

Streszczenie

Biotworzywa pochodzenia biologicznego i/lub biodegradowalne są alternatywą tworzyw sztucznych wytwarzanych z surowców nieodnawialnych, jak ropa naftowa czy gaz ziemny. Biorąc pod uwagę, że są uznawane za biodegradowalne oraz priorytety hierarchii postępowania z odpadami komunalnymi, odpady biotworzyw powinny być zbierane selektywnie wraz z bioodpadami i przetwarzane w procesach recyklingu organicznego (kompostowanie lub fermentacja metanowa). Obecnie, powszechnie zakłada się beztlenowy recykling organiczny bioodpadów w wyniku fermentacji metanowej. W dostępnej literaturze brakuje holistycznej oceny efektywności beztlenowej biodegradacji biotworzyw, pozwalającej na określenie wpływu biotworzyw na biodegradację bioodpadów w warunkach beztlenowych. W dysertacji zastosowano wieloaspektową analizę do określenia wpływu temperatury i wstępnej obróbki biotworzyw na ich beztlenową biodegradację. Analiza obejmowała i) określenie wydajności biogazu lub metanu, stałych kinetycznych produkcji biogazu (PB) lub metanu (PM), oraz przydatności biotworzyw do produkcji biogazu i kofermentacji z bioodpadami, ii) zmiany powierzchni (makro- i mikroskopowe lub topografię) oraz właściwości mechanicznych (wytrzymałość na rozciąganie, wydłużenie materiału przy zerwaniu) i termicznych (skaningowa kalorymetria różnicowa), iii) identyfikację grup funkcyjnych na podstawie spektroskopii fourierowskiej w podczerwieni (FTIR), iv) określenie stopnia biodegradacji biotworzyw (na podstawie teoretycznej produkcji metanu (TPM)).

Testowano pięć rodzajów komercyjnie dostępnych biotworzyw, tj. folie (F) na bazie skrobi (F_S), celulozy (F_Cel), polilaktydu (F_PLA) i poli(bursztynianu butylenu) (F_PBS) oraz sztywne (S) jednorazowe kubeczki do napojów na bazie PLA (S_PLA). Biodegradację prowadzono w beztlenowych warunkach mezofilnych (M) i/lub termofilnych (T) oraz po wstępnej obróbce biotworzyw (chemicznej (0,1 M KOH, 2 h, temperatura pokojowa) lub hydrotermicznej (H₂O, 2 h, 90°C)).

Wykazano, że warunki temperaturowe wpływają na biodegradowalność biotworzyw. Na podstawie wydajności biogazu lub metanu w warunkach mezofilnych uszeregowano biotworzywa od najbardziej biodegradowalnego:

$$F_Cel_M \gg F_PBS_M > F_S_M \geq F_PLA_M.$$

Przydatność biotworzyw do produkcji biogazu lub metanu, z wyjątkiem F_Cel_M, była technologicznie niezasadna ze względu na czas beztlenowej biodegradacji powyżej 30 dni.

W warunkach termofilnych nastąpił wzrost szybkości produkcji i wydajności metanu z F_PBS, a szereg biodegradowalności na podstawie wydajności metanu różnił się od szeregu biodegradowalności w temperaturze mezofilnej:

$$S_PLA_T > F_Cel_T > F_PBS_T > F_PLA_T \geq F_S_T.$$

Podobnie jak w warunkach mezofilnych, ze względu na długi czas beztlenowej biodegradacji, przydatność biotworzyw do produkcji metanu była technologicznie niezasadna, z wyjątkiem F_Cel_T i F_PBS_T . Biotworzywa (S_PLA_T , F_PLA_T , F_S_T) nie powinny być poddawane termofilnej fermentacji metanowej czy np. kofermentacji z bioodpadami.

Wykazano zależność pomiędzy biologicznymi i fizycznymi wskaźnikami biodegradowalności. Wydajność biogazu lub metanu w warunkach mezofilnych i termofilnych zależała od wartości wydłużenia przy zerwaniu biotworzyw. Wydajność biogazu lub metanu z biotworzyw charakteryzujących się wysokimi wartościami wydłużenia (F_S , F_PLA) była kilkakrotnie niższa niż z biotworzyw o niskich wartościach wydłużenia (F_Cel , F_PBS). Dodatki stosowane do polepszenia właściwości użytkowych folii, w tym ich elastyczności (wysokie wartości współczynnika wydłużenia), obniżają biodegradowalność i wydajności biogazu lub metanu.

Warunki termofilne przyspieszały fragmentację biotworzyw. Jednak fragmenty biotworzyw (z wyjątkiem F_Cel_M , F_Cel_T , F_PBS_T) pozostawały widoczne w inokulum do 66 dnia beztlenowej biodegradacji i dłużej. Oznacza to, że przy HRT ok. 20-30 dni, stosowanym przy fermentacji bioodpadów, fragmenty biotworzyw stanowiłyby zanieczyszczenie pofermentu, tzw. *mikrobioplastik*.

Wstępna obróbka biotworzyw przed beztlenową mezofilną lub termofilną biodegradacją nie wpłynęła na biodegradowalność ocenianą na podstawie wskaźników biologicznych, natomiast wpływała na zmiany powierzchni oraz właściwości mechaniczne biotworzyw. Po wstępnej obróbce biotworzywa szybciej traciły właściwości mechaniczne. Niezależnie od zastosowania wstępnej obróbki, czas biodegradacji biotworzyw był kilkakrotnie dłuższy niż bioodpadów, co wskazuje na brak możliwości wspólnej kofermentacji z bioodpadami.

Niezależnie od warunków temperaturowych oraz zastosowania obróbki wstępnej, wyniki analizy spektrofotometrycznej FTIR wykazały wzrost intensywności pików odpowiadających grupom funkcyjnym, co wskazywało na postępującą biodegradację biotworzyw, natomiast nie obserwowano powstawania nowych grup funkcyjnych.

W dysertacji wykazano celowość zastosowania wieloaspektowej oceny efektywności beztlenowej biodegradacji biotworzyw na podstawie wskaźników biodegradowalności. Wyniki badań dotyczących beztlenowej biodegradacji testowanych biotworzyw stanowią podstawę przygotowania wytycznych, wskazują kierunki recyklingu organicznego biotworzyw, co jest niezbędne do planowania gospodarki bioodpadami z udziałem biotworzyw.