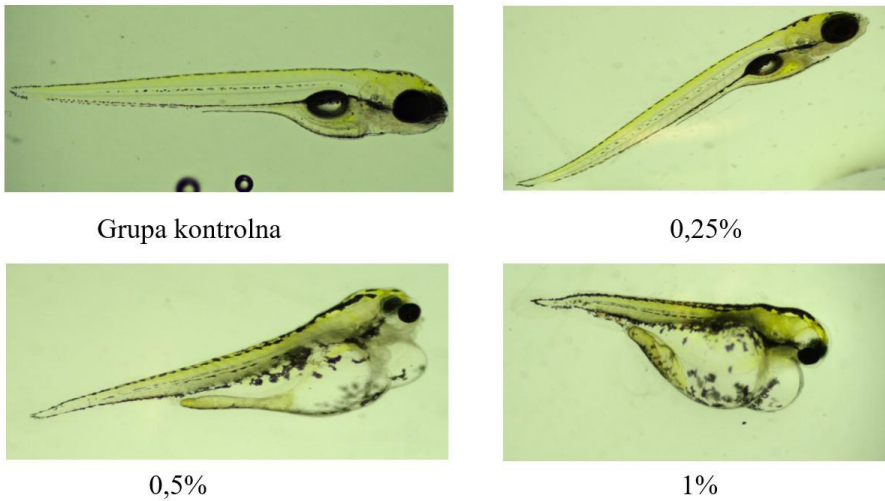
Ryc. 1. Widoczny obrzęk kuli żółtkowej



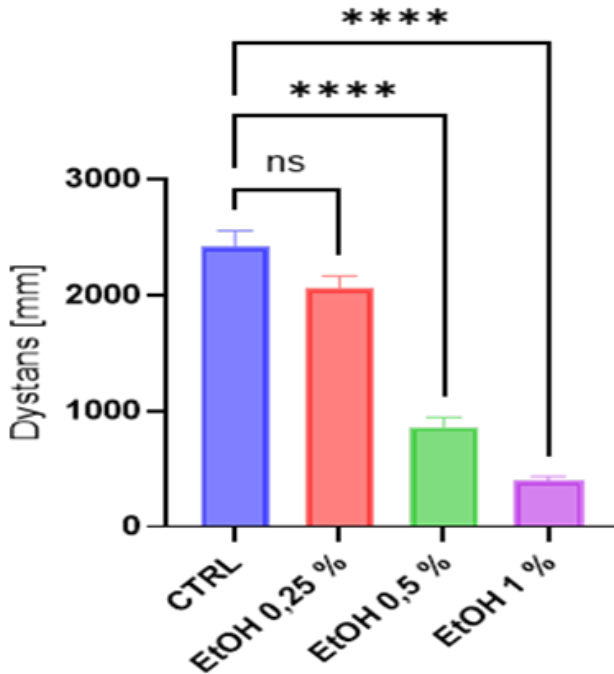
Zarodki 48h po ekspozycji na etanol

1%

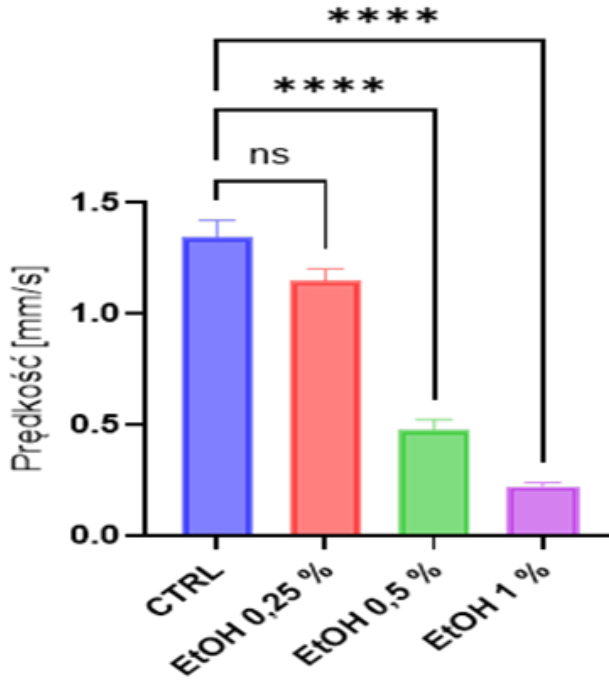
Ryc. 2. Widoczne wybroczyny w okolicy serca oraz obrzęk kuli żółtkowej



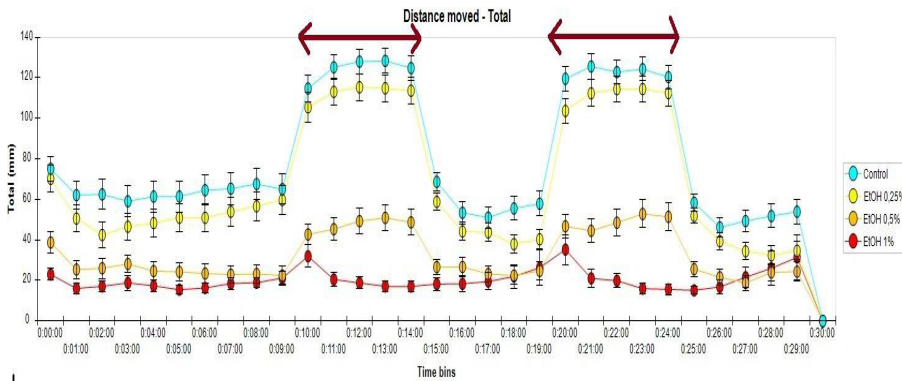
Ryc. 3. Zarodki 5. dnia po zapłodnieniu ekspozowane na etanol. U osobników ekspozowanych na 0,5% i 1% etanol widoczne są obrzęki w okolicy oczu oraz kuli żółtkowej oraz worka osierdziowego



Ryc.4. Średni dystans pokonany przez 5-dniowe larwy podczas całego testu. Dane przedstawione jako średnia \pm SEM, $n = 65-72$ osobników na grupę, **** $p < 0.0001$ (Kruskal-Wallis test dla danych nieparametrycznych)



Ryc. 5. Średnia prędkość 5-dniowych larw podczas całego testu. Dane przedstawione jako średnia \pm SEM, $n = 65-72$ osobników na grupę, **** $p < 0.0001$ (Kruskal-Wallis test dla danych nieparametrycznych)



Ryc. 6. Wykres przedstawiający zmiany w przebytych dystansie, po zadziałaniu czynnika stresowego (nagle wyłączenie światła – zaznaczone czerwonymi strzałkami) w 10. minucie do 15. minuty, oraz w 20. minucie do 25. minuty u larw danio przęgowanego w wieku 5dpf po ekspozycji na etanol (EtOH)

Podsumowanie

Etanol wyraźnie oddziałuje na rozwój, oprócz wyrządzenia bardzo szkodliwych i nieodwracalnych zmian morfologicznych, uszkadza zarodki, powodując również zmiany na poziomie behawioralnym, zacierając prawidłowe reakcje na czynniki stresowe.

Bibliografia

- [1] Bilotta J., Barnett J. A., Hancock L., Saszik S., *Ethanol exposure alters zebrafish development: A novel model of fetal alcohol syndrome.*
- [2] Rybak K., *The effect of teratogenic factors on the development of the human fetus.*

Katarzyna Różańska

Nikoła Durkowska

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski

Wydział Medycyny Weterynaryjnej

Studenckie Naukowe Koło Internistyczne Bujatryków

e-mail autora korespondencyjnego: 157891@student.uwm.edu.pl

Opiekun: dr hab. Katarzyna Żarczyńska, prof. UWM

WYKORZYSTANIE BADANIA ULTRASONOGRAFICZNEGO W WYKRYWANIU OSADÓW MINERALNYCH W PĘCZERZU MOCZOWYM KRÓW MLECZNYCH

Wprowadzenie

Badanie ultrasonograficzne pęcherza moczowego jest badaniem rutynowym w medycynie weterynaryjnej zwierząt towarzyszących. Położenie tego narządu w jamie miednicznej służy nie tylko za topograficzny punkt odniesienia w schemacie badania ultrasonograficznego, ale także pozwala ocenić obecność lub brak osadów mineralnych czy stanu zapalnego.

W badaniu ultrasonograficznym krów mlecznych pęcherz moczowy jest zwykle obrazowany razem z układem rozrodczym podczas badania ginekologiczno-położniczego zwierząt. Rzadko kiedy bywa obrazowany samodzielnie, a patologie takie jak wspomniane wyżej osady czy stan zapalny wykrywane są przypadkowo, często ze względu na brak specyficznych objawów.

Coraz częściej lekarze weterynarii sięgają po ultrasonografię w celu diagnozowania chorób związanych nie tylko z układem rozrodczym krów mlecznych, ale również aby wykryć patologie m.in. układu pokarmowego czy oddechowego. Rutynowym badaniem określającym funkcjonowanie układu moczowego jest badanie za pomocą testów paskowych. Niekiedy do głębszego zbadania przyczyny stanu patologicznego przydatne okazują się badania osadu moczu czy badania biochemiczne krwi. Nadal jednak użycie ultrasonografii w badaniu pęcherza moczowego krów mlecznych wydaje się być niedoceniane.

Piasek, który gromadzi się w drogach moczowych, to złoży różnych substancji powstających i odkładających się w nerkach, moczowodach, cewce moczowej, ale przede wszystkim w pęcherzu moczowym. Przyczyny ich tworzenia mogą być różne, np. wypasanie zwierząt na użytkach ze znaczną przewagą roślin bogatych w krzemiany, niebilansowane żywienie, zagęszczenie moczu wynikające z odwodnienia, anomalie w budowie anatomicznej zwierząt prowadzące do zalegania moczu czy też nawracające infekcje dróg moczowych. Należy wspomnieć, że samice bydła ze względu na stosunkowo krótką cewkę moczową są bardziej podatne na zakażenia dolnych dróg moczowych drogą wstępującą niż samce bydła, m.in. na skutek niedotrzymania odpowiedniej higieny podczas inseminacji. Samo powstanie piasku może nie powodować żadnych zewnętrznych objawów, a jedynymi sygnałami jego obecności w pęcherzu moczowym są niekiedy nieprawidłowe wyniki badania moczu testami paskowymi wynikające z podrażnień błony śluzowej. W zaawansowanych przypadkach na włosach okolicy warg sromowych pojawiają się szorstkie w dotyku osady przypominające piasek. Rzadko kiedy niespecyficzne i słabo wyrażone objawy, jeśli wystąpią, są łączone ze schorzeniami układu moczowego.

Cel badania

Celem badań było wykazanie skuteczności wykorzystania badania ultrasonograficznego w wykrywaniu osadu (piasku) w pęcherzu moczowym krów mlecznych.

Materiały i metody

Badanie przeprowadzono na 126 krowach rasy holsztyńsko-fryzyjskiej. Zwierzęta były w wieku 4-6 lat, w okresie 60-90 dni po wycieleniu. Krowy pochodziły z różnych gospodarstw w terenie województwa warmińsko-mazurskiego. W trakcie rutynowego badania rektalnego w celu potwierdzenia lub wykluczenia ciąży wykonano ultrasonograficzne badanie pęcherza moczowego przy pomocy aparatu ultrasonograficznego 4Vet Slim, Dramiński, z głowicą liniową rektalną. Wykorzystywana częstotliwość głowicy wynosiła 4 MHza zakres penetracji wiązki 10 cm.

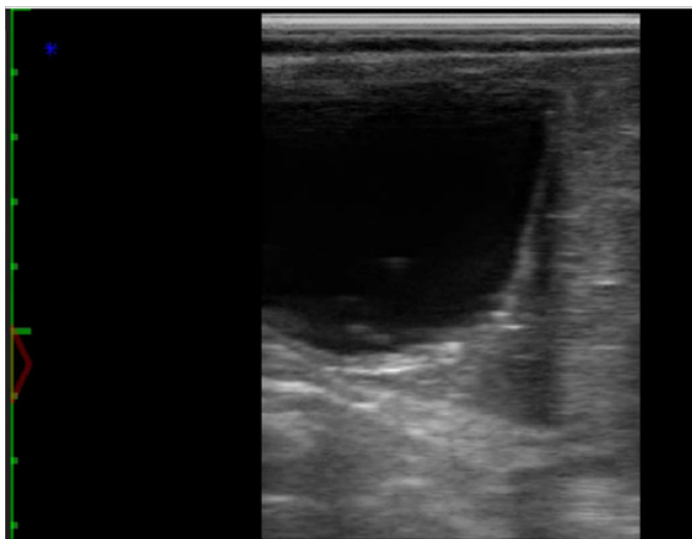
W trakcie badania przy pomocy aparatu ultrasonograficznego u 7 krów zaobserwowano osad w pęcherzu moczowym. Dalsze badania były przeprowadzane tylko na tych zwierzętach. Od tych sztuk pobrano mocz z wolnego strumienia. Przed pobraniem moczu, przy użyciu mokrego papierowego ręcznika, oczyszczono okolicę sromu. Poprzez drażnienie dłońią okolic sromu wywołano mikcję. Ze środkowego strumienia pobrano mocz do nowego, szczelnie zamykanego pojemnika o średnicy 5 cm i pojemności 50 ml. W ciągu 1,5 godziny od pobrania dokonano oceny organoleptycznej próbek, wykonano badanie testem paskowym i analizę osadu moczu pod mikroskopem.

W pojemnikach z moczem zanurzono paski testowe w taki sposób, że zwilżone były wszystkie pola i natychmiast po tym paski testowe zostały wyciągnięte. Nadmiar moczu z pasków był usuwany poprzez przyłożenie brzegu paska do kawałka bibuły. Wyniki każdego z parametrów odczytywane były po czasie podanym na opakowaniu pasków testowych poprzez przyłożenie paska do skali barwnej umieszczonej na pojemniku i porównaniu pól z paska z polami na skali barwnej.

Ostatnim etapem badania próbek moczu była ocena jego osadu. Do probówek stożkowych przeniesiono pipetą po 3ml moczu od każdej z badanych krów. Badany materiał umieszczono w wirówce i wirowano przez 5 min z prędkością 2-2,5 tysiąca obrotów/min. Zlano mocz znad osadu, odwracając probówkę do góry dnem jednym szybkim ruchem. Pozostałość probówki została wymieszana. Naniesiono kroplę na szkiełko podstawowe i nałożono na nią szkiełko nakrywkowe. Preparaty oglądano pod mikroskopem świetlnym przy użyciu powiększenia $\times 100$ i $\times 400$.

Wyniki

U 7 ze 126 krów stwierdzono obecność osadów mineralnych w pęcherzu moczowym. U żadnego z badanych zwierząt nie zaobserwowano odchyień w badaniu klinicznym. Temperatura u wszystkich krów mieściła się w zakresie od $38,1^{\circ}\text{C}$ do $38,9^{\circ}\text{C}$. Zwierzęta nie wykazywały reakcji bólowych podczas mikcji. W przypadku 1 sztuki z wykrytym piaskiem w pęcherzu moczowym zaobserwowano obecność ziarenek na włosach w okolicy krocza krowy.



Rycina 1. Pasma piasku zlokalizowane na dnie pęcherza moczowego

U wszystkich zwierząt badano pęcherz moczowy wypełniony moczem z użyciem głowicy liniowej rektalnej. Sonda została umieszczona dogłównie w stosunku do spojenia łonowego, zaś wiązka ultradźwiękowa była skierowana do przodu, co umożliwiło łatwą identyfikację i ocenę ściany pęcherza moczowego. W obrazie ultrasonograficznym w pęcherzu moczowym u 7 krów widoczny był hiperechogeniczny, układający się w postaci pasma na dołkowej części błony śluzowej, materiał przypominający piasek.

Podczas badania ultrasonograficznego pęcherza moczowego u krów wykonano bałotowanie, czyli poruszanie pęcherzem moczowym mające na celu wzburzenie cząstek stałych i ich suspensję w moczu, gdzie u 7 sztuk widoczne były swobodnie unoszące się i zaraz potem opadające ziarenka zawieszane w płynnym ośrodku, które dały efekt „płatków śniegu”.



Rycina 2. Obraz „płatków śniegu” w pęcherzu moczowym

Wszystkie próbki moczu miały zbliżony kolor – ciemnożółty, były lekko zmętniałe, o konsystencji wodnistej i wykazywały charakterystyczną dla gatunku, aromatyczną woń.

W badaniu testem paskowym zaobserwowano następujące zmiany, które przedstawia Tabela 1.

Próbki moczu zbadano refraktometrem optycznym, aby ocenić jego ciężar właściwy. Badanie to jest jednym z najbardziej dokładnych, jeśli chodzi o ocenę gęstości moczu. Z każdej próbki nakropiono 2 krople na szkiełko i domknięto przykrywką, aby ciecz lepiej rozeszła się na pryzmacie. Następnie patrząc pod światło przez okular, odczy-

Tabela 1. Wyniki badania moczu testami paskowymi

Parametry	Krowa 1	Krowa 2	Krowa 3	Krowa 4	Krowa 5	Krowa 6	Krowa 7
Leukocyty	15	70	70	15	15	15	70
Azotyny	brak	brak	brak	brak	brak	brak	brak
Urobilino-gen	norma	norma	norma	norma	norma	norma	norma
Bilirubina	brak	brak	brak	brak	brak	brak	brak
Krew	brak	10	10	brak	brak	brak	10
Glukoza	brak	brak	brak	brak	brak	brak	brak
Białko	0,3	1	1	0,3	0,3	0,3	1
Ciała ketonowe	brak	brak	brak	brak	brak	brak	brak
PH*	>8,5	>8,5	>8,5	>8,5	>8,5	>8,5	>8,5
Ciężar właściwy	>1,035	>1,035	>1,035	>1,035	>1,035	>1,035	>1,035

*wartość odczytu pH mieści się w zakresie 5,0-8,5, stąd nie ma możliwości dokładnego oszacowania pH moczu badanych krów

tano ze skali wartość odpowiadającą ciężarowi właściwemu moczu. Wyniki badania moczu refraktometrem przedstawia Tabela 2.

Tabela 2. Wyniki badania ciężaru właściwego moczu refraktometrem

Parametr	Krowa 1	Krowa 2	Krowa 3	Krowa 4	Krowa 5	Krowa 6	Krowa 7
Ciężar właściwy	1,045	1,051	1,053	1,046	1,045	1,047	1,053

W obrazie mikroskopowym widoczny był aktywny osad moczu – zwiększona liczba nabłonków, głównie nabłonka przejściowego oraz nabłonka płaskiego. Zaobserwowano znaczną ilość nieaktywnego osadu moczu, który w głównej mierze stanowiły kryształy – fosforany amonowo-magnezowe, inaczej zwane struwitami, które w obrazie mikroskopowym przypominają swoim wyglądem wieka trumien.

Dyskusja

Choroby układu moczowego są stosunkowo rzadko diagnozowane u bydła. Podczas standardowego badania tego układu u bydła przy podejrzeniu schorzeń wykorzystuje się badanie fizyczne moczu, testy paskowe i badanie refraktometrem. Postawienie diagnozy wymaga posiłkowania się pełnym badaniem moczu, oznaczenia elektrolitów oraz parametrów biochemicznych surowicy. W medycynie weterynaryjnej małych zwierząt jednym z rutynowych badań jest również badanie ultrasonograficzne. W przypadku bydła tego typu badanie należy do rzadkości. Niemniej jednak wykorzystanie ultrasonografii w diagnostyce układu moczowego bydła wydaje się być niedocenione. Badanie przy pomocy aparatu ultrasonograficznego u bydła umożliwia identyfikację infekcji

górných i dolnych dróg moczowych, ogniskowe lub rozsiane zmiany w nerkach, a czasem także ostrą i przewlekłą chorobę nerek oraz pozwala przede wszystkim na identyfikację nieprawidłowości w obrębie światła pęcherza moczowego obejmujące obecność kamieni, skrzepów krwi i osadu. Trudności mogą następczą pojawiające się na obrazie ultrasonograficznym artefakty, łatwo odróżnialne od piasku w pęcherzu moczowym za pomocą balotowania, podczas którego osad moczu będzie się unosił i opadał, zaś artefakty pozostaną w danym miejscu. Lekarze weterynarii mogą również spotkać się z niechęcią hodowców bydła do wykonywania badania pęcherza moczowego u krów ciężarnych, ponieważ brak wycucia podczas manewrowania sondą rektalną spowoduje poronienie u zwierzęcia. Również niewielki rozmiar piasku w początkowym stadium tworzenia się osadu może spowodować brak wykrywalności.

Podsumowanie

Badanie ultrasonograficzne jest badaniem szybkim, łatwym do wykonania oraz, co najważniejsze, mało inwazyjnym. Jego wykorzystanie w diagnostyce obecności osadu (piasku) w pęcherzu moczowym krów mlecznych wydaje się niezwykle skuteczne. Dzięki dużym różnicom w echogeniczności moczu oraz złoógów różnych substancji obraz przekazywany przez aparat ultrasonograficzny nie jest trudny w interpretacji nawet przez niewprawione oko.

Podziękowanie

Dofinansowano ze środków z ministerialnego programu Regionalna Inicjatywa Doskonałości (RID).

Bibliografia

- [1] McAchran S.E., Hartke D.M., Nakamoto D.A., Resnick M.I. (2007) Sonography of the urinary bladder. *Ultrasound Clinics*, 2(1):17–26.
- [2] Öztürk S., Demirkan I., Kibar M., Bumin A., Pekkaya S. (2005) Transrectal ultrasonographic examination of the urinary system in Holstein cows. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 29(2):263–267.
- [3] Pereira-Sampaio M.A., Bagetti Filho H.J.S., Carvalho F.S., Sampaio F.J.B., Henry R.W. (2010) A proposed new classification for the renal collecting system of cattle. *American Journal of Veterinary Research*, 71:1264–1269.
- [4] Żarczyńska K., Wysocka D., Sobiech P. (2017) Choroby układu moczowego bydła.
- [5] Żarczyńska K. (2024) Diagnostyka ultrasonograficzna bydła w praktyce, Wetpress.

Aleksandra Sypniewska

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Studenckie Koło Naukowe Histologów

Aleksandra.sypniewska@student.uwm.edu.pl

Opiekun: dr hab. n. wet. Natalia Ziółkowska

WIELOOGNISKOWE ZIARNINIAKOWE ZAPALENIE SPOJÓWKI PRZYPOMINAJĄCE GUZKOWE ZAPALENIE NADTWARDÓWKI U PSA – OPIS PRZYPADKU

Wstęp

Spojówka będąca cienką, ruchomą błoną śluzową, pokrywa wewnętrzną powierzchnię powiek, wewnętrzną i zewnętrzną powierzchnię trzeciej powieki, a także przednią część twardówki. Worek spojówkowy jest przestrzenią wyznaczoną przez ciągłość wszystkich części spojówki tj. spojówki powiekowej, spojówki przedniej i tylnej powierzchni trzeciej powieki i spojówki gałkowej. Spojówkę buduje nabłonek wielowarstwowy cylindryczny oraz leżąca poniżej tkanka łączna luźna z naczyniami krwionośnymi i zakończeniami nerwowymi. Spojówka odżywana jest przez film łzowy i jednocześnie, dzięki występującym w niej komórkom kubkowym, uczestniczy w produkcji śluzu wchodzącego w skład łez. Spojówka jako najbardziej eksponowana błona śluzowa ciała ma dobrze rozwinięte mechanizmy obronne, dzięki limfocytom, które tworzą na jej terenie grudki chłonne. Główną funkcją spojówki jest ochrona narządu wzroku przed urazami i infekcjami oraz udział w produkcji łez.

Zapalenie spojówki jest jednym z najczęściej diagnozowanych niespecyficzných objawów chorób oczu u małych zwierząt. Zapalenia spojówek klasyfikowane są na podstawie czasu trwania, rodzaju wysięku, cech klinicznych i etologii. To ostatnie kryterium jest najbardziej istotne i stanowi efektywną podstawę leczenia. Ze względu na podłoże etiologiczne zapalenia te można podzielić na zapalenia wywołane przez bakterie, wirusy i grzyby, a także przez pasożyty. Reakcja zapalna spojówek może rozwinąć się również wskutek działania endogennych lub egzogennych czynników mechanicznych takich jak np. rzęsy ectopowe oraz kurz i ciała obce. Odrębną, lecz istotną gru-

pę zapaleń, stanowią zapalenia, u podstawy których leży nieprawidłowa odpowiedź układu immunologicznego, czego przykładem jest np. alergiczne zapalenie spojówek. Powstaje ono w wyniku ekspozycji na antygen drogą bezpośrednią, inhalacyjną, bądź pokarmową i w wyniku aktywacji limfocytów obecnych w spojówce przyjmuje ono formę grudkowego zapalenia spojówek [1, 2].

Do grupy zapaleń na tle immunologicznym zaliczamy również guzkowe zapalenia ziarniniakowe, których rozwój obserwujemy głównie w rogówce i nadtwardówce. Dotychczas opisano jeden przypadek zapalenia spojówki o charakterze guzkowym u psa rasy labrador retriever [3]. Przypadek obustronnego limfocytarnego zapalenia spojówek w formie guzkowej opisano również u konia [4].

Cel pracy

Celem podjętych badań była charakterystyka morfologiczna guzkowej zmiany zapalnej w spojówce powiekowej dolnej u psa rasy polski owczarek podhalański.

Materiał i metody

Materiał do badań pobrano śródoperacyjnie od psa rasy polski owczarek podhalański w wieku 2 lat. Materiał stanowiła lita guzkowata zmiana zlokalizowana w spojówce powiekowej dolnej. Ze względu na to, że zmiana w znaczący sposób deformowała ułożenie powieki dolnej oraz nie poddawała się wcześniejszemu leczeniu przeciwwzapalnemu kortykosterydami (miejscowo i ogólnie), podjęto decyzję o jej chirurgicznym usunięciu. Pobrany materiał utrwalano w 4% formalinie, a następnie płukano, odwadniano przy użyciu etanolu i zatapiano w parafinie. Skrawki parafinowe o grubości 4 μm barwiono metodą hematoksylina – eozyna (HE). Skrawki poddano także barwieniom immunocytochemicznym z użyciem przeciwciał przeciwko antygenom: CD20 i CD79 (markery limfocytów B), CD3 (marker limfocytów T), MAC387 (marker makrofagów). Skrawki poddano odparafinowaniu w ksylenie, a następnie poddano je uwadnianiu w acetonie. W celu blokowania niespecyficznych wiązań, na skrawki podano roztwór surowicy końskiej, a następnie odpowiednie przeciwciała pierwotne przeciwko antygenom: CD20, CD79, CD3, MAC387. Skrawki inkubowano z przeciwciałami pierwotnymi przez 24 godziny, po czym je płukano, a następnie inkubowano z przeciwciałami wtórnymi wyznakowanymi enzymem HRP (peroksydaza chrzastowa), a następnie dodano substrat dla enzymu DAB (3, 3' – diaminobenzzydina) lub AEC (3-amino-9-etylkarbazol). Skrawki barwiono roztworem hematoksyliny Mayer'sa i zamknięto przy użyciu Mounting Glycergel Medium (DAKO) lub balsamu kanadyjskiego. Preparaty skanowano i fotografowano przy użyciu skanera PANNORAMIC 250 Flash III (3D Histech).

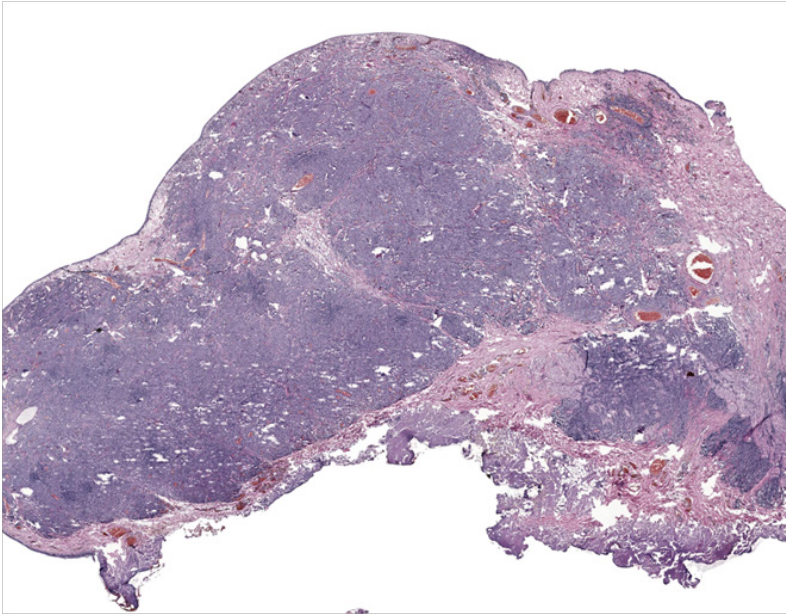
Wyniki

Badania kliniczne wykazały obecność owalnej, litej i dobrze odgraniczonej zmiany, zlokalizowanej w spojówce powiekowej dolnej, lekko uwypuklającej się ponad jej powierzchnię o średnicy ok 1 cm (Ryc. 1). Badanie histologiczne wykazało, że zmiana zlokalizowana była tuż pod nabłonkiem spojówki i penetrowała przez całą jej grubość, sięgając poza jej obszar, kończąc się tuż przy mięśniach poprzecznie prążkowanych powieki (Ryc. 2). Zmiana wykazywała obecność licznych naczyń krwionośnych (Ryc. 2). W barwieniu HE w obrębie zmiany dominowały bardzo liczne ściśle ułożone, zasadochłonne się barwiące limfocyty (Ryc.2). Badanie HE nie wykazało obecności figur podziałów mitotycznych w obrębie limfocytów. W obrębie ogniska zapalnego nie stwierdzono komórek barwnikowych.

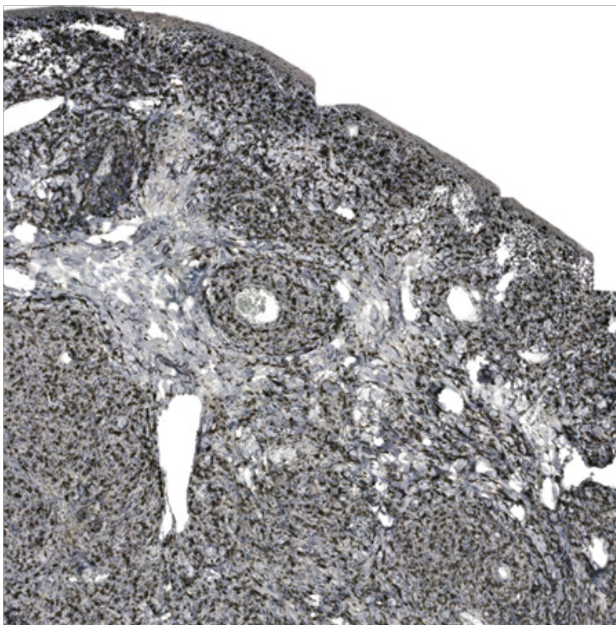
Badania immunocytochemiczne wykazały, że zmiana zbudowana była z bardzo licznych limfocytów wykazujących obecność antygenów CD3 (Ryc. 3–4) oraz mniej



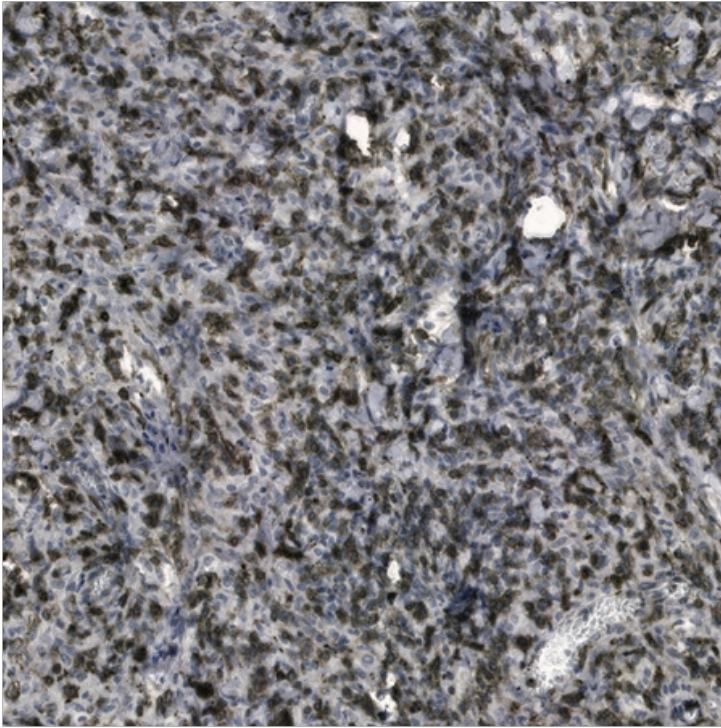
Rycina 1. Obraz kliniczny zmiany w obrębie spojówki powiekowej dolnej. Zmiana ma charakter guzkowaty i okrągły kształt



Rycina 2. Obraz histologiczny zmiany w barwieniu HE. Zmiana ma budowę litą, zawiera liczne naczynia krwionośne (strzałki), oraz liczne obszary zasadochłonne (gwiazdki)



Rycina 3. Obraz przedstawiający najliczniejsze limfocyty T z antygenem powierzchniowym CD3

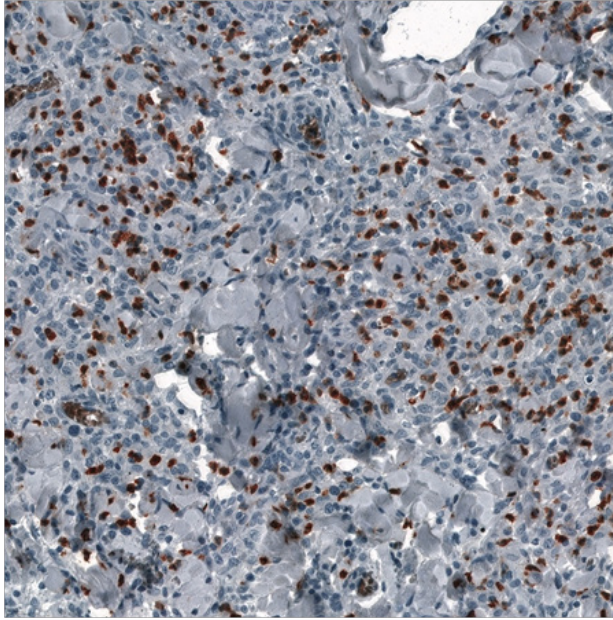


Rycina 4. Obraz przedstawiający najliczniejsze limfocyty T z antygenem powierzchniowym CD3

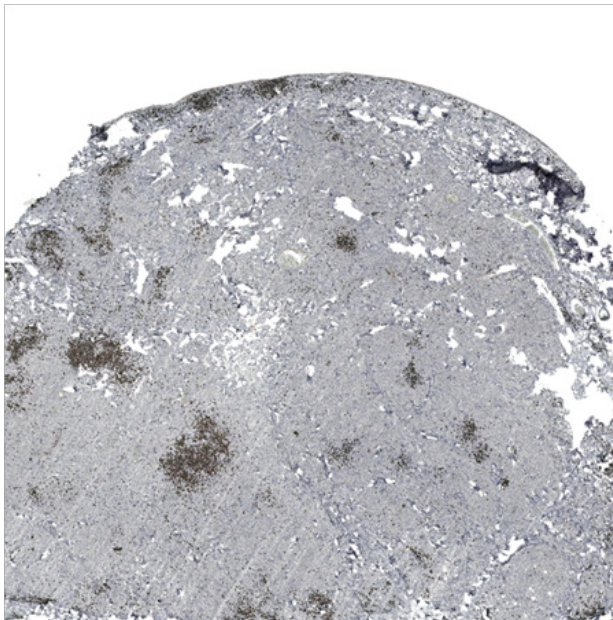
licznych komórek wykazujących ekspresję antygenów MAC387 (Ryc. 5–6). W obrębie zmiany występowały również komórki wykazujące ekspresję antygenów CD20 i CD79, jednakże występowały one w znacznie mniejszych ilościach niż limfocyty CD3 i komórki MAC387. (Ryc. 7–8). Dystrybucja komórek CD3 i MAC387 pozytywnych miała charakter rozsiany (Ryc. 5–6), natomiast dystrybucja komórek CD20 i CD79 pozytywnych miała charakter skupiony (Ryc. 7–8). Skupiska komórek CD3 i CD79 pozytywnych obserwowano także wokół naczyń krwionośnych w obrębie zmiany (Ryc. 9–10).

Dyskusja

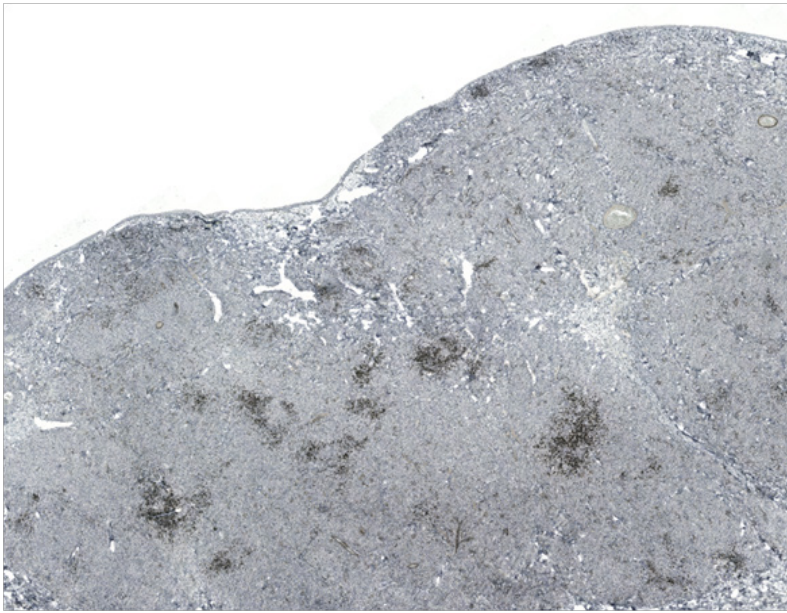
Wyniki przeprowadzonych badań wykazały u psa rasy owczarek podhalański obecność guzkowej, litej i dobrze odgraniczonej zmiany, znajdującej się w worku spojówkowym dolnym, niepoddającej się wcześniejszemu leczeniu przeciwzapalnemu. Badania histologiczne i immunocytochemiczne wykazały, iż zmiana miała charakter zapalny i two-



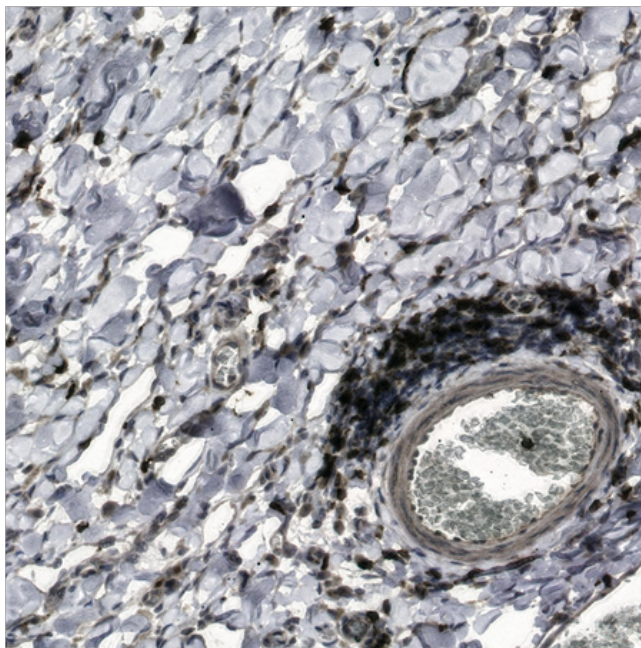
Rycina 6. Obraz przedstawiający naciek makrofagów z antygenem powierzchniowym MAC387. Komórki te są mniej liczne niż limfocyty T



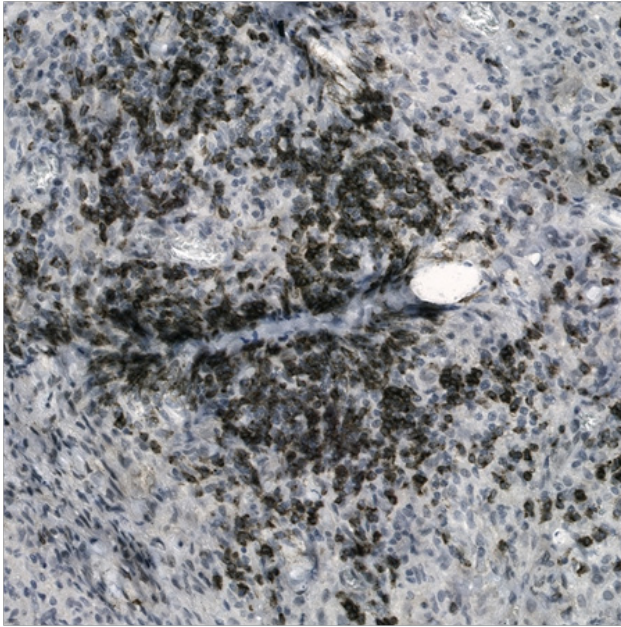
Rycina 7. Obraz przedstawiający naciek i rozmieszczenie limfocytów B z antygenem powierzchniowym CD20



Rycina 8. Obraz przedstawiający naciek i rozmieszczenie limfocytów B z antygenem powierzchniowym CD79



Rycina 9. Obraz przedstawiający naciek limfocytów CD3 wokół naczyń krwionośnych



Rycina 10. Obraz przedstawiający nacieki limfocytów CD79 wokół naczyń krwionośnych

rzyły ją bardzo liczne limfocyty T oraz mniej liczne makrofagi i limfocyty B. Zmiana zlokalizowana była w całości w spojówce i nie infiltrowała niżej leżących tkanek. Dotychczas opisano jedynie jeden przypadek zapalenia spojówki o charakterze guzkowym u psa rasy labrador retrievier (Collins i in. 1992), jednakże w odróżnieniu od niniejszych badań, gdzie zmiana była jednostronna i zlokalizowana w spojówce powiekowej, w przypadku badań Collins i in. zmiany lokalizowane były w spojówce gałkowej oraz w wolnym brzegu trzeciej powieki i w powiekach dolnych. Zmiany dotyczyły również składu komórkowego, ponieważ w badaniach własnych obserwowano przede wszystkim nacieki limfocytów T, w mniejszej ilości limfocytów B i makrofagów, podczas gdy w badaniach prowadzonych przez Collins i in. skład komórkowy zmiany zapalnej był mieszany i zawierał duże komórki nabłonkowe, limfocyty, plazmocyty i neutrofile. Dodatkowo, w niniejszych badaniach zmiana była jednostronna, natomiast w badaniach Collins i in. zmiany były obustronne. W obu przypadkach zmiany nie ustępowały po podawaniu leków przeciwzapalnych (kortykosterydów).

Przypadek obustronnego limfocytarnego zapalenia spojówek w formie guzkowej opisano również u konia (Stippini i in. 2005). W obrazie histopatologicznym zmiana miała mieszany charakter i występowały tam liczne makrofagi i limfocyty T, a także mniej liczne limfocyty B, co pozostaje w zgodzie z badaniami własnymi. W odróżnieniu od naszych badań, w obrazie histopatologicznym opisanym przez Stoppinięgo i in.

obserwowano tworzenie struktur podobnych do zatok limfatycznych, które zawierały na obwodzie wiele makrofagów. Dodatkowo, w przeciwieństwie do badań własnych, usunięta zmiana zapalna poddana resekcji ze spojówki konia nawracała.

Warto podkreślić, iż obraz morfologiczny i histopatologiczny opisywanej w niniejszych badaniach zmiany przypomina guzkowe zapalenie nadtwardówki i rogówki (NGE – *nodular granulomatous episclerokeratitis*). W przeciwieństwie do opisywanych do tej pory przypadków, NGE występuje głównie na terenie rogówki i/lub twardówki, natomiast nie opisano jego występowania w spojówce.

Podsumowanie

Przeprowadzane badania pozwalają na zakwalifikowanie zmiany zapalnej spojówki jako nienowotworowego zapalenia limfocytarno-histiocytarnego, o możliwym podłożu immunologicznym. W celu określenia możliwej przyczyny powstawania tego typu zapaleń konieczne są dalsze badania.

Bibliografia

- [1] Maggs D.J., Miller P.E., Ofri R., 2018. Slatter's Fundamentals of Veterinary Ophthalmology. 6th edition. Saunders Elsevier, UK.
- [2] Dubielzig R.R., Ketring K., McLellan G.J., Albert D.M. 2010 Veterinary Ocular Pathology. A comparative review. Saunders Elsevier, UK.
- [3] Collins B.K., MacEwen E.G., Dubielzig R.R., Swanson J.F. 1992. Idiopathic granulomatous disease with ocular adnexal and cutaneous involvement in a dog. Journal of the American Veterinary Medical Association. 201(2), 313–316.
- [4] Stoppini, R., Gilger, B. C., Malarkey, D. E., Ratto, A., Brigati, G. 2005. Bilateral nodular lymphocytic conjunctivitis in a horse. Veterinary ophthalmology, 8(2), 129–134.

Antonina Wróbel

Marta Krzemińska

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Wydział Medycyny Weterynaryjnej

Studenckie Koło Naukowe Internistów Weterynaryjnych

mail: 157656@student.uwm.edu.pl

Opiekun: dr n. wet. Justyna Radwińska

ANALIZA OBJAWÓW NEUROLOGICZNYCH U PSÓW Z NIEDOCZYNNOCIĄ TARCZYCY

Budowa i fizjologia tarczycy

Tarczyca jest jednym z największych gruczołów dokrewnych, zbudowanym z podłużnie owalnych płątów, o zaokrąglonych brzegach. Płąt prawy oraz lewy połączone są cieśnią, która u większych psów ma charakter gruczołowy, natomiast u mniejszych może mieć charakter włóknisty lub ulegać zanikowi. Zlokalizowana jest na pierwszych 5-8 chrząstkach tchawiczych, tuż obok przełyku. Miąższ otoczony jest torebką włóknistą zaopatrzoną w liczne naczynia krwionośne. Do wnętrza gruczołu wnikają belecзки łącznotkankowe budujące zrąb i dzielące miąższ na płąciki¹. Histologicznie tarczyca zbudowana jest z dwóch rodzajów komórek: tyreocytów i komórek C. Budują ją pęcherzyki różnej wielkości zawierające koloid wytwarzany w komórkach pęcherzykowatych, którego głównym składnikiem jest tyreoglobulina². Głównym zadaniem tarczycy jest synteza hormonów. Polega ona na wychwycie jodku przez komórki pęcherzykowate i przekazaniu go do wnętrza pęcherzyka, gdzie w postaci jodu po uprzedniej peroksydacji zostaje wbudowany do reszt tyrozynowych tyreoglobuliny. Koloid ulega endocytozie w odpowiedzi na działanie hormonu przysadki – tyreotropiny (TSH), następnie dochodzi do powstawania aktywnych form hormonu tarczycy, które uwalniane zostają do krwioobiegu. Działanie tarczycy podlega mechanizmowi ujemnego sprzężenia zwrotnego. Wzrost poziomu T3 i T4 we krwi warunkuje obniżenie poziomu TSH. Prawidłowy poziom hormonów tarczycy wywiera kluczowy wpływ na właściwe funkcjonowanie organizmu, zapewnia odpowiednie tempo przemian metabolicznych i warunkuje utrzymanie homeostazy³.

Niedoczynność tarczycy

Niedoczynność tarczycy jest jedną z najczęściej diagnozowanych chorób endokrynologicznych występujących u psów. Dotyczy najczęściej zwierząt w średnim lub starszym wieku. Schorzenie polega na niedostatecznej produkcji hormonów tarczycy: tyroksyny (T4) i trójjodotyroniny (T3). Przyczyny możemy podzielić na pierwotne takie jak idiopatyczny zanik gruczołu (najczęściej stawiane rozpoznanie) oraz limfocytarne zapalenie na tle autoimmunologicznym, a także wtórne wynikające z dysfunkcji przysadki i w konsekwencji braku prawidłowego wytwarzania tyreotropiny (TSH). Idiopatyczny zanik tarczycy oraz zapalenie limfocytarne stanowią około 95% diagnozowanych przypadków⁴. Niekiedy przyczyną może być również wrodzona dyshormonogeneza hormonów tarczycy, niedobory żywieniowe czy niedorozwój gruczołu, dzieje się to natomiast niezwykle rzadko. Wśród objawów najczęściej zgłaszanych przez opiekunów możemy wyróżnić: ospałość, nadmierny przyrost masy ciała, zauważalne symetryczne wyłysienia oraz zmiany dotyczące okrywy włosowej⁵. W przebiegu niedoczynności tarczycy dochodzi do zaburzenia funkcjonowania wielu układów. Objawy mogą pojawiać się ze strony układu sercowo-naczyniowego, obejmując najczęściej spadek kurczliwości mięśnia sercowego, zaburzenia rytmu serca, przytłumienie tonów i rzadkoskurcz. Objawy dermatologiczne mogą obejmować między innymi ropne zapalenie skóry, łojotok suchy lub tłusty, hiperpigmentację, *otitis externa* czy *myxedema*. Włosy psów w przebiegu niedoczynności tarczycy stają się suche, przerzedzony i matowy. Ponadto mogą wystąpić zaburzenia rozrodu takie jak spadek libido, rozregulowanie lub niewystępowanie cyklu, czy spadek liczby plemników⁶.

Patogeneza występowania objawów neurologicznych przy obniżonym stężeniu hormonów tarczycy nie jest jednoznacznie określona. Opisano wpływ tyroksyny (T4) i trójjodotyroniny (T3) na dostępność adenosynotryfosfatazy (ATP), wykorzystywanej do pracy pompy sodowo-potasowej, która odpowiada za transport aksonalny. Mogą one również wpływać na ekspresję dyneiny i tubuliny związanych z budową mikrotubul niezbędnych do transportu aksonalnego. Nieprawidłowa budowa i funkcja tych struktur prowadzi również do degeneracji i zaburzonej regeneracji włókien nerwowych⁷. Badania wykazują zarówno procesy demielinizacyjne, jak i remielinizacyjne, a także obecność martwicy aksonalnej. Demielinizacja polegająca na utracie osłonki mielinowej otaczającej włókna nerwowe, skutkuje zaburzeniami w przewodzeniu impulsów nerwowych. Wyniki badań elektrodiagnostycznych wskazują na złożone wzorce aktywności elektrycznej, takie jak potencjały fibrylacyjne i dodatnie fale ostre, które są wskaźnikami degeneracji mięśni, sugerującymi uszkodzenie nerwów obwodowych. Zmniejszona prędkość przewodzenia potencjałów czynnościowych w nerwach ruchowych wskazuje na uszkodzenie osłonki mielinowej i/lub aksonów, co prowadzi do spowolnienia transmisji impulsów nerwowych. Objawy kliniczne związane z tymi zmianami obejmują osłabienie mięśni, zaburzenia czucia oraz inne symptomy neu-

ropatii. Objawy te zazwyczaj ustępują po suplementacji lewotyroksyną, co sugeruje związek zaburzeń z niedoczynnością tarczycy. Lewotyroksyna, będąca syntetycznym hormonem tarczycy, pomaga przywrócić prawidłowy metabolizm komórkowy i funkcję nerwów, co prowadzi do poprawy stanu klinicznego pacjentów⁸.

Występuje również korelacja pomiędzy obniżonym poziomem hormonów tarczycowych, a hipercholesterolemią⁵ prowadzącą do arteriosklerozy. Niedobór tyroksyny (T4) prowadzi do redukcji pobierania triglicerydów. Odkładanie się lipidów w warstwie wewnętrznej i środkowej tętnic prowadzi do zmniejszenia ich światła oraz epizodów niedokrwienia w centralnym układzie nerwowym, objawiających się deficytami neurologicznymi. Arterioskleroza jest rzadkim schorzeniem u psów, które są na nią naturalnie niepodatne. W przeprowadzanych badaniach wykazano zależność pomiędzy występowaniem niedoczynności tarczycy, a zwiększonym ryzykiem wystąpienia arteriosklerozy. Histopatologicznie stwierdzana obecność degeneracji rdzenia kręgowego w odcinku szyjnym związana z okluzją tętnic może wyjaśniać klinicznie występujący brak propriocepcji cztero kończynowej oraz występowanie tetraparezy. Sugerując tym samym uszkodzenie rdzenia na wysokości odcinka szyjnego i potwierdzając zależność pomiędzy występowaniem deficytów a hipercholesterolemią⁹.

W celu postawienia rozpoznania należy brać pod uwagę, oprócz występujących objawów, wyniki badania morfologicznego krwi, badania biochemicznego surowicy oraz ogólnego badania moczu. Pozwoli to na wykluczenie chorób współistniejących, które mogą wpływać na wynik profilu tarczycowego krwi (stężenie tyroksyny, tyreotropiny i wolnej tyroksyny we krwi). U około 75% psów ze stwierdzoną niedoczynnością tarczycy obserwowano podwyższony poziom cholesterolu, natomiast u około 40% wyniki potwierdziły nieznaczną niedokrwistość nieregeneratywną⁵. W badaniu ogólnym moczu nie stwierdzono nieprawidłowości charakterystycznych dla hipotyroidyzmu. Może to być wykorzystane jako kryterium poboczne przy ocenie funkcjonowania gruczołu tarczycowego.

Schemat diagnostyczny przy potwierdzeniu niedoczynności tarczycy rozpoczynamy od analizy danych z wywiadu, badania klinicznego i podstawowych badań laboratoryjnych. Za badanie przesiewowe uznaje się określenie we krwi poziomu tyroksyny (T4), którego czułość wynosi 89-100%¹⁰. Obniżony poziom tego hormonu nie jest jednoznaczną diagnozą i wymaga potwierdzenia poprzez określenie poziomu wolnej tyroksyny (fT4) lub tyreotropiny (TSH) w surowicy. Wyniki poniżej wartości referencyjnej stężenia wolnej tyroksyny potwierdza diagnozę. Jeżeli poziom TSH jest podwyższony, uznajemy niedoczynność tarczycy jako rozpoznanie, natomiast przy wyniku mieszczącym się w normach referencyjnych musimy wykonać badanie stężenia wolnej tyroksyny we krwi, ponieważ prawidłowy wynik TSH nie wyklucza ostatecznie hipotyroidyzmu. U psów z podejrzeniem limfocytarnego zapalenia tarczycy wykorzystuje się badanie poziomu przeciwciał antytyreoglobulinowych (TgAb). Należy brać pod uwagę ogólny stan pacjenta i występujące choroby przewlekłe, ponieważ mogą wpływać one na poziom hormonów tarczycowych, utrudniając interpretację wyników. Diagnoza

niedoczynności tarczycy wymaga więc kompleksowego podejścia, uwzględniającego zarówno wyniki badań laboratoryjnych, jak i stan kliniczny pacjenta.

Cel pracy

Praca miała na celu retrospektywną analizę historii choroby u psów cierpiących na niedoczynność tarczycy, ze szczególnym uwzględnieniem przypadków manifestujących się objawami neurologicznymi. Zbierane dane zostały poddane szczegółowej analizie pod kątem płci, wieku, rasy oraz rodzaju występujących objawów u pacjentów. Celem było zrozumienie związku między niedoczynnością tarczycy, a symptomami neurologicznymi u psów, co może przyczynić się do lepszego zrozumienia tej choroby i jej skuteczniejszego leczenia.

Materiał i metody badań

Analizie poddano 140 psów z niedoczynnością tarczycy, w tym u 20 z nich stwierdzono objawy ze strony układu nerwowego. Wszystkie zwierzęta były pacjentami całodobowej Polikliniki Weterynaryjnej Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie w latach 2017-2023, a dane na temat ich choroby zgromadzone zostały w systemie komputerowym lecznicy, pozwalając na analizę diagnozowania i leczenia każdego z pacjentów. W związku z patomechanizmem choroby wszystkie psy były dorosłe, w wieku od 3 do 17 lat. Pacjenci należeli do obu płci i różnych ras: mieszaniec (7), sznaucer miniaturowy (2), border collie (2), bokser (1), labrador retriever (1), cocker spaniel angielski (1), staffordshire terrier (1), yorkshire terrier (1), owczarek niemiecki (1), shiba (1), buldog francuski (1), jamnik (1).

Na wstępie zbierano wywiad oraz przeprowadzano badanie kliniczne. Aby postawić rozpoznanie, każdy z pacjentów miał wykonane badanie biochemiczne krwi, w celu określenia poziomu tyroksyny (T4), na kolejnym etapie badanie stężenia wolnej tyroksyny (fT4) lub tyreotropiny (TSH). Leczenie opierało się na podawaniu leków zawierających lewotyroksynę, takich jak Euthyrox[®] lub Forthyron[®] w dawce 0,02-0,04 mg/kg masy ciała *per os* co 12 godzin. Po minimum dwóch tygodniach dokonywano kontroli poziomu tyroksyny we krwi w celu monitorowania leczenia i ustalenia właściwej dawki leku. Aby potwierdzić, iż występujące objawy nie wynikają z zaburzeń ortopedycznych, w niektórych przypadkach dokonywano konsultacji u specjalistów ortopedów. Przy występujących napadach drgawkowych obserwowano reakcję na leczenie wyłącznie lewotyroksyną bez podawania leków przeciwdrgawkowych.

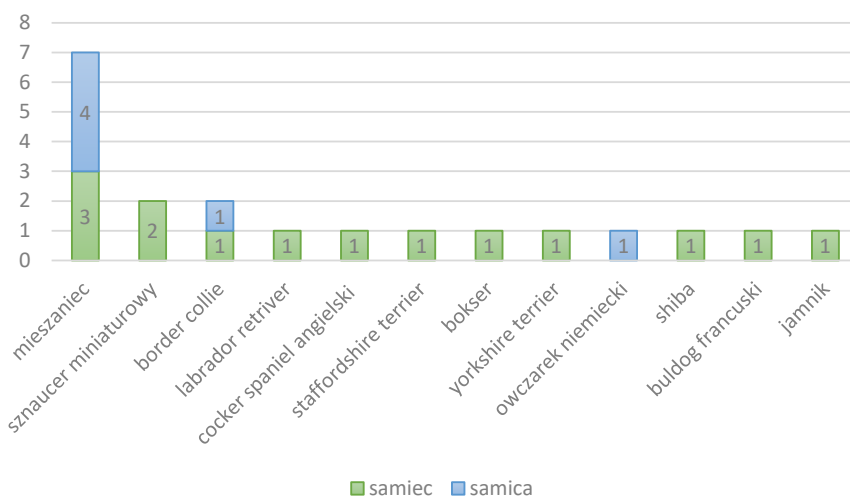
Wyniki

Po przeanalizowaniu historii choroby 140 pacjentów z potwierdzoną niedoczynnością tarczycy, u 20 z nich (14%) opisano występujące objawy nerwowe. U 65% zaobserwowane symptomy wskazywały na zaburzenia obwodowe, pozostałe 35% psów wykazywało objawy nieprawidłowego funkcjonowania ośrodkowego układu nerwowego.

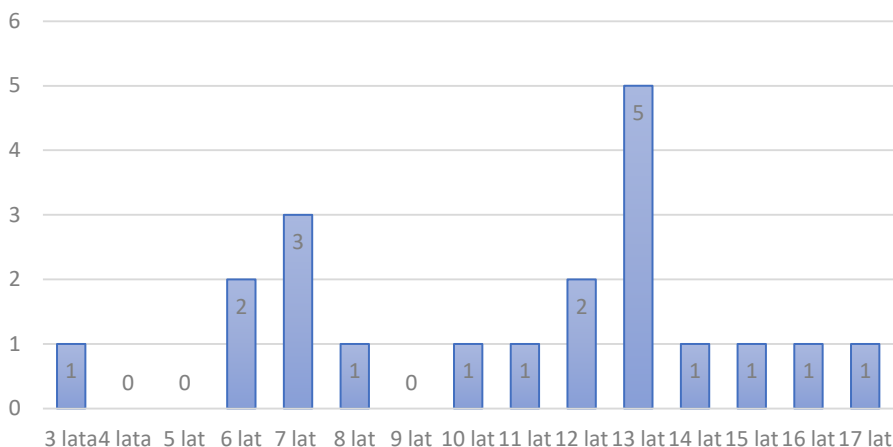
Tabela 1. Rodzaj i częstość występujących objawów nerwowych

Objaw	Pochodzenie (ośrodkowy/obwodowy układ nerwowy)	Liczba psów, u których go opisano
Skośne trzymanie głowy	ośrodkowe jak i obwodowe	10 (50%)
Ataksja	ośrodkowe jak i obwodowe	8 (40%)
Oczopląs (pionowy, poziomy lub rotacyjny)	ośrodkowe jak i obwodowe	8 (40%)
Ruchy manewrowe	ośrodkowe jak i obwodowe	6 (30%)
Zmniejszone napięcie mięśni	ośrodkowe jak i obwodowe	5 (25%)
Zaburzenia nerwów czaszkowych	obwodowe	5 (25%)
Ataki drgawkowe	ośrodkowe	4 (20%)
Apatia	ośrodkowe	3 (15%)

Współistniejące opisane objawy to: przybieranie na wadze, nietolerancja wysiłkowa, zmienny apetyt, polidypsja i wymioty. Spośród 20 opisanych psów tylko 6 z nich było samicami (30%). Poniższy wykres (Wykres 1) ilustruje liczbę przedstawicieli da-



Wykres 1. Liczba badanych zwierząt z uwzględnieniem rasy i płci



Wykres 2. Rozkład badanych zwierząt ze względu na wiek

nej rasy psów, u których zostały opisane objawy nerwowe w przebiegu niedoczynności tarczycy wraz z wyróżnieniem płci.

W badaniu opisano zwierzęta w wieku od 3 do 17 lat. Mediana wieku wyniosła 12 lat, a średnia wieku jest równa 10,2 roku. Poniższy wykres (Wykres 2) ilustruje liczbę psów, u których w danym wieku stwierdzono objawy neurologiczne.

Wyniki pierwszego badania biochemicznego krwi, w którym określano poziom tyroksyny, wahały się w granicach 0,6 – 1,5 µg/dl (norma laboratorium 1-4 µg/dl), jeden wynik wynosił 11,6 nmol/l (norma laboratorium 12,9-51,5 nmol/l). U wszystkich psów zastosowano leczenie farmakologiczne pochodnymi lewotyroksyny: Forthyron[®] (18), Euthyrox[®] (2). Początkowe dawki leczenia wynosiły 0,02-0,04 mg/kg masy ciała *per os* co 12 godzin. Na podstawie zebranych danych u 12 (60%) psów stwierdzono pozytywną reakcję na leczenie, w pozostałych przypadkach nie została ona opisana w dokumentacji medycznej.

Dyskusja

Niedoczynność tarczycy jest najczęściej występującym schorzeniem endokrynologicznym u psów¹¹. W związku z ogólnoustrojowym oddziaływaniem hormonów tarczycowych, ich niedobór manifestuje się zaburzeniem funkcjonowania wielu układów. Nie jest jednoznacznie wyjaśniony związek między niedoczynnością tarczycy, a objawami neurologicznymi. Przy hipotyroidyzmie występują one stosunkowo rzadko, w porównaniu do symptomów ze strony skóry i obniżonego tempa metabolizmu¹². Badania prowadzone w latach 1987–1992 na 66 psach, opisały wystąpienie objawów neurologicznych w 19 przypadkach (29%)¹³, natomiast badania z 1999 roku wykazały

zaburzenia układu nerwowego tylko u 3 z 50 psów (6%)⁵ z niedoczynnością tarczycy. Jest to spójne z wynikami niniejszej analizy, w których wykazano objawy neurologiczne u 20 z 140 (14%) psów. Większość z nich (65%) prezentowała zaburzenia ze strony obwodowego układu nerwowego, takie jak: niedowład, porażenia nerwów czaszkowych, ataksję czy zmniejszone napięcie mięśni. Pozostałe 7 psów (35%) wykazywało objawy ośrodkowe: ataki drgawkowe, zmianę zachowania, apatię. U 4 z nich wystąpił ośrodkowy zespół przedsionkowy z towarzyszącym przekrzywieniem głowy, ruchami manewowymi i oczopląsem pionowym lub rotacyjnym. W badaniu przeprowadzonym w 1994 roku na grupie 29 psów wykazujących objawy neurologiczne w przebiegu niedoczynności tarczycy dokonano usystematyzowania oraz podziału na objawy dotyczące dolnego motoneuronu, które wykazywało 11 psów, obwodowego zespołu przedsionkowego (9), paralizu krtani (5), *megaesophagus* (4), nie wykazano predylekcji rasowych oraz płciowych, zauważono jednak zależność dotycząca wieku psa oraz jego masy ciała¹⁴. Określono predyspozycje psów ras dużych w wieku ok 9,5 roku, co zgodne jest z wynikami niniejszego opracowania, w którym średni wiek psa wykazującego objawy neurologiczne (w momencie ich wystąpienia) wynosił 10,4 lat.

Podczas przeprowadzania niniejszego opracowania u części zwierząt stwierdzono współistniejące objawy, niezwiązane z układem nerwowym, jednak większość psów (55%) ich nie wykazywała.

W niniejszym badaniu suki stanowiły 30% zwierząt wykazujących objawy nerwowe, co pokrywa się z wynikami badań z lat 1987–1992¹³, które opisują niższe ryzyko wystąpienia niedoczynności tarczycy u samic niż u samców, ryzyko to wzrasta po zabiegu sterylizacji.

Wyniki niniejszej analizy nie pozwalają na określenie predyspozycji rasowych do występowania objawów nerwowych przy hipotyroidyzmie. Stwierdzono je u przedstawicieli 12 różnych ras: mieszaniec (7), sznaucer miniaturowy (2), border collie (2), bokser (1), labrador retriever (1), cocker spaniel angielski (1), staffordshire terrier (1), yorkshire terrier (1), owczarek niemiecki (1), shiba (1), buldog francuski (1), jamnik (1). Jednak należą one do ras powszechnie opisywanych jako predysponowane do wystąpienia niedoczynności tarczycy^{5,15}.

W związku z patomechanizmem niedoczynności tarczycy jest ona chorobą diagnozowaną u zwierząt dorosłych. W powyższym badaniu opisano psy w wieku od 3 do 17 lat. Należy brać pod uwagę przekrój ras uczestniczących w badaniu i w związku z tym zróżnicowany czas osiągnięcia dojrzałości. Mediana wieku u badanych zwierząt wyniosła 12 lat, co jest znacznie wyższą liczbą niż w badaniu z lat 1999–2005, gdzie mediana wieku psów z objawami centralnego zespołu przedsionkowego związanego z niedoczynnością tarczycy, wynosiła 7 lat. Średnia wieku w przeprowadzonym badaniu to 10,2 lat, co bardziej pokrywa się z wynikami badań z 1994 roku, gdzie średnia zwierząt wykazująca objawy nerwowe wynosiła 9,5 roku¹⁴.

Za przesiewowe badanie krwi w diagnozowaniu hipotyroidyzmu uznaje się stężenie tyroksyny (T4) w surowicy. Przy jego obniżonym poziomie wykonuje się pomiar

stężenia wolnej tyroksyny (fT4) lub tyreotropiny (TSH). Wolna tyroksyna (fT4) to frakcja hormonu niezwiązanego z białkami surowicy, co odzwierciedla dostępność hormonów dla komórek. Za wartości referencyjne stężenia tyroksyny (T4) uznaje się 19-45 nmol/l (1,5-3,5 µg/dl), a wolnej tyroksyny (fT4) 7-31 pmol/l (0,6-2,4 ng/dl)¹⁵. Wyniki stężenia tyreotropiny mają mniejsze znaczenie diagnostyczne ze względu na wyniki prawidłowe u 20-40% psów z hipotyroidyzmem. Wartości fizjologiczne cTSH (canine TSH) wynoszą mniej niż 0,6 ng/ml. Podane wartości mogą się minimalnie różnić w zależności od laboratorium przeprowadzającego badanie¹⁶.

Leczenie opiera się na podawaniu pochodnych lewotyroksyny. Przeciwskazaniem do stosowania tych leków jest niestabilizowana niewydolność nadnerczy oraz nadwrażliwość na składniki preparatu. Dawka początkowa 0,02-0,04 mg/kg masy ciała *per os* co 12 godzin, jest punktem wyjścia do ustalenia indywidualnego, dostosowanego do danego psa dawkowania leku. W celu monitorowania terapii prowadzi się pomiary stężenia tyroksyny (T4) w osoczu. Wartości szczytowego poziomu hormonu (około 3 godziny po podaniu leku) powinny mieścić się w zakresie 30–47 nmol/l, natomiast stężenie minimalne, mierzone tuż przed podaniem tabletki powinno wynosić minimum 19 nmol/l. Jeśli wyniki badania stężenia tyroksyny nie mieszczą się w granicach referencyjnych należy skorygować dawkę. Badanie kontrolne powinno być wykonane po minimum 2 tygodniach od zamiany dawkowania preparatu leczniczego. Równie ważnym czynnikiem w indywidualnym wyznaczaniu dawki jest poprawa kliniczna, która może nastąpić dopiero po upływie 4 do 8 tygodni. Po dostosowaniu leczenia do danego pacjenta należy kontrolować poziom tyroksyny T4 we krwi co 6–12 miesięcy¹⁷.

W powyższym opracowaniu, zebrane dane pozwoliły na kontrolę skuteczności leczenia u 12 psów. Reakcję na leczenie opisuje się jako dobrą, jednak mimo poprawy część deficytów neurologicznych może pozostać. W badaniu z lat 1999–2005, przeprowadzonym na 10 psach z objawami centralnego zespołu przedśionkowego związanego z niedoczynnością tarczycy, u 9 psów objawy przedśionkowe ustąpiły po 4 tygodniach leczenia¹⁸.

Wnioski

Niniejsza analiza wskazuje na korelację pomiędzy niedoczynnością tarczycy u psów a występowaniem objawów neurologicznych. Wśród populacji 140 zwierząt ze stwierdzoną na podstawie badań laboratoryjnych niedoczynnością tarczycy 14,28% wykazywało objawy neurologiczne. Najczęściej manifestującym się symptomami były ataksja (40%) oraz skośne trzymanie głowy (50%). Znacznym utrudnieniem w diagnostyce jest brak charakterystycznych niedoborów neurologicznych, ponieważ można zaobserwować dysfunkcję na wielu obszarach układu nerwowego. Występowanie współistniejących objawów obrazujących zaburzenia innych układów obserwujemy tylko w części przypadków. Zauważalna tendencja osobników w wieku starszym do rozwinięcia obja-

wów neurologicznych kształtuje średni wiek wystąpienia objawów na poziomie ok. 10 lat. Ryzyko u samic kształtuje się na nieco niższym poziomie niż u samców, stanowiąc 30% grupy badanej. Nasuwa to wniosek, iż jednym z elementów diagnostyki w przypadku pacjentów neurologicznych powinna być kontrola parametrów tarczycowych, stanowiąc tym samym cenną wskazówkę diagnostyczną dla lekarzy praktyków. Pacjenci reagujący pozytywnie na suplementację hormonów tarczycowych wykazywali zależność pomiędzy objawem a przyczyną, pozwalając tym samym na skuteczne prowadzenie terapii oraz poprawę komfortu zwierzęcia.

Bibliografia

- [1] Kobryń H., Kobryńczuk F. 2004. Anatomia zwierząt cz. 3. Wyd. PWN, Warszawa.
- [2] Cichocki T., Litwin J., Mirecka J. 2016. Kompendium histologii. Podręcznik dla studentów nauk medycznych i przyrodniczych. Wyd. Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków.
- [3] Krzymowski T. 2015. Fizjologia zwierząt. Powszechne Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa.
- [4] Jaggy A., Oliver J.E. 1994. Neurologic manifestations of thyroid disease. *Vet Clin North Am Small Anim Pract.* 24, 3: 487–494.
- [5] Dixon R.M., Reid S.W.J., Mooney C.T. 1999. Epidemiological, clinical, haematological and biochemical characteristics of canine hypothyroidism. *Vet Rec.* 145(17):481–487 DOI: 10.1136/vr.145.17.481.
- [6] Carmel T. Mooney BSAVA Manual of Canine and Feline Endocrinology. XVIII: 128–150. DOI: 10.22233/9781910443866.18.
- [7] Bertalan A., Kent M., Glass E., 2013. Neurologic Manifestations of Hypothyroidism in Dogs. *Compedium: Continuing Education for Veterinarians* March 2013.
- [8] Suraniti A., Gilardoni L., Rama Llal M., Echevarria M., Marcondes M. 2006. Hypothyroid associate polyneuropathy in dog: Report of six cases. *Braz. J. vet. Res. anim. Sci.*, São Paulo, v.45, n.4, p. 284–288, 2008.
- [9] Hess R. 2003. Association between diabetes mellitus, hypothyroidism or hyperadrenocorticism and atherosclerosis In dogs. *J Vet Intern Med* 2003; 17: 489–494.
- [10] Peterson M.E., Melian C., Nichols R. 1997. Measurement of serum total thyroxine, triiodothyronine, free thyroxine, and thyrotropin concentration for diagnosis of hypothyroidism in dogs. *JAVMA*;211(11):1396–1402.
- [11] Feldman E.C., Nelson R.W. Hypothyroidism. W: Feldman E.C., Nelson R.W., eds.: *Canine and feline endocrinology and reproduction*, 2nd edn. Philadelphia: W.B. Saunders Co., 187–265, 1996.
- [12] Scott-Moncrieff J.C. 2007. Clinical Signs and Concurrent Diseases of Hypothyroidism in Dogs and Cats. *Vet Clin Small Anim* 37: 709–722.
- [13] Panciera D.L. 1994. Hypothyroidism in dogs: 66 cases (1987–1992). *J Am Vet Med Assoc.* 1994 Mar 1;204(5):761–7.
- [14] Jaggy A., Oliver J.E., Ferguson D.C., Mahaffey E.A. 1994. Neurological Manifestation of hypothyroidism: a retrospective study of 29 dogs. *J. Vet. Intern Med* 1994; 8: 328–336.
- [15] Popiel J., Cekiera A. 2011. Niedoczynność tarczycy u psów. *Magazyn Weterynaryjny*. 2011 Lipiec.

-
- [16] Dixon R.M., Mooney C.T.: Evaluation of serum free thyroxine and thyrotropin concentrations in the diagnosis of Canine hypothyroidism. *J Small Anim Pract.* 40, 72–78, 1999 –7.
- [17] Ulotka informacyjna preparatu Forthyron flavoured, źródło: rejestrymedyczne.ezdrowie.gov.pl.
- [18] Higgins M.A., Rossmeisl Jr J.H., Panciera D.L. 2006. Hypothyroid-associated central vestibular disease in 10 dogs: 1999-2005. *J Vet Intern Med.* 2006 Nov-Dec;20(6):1363–9. DOI: 10.1892/0891-6640(2006)20[1363:hcvdid]2.0.co;2.

**SEKCJA NAUK
ZOOTECNICZNYCH
I RYBACTWA**

Maja Kamińska, Marzena Mogielnicka-Brzozowska

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Naukowe Koło Biochemii i Biotechnologii Zwierząt,

maja.kaminska@student.uwm.edu.pl

Opiekun: dr hab. inż. Marzena Mogielnicka-Brzozowska, prof. UWM

PROFILOWANIE BIAŁEK PLEMNIKÓW NAJĄDRZOWYCH PSA (*CANIS LUPUS FAMILIARIS*) W GRUPACH O DOBREJ I SŁABEJ RUCHLIWOŚCI

Wprowadzenie

Plemniki najądrzowe opisywane są jako niedojrzałe, nieruchliwe i nieplodne [3]. Najądrze to narząd zbudowany z poskręcanych kanalików, w którym plemniki, podczas procesu dojrzewania podlegają szeregowi zmian cech morfologicznych, fizjologicznych i biochemicznych [38]. Plemniki przechodząc przez najądrze, wchodzi w interakcję z białkami wydzielanymi przez komórki nabłonka najądrza. Białka te mogą wykazywać właściwości hormonalne, enzymatyczne lub powierzchniowe [9]. Modyfikacje błon plemników w odpowiedzi na interakcje z wydzielinami najądrzy są kluczowymi krokami do osiągnięcia zdolności zapładniającej [38]. W najądrzach plemniki dojrzewają, nabierają ruchliwości i stają się w pełni przydatne do zapłodnienia [3]. Stopniowe modyfikacje ruchliwości i morfologii zaobserwowano w plemnikach pobranych z różnych regionów najądrza [42]. Badania proteomiczne przyczyniają się do wyjaśnienia roli poszczególnych białek na różnych etapach dojrzewania plemników w najądrzu [49]. Białka wydzielane przez najądrza mogą stanowić potencjalne markery w badaniach molekularnych. Analiza nasienia oparta na biomarkerach może być wykorzystana w ocenie ejakulatu, jak i oceny przydatności w rozrodzie konkretnego osobnika [38].

Dofinansowano ze środków Ministra Nauki w ramach Programu „Regionalna inicjatywa doskonałości”



Cel pracy

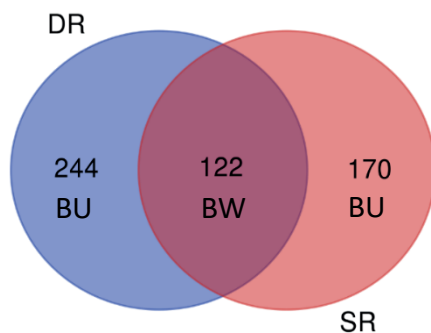
Celem przeprowadzonych badań była analiza obecności i ilości białek plemników najądrzowych psów w grupach o dobrej i słabej ruchliwości plemników.

Material i metody

Materiał do badań stanowiło nasienie pobrane z najądrzy uzyskanych od 19 psów rasy mieszanej w wieku od 1 do 11 lat. Zwierzęta były utrzymywane w tych samych warunkach środowiskowych w Schronisku dla Bezdomnych Zwierząt w Tomarynach. Wszystkie psy zostały poddane zabiegowi kastracji przez lekarza weterynarii. Pobrane jądra z najądrzami były umieszczane w sterylnych pojemnikach w 0,9% roztworze NaCl, w temperaturze 4°C i dostarczane w ciągu 1 godziny do laboratorium Katedry Biochemii i Biotechnologii Zwierząt (Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie). Tkanekę ogona najądrzy nacinano skalpelem, a płyn najądrzowy zawierający plemniki aspirowano za pomocą pipety automatycznej [34]. Do oceny koncentracji plemników najądrzowych wykorzystano komorę Bürkera pod mikroskopem świetlnym (Olympus). Ocenę ruchliwości oraz parametrów kinematycznych plemników przeprowadzono przy użyciu komputerowo wspomaganego systemu analizy nasienia (CASA) według metody Żmudzińska i in. (2022) [50]. Materiał w postaci nasienia najądrzowego dzielono na dwie grupy badawcze w zależności od odsetka plemników wykazujących ruch postępowy (PMOT): o dobrej ruchliwości (DR) – PMOT $\geq 55\%$ oraz o słabej ruchliwości (SR) – PMOT $< 55\%$. Następnie próby nasienia odwirowywano 800x g przez 10 min w temp. 4°C w celu uzyskania plemników najądrzowych. Całkowitą zawartość białka w próbach mierzono przy użyciu odczynnika Bradford (Sigma-Aldrich/B6916). Następnie próby zostały przygotowane do analizy Nano UPLC-Q-TOF/MS zgodnie z procedurą opisaną przez Żmudzińska i in. (2022) [49]. Analizę spektrometrii mas (MS) przeprowadzano przy użyciu Synapt G2-Si (Waters Corp., Milford, MA, USA) ze źródłem jonizacji w formie nanoelektrozpylania (nESI). Napięcie kapilarne ustawiano na 3,0 kV, a napięcie stożka na 40 V. Przepływ gazu przez stożek ustawiano na 40 L/h, a temperaturę źródła na 100°C. Przepływ gazu w nanoprzepływie wynosił 0,2 bara. Wykryte peptydy były porównywane do proteomu psa zawartego w bazie SWISS-PROT (CANLF). Zawartość białek w obu grupach (DR i SR) oznaczano przy użyciu analizy ilościowej opartej na pomiarze intensywności MS. Do graficznego przedstawienia wyników obecności białek w obu grupach (DR i SR) wykorzystano program Venn diagram (<https://bioinformatics.psb.ugent.be/webtools/Venn/>).

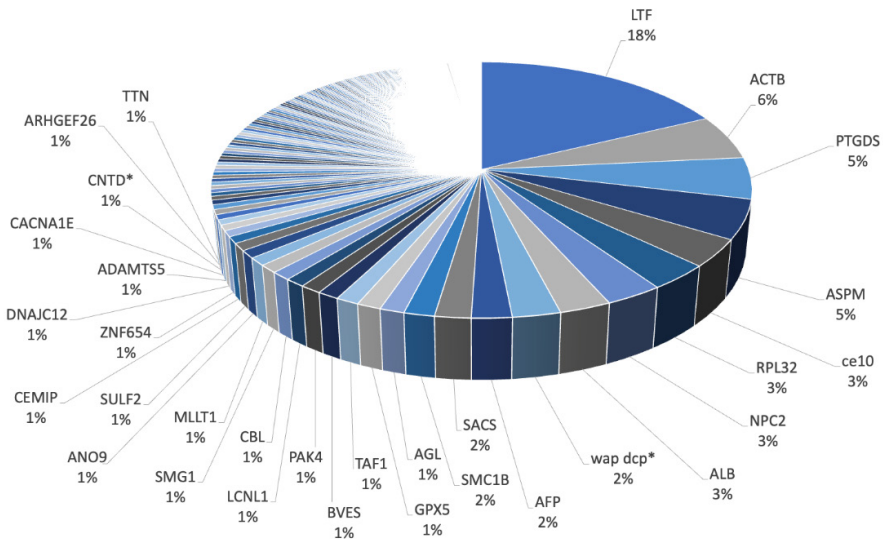
Wyniki

Profilowanie proteomu plemników najądrzowych psów wykazało 366 polipeptydów w grupie DR i 292 w grupie SR. W grupie DR występowały 244 białka unikalne (BU), a w grupie SR 170 BU. 122 polipeptydy to białka wspólne (BW) dla obu grup badawczych (Rys. 1).



Rysunek 1. Diagram Venna przedstawiający liczbę białek unikalnych (BU) i białek wspólnych (BW) zidentyfikowanych w plemnikach najądrzowych psów (*Canis lupus familiaris*) dla grupy o dobrej ruchliwości (DR) i słabej ruchliwości (SR) plemników

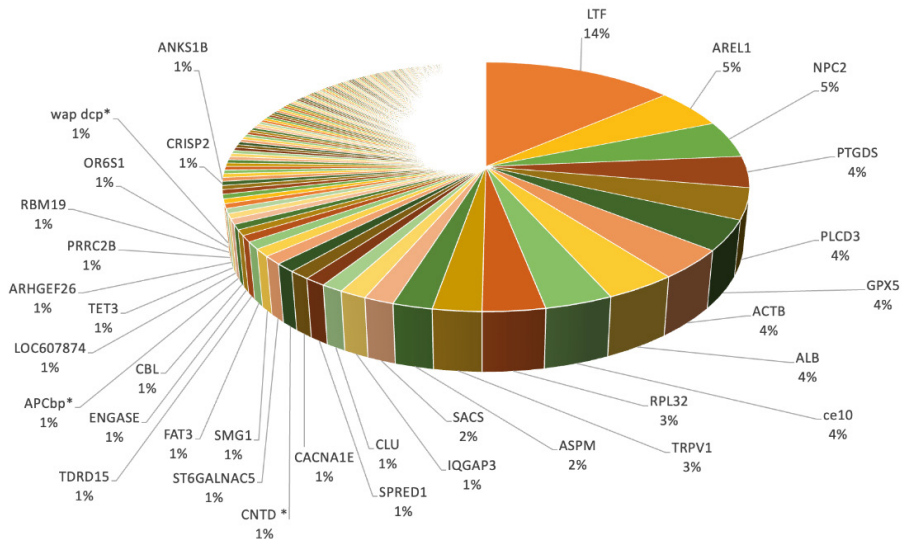
W grupie DR najwyższy odsetek wykazały białka: laktotransferyna (LTF, 18%), aktywna cytoplazmatyczna (ACTB, 6%), D-izomeraza prostaglandyny H2 (PTGDS, 5%), homolog białka związanego z mikrocefalią wrzecionowatą (ASPM, 5%), białko CE10 (ce10, 3%), białko rybosomalne 60S L32 (RPL32, 3%), wewnątrzkomórkowy transporter cholesterolu (NPC2, 3%), albumina (ALB, 3%), białko zawierające domenę WAP (*wap dcp**, 2%), alfa fetoproteina (AFP, 2%), chaperon saksynowy (SACS, 2%), białko chromosomów (SMC1B, 2%), enzym debranchingu glikogenu (AGL, 1%), peroksydaza glutationowa (GPX5, 1%), podjednostka czynnika inicjacji transkrypcji TFIID (TAF1, 1%), substancja nasierdziowa naczyń krwionośnych (BVES, 1%), niespecyficzna kinaza białkowa serynowo-treoninowa (PAK4, 1%), białko zawierające domenę lipokaliny cytozolowej (LCNLI, 1%), ligaza białkowa ubikwityny E3 CBL (CBL, 1%), niespecyficzna kinaza białkowa serynowo-treoninowa (SMG1, 1%), podjednostka kompleksu super elongacji MLLT1 (MLLT1, 1%), anoktamina (ANO9, 1%), sulfataza 2 (SULF2), hialuronoglukozaminidaza (CEMIP, 1%), białko palca cynkowego 654 (ZNF654, 1%), białko zawierające domenę J (DNAJC12, 1%), metaloproteinaza z motywem trombospodiny (ADAMTS5, 1%), podjednostka alfa kanału wapniowego typu R napięciowo-zależnego (CACNA1E, 1%), cyklina N – białko zawierające domenę terminalną (*CNTD**, 1%), czynnik wymiany nukleotydów guaninowych Rho 26 (ARHGEF26, 1%) oraz tytyna (TTN, 1%) (Rys. 2).



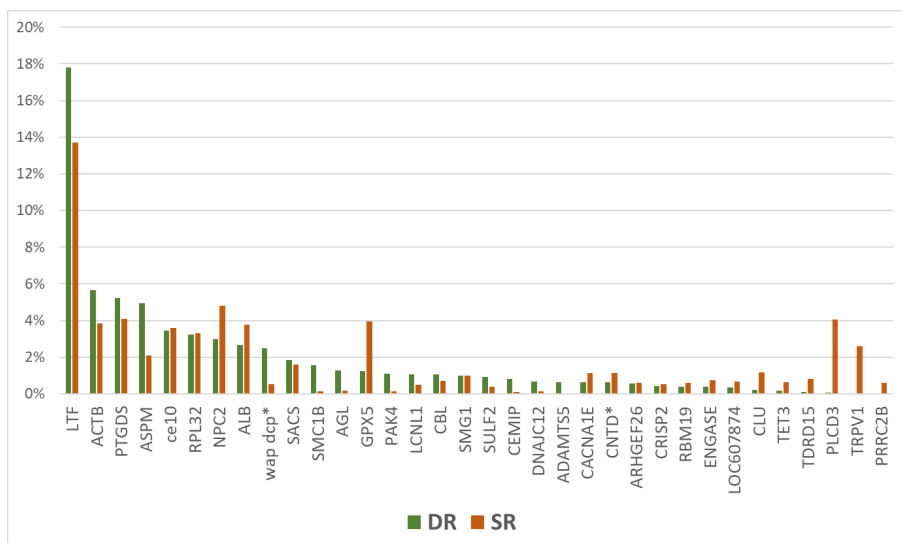
Rysunek 2. Udział procentowy białek stanowiących $\geq 1\%$ zidentyfikowanych w proteomie plemników najądrzowych psów (*Canis lupus familiaris*) należących do grupy o dobrej ruchliwości (DR)

Wśród 244 BU dla grupy DR, 7 białek występowało w ilości $\geq 1\%$ całkowitej zawartości białek w plemnikach badanej grupy DR. Były to: AFP (2%), TAF1 (1%), BVES (1%), MLLT1 (1%), ANO9 (1%), ZNF654 (1%) i TTN (1%).

W grupie SR najwyższy odsetek wśród białek plemników najądrzowych psa wykazały: laktotransferyna (LTF, 14%), ligaza białkowa ubikwityny E3 odporna na apoptozę (AREL1, 5%), wewnątrzkomórkowy transporter cholesterolu (NPC2, 5%), D-izomeraza prostaglandyny H2 (PTGDS, 4%), fosfolipaza fosfoinozytydowa C (PLCD3, 4%), peroksydaza glutationowa wydzielana przez jądro (GPX5, 4%), aktywna cytoplazmatyczna (ACTB, 4%), albumina (ALB, 4%), białko CE10 (ce10, 4%), białko rybosomalne 60S L32 (RPL32, 3%), członek podrodziny V kanału kationowego o przejściowym potencjale receptorowym 1 (TRPV1, 3%), homolog białka związanego z mikrocefalią wrzecionowatą (ASPM, 2%), chaperon saksynowy (SACS, 2%), motyw IQ zawierający białko aktywujące GTPazę 3 (IQGAP3, 1%), klasteryna (CLU, 1%), domena białka Sprouty z domeną EVH1 (SPRED1, 1%), pojednostka alfa kanału wapniowego typu R napięciowo-zależnego (CACNA1E, 1%), cyklina N – białko zawierające domenę terminalną (CNTD*, 1%), ST6 N-acetylogalaktozoaminid alfa-2,6-sialilotransferaza 5 (ST6GALNAC5, 1%), niespecyficzna kinaza białkowa serynowo-treoninowa (SMG1, 1%), FAT atypowa kadheryna 3 (FAT3, 1%), domena Tudor zawierająca 15 (TDRD15, 1%), endo-beta-N-acetyloglukozaminidaza-mannozylo-glikoproteinowa (ENGASE, 1%), ligaza E3 ubikwityna-białko CBL (CBL, 1%), APC – białko wiążące (APCbp*, 1%), białko zawierające domenę cystatyny (LOC607874, 1%), dioksygenaza mety-



Rysunek 3. Udział procentowy białek stanowiących $\geq 1\%$ zidentyfikowanych w proteomie plemników najądrzowych psów (*Canis lupus familiaris*) należących do grupy o słabej ruchliwości (SR)



Rysunek 4. Udział procentowy białek wspólnych stanowiących $\geq 1\%$ zidentyfikowanych w proteomie plemników najądrzowych psów (*Canis lupus familiaris*) należących do obu badanych grup: DR – dobra ruchliwość, SR – słaba ruchliwość

* Z uwagi na brak niektórych skrótów białek w powszechnie dostępnych bazach terminologicznych, zostały one wyróżnione kursywą, aby zaznaczyć ich autorski charakter.

locytozyny TET (TET3, 1%), czynnik wymiany nukleotydów guaninowych Rho 26 (ARHGEF26, 1%), bogata w prolinę zwinięta cewka 2B (PRRC2B, 1%), białko motywu wiążącego RNA 19 (RBM19, 1%), receptor węchowy (OR6S1, 1%), białko zawierające domenę WAP (*wap dcp**, 1%), bogate w cysteinę białko wydzielnicze 2 (CRISP2, 1%), powtórzenie ankyryny zawierające domenę motywu alfa 1B (ANKS1B, 1%) (Rys. 3).

Plemniki najądrzowe psów wykazujące słabe parametry ruchliwości (PMOT <55%) charakteryzowały się występowaniem w ich budowie 170 BU, wśród których 8 stanowiło $\geq 1\%$ całkowitej zawartości białek w plemnikach badanej grupy SR. Były to: AREL1 (5%), IQGAP3 (1%), SPRED1 (1%), ST6GALNAC5 (1%), FAT3 (1%), *APCbp**(1%), OR6S1 (1%) i ANKS1B (1%).

W obu grupach badawczych odnotowano obecność białek wspólnych (BW) (Rys. 4). Wykazywały one zróżnicowaną zawartość procentową zależnie od grupy. Dla białek o największej zawartości odpowiednio: LTF (DR 18%, SR 14%), ACTB (DR 6%, SR 4%), PTGDS (DR 5%, SR 4%), ASPM (DR 5%, SR 2%), ce10 (DR 3%, SR 4%) (Rys. 4).

Dyskusja

Plemniki najądrzowe psów wykazujące dobre parametry ruchliwości (PMOT $\geq 55\%$) charakteryzowały się występowaniem w ich składzie 244 BU, z których 7 występowało w ilości $\geq 1\%$ całkowitej zawartości białek w plemnikach badanej grupy DR. Były to: AFP, TAF1, BVES, MLLT1, ANO9, ZNF654 i TTN. Dostępna literatura zawiera informacje o udziale niektórych z ww. białek w procesach związanych z rozrodem, aczkolwiek tylko nieliczne zostały do tej pory scharakteryzowane odnośnie do ich funkcji w układzie rozrodczym psa.

Alfa fetoproteina (AFP) została zlokalizowana w płynie ogona najądrza psa [6] i w ludzkiej surowicy płodowej [35]. AFP jest glikoproteiną surowicy o właściwościach strukturalnych i fizykochemicznych podobnych do albuminy krwi [35]. Funkcja w rozrodzie nieznana.

Podjednostka czynnika inicjacji transkrypcji TFIID (TAF1) została zlokalizowana we wszystkich strukturach jąder u muszek owocowych [22]. Wykazano również, że ekspresja tego białka jest ograniczona do aktywnych transkrypcyjnie komórek przedmejotycznych. Białko TAF1 razem z tTAF wpływa na regulację transkrypcji w spermatocytach, przy czym przypuszczalnie TAF1 reguluje transkrypcję chromosomu Y [22].

Substancja naczyń krwionośnych/nasierdzia (BVES) to białko transbłonowe, które wpływa na adhezję i ruchliwość komórek [13]. BVES jest zaangażowane w utrzymanie integralności komórki oraz bierze udział w tworzeniu i regulacji bariery przepuszczalności połączeń ścisłych (ang. *tight junction*) w komórkach nabłonkowych [32]. Funkcja BVES w regulacji zjawisk związanych z rozrodem jest nieznana.

MLLT1 jest podjednostką czynnika super elongacji transkrypcji. Ekspresja tego białka zachodzi głównie w jądrze większości komórek. Geny tego białka związane są z rakiem prostaty [14].

Anoktamina 9 (ANO9) jest znana również jako TMEM16J. Należy do rodziny TMEM16, która odgrywa kluczową rolę w różnych funkcjach fizjologicznych. Choć scharakteryzowano funkcjonalnie dwóch pierwszych członków rodziny, ANO1 i ANO2, którzy biorą udział w przeznabłonkowym transporcie jonów, zjawiskach węchowych, fototransdukcji, skurczu mięśni gładkich, nocycepcji, proliferacji komórek i kontroli pobudliwości neuronów, jak dotąd rola ANO9 pozostaje słabo poznana [33]. Wykazano, że myszy z nokautowanym genem ANO5 wykazują zmniejszoną ruchliwość plemników i płodność samców. Nie jest jasne, jak działa ANO5 w plemniku, ponieważ plemniki z nokautem ANO5 normalnie przechodzą kapacytację [12].

Białko palca cynkowego 654 (ZNF654) znane jest jako czynnik transkrypcyjny. Jego ekspresja jest cytoplazmatyczna i jądrowa w większości tkanek. Wykazuje niską specyficzność tkankową. Znane jest jako marker prognostyczny w raku prostaty [14]. ZNF654 posiada zdolność do wiązania cynku, dodatkowo również aktywność czynnika transkrypcyjnego wiążącego DNA [14]. Jest to powszechnie występujące białko, którego rola w płodności psa wymaga dalszych badań.

Tytyna (TTN), inaczej konektyna, jest to długie, włókniste białko mięśni poprzecznie prążkowanych u kręgowców. Tytyna jest największym znanym białkiem [7], o masie cząsteczkowej około 3–4,2 MDa, zbudowanym z ok. 27–33 tysięcy reszt aminokwasowych (w zależności od izoformy). Co ciekawe, większość komórek eukariotycznych ma również jądrową izoformę tytyny, która wiąże się z chromosomami i jest niezbędna do mitotycznej kondensacji chromosomów [20]. Prawdopodobnie to tę formę tytyny udało się zlokalizować w plemnikach najądrzowych psa w poniższej pracy, jednak funkcja tego białka w plemnikach psa nie jest znana.

Wśród BU plemników najądrzowych psów wykazujących dobrą ruchliwość występują zarówno białka regulujące przebieg transkrypcji, kondensację chromosomów, białka strukturalne, jak i regulujące transport przez błonowy jonów. Ich rola metaboliczna w powiązaniu z regulacją ruchliwości plemników najądrzowych psa wymaga dalszych analiz.

Plemniki najądrzowe psów wykazujące słabe parametry ruchliwości (PMOT <55%) charakteryzowały się występowaniem w ich budowie 170 BU, wśród których 8 stanowiło $\geq 1\%$ całkowitej zawartości białek w plemnikach badanej grupy. Były to: AREL1, IQGAP3, SPRED1, ST6GALNAC5, FAT3, *APCbp**, OR6S1 i ANKS1B.

Ligaza białkowa ubikwityny E3 odporna na apoptozę (AREL1) należy do podrodziny białek hamujących apoptozę poprzez ubikwitynację i degradację białek proapoptycznych [36]. AREL1 tworzy łańcuchy poliubikwityny i może ubikwitynować antagonistów białek inhibitora apoptozy [40]. AREL1 zostało zidentyfikowane w plemnikach najądrzowych psa, a jego zawartość była zależna od wieku [50].

Wykazano, że białka aktywujące GTPazę z motywem IQ (IQGAPs) odgrywają kluczową rolę w postępie procesów nowotworowych [37]. Wielu badaczy zaobserwowało, że IQGAP2 i IQGAP3 odgrywają antagonistyczną rolę w nowotworach prostaty i jajnika. Niższy poziom ekspresji IQGAP2 lub wyższy poziom ekspresji IQGAP3 wiąże się z gorszym rokowaniem [37]. Ponadto modulacja ekspresji IQGAP3 wpływa

na wzrost i proliferację komórek, migrację komórek, a także inwazyjność nowotworu [1, 17, 31, 44, 45, 47].

Białko SPRED1 pomaga kontrolować szlak sygnalizacyjny Ras/MAPK. Szlak Ras/MAPK bierze udział we wzroście i podziale komórek, procesie różnicowania komórek, ruchu i apoptozy. Białko SPRED1 wiąże się z białkiem zwanym Raf, które jest częścią szlaku Ras/MAPK. Wiązanie białka SPRED1 blokuje aktywację Raf, zatrzymując sygnalizację w pozostałej części szlaku Ras/MAPK [15].

ST6 N-acetylogalaktozoaminid alfa-2,6-sialilotransferaza 5 (ST6GALNAC5) należy do sialilotransferaz. Są one odpowiedzialne za sialilację w celu przeniesienia ugrupowania kwasu sialowego do różnych akceptorów, co jest jedną z najważniejszych glikozytacji [46]. Sialilację powiązano z wieloma procesami biologicznymi, w tym z rozpoznawaniem komórek i adhezją [41]. Członkowie rodziny ST6GALNAC działają jako sialilotransferazy i są zaangażowani w progresję raka i mogą służyć jako niekorzystny biomarker prognostyczny promujący inwazję komórek raka prostaty [19].

Atypowa kadheryna (FAT3) ulegająca silnej ekspresji w cewie nerwowej, odgrywa kluczową rolę w utrzymaniu właściwej liczby proliferujących komórek progenitorowych [8]. Nie znaleziono informacji o funkcji tego białka w układzie rozrodczym.

Białko wiążące APC (ang. *Adenomatous polyposis coli* – APC) APCbp, jest negatywnym regulatorem kontrolującym stężenie beta-kateniny i oddziałującym z E-kadheryną, która bierze udział w adhezji komórek. Mutacje w genie APC mogą powodować raka jelita grubego. APC pełni także funkcję w organizacji cytoszkieletu, migracji komórek i adhezji [4, 29] poprzez interakcje z białkami cytoszkieletu, takimi jak tubulina i aktyna [21, 27, 28, 39].

Białko receptora węchowego (ang. *olfactory receptor OR6S1*) zidentyfikowano w plemnikach myszy, szczurów i człowieka [26]. OR6S1 zostało opisane w plemnikach knura jako białko wiążące heparynę [48]. Omawiane białko występuje w komórkach neuronów sensorycznych, które biorą udział w ścieżkach transdukcji sygnału [23]. Aktywacja ORs hamuje proliferację komórek raka prostaty [30].

Powtórzenie ankyryny zawierające domenę motywu alfa 1B (ANKS1B) jest specyficznym białkiem związanym z błoną plazmatyczną, które wykryto w komórkach eukariotycznych. Zapewnia ono interakcję cytoszkieletu z integralnymi białkami błonowymi. ANKS obejmują białka uczestniczące w hamowaniu lub rozwoju nowotworów u ludzi i zwierząt [43].

Białka unikalne wstępujące w plemnikach najądrzowych psów wykazujących słabą ruchliwość regulują procesy apoptotyczne, procesy proliferacji i adhezji i, co ciekawe, wiele z nich zostało powiązanych z procesami powstawania nowotworów prostaty.

Wykazane różnice w proteomach plemników najądrzowych psów wykazujących dobrą lub słabą ruchliwość wskazują na możliwość selekcji konkretnych białek powiązanych z parametrami ruchliwości nasienia najądrzowego, które w przyszłości mogą być wykorzystane jako białka markerowe jakości nasienia najądrzowego. Trudności ze znalezieniem literatury z informacjami potwierdzającymi udział wyżej wymienionych

białek w funkcjach układu rozrodczego i komórek plemników psa wskazują na konieczność prowadzenia dalszych badań dotyczących ich roli w rozrodzie tego gatunku.

W obu grupach badawczych odnotowano obecność białek wspólnych. Co ciekawe, pomimo ich dominującej roli w proteomach plemników najądrzowych w obu grupach, wykazywały one jednak zróżnicowaną zawartość procentową zależnie od grupy: LTF (DR 18%, SR 14%), ACTB (DR 6%, SR 4%), PTGDS (DR 5%, SR 4%), ASPM (DR 5%, SR 2%), ce10 (DR 3%, SR 4%).

LTF jest białkiem o ugruntowanej pozycji w układzie rozrodczym. Jej występowanie wykazano w plemnikach najądrzowych psów [49] oraz plazmie nasienia człowieka i byka [24]. Laktoferyna należy do rodziny transferyn o wysokim powinowactwie do żelaza, ale może też wiązać inne jony, takie jak cynk, miedź lub kobalt. Wykazuje silne właściwości antybiotyczne wynikające z wiązania żelaza. W ten sposób zapobiega szkodliwemu wpływowi patogenów na plemniki [2]. LTF jest białkiem opłaszczającym błony plemników [49].

ACTB jest białkiem odpowiedzialny za regulację objętości komórek oraz budowanie cytoszkieletu, wici i błony akrosomalnej plemników. Wykazano, że ekspresja tego białka jest skorelowana z wiekiem psa [6]. Aktywna cytoplazmatyczna została zlokalizowana w błonie wiciowej oraz akrosomalnej, co sugeruje jej rolę w ruchliwości plemników [49].

PTGDS może wchodzić w interakcje z różnymi białkami, które uczestniczą w licznych procesach biologicznych. D-izomeraza prostaglandyny H2 wiąże małe, lipofilowe cząsteczki niebędące substratami, które wpływają na przepuszczalność błony komórkowej [6]. Zjawisko to może być związane z transportem jonów do wnętrza komórki, a tym samym z ruchliwością plemników. PTGDS jest powiązana z kilkoma istotnymi białkami biorącymi udział w metabolizmie plemników, takimi jak białko wydzielnicze bogate w cysteinę 2 (CRISP2), białko zawierające domenę lipokaliny 1 (LCNL1) i serpina G1 (SERPING1) [49].

ASPM jest białkiem ulegającym ekspresji w tkankach embrionalnych i dorosłych, w tym w płynie najądrza [50]. Odgrywa istotną rolę w funkcjonowaniu wici plemników [11]. Poziom tego białka jest podwyższony w przypadku chorób nowotworowych [11]. Brak funkcjonalnego ASPM może negatywnie wpływać na segregację chromosomów, co skutkuje mniejszą zdolnością komórek macierzystych płodu do wytwarzania neuronów [16].

Obecność białka ce10 wykazano w plemnikach najądrzowych psa, przy czym jego ekspresja była zależna od wieku psa [50]. Wzór reszt cysteinowych wskazuje, że ce10 jest podobne do najądrzowego białka ce4 [9]. Blisko spokrewnione produkty genowe były obecne w najądrzach ogierów i byków, ale nie u gryzoni lub mężczyzn [10]. Opisane białko może działać jako zewnątrzkomórkowy inhibitor proteazy [18].

Opisane wyniki wskazują, że nie tylko rodzaj białka, ale również jego zawartość w plemniku ma znaczący wpływ na parametry ruchliwości ww. komórek. Chociaż niektóre z BW zostały dobrze poznane, to jednak ich wpływ na zjawiska związane

z regulacją ruchliwości w powiązaniu ze zmianami w ich stężeniu w komórce wymaga dalszych szczegółowych badań.

Wnioski

Przeprowadzone profilowanie proteomu plemników najądrzowych psów w grupach o dobrej (DR) i słabej ruchliwości (SR) wykazało znaczące różnice w obecności i ilości białek. Wśród BU plemników najądrzowych psów wykazujących dobrą ruchliwość występują zarówno białka regulujące przebieg transkrypcji, kondensację chromosomów, białka strukturalne, jak i regulujące transport przez błonowy jonów. BU występujące w plemnikach najądrzowych psów wykazujących słabą ruchliwość regulują procesy apoptotyczne, procesy proliferacji i adhezji i, co ciekawe, wiele z nich zostało powiązanych z procesami powstawania nowotworów prostaty. Analiza BW wykazała, że nie tylko rodzaj białka, ale również jego zawartość w plemniku ma znaczący wpływ na parametry ruchliwości ww. komórek. Powyższe badania stanowią wstęp do dalszych szczegółowych analiz funkcjonalnych, które pozwolą wyjaśnić wpływ poszczególnych białek na metabolizm plemników najądrzowych i ich powiązania z cechami odpowiedzialnymi za zdolność do zapłodnienia komórki jajowej. Zarówno białka, które uznano za unikalne dla obu grup, jak i białka wspólne, ale występujące w odmiennej ilości w grupach, można uznać za potencjalne białkowe markery bezpośrednio skorelowane z parametrami ruchliwości nasienia najądrzowego psa.

Z całej puli białek potencjalnych molekularnych markerów funkcji rozrodczych u psów można wyróżnić te, które z dużym prawdopodobieństwem mogą być wykorzystane w przyszłości do poprawy procesów rozrodczych u psów, w tym konserwacji nasienia. Ich funkcje obejmują poprawę przeżywalności plemników, wpływ na reakcję akrosomową i ruchliwość plemników. Mogą być potencjalnymi biomarkerami raka prostaty i jąder. Istnieją białka, których ekspresja była skorelowana z wiekiem psa. Dodanie tych biomarkerów do plemników psów przed lub po konserwacji pozwala zachować żywotność i funkcjonalność plemników, zapobiegając skutkom szoku termicznego. Jednak każdy rodzaj markera musi być traktowany indywidualnie w odniesieniu do tych kwestii, a to wymaga dalszych dogłębnych badań.

Dofinansowano ze środków Ministra Nauki w ramach Programu „Regionalna inicjatywa doskonałości”.

Bibliografia

- [1] Adachi M., Kawasaki A., Nojima H., Nishida E., Tsukita S. 2014. Involvement of IQGAP family proteins in the regulation of mammalian cell cytokinesis. *Genes Cells*. 19(11): 803–820. <https://doi.org/10.1111/gtc.12179>.

- [2] Adlerova L., Bartoskova A., Faldyna M. 2008. Lactoferrin: A review. *Veterinarni Medicina*. 53: 457–468. <https://doi.org/10.17221/1978-VETMED>.
- [3] Ali Hassan H., Domain G., Luvoni G.C., Chaaya R., Van Soom A., Wydooghe E. 2021. Canine and Feline Epididymal Semen-A Plentiful Source of Gametes. *Animals (Basel)*. 11(10): 2961. <https://doi.org/10.3390/ani11102961>.
- [4] Bienz M., Hamada F. 2004. Adenomatous polyposis coli proteins and cell adhesion. *Curr Opin Cell Biol*. 16(5): 528–535 <https://doi.org/10.1016/j.ceb.2004.08.001>.
- [5] Cebisen C., Campos R., Jurka P., Akçay E., Petrajtis-Gołobów M., Ambarcioglu P. 2016. Evaluation of the canine epididymal sperm morphology with two different staining methods, one fixative solution and Motile Sperm Organelle Morphology Examination (MSOME). *Kafkas Universitesi Veteriner Fakultesi Dergisi*, 22: 57–62. <https://doi.org/10.9775/kvfd.2015.13887>.
- [6] Cichowska A.W., Wisniewski J., Bromke M.A., Olejnik B., Mogielnicka-Brzozowska M. 2023. Proteome Profiling of Canine Epididymal Fluid: In Search of Protein Markers of Epididymal Sperm Motility. *Int J Mol Sci*. 24(19): 14790. <https://doi.org/10.3390/ijms241914790>.
- [7] Cola E.D., Waigh T.A., Trinick J., Tskhovrebova L., Houmeida A., Pyckhout-Hintzen W., Dewhurst C. 2005. Persistence length of titin from rabbit skeletal muscles measured with scattering and microrheology techniques. *Biophys J*. 88(6): 4095–4106. <https://doi.org/10.1529/biophysj.104.054908>.
- [8] Deans M.R., Krol A., Abraira V.E., Copley C.O., Tucker A.F., Goodrich L.V. 2011. Control of neuronal morphology by the atypical cadherin Fat3. *Neuron*. 71(5): 820–832. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2011.06.026>.
- [9] Ellerbrock K., Pera I., Hartung S., Ivell R. 1994. Gene expression in the dog epididymis: a model for human epididymal function. *Int J Androl*. 17(6): 314–323. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2605.1994.tb01262.x>.
- [10] Gebhardt K., Ellerbrock K., Pera I., Ivell R., Kirchhoff C. 1999. Differential expression of novel abundant and highly regionalized mRNAs of the canine epididymis. *J Reprod Fertil*. 116(2): 391–402. <https://doi.org/10.1530/jrf.0.1160391>.
- [11] Gouletsou P.G., Tsgangaris G.T., Katsarou E.I., Bourganou M.V., Barbagianni M.S., Venianaki A.P., Bouroutzika E., Anagnostopoulos A.K., Fthenakis G.C., Katsafadou A.I. 2022. Proteomics Evaluation of Semen of Clinically Healthy Beagle-Breed Dogs. *Vet Sci*. 9(12): 697. <https://doi.org/10.3390/vetsci9120697>.
- [12] Gyobu S., Miyata H., Ikawa M., Yamazaki D., Takeshima H., Suzuki J., Nagata S. 2015. A Role of TMEM16E Carrying a Scrambling Domain in Sperm Motility. *Mol Cell Biol*. 36(4): 645–659. <https://doi.org/10.1128/MCB.00919-15>.
- [13] Hager H.A., Roberts R.J., Cross E.E., Proux-Gillardeaux V., Bader D.M. 2010. Identification of a novel Bves function: regulation of vesicular transport. *EMBO J*. 29(3): 532–545. <https://doi.org/10.1038/emboj.2009.379>.
- [14] Human Protein Atlas.
- [15] Huson S.M. 2013. Neurofibromatosis. *Brenner's Encyclopedia of Genetics Second Edition*: 33–38. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374984-0.01030-5>.
- [16] Kouprina N., Pavlicek A., Collins N.K., Nakano M., Noskov V.N., Ohzeki J., Mochida G.H., Risinger J.L., Goldsmith P., Gunsior M., Solomon G., Gersch W., Kim J.H., Barrett J.C., Walsh C.A., Jurka J., Masumoto H., Larionov V. 2005. The microcephaly ASPM gene is expressed in proliferating tissues and encodes for a mitotic spindle protein. *Hum Mol Genet*. 14(15): 2155–2165. <https://doi.org/10.1093/hmg/ddi220>.
- [17] Kunitomo K., Nojima H., Yamazaki Y., Yoshikawa T., Okanoue T., Tsukita S. 2009. Involvement of IQGAP3, a regulator of Ras/ERK-related cascade, in hepatocyte proliferation in

- mouse liver regeneration and development. *J Cell Physiol.* 220(3): 621–631. <https://doi.org/10.1002/jcp.21798>.
- [18] Kirchoff C., Habben I., Ivell R., Krull N. 1991. A major human epididymis-specific cDNA encodes a protein with sequence homology to extracellular proteinase inhibitors. *Biol Reprod.* 45(2): 350–357. <https://doi.org/10.1095/biolreprod45.2.350>.
- [19] Li M., Ma Z., Zhang Y., Feng H., Li Y., Sang W., Zhu R., Huang R., Yan J. 2023. Integrative analysis of the ST6GALNAC family identifies GATA2-upregulated ST6GALNAC5 as an adverse prognostic biomarker promoting prostate cancer cell invasion. *Cancer Cell Int.* 23(1): 141. <https://doi.org/10.1186/s12935-023-02983-x>.
- [20] Machado C., Sunkel C.E., Andrew D.J. 1998. Human autoantibodies reveal titin as a chromosomal protein. *J Cell Biol.* 141(2): 321–333. <https://doi.org/10.1083/jcb.141.2.321>.
- [21] Matsumine A., Ogai A., Senda T., Okumura N., Satoh K., Baeg G.H., Kawahara T., Kobayashi S., Okada M., Toyoshima K., Akiyama T. 1996. Binding of APC to the human homolog of the *Drosophila* discs large tumor suppressor protein. *Science.* 272(5264): 1020–1023. <https://doi.org/10.1126/science.272.5264.1020>.
- [22] Metcalf C.E., Wassarman D.A. 2007. Nucleolar colocalization of TAF1 and testis-specific TAFs during *Drosophila* spermatogenesis. *Dev Dyn.* 236(10): 2836–2843. <https://doi.org/10.1002/dvdy.21294>.
- [23] Milardi D., Colussi C., Grande G., Vincenzoni F., Pierconti F., Mancini F., Baroni S., Castagnola M., Marana R., Pontecorvi A. 2018. Olfactory Receptors in Semen and in the Male Tract: From Proteome to Proteins. *Front Endocrinol (Lausanne).* 8: 379. <https://doi.org/10.3389/fendo.2017.00379>.
- [24] Mogielnicka-Brzozowska M., Piatkowska E., Fraser L., Cichowska A.W., Zalecki M., Krazinski, B.E., Slowinska M., Kordan W. 2022. Zinc-binding proteins in stallion seminal plasma as potential sperm function regulators. *Annals of Animal Science.* 22(3): 961–976. <https://doi.org/10.2478/aoas-2022-0015>.
- [25] Mogielnicka-Brzozowska M., Prochowska S., Nizanski W., Bromke M.A., Wisniewski J., Olejnik B., Kuzborska A., Fraser L., Mlynarz P., Kordan W. 2020. Proteome of cat semen obtained after urethral catheterization. *Theriogenology.* 141: 68–81. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2019.09.003>.
- [26] Moharrek F., Ingerslev L.R., Altıntaş A., Lundell L., Hansen A.N., Small L., Workman C.T., Barrès R. 2022. Comparative analysis of sperm DNA methylation supports evolutionary acquired epigenetic plasticity for organ speciation. *Epigenomics.* 14(21): 1305–1324. <https://doi.org/10.2217/epi-2022-0168>.
- [27] Moseley J.B., Bartolini F., Okada K., Wen Y., Gundersen G.G., Goode B.L. 2007. Regulated binding of adenomatous polyposis coli protein to actin. *J Biol Chem.* 282(17): 12661–12668. <https://doi.org/10.1074/jbc.M610615200>.
- [28] Munemitsu S., Souza B., Müller O., Albert I., Rubinfeld B., Polakis P. 1994. The APC gene product associates with microtubules in vivo and promotes their assembly in vitro. *Cancer Res.* 54(14): 3676–3681.
- [29] Näthke I. 2006. Cytoskeleton out of the cupboard: colon cancer and cytoskeletal changes induced by loss of APC. *Nat Rev Cancer.* 6(12): 967–974. <https://doi.org/10.1038/nrc2010>.
- [30] Neuhaus E.M., Zhang W., Gelis L., Deng Y., Noldus J., Hatt H. 2009. Activation of an olfactory receptor inhibits proliferation of prostate cancer cells. *J Biol Chem.* 284(24): 16218–16225. <https://doi.org/10.1074/jbc.M109.012096>.
- [31] Nojima H., Adachi M., Matsui T., Okawa K., Tsukita S., Tsukita S. 2008. IQGAP3 regulates cell proliferation through the Ras/ERK signalling cascade. *Nat Cell Biol.* 10(8): 971–978. <https://doi.org/10.1038/ncb1757>.

- [32] Osler M.E., Chang M.S., Bader D.M. 2005. Bves modulates epithelial integrity through an interaction at the tight junction. *J Cell Sci.* 118(20): 4667–4678. <https://doi.org/10.1242/jcs.02588>.
- [33] Picollo A., Malvezzi M., Accardi A. 2015. TMEM16 proteins: unknown structure and confusing functions. *J Mol Biol.* 427(1): 94–105. <https://doi.org/10.1016/j.jmb.2014.09.028>.
- [34] Ramos Angrimani D.S., Nichi M., Losano J.D.A., Lucio C.F., Lima Veiga G.A., Franco M.V.M.J., Vannucchi C.I. 2017. Fatty acid content in epididymal fluid and spermatozoa during sperm maturation in dogs. *J Anim Sci Biotechnol.* 8: 18. <https://doi.org/10.1186/s40104-017-0148-6>.
- [35] Rizzo A., Galgano M., Mutinati M., Sciorsci R.L. 2019. Alpha-fetoprotein in animal reproduction. *Res Vet Sci.* 123: 281–285. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2019.01.028>.
- [36] Singh S., Ng J., Nayak D., Sivaraman J. 2019. Structural insights into a HECT-type E3 ligase AREL1 and its ubiquitination activities in vitro. *J Biol Chem.* 294(52): 19934–19949. <https://doi.org/10.1074/jbc.RA119.010327>.
- [37] Song F., Dai Q., Grimm M.O., Steinbach D. 2023. The Antithetic Roles of IQGAP2 and IQGAP3 in Cancers. *Cancers (Basel).* 15(4): 1115. <https://doi.org/10.3390/cancers15041115>.
- [38] Souza A.P.B., Schorr-Lenz Â.M., Lucca F., Bustamante-Filho I.C. 2017. The epididymis and its role on sperm quality and male fertility. *Animal Reproduction.* 14(1): 1234–1244. <https://doi.org/10.21451/1984-3143-AR955>.
- [39] Su L.K., Burrell M., Hill D.E., Gyuris J., Brent R., Wiltshire R., Trent J., Vogelstein B., Kinzler K.W. 1995. APC binds to the novel protein EB1. *Cancer Res.* 55(14): 2972–2977.
- [40] Swatek K.N., Komander D. 2016. Ubiquitin modifications. *Cell Res.* 26(4): 399–422. <https://doi.org/10.1038/cr.2016.39>.
- [41] Vajaria B.N., Patel K.R., Begum R., Patel P.S. 2016. Sialylation: an Avenue to Target Cancer Cells. *Pathol Oncol Res.* 22(3): 443–447. <https://doi.org/10.1007/s12253-015-0033-6>.
- [42] Varesi S., Vernocchi V., Faustini M., Luvoni G.C. 2013. Morphological and acrosomal changes of canine spermatozoa during epididymal transit. *Acta Vet Scand.* 55(1): 17. <https://doi.org/10.1186/1751-0147-55-17>.
- [43] Voronin D.A., Kiseleva E.V. 2007. Functional role of proteins containing ankyrin repeats. *Tsitologiya.* 49(12): 989–999.
- [44] Wang S., Watanabe T., Noritake J., Fukata M., Yoshimura T., Itoh N., Harada T., Nakagawa M., Matsuura Y., Arimura N., Kaibuchi K. 2007. IQGAP3, a novel effector of Rac1 and Cdc42, regulates neurite outgrowth. *J Cell Sci.* 120(4): 567–577. <https://doi.org/10.1242/jcs.03356>.
- [45] Wu J., Chen Z., Cao H., Yu Z., Feng J., Wang K., Lu Q., Wu Y. 2019. High expression of IQGAP3 indicates poor prognosis in colorectal cancer patients. *Int J Biol Markers.* 34(4): 348–355. <https://doi.org/10.1177/1724600819876951>.
- [46] Yang H., Lu L., Chen X. 2021. An overview and future prospects of sialic acids. *Biotechnol Adv.* 46: 107678. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2020.107678>.
- [47] Yang Y., Zhao W., Xu Q.W., Wang X.S., Zhang Y., Zhang J. 2014. IQGAP3 promotes EGFR-ERK signaling and the growth and metastasis of lung cancer cells. *PLoS One.* 9(5): e97578. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0097578>.
- [48] Yuan X., Wang Y., Ali M.A., Qin Z., Guo Z., Zhang Y., Zhang M., Zhou G., Yang J., Chen L., Shen L., Zhu L., Zeng C. 2023. Odorant Receptor OR2C1 Is an Essential Modulator of Boar Sperm Capacitation by Binding with Heparin. *Int J Mol Sci.* 24(2): 1664. <https://doi.org/10.3390/ijms24021664>.
- [49] Zmudzinska A., Bromke M.A., Strzezek R., Zielinska M., Olejnik B., Mogielnicka-Brzozowska M. 2022. Proteomic Analysis of Intracellular and Membrane-Associated Fractions

- of Canine (*Canis lupus familiaris*) Epididymal Spermatozoa and Sperm Structure Separation. *Animals (Basel)*. 12(6): 772. <https://doi.org/10.3390/ani12060772>.
- [50] Zmudzinska A., Wisniewski J., Mlynarz P., Olejnik B., Mogielnicka-Brzozowska M. 2022. Age-Dependent Variations in Functional Quality and Proteomic Characteristics of Canine (*Canis lupus familiaris*) Epididymal Spermatozoa. *Int J Mol Sci*. 23(16): 9143. <https://doi.org/10.3390/ijms23169143>.

**SEKCJA NAUK
TECHNICZNYCH
I MATEMATYCZNYCH**

Iwo Stanisławski

Mateusz Zwierzyński

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Koło Naukowe: WEBLEADER Koło Naukowe Liderów Webowych – iwo.stanislawski@student.uwm.edu.pl

Opiekun KN: mgr inż. Krzysztof Ropiak

MIKROUSŁUGI I KAFKA JAKO NOWOCZESNE APLIKACJE KOMERCYJNE

Wstęp

Jak zauważył Martin Fowler, mikrousługi umożliwiają rozdzielenie dużego systemu na mniejsze, bardziej zarządzalne części. [3] W dynamicznie rozwijającym się świecie technologicznym, systemy rozproszone i Apache Kafka stają się kluczowymi elementami w budowaniu nowoczesnych, skalowalnych i wydajnych aplikacji komercyjnych. Niniejszy artykuł przedstawia wpływ serwisów, w połączeniu z Apache Kafka, na branżę komercyjną, ze szczególnym uwzględnieniem implementacji z wykorzystaniem Java, Docker, Spring Boot i pochodnych pakietów Spring typu Spring Cloud przeznaczonych dla mikrousług. Omówione technologie umożliwiają projektowanie aplikacji modułowych, niezależnych i łatwych w utrzymaniu, zdolnych do efektywnego przetwarzania i analizy dużych wolumenów danych w czasie rzeczywistym. Praca skupia się na wykorzystaniu modułarnych aplikacji dla zwiększenia niezależności komponentów[19] oraz Apache Kafka dla zapewnienia niezawodnej komunikacji między nimi. Podkreśla się znaczenie tych technologii dla osiągnięcia większej elastyczności, efektywności i skalowalności systemów IT. Java, Spring i Spring Boot są kluczowym środowiskiem umożliwiającym szybkie i wydajne tworzenie mikrousług dla aplikacji komercyjnych, podczas gdy Docker oferuje rozwiązania w zakresie konteneryzacji aplikacji i deployment'u, ułatwiając dystrybucję i skalowanie systemu względem aktualnych potrzeb. Prezentacja demonstruje, jak połączenie tych technologii może służyć jako podstawa dla tworzenia zaawansowanych nowoczesnych aplikacji komercyjnych, odpowiadających na rosnące zapotrzebowanie i wymagania współczesnego świata biznesu i nauki w zakresie adaptacyjności, wydajności i skalowalności. Według Solomona Hykesa, „Docker umożliwia tworzenie, wdrażanie i uruchamianie aplikacji w kontenerach, co czyni procesy programistyczne bardziej efektywnymi.” [11]

Cel pracy

Celem niniejszej pracy jest zaprezentowanie mikrousług i Apache Kafka jako fundamentów dla tworzenia nowoczesnych, skalowalnych i wydajnych aplikacji komercyjnych. Omówione zostaną korzyści wynikające z zastosowania tych technologii, takie jak zwiększona elastyczność, efektywność i skalowalność systemów IT.

Rozdziały

Zwięzły przegląd technologii i omówienie zastosowanych rozwiązań

Java jest językiem programowania ogólnego przeznaczenia, charakteryzującym się paradygmatem zorientowanym obiektowo, kompilacją i współbieżnością. Jest powszechnie wykorzystywany w różnorodnych aplikacjach, obejmujących strony internetowe, aplikacje mobilne, a także systemy wbudowane i serwery. Jego popularność wynika z uznanej stabilności, wysokiej wydajności oraz rozbudowanej biblioteki standardowej. [16]

Docker reprezentuje platformę konteneryzacji oprogramowania o charakterze open source. Umożliwia pakowanie aplikacji oraz ich zależności w lekkie, autonomiczne kontenery, które mogą być łatwo uruchamiane i przenoszone między różnymi środowiskami. Przyczynia się do ułatwienia procesu wdrażania oraz skalowania aplikacji zarówno w środowisku chmurowym, jak i lokalnym. [5]

Spring Cloud Netflix – Eureka Server jest serwerem odkrywania usług, działającym na zasadzie open source, zaprojektowanym dla rozproszonych systemów. Pozwala na automatyczne lokalizowanie i komunikowanie się usług, eliminując potrzebę ręcznej konfiguracji adresów IP oraz portów. W ten sposób ułatwia zarządzanie złożonymi architekturami opartymi na mikrousługach. [9] [19]

Config Server pełni rolę centralnego repozytorium konfiguracji dla rozproszonych aplikacji. Zapewnia możliwość przechowywania oraz zarządzania konfiguracją aplikacji w jednym miejscu, co ułatwia proces aktualizacji i zapewnia spójność konfiguracji w różnych środowiskach. Dodatkowo wspomaga separację kodu od konfiguracji. [10][19]

Spring Cloud to zestaw narzędzi i frameworków open source, przeznaczonych do tworzenia rozproszonych aplikacji drobnoziarnistych przy użyciu Spring Framework. Oferuje on ułatwienia dla typowych zadań mikrousług, takich jak odkrywanie usług, równoważenie obciążenia czy zarządzanie konfiguracją. Dzięki Spring Cloud możliwe jest sprawniejsze tworzenie oraz zarządzanie skalowalnymi i odpornymi na awarie aplikacjami w chmurze. [8][19]

Apache Kafka jest platformą strumieniowania danych o charakterze open source, cechującą się wysoką przepustowością i niską latencją. Jay Kreps stwierdził, że Apa-

che Kafka to skalowalna platforma strumieniowa, zaprojektowana do budowy systemów danych w czasie rzeczywistym. [13] Umożliwia przesyłanie dużych ilości danych w czasie rzeczywistym pomiędzy różnymi aplikacjami i systemami. Jest szeroko wykorzystywana w różnych scenariuszach, począwszy od przetwarzania danych w czasie rzeczywistym, poprzez analizę strumieniową. [6]

Zipkin jest narzędziem do monitorowania i analizy rozproszonych systemów mikrousługowych. Umożliwia śledzenie tras przetwarzania żądań pomiędzy różnymi usługami, co pozwala na zidentyfikowanie i rozwiązywanie problemów z wydajnością oraz błędami w architekturze mikrousługowej. [7]

Te technologie często są używane łącznie w architekturach mikrousługowych, celem stworzenia skalowalnych, odpornych na awarie i łatwych w zarządzaniu aplikacji. Java służy do tworzenia mikrousług, Docker do konteneryzacji i wdrażania, Eureka do odkrywania mikrousług, Config Server do zarządzania konfiguracją, Spring Cloud ułatwia tworzenie i zarządzanie mikrousługami, zaś Apache Kafka umożliwia przesyłanie danych między nimi. [19]

Analiza Architektury Aplikacji Kantorowej:

System opiera się na architekturze mikrousługowej, co oznacza, że jest zbudowany z niezależnych komponentów zwanych mikrousługami. Każda mikrousługa jest realizowana jako oddzielna aplikacja Spring Boot. Główne mikrousługi wykorzystane w programie to:

Bramka (Gateway): Jest to centralny punkt dostępu do systemu, który przekierowuje ruch do odpowiednich mikrousług na podstawie ścieżki URL żądania.

Paypal: Mikrousługa integrująca system z płatnościami PayPal, umożliwiająca przetwarzanie płatności i zarządzanie transakcjami z wykorzystaniem Apache Kafka dla komunikacji asynchronicznej.

Konta walutowe: Odpowiada za zarządzanie kontami walutowymi użytkowników, realizując operacje takie jak depozyty, wypłaty i przelewy.

Waluty: Serwis przechowujący waluty którymi operuje kantor.

Transakcje: Odpowiada za przechowywanie i tworzenie transakcji.

Zasady architektoniczne

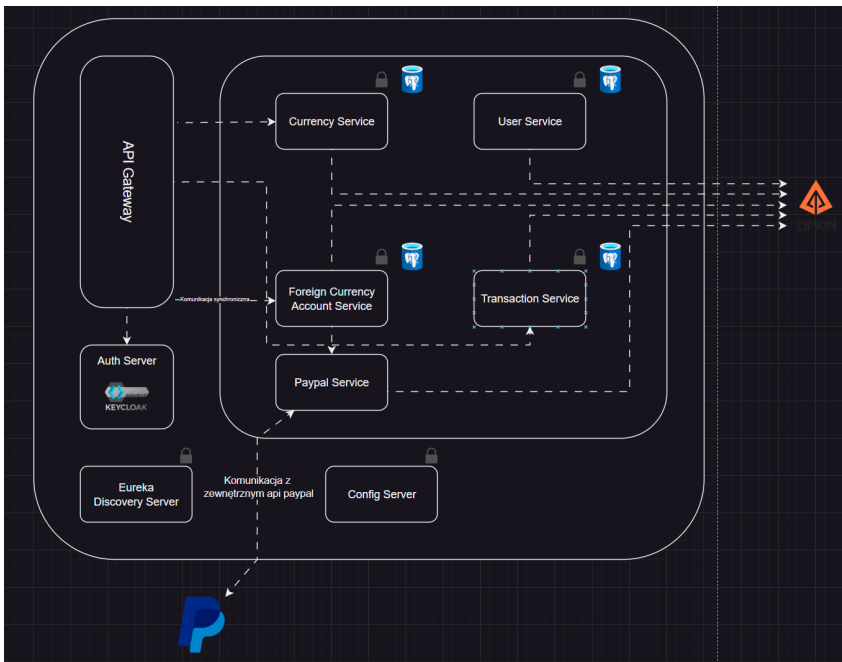
Architektura systemu ściśle przestrzega kilku fundamentalnych zasad mikrousług.

Niewielkie i autonomiczne usługi pozwalają na ograniczony zakres funkcjonalności i działa niezależnie od innych, co minimalizuje zależności i ułatwia zarządzanie. [14] Idea mikrousług wymusza wdrażane i skalowane niezależnie, bez wpływu na inne komponenty, co zapewnia elastyczność i ułatwia aktualizacje. [14] Komunikacja jest oparta na bramie API co oznacza że serwisy komunikują się między sobą za pomocą

własnych interfejsów opierających wszystkie zapytania na zbiorczej bramie komunikacji. To definiuje spójne i standardowe mechanizmy wymiany danych i żądań. [14] [19]. Każdy komponent korzysta z dedykowanej bazy danych PostgreSQL, co zapewnia izolację danych i minimalizuje konflikty oraz niespójności. [14]

Dodatkowe technologie

Oprócz fundamentalnych modułów, architektura systemu wykorzystuje dodatkowe technologie wspierające jej działanie. Są to Eureka, Docker, Zipkin, serwer konfiguracyjny oraz Keycloak, który jest systemem zarządzania tożsamością i dostępem, zapewniającym uwierzytelnianie i autoryzację użytkowników w systemie.



Rysunek 1. Schemat architektury mikrosługowej w aplikacji Kantor

Porównanie Monolitu i Mikrosług

W niniejszym rozdziale zostanie przeprowadzona obiektywna analiza architektury monolitycznej oraz mikrosługowej w odniesieniu do aplikacji kantoru. Obejmie to ocenę cech technicznych oraz potencjalnych zalet i ograniczeń obu podejść.

W architekturze monolitycznej aplikacja kantoru działa jako pojedyncza jednostka. Wszystkie funkcjonalności, takie jak przeliczanie walut, obsługa transakcji, zarządzanie użytkownikami czy generowanie raportów, są integrowane w ramach jednego procesu. [19]

Rozwiązanie cechuje się prostotą rozwoju systemu, testowania aplikacji oraz jednolitym charakterem działania. W kontekście wydajności, wewnętrzna komunikacja może charakteryzować się większą szybkością ze względu na umiejscowienie wszystkich komponentów w obrębie jednego środowiska. [19]

W podejściu opartym na mikrousługach, aplikacja kantorowa jest podzielona na mniejsze, niezależne jednostki. Każda usługa odpowiada za określoną funkcjonalność, a komunikacja między nimi odbywa się za pomocą bramy API. [14][15]

Rozwiązanie cechuje się ogromną skalowalnością ponieważ istnieje możliwość emancypacji skalowania poszczególnych serwisów w zależności od potrzeb. Aktualizacje i zmiany w poszczególnych modułach mają o wiele mniejszy wpływ na całość projektu, jeśli jeden z komponentów, inaczej mówiąc serwis, ulegnie awarii. Pozwala to na bezawaryjne działanie reszty aplikacji, jeśli między poszczególnymi serwisami nie ma powiązań krytycznych. Jednak zarządzanie wieloma usługami może być dodatkowym kosztem finansowym oraz administracyjnym dla danej organizacji. Komunikacja między usługami może generować pewne opóźnienia w porównaniu z architekturą monolityczną, jednak w tym przypadku, podczas tworzenia aplikacji, rezultat był odwrotny, ponieważ po pierwszym uruchomieniu danego punktu końcowego aplikacji wywołuje się on średnio do 5 razy szybciej niż w aplikacji opartej o architekturę monolityczną.

Zastosowanie mikrousług

Jedną z zalet mikrousług jest możliwość niezależnego skalowania poszczególnych komponentów aplikacji. W architekturze mikrousług można elastycznie dostosowywać zasoby do obciążenia generowanego przez konkretne usługi. Pozwala to na efektywniejsze wykorzystanie infrastruktury i lepsze dopasowanie do rzeczywistych potrzeb użytkowników. Usługi granularne ułatwiają wprowadzanie zmian i aktualizacji w pojedynczych komponentach, bez potrzeby modyfikowania całej aplikacji. Pozwala to na szybsze reagowanie na zmieniające się wymagania użytkowników. Kolejną zaletą mikrousług jest ich odporność na awarie. Awaria jednej części systemu nie powinna wpływać na działanie całej aplikacji. Zwiększa to niezawodność systemu i zapewnia ciągłość działania funkcjonalności. Dzięki możliwości niezależnego testowania poszczególnych komponentów, mikrousługi przyspieszają fazę testową tworzenia oprogramowania. Dodatkowo, wdrażanie aktualizacji staje się prostsze, gdyż zmiany mogą być wprowadzane w pojedynczych usługach, bez konieczności modyfikowania całej aplikacji. Pomimo licznych zalet, mikrousługi wiążą się również z pewnymi wyzwaniem. Jednym z nich jest zwiększona złożoność zarządzania i monitorowania rozproszonego

systemu, składającego się z wielu niezależnych komponentów. Ponadto, komunikacja między usługami może generować dodatkowe obciążenie sieciowe, a synchronizacja danych może stanowić wyzwanie. Konieczne jest również zapewnienie spójności i bezpieczeństwa w ramach całego ekosystemu mikrousług. [15] [19]

Praca z mikrousługami

Mikrousługi powinny być małe, skoncentrowane na pojedynczej funkcjonalności i niezależne od siebie, a granice między nimi muszą być jasno zdefiniowane, z komunikacją opartą na lekkich, standardowych protokołach, takich jak REST. Ważne jest również zapewnienie odpowiedniej skalowalności i odporności na awarie poprzez zastosowanie wzorców projektowych, takich jak Circuit Breaker czy Bulkhead. [14]

Efektywne wdrażanie mikrousług wymaga zastosowania nowoczesnych narzędzi i praktyk DevOps, z kluczową rolą automatyzacji procesu budowania, testowania i wdrażania, realizowaną za pomocą narzędzi takich jak Jenkins, Travis CI czy GitHub Actions. Podejście ciągłej integracji i ciągłej dostawy pozwala na szybkie i bezpieczne wprowadzanie zmian do produkcji, umożliwiając wielu osobom jednoczesną pracę nad różnymi mikrousługami. [2]

Złożoność środowiska mikrousług wymaga efektywnego monitorowania i zarządzania, z wdrożeniem rozwiązań, takich jak Prometheus, Grafana czy Elasticsearch, służących do śledzenia metryk, logów i zdarzeń, a także mechanizmów do automatycznego skalowania i samonaprawy usług, np. poprzez wykorzystanie Kubernetes.

Praca z mikrousługami niesie ze sobą szereg wyzwań, takich jak zarządzanie złożonością, zapewnienie spójności danych czy efektywne testowanie. Kluczowe jest stosowanie dobrych praktyk, takich jak podział na małe niezależne zespoły, wykorzystanie wzorców projektowych oraz ciągłe doskonalenie procesów, co pozwala na efektywną współpracę wielu specjalistów nad różnymi aspektami systemu.

Wyzwania technologiczne

W niniejszym rozdziale dokładnie omówione zostają wyzwania technologiczne, jakie niosą ze sobą procesy tworzenia nowoczesnych, skalowalnych oraz wydajnych aplikacji komercyjnych opartych na mikrousługach i technologii Apache Kafka.

Przejsie na architekturę mikrousługową niesie za sobą wzrost złożoności systemu, co stwarza wyzwania zarówno w zarządzaniu, jak i utrzymaniu go. Wynika to z faktu istnienia wielu niezależnych komponentów, które muszą być skoordynowane. W celu skutecznego radzenia sobie z tą złożonością niezbędne jest stosowanie odpowiednich praktyk inżynierii oprogramowania, takich jak klarowna definicja granic mikrousług, implementacja wzorców projektowych oraz wykorzystanie narzędzi automatyzujących procesy.

Efektywna komunikacja pomiędzy mikrousługami stanowi istotne wyzwanie, wymagając niezawodności, wydajności oraz skalowalności. Konieczne jest zastosowanie odpowiednich protokołów komunikacyjnych oraz mechanizmów routingu, aby zagwarantować optymalną przepustowość i wydajność. Dodatkowo, kluczowe jest wdrożenie mechanizmów monitorowania oraz debugowania w celu identyfikacji i rozwiązania potencjalnych problemów z komunikacją. [19]

W środowisku mikrousługowym dane mogą być rozproszone między różnymi usługami, co utrudnia zarządzanie nimi oraz zapewnienie ich spójności. Konieczne jest zastosowanie odpowiednich strategii zarządzania danymi, takich jak wykorzystanie baz danych rozproszonych lub rozwiązań NoSQL, aby zagwarantować spójność i dostępność danych. [14][19]

Monitorowanie oraz debugowanie systemów opartych na mikrousługach może być bardziej skomplikowane w porównaniu do tradycyjnych aplikacji monolitycznych. Z uwagi na istnienie wielu niezależnych komponentów, generujących logi oraz dane telemetryczne, niezbędne jest stosowanie zaawansowanych narzędzi do monitorowania oraz agregacji logów w celu śledzenia stanu systemu oraz identyfikacji potencjalnych problemów. [19]

Bezpieczeństwo środowiska stanowi kluczowe wyzwanie w kontekście architektury mikrousługowej, ponieważ wiele punktów końcowych może być podatnych na ataki. Konieczne jest wdrożenie odpowiednich praktyk bezpieczeństwa, takich jak uwierzytelnianie, autoryzacja, szyfrowanie danych oraz kontrola dostępu, w celu zabezpieczenia systemu przed nieautoryzowanym dostępem i atakami. [2]

Proces wdrażania oraz zarządzania systemami opartymi na mikrousługach może być bardziej złożony w porównaniu do aplikacji monolitycznych, ze względu na konieczność indywidualnego wdrażania oraz aktualizacji poszczególnych komponentów. W celu ułatwienia tego procesu niezbędne jest wykorzystanie narzędzi automatyzujących wdrażanie oraz zarządzanie konfiguracją.

Efektywne tworzenie oraz utrzymywanie systemów mikrousługowych wymaga odpowiednich kompetencji oraz doświadczenia ze strony zespołu programistycznego. Wymagane są głębokie umiejętności w zakresie mikrousług, architektury rozproszonej, baz danych rozproszonych, narzędzi do konteneryzacji oraz technik monitorowania.

Praca zespołów nad systemem

W obliczu dynamicznie ewoluujących architektur mikrousługowych oraz nieustannie zmieniających się wyzwań technologicznych, kwestia efektywnej współpracy zespołów staje się niezmiernie istotnym filarem udanych projektów informatycznych. Niniejszy rozdział przybliży zatem strategię, praktyki oraz narzędzia, które mają na celu wspomaganie i ułatwianie tejże współpracy między członkami zespołu, przy jednoczesnym dążeniu do osiągnięcia wyższych poziomów wydajności, skalowalności oraz

spójności w procesie projektowania, wdrażania i utrzymywania systemów bazujących na mikrousługach.

Kluczowym elementem w ramach efektywnej pracy zespołowej pozostaje definiowanie ról i określanie odpowiedzialności. Jasne wytyczenie zakresu obowiązków każdego członka zespołu nie tylko ułatwia zrozumienie jego funkcji, ale także minimalizuje ryzyko dublowania pracy. Praca zespołowa, oparta na otwartej i ciągłej komunikacji, pełni kluczową rolę w sprawnym rozwiązywaniu napotkanych problemów oraz podejmowaniu szybkich i trafnych decyzji.

Niepodważalnym filarem stabilności i wydajności systemu pozostaje dbałość o jakość kodu i architektury. Staranne i systematyczne podejście do tego zagadnienia umożliwi uniknięcie potencjalnych pułapek związanych z błędami w kodzie, a także ułatwia późniejsze prace związane z utrzymaniem aplikacji. Implementacja kultury DevOps, mimo że początkowo może wydawać się wymagająca oraz wiązać się z potrzebą gruntownego przeorganizowania struktur organizacyjnych, otwiera drzwi na automatyzację procesów oraz sprawniejsze wdrażanie wszelkich zmian w systemie. [2]

Nieustający proces doskonalenia pozostaje kluczowym elementem utrzymania konkurencyjności projektu oraz ciągłego dostarczania innowacyjnych rozwiązań. Niemniej jednak, nadmierne skupienie się na doskonaleniu może prowadzić do utraty równowagi między procesami rozwojowymi a praktykami produkcyjnymi, co z kolei może wywołać konsekwencje w postaci rozpraszania zasobów i opóźnień w dostarczaniu wartościowych funkcji. [2][14][19]

Podsumowanie

Połączenie mikrousług, Apache Kafka i innych omówionych technologii stanowi solidną podstawę do tworzenia zaawansowanych aplikacji komercyjnych, które spełniają rosnące wymagania współczesnego biznesu w zakresie adaptacyjności, wydajności i skalowalności. Modularna architektura mikrousług pozwala na niezależne rozwijanie i skalowanie poszczególnych komponentów aplikacji, co przekłada się na większą elastyczność i szybsze reagowanie na zmieniające się potrzeby rynku. Wykorzystanie Apache Kafka jako platformy do przesyłania danych w czasie rzeczywistym zapewnia niezawodną komunikację między mikrousługami, umożliwiając efektywne przetwarzanie dużych ilości danych i podejmowanie decyzji w oparciu o aktualne informacje. Dodatkowo, narzędzia takie jak Eureka, Config Server, Spring Cloud i Zipkin ułatwiają zarządzanie i monitorowanie rozproszonych systemów mikrousługowych, co przyczynia się do zwiększenia ich niezawodności i wydajności.

Dzięki zastosowaniu tych technologii, firmy mogą tworzyć aplikacje, które są bardziej odporne na awarie, łatwiejsze w utrzymaniu i skalowalne, co przekłada się na lepsze doświadczenia użytkowników i większą efektywność biznesową. W miarę rozwoju świata technologii, mikrousługi i Apache Kafka będą odgrywać coraz ważniejszą

rolę w budowaniu nowoczesnych aplikacji komercyjnych, które sprostają wyzwaniom przyszłości.

Podziękowania

Serdecznie dziękujemy Panu Krzysztofowi Ropiakowi za objęcie opieki nad Kołem Naukowym „WEBLEADER Koło Naukowe Liderów Webowych”. Doceniamy Pana zaangażowanie i poświęcony czas, dzięki któremu koło może się rozwijać i prężnie działać.

Szczególnie pragniemy podziękować za wsparcie merytoryczne. Cenne wskazówki i rady pomogły nam w realizacji projektów i poszerzaniu naszej wiedzy.

Dzięki Pana pomocy koło stało się miejscem, gdzie studenci mogą rozwijać swoje pasje naukowe, zdobywać nowe umiejętności i nawiązywać kontakty z ludźmi o podobnych zainteresowaniach. Dodatkowo, chcielibyśmy również podziękować wszystkim członkom Koła Naukowego „WEBLEADER Koło Naukowe Liderów Webowych” za ich zaangażowanie i aktywność. Dzięki Waszej ciężkiej pracy i entuzjazzmowi koło może osiągać kolejne sukcesy.

Bibliografia

- [1] Dragoni, N., Giallorenzo, S., Lafuente, A., Mazzara, M., Montesi, F., Mustafin, R., & Safina, L. 2017. “Microservices: Yesterday, Today, and Tomorrow”. In *Present and Ulterior Software Engineering* (pp. 195–216). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-67425-4_12.
- [2] Freeman, E. 2023. *DevOps dla bystrzaków*, Wyd. Helion S.A, Gliwice.
- [3] Fowler, M. 2014. *Microservices - a definition of this new architectural term*. martinowler.com. <https://martinfowler.com/articles/microservices.html> (dostęp 2024.05.19).
- [4] Freeman, E., Robson, E. 2023. *Wzorce projektowe. Rusz głową! Tworzenie rozszerzalnego i łatwego w utrzymaniu oprogramowania obiektowego. Wydanie II [Head First Design Patterns: A Brain-Friendly Guide]*. Wyd. Helion, Gliwice.
- [5] <https://docs.docker.com/get-started/overview/> (dostęp 2024.05.19).
- [6] <https://kafka.apache.org> (dostęp 2024.05.19).
- [7] <https://lumigo.io/zipkin/> (dostęp 2024.05.19).
- [8] <https://spring.io/projects/spring-cloud> (dostęp 2024.05.19).
- [9] <https://spring.io/projects/spring-cloud-netflix> (dostęp 2024.05.19).
- [10] <https://www.geeksforgeeks.org/spring-boot-cloud-configuration-server/> (dostęp 2024.05.19).
- [11] Hykes, S. 2016. *The future of Docker and containers*. docker.com. <https://www.docker.com/blog/future-docker-containers/> (dostęp 2024.05.19).
- [12] Kane, S., Matthias, S. 2021. *Docker. Niezawodne kontenery produkcyjne. Praktyczne zastosowania. Wydanie III [Docker in Action, Third Edition]*. Wyd. Helion, Gliwice.
- [13] Kreps, J. 2014. *Introducing Apache Kafka: a distributed streaming platform*. confluent.io. <https://www.confluent.io/blog/apache-kafka/> (dostęp 2024.05.19).

- [14] Nadareishvili, I., Mitra, R., McLarty, M., Amundsen, M. 2016. *Microservice Architecture. Aligning Principles, Practices, and Culture*. Sebastopol, Wyd. O'Reilly Media.
- [15] Newman, S. 2022. *Budowanie mikrouslug. Projektowanie drobnoziarnistych systemów [Building Microservices: Designing Fine-Grained Systems]*. Wyd. Helion, O'Reilly, Gliwice.
- [16] Schildt, H. 2023. *Java. Kompendium programisty. Wydanie XII [Java: The Complete Reference, Twelfth Edition]*. Wyd. Helion, Gliwice.
- [17] Shapira, G., Palino, T., Sivaram, R., Petty, K. 2022. *Kafka w praktyce. Przetwarzanie strumieniowe i potoki danych o dużej skali. Wydanie II [Kafka in Action, Second Edition]*. Wyd. Helion, Gliwice.
- [18] Silva, F., Lelli, V., Santos, I., & Andrade, R. 2022. *Towards a Fault Taxonomy for Microservices-Based Applications*. In *Proceedings of the XXXVI Brazilian Symposium on Software Engineering (SBES '22)* (pp. 247–256). ACM. <https://doi.org/10.1145/3555228.3555245>.
- [19] Walls, C. 2023. *Spring w akcji. Wydanie V [Spring in Action, Fifth Edition]*. Wyd. Helion, Gliwice.