

Prof. dr hab. inż. Liliana Krzystek
Katedra Inżynierii Bioprocessowej
Wydział Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska
Politechnika Łódzka

Łódź, dn. 21. 02. 2017

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ
mgr inż. Sabiny Sartowskiej
z Wydziału Nauk o Środowisku
Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego

**WPLYW PARAMETRÓW TECHNOLOGICZNYCH WSPÓLFERMENTACJI
METANOWEJ ORAZ DOFERMENTOWANIA NA BIODOSTĘPNOŚĆ
I STABILNOŚĆ MATERII ORGANICZNEJ POFERMENTU**

Promotor pracy: Prof. dr hab. inż. Irena Wojnowska-Baryła

Promotor pomocniczy: dr hab. inż. Katarzyna Bernat

Charakterystyka pracy

Recenzowana rozprawa została wykonana w Katedrze Biotechnologii w Ochronie Środowiska na Wydziale Nauk o Środowisku Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie. Tematyka badawcza Katedry od lat jest zogniskowana na zagadnieniach związanych z oczyszczaniem ścieków, stabilizacją biologiczną osadów i odpadów komunalnych, odpadów z przemysłu rolno-spożywczego oraz biomasy lignocelulozowej.

Od strony formalnej, praca doktorska została opracowana przejrzysto i z typowym podziałem na poszczególne rozdziały. Rozpoczyna się od krótkiego wstępu, po którym przedstawiony jest przegląd literatury. Następnie zamieszczony jest cel i zakres pracy. Dalej opisane jest stanowisko badawcze oraz metodyka badań. W następnych rozdziałach przedstawione są wyniki przeprowadzonych badań doświadczalnych oraz ich dyskusja. Praca kończy się krótkim podsumowaniem, wykazem wykorzystanej w pracy literatury oraz spisem tabel i rysunków. Streszczenie pracy w języku polskim i angielskim zamieszczono na samym początku pracy przed wstępem. W pracy zawarto 54 rysunki i 20 tabel oraz wykorzystano 99 pozycji literaturowych. Dokumentacja pracy zawiera 99 stron maszynopisu, w tym 25 stron części literaturowej.

Już we Wstępie do pracy zdefiniowany został obszar zainteresowań oraz przedstawiono zasadność podjęcia badań nad określeniem biologicznej stabilności płynów pofermentacyjnych i pozostałości po dofermentowaniu biomasy lignocelulozowej

i odpadów przemysłu rolno-spożywczego. Doktorantka podkreśliła rolę fermentacji metanowej w systemie zagospodarowania biomasy odpadowej i wytwarzania energii.

Przegląd literatury Doktorantka rozpoczęła od wnikliwej charakterystyki wykorzystywanych do produkcji biogazu roślin energetycznych, odpadów rolno-przemysłowych oraz organicznej frakcji odpadów komunalnych. Kolejna część pracy została poświęcona opisowi procesu współfermentacji. Na zakończenie części literaturowej opisano zwięźle jeden z produktów fermentacji metanowej tj. płyn pofermentacyjny. Następnie przedstawione zostały trzy hipotezy badawcze oraz cel i zakres pracy.

Po części teoretycznej następuje część doświadczalna pracy, obejmująca w pierwszej kolejności opis stanowiska badawczego, dalej charakterystykę stosowanych substratów, schemat prowadzonych doświadczeń oraz opis stosowanych metod analitycznych i obliczeniowych. Zastosowane w pracy metody badawcze oparte są na nowoczesnych metodach analitycznych.

W części poświęconej opisowi uzyskanych wyników doświadczalnych Doktorantka przedstawiła wyniki przeprowadzonych procesów współfermentacji metanowej biomasy lignocelulozowej i odpadów z przemysłu rolno-spożywczego oraz procesów dofermentowania płynu pofermentacyjnego. Przeprowadzone badania doświadczalne zostały podzielone na kilka etapów. W pierwszej kolejności omówiono proces współfermentacji wsadów dwuskładnikowych (kiszonki kukurydzy oraz obornika bydlęcego) i proces dofermentowania uzyskanych płynów pofermentacyjnych. W drugim etapie przedstawiono wyniki badań wsadów trójskładnikowych (kukurydza lub sida, gnojowica świńska, frakcja glicerynowa) oraz procesu dofermentowania płynów pofermentacyjnych. Z kolei trzeci etap badań dotyczył procesów współfermentacji wsadu czteroskładnikowego (kukurydza, gnojowica świńska, frakcja glicerynowa, wywar gorzelniany) i dofermentowania płynu pofermentacyjnego. Ostatnia część pracy została poświęcona analizie właściwości płynów pofermentacyjnych. Doktorantka poświęciła wiele miejsca omówieniu stopnia stabilności płynów pofermentacyjnych. Część eksperymentalną pracy kończy jasno i wnikliwie napisane podsumowanie, będące uzupełnieniem informacji przedstawionych w przeglądzie piśmiennictwa i świadczy o umiejętności ostrożnej, krytycznej analizy i interpretacji wyników badań.

Najważniejsze osiągnięcia przeprowadzonych badań przedstawione zostały w podsumowaniu. Pracę zamyka wykaz literatury zawierający głównie pozycje obcojęzyczne. Cytowana literatura w przeważającej części pochodzi z ostatnich 10 lat.

Zasadność podjętej tematyki

Jednym z najbardziej obiecujących źródeł energii odnawialnej w Polsce jest biomasa, z uwagi na fakt, iż Polska w dużej części jest krajem rolniczym, który dysponuje znacznym potencjałem surowców organicznych. Najefektywniejszym sposobem wykorzystania biomasy na cele energetyczne jest przetworzenie jej na biogaz. Wytwarzany biogaz może być wykorzystywany do produkcji energii elektrycznej i cieplnej oraz jako paliwo samochodowe. Produkcję biogazu w procesie fermentacji metanowej uznaje się jako jeden z najbardziej energooszczędnych i przyjaznych środowisku sposobów produkcji

energii. Ciekawą alternatywą dla zwiększenia krajowej produkcji bioenergii może być produkcja metanu z roślin energetycznych i odpadów organicznych z przemysłu żywności i napojów.

Obecnie, większość biogazowni rolniczych działa w oparciu o gnojowicę, obornik z dodatkiem ko-substratów, które dodaje się w celu zwiększenia zawartości materii organicznej, poprawienia stosunku węgla do azotu i co za tym idzie osiągnięcia wyższej wydajności biogazu. Dlatego też, aby proces produkcji biogazu z substratów odpadowych (produkcji rolniczej, spożywczej) był bardziej wydajny, gnojowicę, gnojówkę, wywary przemysłu spożywczego wzbogaca się dodatkiem roślin energetycznych lub odpadami zawierającymi tłuszcze.

Typowymi ko-substratami są zatem odpady rolnicze, np. liście buraka cukrowego, odpady organiczne z branż związanych z rolnictwem, odpady żywnościowe i rośliny energetyczne. Substraty o dużej zawartości tłuszczu zapewniają największy uzysk biogazu, jednak wymagają długiego czasu retencji ze względu na ich niską podatność na biodegradację.

Innym ważnym produktem procesu fermentacji metanowej obok biogazu może być wysokiej jakości stabilizowany nawóz, otrzymywany w wyniku odpowiedzialnego postępowania z masą pofermentacyjną, które umożliwi dodatkowy uzysk biogazu oraz zwiększy jego stabilność biologiczną, korzystnie wpływając na poprawę jakości gleb.

Zaprezentowane przez Doktorantkę badania nawiązują do przedstawionego kierunku i wnoszą istotne elementy o znaczeniu nie tylko naukowym, ale przede wszystkim praktycznym. Podjęcie badań dotyczących określenia wpływu parametrów technologicznych współfermentacji metanowej oraz dofermentowania na biodostępność i stabilność materii organicznej masy pofermentacyjnej uważam zatem za właściwe i zasadne.

Walory poznawcze pracy

Spośród wielu aspektów pracy, istotnych w zakresie podjętej tematyki, na szczególną uwagę zasługuje wykazanie, że:

1. Właściwości zarówno masy pofermentacyjnej jak i pozostałości po dofermentowaniu zależą od warunków operacyjnych prowadzonych procesów współfermentacji oraz składu wsadów.
2. Można poprawić zarówno bilans produkcji biogazu jak i stabilność masy pofermentacyjnej stosując proces dofermentowania. Dofermentowanie płynu pofermentacyjnego (fermentacja psychrofilna) obniżyło także jego aktywność biologiczną.
3. Proces dofermentowania masy pofermentacyjnej nie wpłynął na zmiany zawartości azotu amonowego i fosforu w fazie ciekłej.
4. W wyniku uzupełnienia składu wsadu o frakcję glicerynową stwierdzono zwiększenie zdolności produkcji gazów, natomiast dodatek wywaru gorzelnianego do wsadu trójskładnikowego nie spowodował wzrostu produkcji gazu.

5. We wsadach o wysokim udziale biomasy lignocelulozowej rodzaj biomasy wpływa na jednostkową szybkość produkcji biogazu.

Uwagi

Przedstawiona praca jest napisana starannie, a błędy, czy niezręczności stylistyczne należą do rzadkości. Na uwagę zasługuje poprawny styl i język polski. Jednakże, podczas czytania rozprawy nasunęły mi się następujące uwagi:

1. Prowadzone procesy współfermentacji w bioreaktorze przebiegały w warunkach odpowiednich dla drobnoustrojów mezofilnych. Czy prowadzone były badania dotyczące odparowania pynu podczas długotrwałych fermentacji?
2. Na str. 62 Doktorantka stwierdziła, że analiza statystyczna wykazała istotny wpływ wywaru gorzelnianego na jednostkową szybkość produkcji biogazu i metanu. Jednostkowa szybkość produkcji biogazu oraz metanu ze wsadu czteroskładnikowego (KGGW/3/45) wyniosła odpowiednio $2,3 \text{ dm}^3/\text{dm}^3\text{d}$ i $1,4 \text{ dm}^3/\text{dm}^3\text{d}$. Natomiast na str. 51 w przypadku wsadu KGG/3/45 jednostkowa szybkość produkcji biogazu wynosi $2,27 \text{ dm}^3/\text{dm}^3\text{d}$, a metanu $1,35 \text{ dm}^3/\text{dm}^3\text{d}$. Jaki zatem był wpływ dodanego wywaru gorzelnianego?
3. W pracy nie podano pojemności roboczej reaktora, w którym prowadzono badania współfermentacji i dofermentowania. Na str.27, wiersz 9 od góry znajdują się błędne wartości albo wymiarów reaktora albo pojemności całkowitej, a informacji o objętości roboczej brak.
4. W pracy nie podano w jakich warunkach prowadzone były eksperymenty. Czy był to proces przepływowy czy dolewowy? Na str. 30 znajduje się informacja, że próby pobierano 3 razy w tygodniu, w jakiej objętości? Kiedy i w jaki sposób dodawano substrat (ciągły, porcjowy)? W jakiej temperaturze prowadzono procesy? Czy system grzewczy pozwalał na regulację temperatury?
5. Zastąpiłabym zamieszczone w pracy podsumowanie wnioskami.
6. Wzór przedstawiający efektywność usuwania związków organicznych na str. 32 jest błędny.
7. We wzorze opisującym potencjał biogazowy (str. 32), V_1 to objętość wytworzonego gazu przez próbkę i inokulum, a V_0 objętość wytworzonego gazu przez inokulum. Brak opisu jakich próbek i inokulum dotyczą.
8. Str. 5, wiersz 6-7 od góry jest: „na stabilność i biologiczną aktywność pofermentów”..., natomiast poniżej, wiersz 14: ...”stopniem stabilności wyrażonym biologiczną aktywnością AT4”...
9. Dlaczego moduł prefermentowania na str. 9 różni się od modułu na str. 33?
10. Str. 11, wiersz 3: jest: W buraku o podwyższonej masie zależność buraka do liści wynosi..., może raczej: masy buraka do masy liści.
11. Str.74, wiersz 4 od góry jest: wynikające z optymalizacji produkcji metanu..., raczej : doboru warunków procesowych produkcji metanu, ponieważ optymalizacja łączy się z zastosowaniem technik optymalizacyjnych.

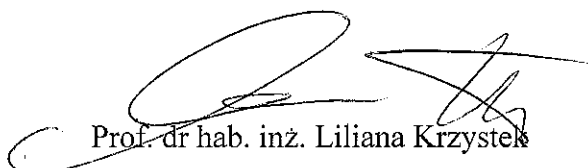
12. Str. 75, wiersz 3 od góry: Lehtomaki i wsp (2007) w swojej pracy podają wartości właściwej wydajności metanu (specific methane yield), a nie specyficznej produkcji metanu.
13. Str. 7, wiersz 51 od dołu jest: biologiczna biodegradacja... raczej: biologiczna degradacja .
14. Str. 27, wiersz 10 od góry jest: temperaturę mezofilową ?

Konkluzja końcowa

Pani mgr inż. Sabina Sartowska wykazała niezbędną wiedzę i umiejętności samodzielnego rozwiązywania postawionych przed Nią zadań i problemów naukowych oraz poprawnego wyciągania wniosków. Przedstawione wyżej uwagi mają charakter dyskusyjny lub porządkowy i nie obniżają wysokiej wartości poznawczej, a przede wszystkim aplikacyjnej recenzowanej pracy doktorskiej.

Pani mgr inż. Sabina Sartowska zaproponowała w pracy kompleksowy program badań, przeprowadziła wnikliwe badania współfermentacji metanowej poparte przekonującą analizą właściwości wieloskładnikowych płynów pofermentacyjnych. Na podkreślenie zasługuje duży wkład pracy własnej w badaniach laboratoryjnych. Recenzowana rozprawa posiada wiele elementów nowości naukowej i poszerza naszą wiedzę na temat biodostępności i stabilności materii organicznej płynu pofermentacyjnego.

Oceniana praca spełnia wymagania stawiane w Ustawie o stopniach i tytułach naukowych i zgodnie z Artykułem 11 ustęp 1 ustawy może być przedstawiona jako rozprawa doktorska. Dlatego też przedkładam Wysokiej Radzie wniosek o dopuszczenie Pani mgr inż. Sabiny Sartowskiej do dalszych etapów przewodu doktorskiego.



Prof. dr hab. inż. Liliana Krzystek