

Efekty beztlenowego procesu przetwarzania odpadowych substratów organicznych pochodzących z przemysłu mięsnego

*Marcin Zieliński, Marcin Dębowski, Mirosław Krzemieniowski
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, Olsztyn*

1. Wstęp

Proces fermentacji metanowej, powszechnie wykorzystywany do unieszkodliwiania osadów ściekowych [2, 9] w ciągu ostatnich kilkunastu lat znalazł szerokie zastosowanie w oczyszczaniu bardzo stężonych ścieków przemysłowych. [1, 3÷5, 8]. Układy anaerobowe funkcjonują najczęściej jako samodzielne systemy zapewniające jakość odpływu na wymaganym poziomie (ładunek zanieczyszczeń organicznych eliminowany jest w przedziale 70÷90%) lub jako I stopień usuwania zanieczyszczeń, po których następują kolejne etapy oczyszczania. W ostatnich latach tego typu rozwiązania stosowane są w procesach przeróbki odpadowych substratów organicznych w celu ich neutralizacji i pozyskania wysokoenergetycznego biogazu.

Na proces fermentacji metanowej składa się szereg przemian biochemicznych, w efekcie których złożone związki organiczne ulegają przemianie do produktów końcowych w postaci metanu i dwutlenku węgla. W pierwszej kolejności zachodzi hydroliza złożonych związków białek, cukrów, tłuszczu. Proces ten prowadzony jest przez bakterie hydrolizujące, a jego efektem jest powstanie aminokwasów, monosacharydów, wyższych kwasów tłuszczowych. Związki te stają się substratem do kolejnego etapu przemian – kwasogenezы. Jej efektem jest powstanie lotnych kwasów tłuszczowych. Ostatnim etapem jest produkcja metanu, która może zachodzić bądź w wyniku dekarboksylacji kwasu octowego lub poprzez procesy redukcyjno-metanogenne (redukcja CO₂ do CH₄ przy udziale H₂). Ostatni etap fermentacji czyli metanogeneza decyduje o szybkości całego procesu. Szybkość wzrostu mikroorganizmów biorących udział w tej fazie jest znacznie niższa niż bakterii kwasogennych stąd zapewnienie

optymalnych warunków dla metanogenezy stanowi o sprawności całego procesu. Co ciekawe wszystkie mikroorganizmy metanogenne zaliczane są do osobnej domeny. W królestwie Procariota wyróżnia się dwie zasadniczo różne grupy organizmów, domenę Bacteria (większość współczesnych szczepów bakterii, brak organizmów metanogennych, niewielka liczba gatunków żyjących w warunkach ekstremalnych) oraz domenę Archea (wszystkie organizmy metanogenne, liczne gatunki żyjących w warunkach ekstremalnych).

Stosowanie systemów beztlenowych jest uzasadnione ze względu na uzyskiwane efekty technologiczne i ekonomiczne. Niska energochłonność, pięciokrotnie mniejszy w stosunku do systemów tlenowych przyrost biomasy osadu, ograniczenie rozprzestrzeniania się aerozoli i odorów oraz szybki rozruch nawet po długiej przerwie w eksploatacji to dodatkowe atuty przemawiające za upowszechnianiem metod beztlenowych [6, 7, 10].

Celem badań było określenie wydajności procesu fermentacji metanowej odpadów organicznych pochodzących z przemysłu mięsnego oraz charakterystyka powstającego fermentatu.

2. Metodyka

Badania przeprowadzono w warunkach laboratoryjnych. Doświadczenia podzielono na cztery warianty. Kryterium podziału stanowił skład wykorzystywanej kompozycji substratowej. W prezentowanym eksperymencie zastosowano substraty, które pozwoliły na uzyskanie najwyższych efektów technologicznych w respirometrycznych badaniach statycznych przeprowadzonych z wykorzystaniem zestawu OxiTop Control firmy WTW.

Charakterystyka wykorzystywanych w doświadczeniach surowej materii organicznej oraz stosowanych osadów fermentacyjnych została zaprezentowana w tabeli 1.

Wagowy udział poszczególnych substratów w składzie podstawy substratowej stosowanej w kolejnych częściach eksperymentu zaprezentowano w tabeli 2.

Mieszanka substratów uwadniana była następnie do poziomu 90%. Podstawowe parametry mieszanin substratów organicznych wykorzystywanych w poszczególnych wariantach eksperymentu przedstawiono w tabeli 3.

Zastosowane poziomy uwodnienia końcowe wynikały z założonych podczas eksperymentu początkowych parametrów technologicznych prowadzenia procesu fermentacji metanowej:

- obciążenie na poziomie 2,0 kg s.m.o./m³·d (2,0 g s.m.o./dm³·d),
- czas zatrzymania 40 dni,
- objętość komory 4,0 dm³.

Tabela 1. Charakterystyka stosowanych w doświadczeniu substratów organicznych oraz osadu beztlenowego

Table 1. Characteristic of organic substrates and anaerobic sludge used in the experiment

Substrat	Wskaźnik			
	Sucha masa [%]	Uwodnienie [%]	Zawartość substancji organicznych [% s.m.]	Zawartość substancji mineralnych [% s.m.]
Miękkie odpady poubojowe	20,6	79,4	87,1	12,9
Krew	10,1	89,9	91,9	8,1
Osad biologiczny	12,2	87,8	82,8	17,2
Osad poflotacyjny	7,2	92,8	76,3	23,7
Mączka mięsno – kostna	87,2	12,8	73,4	26,6
Przeterminowane produkty żywnościowe	27,6	72,4	84,2	15,8
Odpady gastronomiczne	30,9	69,1	86,9	13,1
Osad z hydrolizera	8,7	91,3	81,2	18,8
Osad z komory fermentacyjnej	4,6	95,4	67,3	32,7
Gnojowica świńska	5,6	94,4	79,7	20,3

Tabela 2. Udział wagowy produktów odpadowych w mieszaninie substratowej

Table 2. Percentage by weight of waste product in substrate mixture

Substrat	Wariant			
	I	II	III	IV
	Zawartość w mieszaninie substratów [% wagowych]			
Miękkie odpady poubojowe	44,6	71,5	-	-
Krew	6,4	11,5	8,2	6,4
Osad biologiczny	5,2	-	-	-
Osad poflotacyjny	10,3	-	-	-
Mączka mięsno – kostna	24,0	-	30,9	24,4
Przeterminowane produkty żywnościowe	6,8	12,1	43,1	13,6
Odpady gastronomiczne	2,7	4,9	17,8	5,6
Gnojowica świńska	-	-	-	50,0

Tabela 3. Charakterystyka substratów wykorzystywanych w eksperymencie
Table 3. Characteristic of substrate used in the experiment

Wariant	Przed uwodnieniem				Po uwodnieniu		
	Sucha masa [%]	Uwodnienie [%]	Zawartość substancji organicznych [% s.m.]	Zawartość substancji mineralnych [% s.m.]	Sucha masa [%]	Uwodnienie [%]	Zawartość substancji organicznych [kg/dm ³]
I	33,9	66,1	78,2	21,8	10,0	90,0	0,08
II	20,8	79,2	87,3	12,7	10,0	90,0	0,08
III	55,2	54,8	81,9	18,1	10,0	90,0	0,08
IV	30,2	69,8	79,9	20,1	10,0	90,0	0,08

Uzyskana charakterystyka substratów pozwalała na wprowadzenie każdego dnia do eksperymentalnych komór o objętości czynnej 4,0 dm³ po 100 cm³ uwodnionej kompozycji substratowej, czyli 8,0 g substancji organicznej.

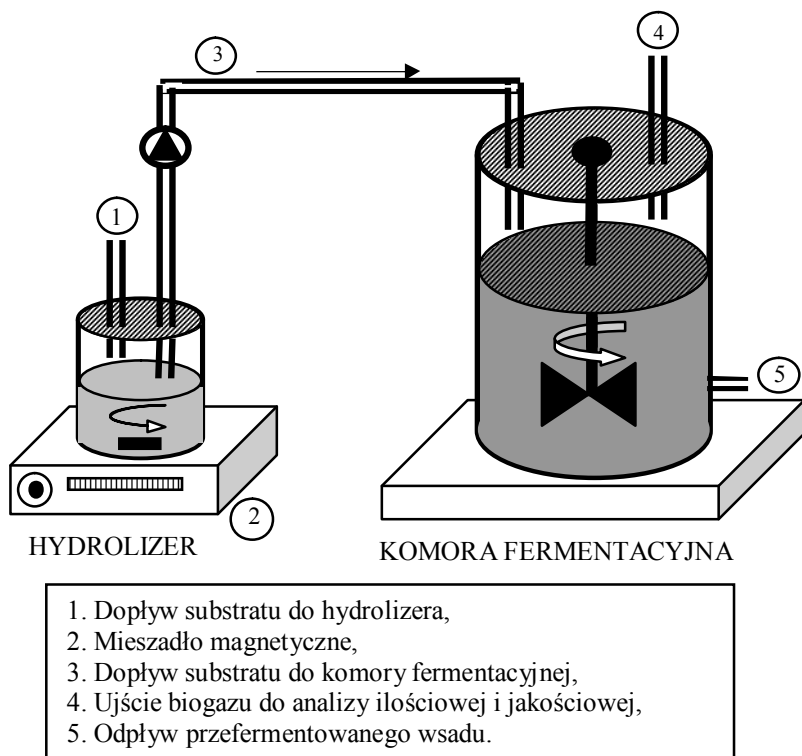
Uwodnione kompozycje substratów organicznych przed rozpoczęciem procesu właściwej fermentacji metanowej poddawano procesowi hydrolizy. Proces hydrolizy prowadzono w laboratoryjnych reaktorach beztlenowych o objętości czynnej 0,40 dm³. Substrat wprowadzano do modelowych komór hydrolizera w ilości 100 cm³/d. Uzyskano w ten sposób czterodobowy czas zatrzymania. W hydrolizerze umieszczono osad pochodzący z biogazowni eksploatowanej na terenie Niemiec, którego zadaniem było przeprowadzenie fermentacji kwaśnej w celu rozkładu złożonych związków organicznych do lotnych kwasów tłuszczowych. Temperatura inkubacji w hydrolizerze utrzymywana była na poziomie 40°C.

Substraty z hydrolizera każdego dnia dozowano do właściwych reaktorów fermentacyjnych w ilości 100 cm³. Jednocześnie identyczna objętość osadu była z eksploatowanych modelowych komór odbierana. Zgodnie z założeniami eksperymentu czas zatrzymania osadów w reaktorze wynosił 40 dni. W komorach w pierwszej części eksperymentu utrzymywane było obciążenie ładunkiem związków organicznych na poziomie 2,0 kg s.m.o./m³·d. Budowę stanowiska badawczego wykorzystywanego w eksperymencie zaprezentowano na rysunku 1.

W eksperymencie jako właściwe komory fermentacyjne zastosowano modelowe reaktory o objętości czynnej 4,0 dm³. Reaktory wyposażone zostały w:

- czujki temperatury,
- system grzewczy,
- elektrody do pomiaru odczynu,
- system mieszania,
- układ zasilający reaktory substratem,

- układ odprowadzający produkty procesu,
- system do zbierania, magazynowania i analizy biogazu.



Rys. 1. Schemat stanowiska badawczego

Fig 1. Scheme of experimental stand

Zgodnie z założeniami badania przeprowadzono w temperaturze 42°C.

Uruchomienie systemu grzałek sterowane było poprzez sterownik termiczny, który reagował bezpośrednio na wskazania czujek temperaturowych zlokalizowanych wewnątrz eksploatowanych reaktorów modelowych. Gdy temperatura spadła poniżej założonych wartości 40°C uruchamiane zostawały systemy grzewcze. Gdy czujnik temperaturowy umieszczony we wnętrzu reaktora wskazywał odpowiednią wartość temperatury następowało automatyczne odcięcie zasilania grzałek. Przyjęto histerezę $\pm 1^{\circ}\text{C}$. Zastosowany sposób mieszania zawartości reaktora polegał na wykorzystaniu mieszadeł pionowych, które pracowały z wydajnością 20 obrotów na minutę.

Podczas eksperymentu przeprowadzono analizy fizykochemiczne dotyczące substratów wykorzystywanych w procesie, przefermentowanego wsadu

pochodzącego z laboratoryjnych komór fermentacyjnych oraz ilości i składu biogazu. Zakres przeprowadzonych badań obejmował:

- sucha masa [PN-C-04616-01:1975],
- substancje organiczne [PN-EN 12879:2004],
- substancje mineralne [PN-EN 12879:2004],
- azot ogólny Kjeldahla [PN 73/C-04576/12],
- fosfor ogólny [PN 91/C-04537/09],
- odczyn,
- wapń ogólny [PN-C-04551-00:1974],
- magnez ogólny [PN-C-04562-00:1975],
- skład biogazu przy wykorzystaniu analizatora typu LMSxi/G4.18 firmy Gas Data Ltd.

3. Wyniki badań

3.1. Charakterystyka ilości i składu powstającego biogazu

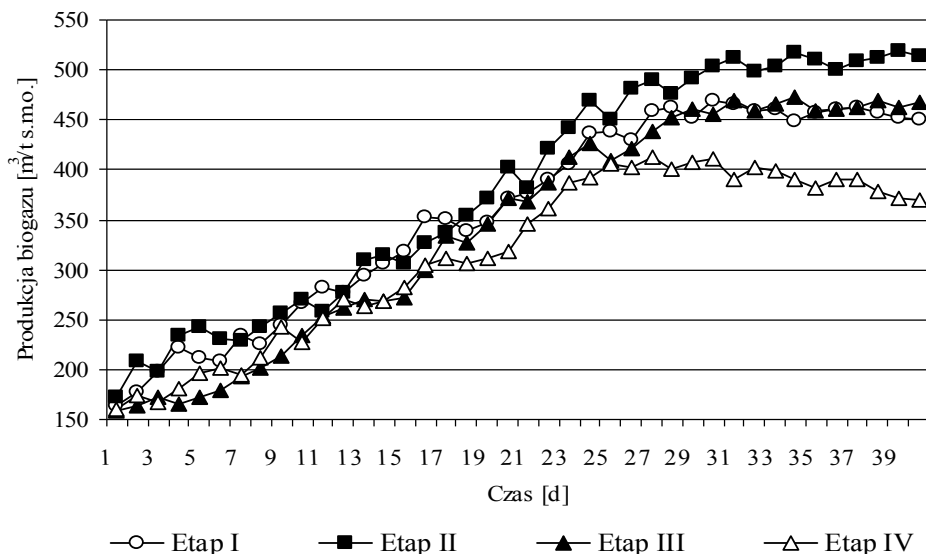
W wariancie I okres wpracowywania układu technologicznego, a co za tym idzie systematyczny wzrost wydajności produkcji biogazu obserwowano do 27 dnia prowadzenia eksperymentu (rysunek 2). W tym okresie ilość wytwarzanych gazowych produktów metabolizmu bakterii beztlenowych kształtowała się w zakresie od 164 m³/t s.m.o. do 450 m³/t s.m.o.. W analogiczny sposób przebiegał proces zwiększania udziału metanu w biogazie. W pierwszych dziesięciu dniach prowadzenia procesu fermentacji metanowej zawartość CH₄ utrzymywała się na poziomie poniżej 60,0% w generowanych biogazie. Tendencję istotnego wzrostu zawartości tego komponentu mikrobiologicznych przemian w warunkach beztlenowych notowano do około 25 dnia eksploatacji modelowych komór. Po tym okresie ilość tego składnika w biogazie kształtowała się na stałym poziomie mieszczącym się w granicach od 65% do 67% (rysunek 3). Odczyn w reaktorze przez cały czas prowadzenia eksperymentu, utrzymywał się w zakresie optymalnym dla bakterii prowadzących proces metanogenezy. Podczas eksploatacji reaktorów obserwowano nieznaczny spadek wartości pH w pierwszych 15 dniach prowadzenia eksperymentu z poziomu 7,82 pH do 7,70 pH. W dalszej części doświadczenia wartość tego wskaźnika utrzymywała się na stałym poziomie od 7,60 pH do 7,70 pH.

W wariancie II mieszanina substancji organicznych pozwoliła na uzyskanie najwyższej wydajności produkcji biogazu w stosunku do pozostałych części eksperymentu. Po wpracowaniu i adaptacji osadu beztlenowego do stosowanego substratu uzyskiwana ilość gazowych produktów procesu metabolizmu kształtowała się na poziomie od 500 m³/t s.m.o. do 519 m³/t s.m.o. (rysunek 2). W trakcie eksperymentu stwierdzono, iż wpracowywanie beztlenowej

mikroflory bakteryjnej i sukcesywny wzrost wydajności produkcji biogazu obserwowano do 30 dnia prowadzenia procesu. Po tym okresie notowano wyrównany poziom produkcji gazu fermentacyjnego.

Skład uzyskiwanego biogazu w tej części eksperymentu był niższy w stosunku do zawartości metanu w wariancie I. Zawartość metanu w biogazie poniżej 60,0% utrzymywała się przez 16 d prowadzenia procesu biogazowania. Po 31 dniach eksploatacji układu eksperymentalnego notowane procentowe stężenia w biogazie były stabilne i porównywalne. Zawartość metanu w tym wariancie doświadczalnym kształtowała się na poziomie w przedziale od 63,9% do 65,8% (rysunek 3).

Notowano bardzo wyrównany poziom pH w ciągu całego procesu. Odczyn zawierał się w bardzo wąskich granicach od 7,82 pH do 7,57 pH. Nie stwierdzono istotnych zależności między wartością tego parametru technologicznego a fazą czasową prowadzonego doświadczenia.

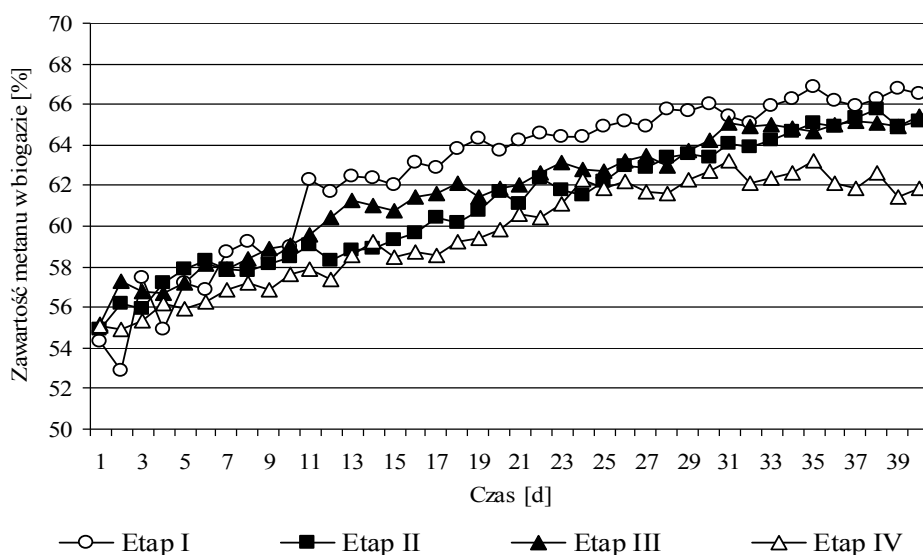


Rys. 2. Wydajność produkcji biogazu

Fig 2. Efficiency of biogas production

W wariancie III adaptację mikroorganizmów osadu beztlenowego do warunków prowadzenia procesu oraz sukcesywny wzrost wydajności produkcji biogazu obserwowano do 28 dnia eksploatacji układu eksperymentalnego. W tym okresie wzrost ilości wytwarzanych gazowych produktów metabolizmu bakterii beztlenowych kształtował się w zakresie od 159 m³/t s.m.o. do 452 m³/t s.m.o.. Następnie wydajność produkcji biogazu mieściła się w granicach od

461 m³/t s.m.o. do 472 m³/t s.m.o. (rysunek 2). W analogicznym okresie obserwowano zwiększanie udziału metanu w biogazie. Zawartość CH₄ utrzymująca się na poziomie poniżej 60,0% w notowano przez pierwsze jedenaście dni prowadzenia procesu beztlenowego. Tendencje istotnego wzrostu zawartości tego komponentu obserwowano do około 30 dnia eksploatacji modelowych komór beztlenowych. Po tym okresie ilość CH₄ w biogazie kształtowała się na stałym poziomie mieszczącym się w granicach od 64,7% do 65,4% (rysunek 3). Odczyn w reaktorze, przez cały czas prowadzenia procesu, utrzymywał się w zakresie optymalnym dla bakterii prowadzących proces metanogenezy. Zmiany wartości tego parametru kształtowały się w zakresie od 7,49 pH do 7,84 pH i były niezależne od czasu prowadzenia eksperymentu.



Rys. 3. Zawartość metanu w biogazie

Fig. 3. Methane content in biogas

Kompozycja substratów stosowana w wariacie IV pozwoliła na uzyskanie najniższych efektów technologicznych, w porównaniu do wcześniejszych wariantów eksperymentu. Obserwacja ta odnosi się zarówno do całkowitej objętości biogazu pozyskiwanego z jednostki masy substancji organicznej, jak również do jego składu jakościowego. Systematyczny wzrost produkcji biogazu w tym wariacie doświadczenia obserwowano do 25 dnia eksploatacji układu eksperymentalnego. W tym okresie uzysk biogazu przypadający na tonę suchej masy organicznej wzrastał od 160 m³/t s.m.o. do około 400 m³/s.m.o. Najwyższą wartość zanotowano w 27 dniu eksploatacji laboratoryjnych komór beztlenowych

i wynosiła ona 412 m³/t s.m.o. Stabilny poziom objętości pozyskiwanego biogazu obserwowano w ciągu 10 dni. Po tym okresie wydajność produkcji została istotnie ograniczona poniżej poziomu 400 m³/t s.m.o. (rysunek 2).

Odczyn w komorze fermentacyjnej kształtował się w granicach od 7,81 pH do 7,28. W trakcie eksploatacji badawczej komory beztlenowej obserwowano powolny spadek wartości tego parametru. Tendencja ta utrzymywała się do 27 dnia pracy modlonej komory biogazowi, po tym okresie wartość tego parametru technologicznego zawierała się w wąskim przedziale od 7,26 pH do 7,39 pH.

W ostatnich dniach prowadzenia doświadczenia ilość produkowanego biogazu kształtowała się na poziomie około 370 m³/t s.m.o.. Skład jakościowy gazowych produktów przemian w warunkach beztlenowych ustabilizował się na stałym poziomie po około 23 dniach eksploatacji reaktora. Zawartość metanu w biogazie po tym okresie wynosiła od 60,0% do 63,0% do końca eksperymentu (rysunek 3).

3.2. Charakterystyka przetworzonego w procesie fermentacji substratu

Niezależnie od stosowanego substratu w procesie beztlenowym uzyskano podobną charakterystykę osadu przefermentowanego. Sucha masa zawierała się w wąskich granicach od 4,97% w I wariantcie eksperymentu do 5,89% w III części eksperymentu (tabela 4). Najwyższą koncentrację substancji organicznych w przefermentowanym, odbieranym z komór wsadzie stwierdzono w wariantcie II i wynosiła ona 66,91%, najniższą natomiast w wariantcie III, w którym stwierdzono 65,5% zawartości związków węglowych. Należy stwierdzić, iż parametry opisujące wsad przefermentowany pod kątem uwodnienia i oraz zawartości substancji organicznych są bardzo zbliżone niezależnie od stosowanego rozwiązania technologicznego (tabela 4).

W trakcie eksperymentu analizowano wsad przefermentowany pod kątem zawartości substancji nawozowych. Próby do analiz pobrano na zakończenie eksploatacji reaktorów beztlenowych. Zawartość fosforu ogólnego w zależności od wariantu eksperymentu mieściła się w przedziale od 13,8 mg/g s.m. do 18,9 mg/g s.m.. Najwyższą koncentrację tego parametru stwierdzono w wariantcie IV. Natomiast najniższą zawartość fosforu ogólnego wykazano w przefermentowanym wsadzie pochodzącym z reaktorów eksploatowanych w wariantcie II. W wariantcie I średnia ilość fosforu ogólnego kształtowała się na poziomie 16,4 mg/g s.m.. W wariantcie III stwierdzono natomiast 14,3 mg P/g s.m. przefermentowanego wsadu (tabela 5).

Koncentracja azotu ogólnego wykazywała większe zróżnicowanie, które uzależnione było bezpośrednio od stosowanego substratu organicznego. Najwyższą ilość tego parametru wynoszącą 147,3 mg/g s.m. stwierdzono w substracie przefermentowanym pochodzącym z reaktora eksploatowanego w wariantcie IV, w którym do kompozycji substancji organicznych dodano gnojowi-

cę. Najniższe stężenie azotu ogólnego zanotowano w wariancie I i wynosiło ono 97,2 mg/g s.m. W wariancie II eksperymentu zanotowano 112,6 mg N/g s.m, a III części 99,4 mg N/g s.m (tabela 5).

Tabela 4. Zawartość suchej masy oraz substancji organicznych w przefermentowanym wsadzie

Table 4. Dry mass and organic matter content in digested charge

Wariant	Wskaźnik			
	Sucha masa [%]	Uwodnienie [%]	Zawartość substancji organicznych [% s.m.]	Zawartość substancji mineralnych [% s.m.]
I	5,33	94,67	65,78	34,22
II	4,97	95,03	66,91	33,09
III	5,63	94,37	65,03	34,97
IV	5,89	94,11	66,07	33,93

Tabela 5. Zawartość substancji nawozowych w przefermentowanym wsadzie

Table 5. Fertilizing substances content in digested charge

Wariant	Wskaźnik				
	Fosfor ogólny [mg/g s.m.]	Azot ogólny [mg/g s.m.]	Wapń ogólny [mg/g s.m.]	Magnez ogólny [mg/g s.m.]	Odczyn [pH]
I	16,4	97,2	27,4	1,6	7,62
II	13,8	112,6	31,4	1,3	7,57
III	14,3	99,4	42,6	0,9	7,62
IV	18,9	147,3	23,6	1,1	7,30

Zawartość wapnia ogólnego w zależności od wariantu eksperymentu mieściła się w przedziale od 23,6 mg/g s.m. do 42,6 mg/g s.m.. Najwyższą koncentrację tego parametru stwierdzono w wariancie III. Natomiast najniższą zawartość wapnia ogólnego wykazano w przefermentowanym wsadzie pochodzącym z reaktorów eksploatowanych w wariancie IV. W przypadku, gdy modelowe komory fermentacyjne eksploatowano z zastosowaniem mieszanki substratowej odpowiadającej obecnie posiadanym ilościom substratów organicznych (wariant I) średnia ilość wapnia ogólnego kształtowała się na poziomie 27,4 mg/g s.m. W wariancie II stwierdzono natomiast 31,4 mg/g s.m. przefermentowanego wsadu (tabela 5).

Niezależnie od wariantu eksperymentu stwierdzono niską, porównywalną zawartość magnezu ogólnego w przefermentowanym wsadzie. Ilość tego parametru kształtowała się w granicach od 0,9 mg/g s.m. do 1,6 mg/g s.m. Odczyn osadu zawierał się w wąskich granicach między 7,30 pH, a 7,62 pH w zależności od wariantu doświadczenia (tabela 5).

4. Wnioski

Przeprowadzone badania pozwalają stwierdzić, iż najwyższy efekt technologiczny uzyskano w wariancie II eksperymentu, w którym w kompozycji substratowej dominowały odpady poubojowe. Zastosowanie obciążenia komór ładunkiem związków organicznych na poziomie $2,0 \text{ kg s.m.o./m}^3 \cdot \text{d}$ umożliwiło uzyskanie ilości biogazu po okresie wpracowania w ilości około $510 \text{ m}^3/\text{t s.m.o.}$, o zawartości metanu w biogazie bliskiej 65%.

W wariancie I, w którym do komór fermentacyjnych wprowadzano najbardziej urozmaiconą mieszaninę organicznych produktów odpadowych uzyskano blisko $470 \text{ m}^3/\text{t s.m.o.}$ biogazu, o zawartości metanu w granicach 66%÷67%. Podobną efektywnością procesu charakteryzował się układ zasilany substratem w wariancie III. Ilość biogazu kształtował się na poziomie $460\div 470 \text{ m}^3/\text{t s.m.o.}$. Zawartość metanu w tym przypadku wynosiła około 65%.

Najniższą efektywność technologiczną zanotowano w wariancie IV, w którym do kompozycji substratowej dodano gnojowicę świńską. Ilość uzyskiwanego biogazu kształtowała się w granicach od $370\div 410 \text{ m}^3/\text{t s.m.o.}$, przy czym najwyższą wydajność obserwowano do 30 dnia eksploatacji układu badawczego. Dłuższy czas zatrzymania spowodował obniżenie zarówno wydajności produkcji biogazu, jak i pogorszenie jego składu jakościowego.

Literatura

1. **Austermann-Haun U.:** *Anaerobic processes in wastewater treatment as sources of energy*. III Samorządowe Forum Ekologiczne pt. Gospodarka wodno-ściekowa i odpadami w zlewniach jezior, Rybaki. 10-11. 10, 93-104, 2002.
2. **Gosh S.:** *Pilot-scale demonstration of two-phase anaerobic digestion of activated sludge*. Wat. Sci. Technol. 22, 1179-1188, 1991.
3. **Habets L.:** *Overview of industrial anaerobic waste water treatment*. Ind. Anaerobic Waste Water Treatment Conf., 18. 09. Londyn, 1996.
4. **Hamdi M.:** *Anaerobic digestion of olive mill wastewaters*. Process Biochemistry 31, 105-110, 1996.
5. **Hamdi M., Garcia J.L.:** *Comparison between anaerobic filter and anaerobic contact process for fermented olive mill wastewaters*. Bioresource Technol. 38, 23-29, 1991.
6. **Han S.K., Shin H.S., Song Y.C., Lee C.Y., Kim S.H.:** *Novel Anaerobic Process for the Methane and Compost From Food Waste*. Proceeding of the 9th World Congress on Anaerobic Digestion. Antwerpen. Belgium. Sep.2-6, 645-650, 2001.
7. **Hawkes R.F., Donnelly T., Anderson G.K.:** *Comparative performance of anaerobic digesters operating on ice-cream wastewater*. Wat. Res. 29, 525-533, 1995.
8. **Iza J., Colleran E., Paris J.M., Wu W.M.:** *International workshop on anaerobic treatment technology for municipal and industrial wastewaters: summary paper*. Wat. Scie. & Technol. 24, 1-16, 1991.

9. Janczukowicz W., Krzemieniewski M., Pesta J.: *Gospodarka osadowa w zakładach mleczarskich oczyszczalniach ścieków*. I Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna, 233 – 237, Częstochowa, 1995.
10. Pérez M., Romero L.I., Sales D.: *Comparative performance of high rate anaerobic thermophilic technologies treating industrial wastewater*. Wat. Res. 32., 559-564, 1998.

Effects of Organic Substrate from Meat Processing Industry Anaerobic Transformation Process

Abstract

Alternative, renewable forms of energy are gaining increased importance in the trend to complement or even substitute conventional energies. Biogas production and utilization is a feasible and energetically interesting projection with an immense resource potential in nature available for energy production. The anaerobic degradation of organic matter is a multi-phase process comprising acidogenesis and subsequent methanogenesis. In the first phase, complex organic materials, carbohydrates, amino acids, long-chain fatty acids and alcohols are degraded to intermediary products such as short-chain fatty acids, which are metabolised in the subsequent phase.

The aim of the study was to characterize efficiency of biogas production and parameters of the digested charge. The experiments were conducted under laboratory conditions. Depending on the substrate composition and the scope of the research work, the experiment was divided into four phases. The two stage anaerobic fermentation of liquid municipal organic waste at mesophilic conditions (40 °C) was investigated in a continuously stirred 0,4 dm³ hydrolyser and 4,0 dm³ anaerobic reactor. The time of substrate retention in the biogas system was 40 days, and the load of impurities was about 2.0 kg o. m./m³ · d.

During the experiment physicochemical analyses of raw and digested charge was performed. The scope of analyses included the dry mass, content of organic substances, mineral substances, hydration, total nitrogen, total phosphorus, calcium, magnesium, reaction, volume of biogas and content of methane.

Conducted investigations permit to affirm, it that the highest technological effect was observed in stage II experiment, when in substrate composition predominated meat wastes. Biogas quantity was about 510 m³/t dry organic matter. Content of methane in biogas was 65%.

The lowest technological efficiency was shown in stage IV. The quantity of biogas was between 370÷410 m³/t dry organic matter. The highest efficiency biogas production was observed near 30 day of exploitation of anaerobic bioreactor. The longer time of exploitation influenced on limitation biogas production and methane content.