



Porównanie wydajności produkcji biogazu w procesie fermentacji metanowej wybranych roślin energetycznych

*Anna Grala, Magda Dudek, Marcin Zieliński, Marcin Dębowski
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, Olsztyn*

1. Wstęp

Ze względu na obowiązek osiągnięcia przez Polskę do końca 2010 r. wskaźnika 7,5% energii pochodzącej ze źródeł odnawialnych wzrosło zainteresowanie nowymi gatunkami roślin, które charakteryzują się wysokim plonem biomasy. Biomasa staje się surowcem coraz bardziej poszukiwanym przez zakłady energetyczne oraz użytkowników indywidualnych [1]. Obecnie prowadzi się wiele prac badawczych nad biogazowaniem roślin z upraw energetycznych. Eksperyment opisany w niniejszym artykule przeprowadzony został z wykorzystaniem dwóch gatunków trawy z rodziny wiechlinowatych, *Miscanthus giganteus* i *M. sacchariflorus*. Ze względu na dużą zawartość lignocelulozy gatunki te często wykorzystywane są do produkcji biopaliw.

Skuteczna konwersja materiału roślinnego na biogaz jest wyzwaniem ze względu na złożoną strukturę ściany komórkowej roślin. W celu ułatwienia szybkiej i skutecznej hydrolizy węglowodanów wymagana

jest wstępna obróbka biomasy [2]. Wstępna obróbka surowców lignocelulozowych może być prowadzona w sposób fizyczny (mechaniczne rozdrabnianie, piroliza), chemiczny (rozcieńczonym kwasem, za pomocą obróbki alkalicznej), fizyczno-chemiczny (wybuch pary) i biologiczny (z wykorzystaniem grzybów produkujących enzymy hydrolityczne) [3]. Znalazienie odpowiedniego sposobu prowadzenia procesu kondycjonowania surowców energetycznych przed biogazowaniem jest tematem licznych badań. Poszukiwane są metody, które przyczynią się do uzyskania gazu o wyższej wydajności.

2. Cel badań

Celem prezentowanych badań było określenie wpływu przeprowadzenia wstępnej hydrotermalnej depolimeryzacji na efektywność procesu fermentacji metanowej dwóch rodzajów mискanta olbrzymiego i cukrowego, pod kątem ilości i składu uzyskiwanego biogazu.

3. Metodyka badań

Materiałem użytym w doświadczeniu były trawy z rodziny *Miscanthus*. Substrat został rozdrobniony mechanicznie z wykorzystaniem urządzenia rozdrabniającego Robot Coupe Blixer, a następnie przygotowany materiał roślinny został poddany hydrotermalnej depolimeryzacji. Proces ten przeprowadzono w reaktorze ciśnieniowym o objętości czynnej 2,3 dm³. Do reaktora wprowadzano 600 g biomasy mискantusa o uwodnieniu 90% i zawartości substancji organicznych na poziomie 10% w świeżej masie. Reaktor wraz z materiałem roślinnym inkubowano w temperaturze 200°C i pod ciśnieniem 17 bar przez okres 30, 60 i 120 minut w piecu muflowym. Doświadczenie prowadzone było w czterech powtórzeniach dla każdego z substratów, parametrem który ulegał zmianie był czas kondycjonowania (30, 60, 120 min). W świeżych substratach i substratach po wstępnej obróbce przeprowadzono analizy suchej masy ogólnej, mineralnej oraz organicznej wyniki zestawiono w tabelach poniżej.

W dalszej części eksperymentu przetworzoną biomasę wprowadzano do zestawów respirometrycznych typu Oxi-Top Control firmy WTW, zaszczipionych osadem czynnym, w których przeprowadzono pomiary ilości i składu gazowych produktów metabolizmu oraz podatności stosowanych substratów organicznych na biodegradację. Urządzenia

składały się z komór reakcyjnych połączonych szczelnie z urządzeniami pomiarowo-rejestrującymi. Zestawy rejestrowały i analizowały zmiany ciśnienia parcjalnego w komorze pomiarowej wywołanego produkcją biogazu w beztlenowych procesach prowadzonych przez mikroorganizmy. Kompletny zestaw pomiarowy, składający się z komory reakcyjnej oraz urządzenia pomiarowo-rejestrującego umieszczono w szafie termostatującej o histerezie nie przekraczającej $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Pomiarów prowadzono w temperaturze 36°C . W każdym z prowadzonych wariantów eksperymentu do komór reakcyjnych wprowadzono 25 cm^3 osadu oraz wyliczoną na podstawie zawartości suchej masy organicznej ilość substratów roślinnych w ilości odpowiadającej obciążeniu $A = 2,0\text{ kg}_{\text{s.m.o.}}/\text{m}^3\cdot\text{d}$. Następnie, przedmuchano próby azotem. Zestawy umieszczono w szafie termostatującej na 20 dni, wartości ciśnienia w komorze reakcyjnej były rejestrowane co 15 min. Trzy dni przed końcem pomiaru wprowadzono do specjalnego pojemnika we wnętrzu komory reakcyjnej 30% zasadę sodową (NaOH). Pozwoliło to na wytrącenie z fazy gazowej dwutlenku węgla (CO_2). Spadek ciśnienia w komorze reakcyjnej odpowiadał zawartości dwutlenku węgla, natomiast za pozostałą wysokość ciśnienia odpowiadała zawartość metanu.

Tabela 1. Sucha masa ogólna, mineralna i organiczna miskanta olbrzymiego
Table 1. Total dry, mineral and organic mass of *Miscanthus giganteus*

Jednostki olbrzymi	Sucha masa ogólna	Sucha masa mineralna	Sucha masa organiczna
	mg/g	mg/g	mg/g
Substrat surowy	320	15	305
Substrat kondycjonowany 600 g 0,5h	600	160	440
Substrat kondycjonowany 600 g 1,0h	468	28	440
Substrat kondycjonowany 600 g 2,0h	621	40	581

Tabela 2. Sucha masa ogólna, mineralna i organiczna miskanta cukrowego
Table 2. Total dry, mineral and organic mass of *Miscanthus sacchariflorus*

Jednostki	Sucha masa ogólna	Sucha masa mineralna	Sucha masa organiczna
	mg/g	mg/g	mg/g
Substrat surowy	437	20	412
Substrat kondycjonowany 600g 0,5h	514	22	492
Substrat kondycjonowany 600g 1,0h	449	61	388
Substrat kondycjonowany 600g 2,0h	730	30	700

Podstawą obliczeń w badaniach respirometrycznych było równanie gazu doskonałego [30]:

$$n = \frac{p \cdot V}{R \cdot T} \quad (1)$$

gdzie:

n – ilość moli gazu [mol],

p – ciśnienie gazu [Pa],

V – objętość gazu [m^3],

R – uniwersalna stała gazowa [8,314 J/mol · K],

T – temperatura [K].

Zawartość węgla w fazie gazowej:

$$n_{\text{CO}_2} + n_{\text{CH}_4} = \frac{p_1 \cdot V_g}{R \cdot T} \cdot 10^{-4} \quad (2)$$

gdzie:

$n_{\text{CO}_2 + \text{CH}_4}$ – ilość wytworzonych moli dwutlenku węgla i metanu [mol],

p_1 – różnica ciśnienia gazu w naczyniu badawczym na początku i na końcu doświadczenia, spowodowana zużyciem tlenu i absorpcją powstającego CO_2 [hPa],

V – objętość fazy gazowej w komorze pomiarowej [ml],
 R – stała gazowa [8,314 J/mol · K],
 T – temperatura inkubacji [K],
 10^{-4} – współczynnik przeliczeniowy Pa na hPa oraz m^3 na cm^3 .

Zawartość dwutlenku węgla w fazie gazowej:

$$n_{CO_2} = \left(\frac{p_1 \cdot V_g - p_2 \cdot (V_g - V_{KOH})}{R \cdot T} \right) \cdot 10^{-4} \quad (3)$$

gdzie:

n_{CO_2} – ilość wytworzonych moli dwutlenku węgla [mol],
 p_2 – różnica ciśnienia gazu w odpowiednim naczyniu badawczym na końcu doświadczenia minus ciśnienie na początku doświadczenia minus ciśnienie w próbce ślepej po dodaniu roztworu KOH [hPa],
 V_{KOH} – objętość roztworu KOH [ml].

Zawartość metanu w fazie gazowej:

$$n_{CH_4} = n_{CO_2+CH_4} - n_{CO_2} \quad (4)$$

Produkcję biogazu wyznaczono na podstawie badań respirometrycznych, w zależności od sposobu kondycjonowania substratu i zastosowanego obciążenia osadu ładunkiem związków organicznych. Pomiar ciśnienia dokonywane były przez analizator w odstępach 15 minutowych, pomiary ciśnienia we wnętrzu komory pozwoliły na określenie szybkości procesu. Stosując program Statistica 8.0 wyznaczono stałe szybkości reakcji na podstawie uzyskanych danych eksperymentalnych metodą regresji nieliniowej. Wykorzystano metodę iteracyjną, w której w każdym kroku iteracyjnym funkcję zastępuje się różniczką liniową względem wyznaczonych parametrów. Przy wyznaczonych parametrach jako miarę dopasowania krzywej do danych eksperymentalnych przyjęto współczynnik zgodności ϕ^2 . Współczynnik ten jest stosunkiem sumy kwadratów odchyłeń wartości obliczonych na podstawie wyznaczonej funkcji od wartości eksperymentalnych do sumy kwadratów odchyłeń wartości eksperymentalnych od wartości średniej. Im wartość współczynnika ϕ^2 niższa tym lepsze dopasowanie modelu. Przyjęto takie dopa-

sowanie modelu do punktów doświadczalnych, przy którym współczynnik zgodności nie przekraczał 0,2.

3. Wyniki badań i dyskusja

Przeprowadzone badania wykazały zależność pomiędzy czasem termicznej depolimeryzacji substratu roślinnego, a ilością i składem biogazu, powstającego w procesie fermentacji metanowej. Wraz z wydłużaniem czasu termicznej depolimeryzacji obu badanych gatunków miskantusa stwierdzano zwiększanie ilości powstającego biogazu. W przypadku miskantusa cukrowego z substratu niekondycjonowanego termicznie uzyskano w warunkach eksperymentu biogaz w ilości 0,21 l/g s.m. Po zastosowaniu 30 minutowej termicznej obróbki miskantusa cukrowego uzyskano w teście respirometrycznym 0,25 l/g, co oznacza 19% wzrost ilości powstającego biogazu. Wydłużenie czasu termicznej depolimeryzacji miskantusa cukrowego przed procesem biogazowania do 60 minut spowodowało iż ilość powstającego biogazu wzrosła średnio o 52% osiągając 0,32 l/g. Znaczący był w tym przypadku wzrost zawartości metanu w powstającym biogazie. W porównaniu do próby kontrolnej wyniósł on około 16%. Wydłużenie czasu termicznej obróbki spowodowało w przypadku miskantusa cukrowego zwiększenie zawartości metanu w powstającym biogazie aż o 19% w porównaniu do próby kontrolnej, jednocześnie ilość biogazu wytwarzanego w procesie fermentacji wzrosła do 0,48 l/g s.m. (tabela 3).

Wykorzystując świeżą biomasę miskantusa olbrzymiego jako substrat do procesu fermentacji metanowej, uzyskano w warunkach eksperymentu 0,25 l/g s.m. biogazu. Pożądany składnik – metan stanowił prawie 54% jego zawartości. W wyniku przeprowadzenia termicznej depolimeryzacji w czasie 30 minut ilość produkowanego biogazu wzrosła do 0,32 l/g s.m. jednocześnie termiczna obróbka substratu przed fermentacją spowodowała wzrost zawartości metanu do 1,3%. Przy 60 minutowym czasie termicznej obróbki substratu roślinnego przed procesem fermentacji uzyskano wzrost jakości powstającego biogazu w porównaniu do próby kontrolnej o 9%. Natomiast ilość wytworzonego biogazu w porównaniu do próby kontrolnej wzrosła o 0,14 l/g s.m. Biorąc pod uwagę wyniki uzyskane przy czasie kondycjonowania 30 min wzrost ilości biogazu wyniósł 0,07 l/g s.m. 4% był natomiast wzrost zawartości metanu w biogazie. Wydłużenie czasu termicznej obróbki miskantusa olbrzymiego do 120 minut spowodowało, że

w procesie fermentacji metanowej z przetworzonego substratu uzyskano 0,55 l/g s.m. co stanowiło istotny wzrost przyrostu w odniesieniu do serii z 60 minutowym czasem kondycjonowania. Stwierdzono także znaczącą poprawę składu biogazu (tabela 4).

Tabela 3. Charakterystyka biogazu w zależności od czasu kondycjonowania miskanta cukrowego

Table 3. Characteristics of biogas, depending on the conditioning time of *Miscanthus sacchariflorus*

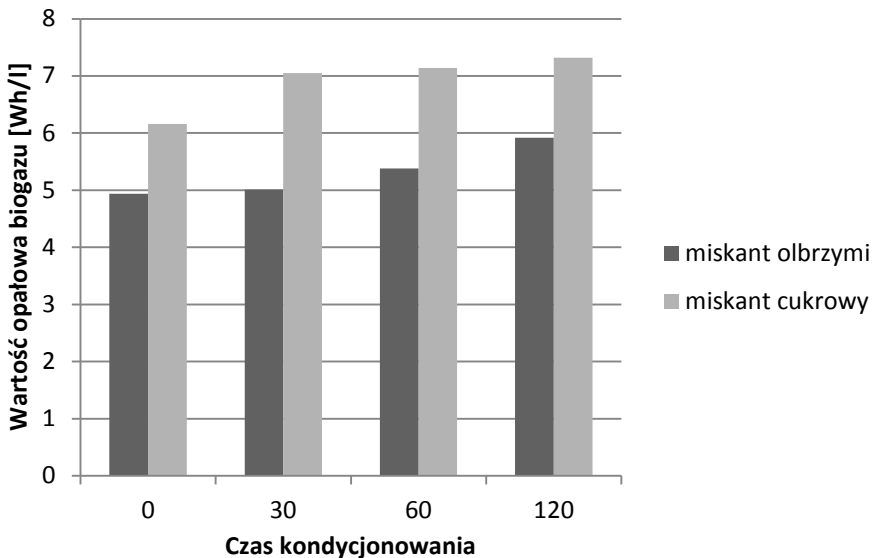
Parametr	Czas kondycjonowania			
	0	30	60	120
Zawartość CO ₂ [%]	31,8	22,1	21,1	19,1
Zawartość CH ₄ [%]	67,2	76,9	77,9	79,9
Wartość opałowa biogazu [Wh/l]	6,16	7,05	7,14	7,32
Produkcja gazu w warunkach normalnych [l]	0,15	0,12	0,15	0,14
Ilość gazu w warunkach normalnych[l/g s.m.]	0,21	0,25	0,32	0,48

Tabela 4. Charakterystyka biogazu w zależności od czasu kondycjonowania miskanta olbrzymiego

Table 4. Characteristics of biogas, depending on the conditioning time of *Miscanthus giganteus*

Parametr	Czas kondycjonowania [min]			
	0	30	60	120
Zawartość CO ₂ [%]	45,1	44,4	40,3	34,4
Zawartość CH ₄ [%]	53,9	54,6	58,7	64,6
Wartość opałowa biogazu [Wh/l]	4,94	5,01	5,38	5,92
Produkcja gazu w warunkach normalnych [l]	0,096	0,8	0,12	0,12
Ilość gazu w warunkach normalnych[l/g s.m.]	0,25	0,32	0,39	0,55

Porównując dwie z badanych roślin pod kątem ich wykorzystania jako substrat w biogazowniach rolniczych stwierdzono wyższy potencjał w przypadku miskanta cukrowego. Porównując wartość opałową obu gatunków traw, widać iż znacznie lepszym substratem okazał się także miskant cukrowy (rys. 1). Gatunek ten okazał się jednocześnie szczególnie podatny na termiczną obróbkę. Biorąc pod uwagę iloraz wartości energetycznej powstałego biogazu do czasu termicznego kondycjonowania skuteczniejsze okazało się biogazowanie miskanta cukrowego.



Rys. 1. Wartość opałowa biogazu powstałego z dwóch gatunków miskanta w zależności od czasu kondycjonowania

Fig.1. The calorific value of biogas formed from two species of *Miscanthus*, depending on the conditioning time

Liczne prace traktują o poprawieniu efektywności procesu pozyskiwania biogazu z surowców roślinnych. Uzyskane wyniki zależą głównie od zastosowanej metody obróbki wstępnej, istotny jest czas trwania procesu, ciśnienie i temperatura. Bobleter udowadnia, że pod wpływem temperatury wyższej od 150°C biomasa lignocelulozowa ulega destabilizacji [4]. Obróbka termiczna wpływa korzystnie na rozkład struktur lignocelulozowych biomasy, odpowiada za to zależność szybko-

ści przebiegu reakcji od wzrostu temperatury. Ma to związek ze wzrostem energii kinetycznej cząstek i z większą częstotliwością zderzeń ich cząsteczek. Przeciętnie szybkość reakcji wzrasta dwukrotnie przy wzroście o każde 10°C [5].

Petersson i inni oceniali przydatność słomy kilku gatunków roślin lignocelulozowych: żyta ozimego, rzepaku oraz fasoli jako surowca w produkcji biogazu. W procesie obróbki wstępnej autorzy użyli Na_2CO_3 oraz poddali substraty działaniu temperatury 195°C przez okres 15 min pod ciśnieniem 12 barów. Zastosowany sposób kondycjonowania przyczynił się do wzrostu produkcji biogazu. Osiągnięto produkcję metanu na poziomie 0,36 l/g s.m. z żyta, 0,42 l/g s.m. z rzepaku i 0,44 l/g s.m. z fasoli. Porównując opisane wyniki z rezultatami badań własnych, widać iż 120 minutowy czas kondycjonowania substratów przyczynił się do powstania większej ilości biogazu, niż te opisane w doświadczeniu, zarówno w przypadku miskanta cukrowego jak i olbrzymiego [6].

Teghammar i inni badali przydatność odpadów lignocelulozowych do produkcji biogazu. Substraty poddawali obróbce hydrotermalnej po uprzednim dodaniu wodorotlenku sodu lub nadtlenu wodoru. Autorzy oceniali warunki prowadzenia procesu kondycjonowania i uzyskane efekty w postaci produkcji metanu. Eksperyment prowadzony był w różnych temperaturach, w różnych przedziałach czasowych, z dodatkiem różnej ilości związków chemicznych. Najlepsze efekty uzyskano podczas kondycjonowania substratów przez 10 min w temperaturze 220°C z dodatkiem 2% NaOH i 2% H_2O_2 , uzyskano wówczas 0,49 l/g s.m. metanu. Przytoczone wartości były większe kolejno o 0,25 g/l i 0,32 l/g s.m. od wartości uzyskanych podczas prowadzenia eksperymentu przez 10 min, w temperaturze 190°C, bez dodatku związków chemicznych i wyników osiągniętych w trakcie kondycjonowania w czasie 30 min, w temperaturze 220°C, bez dodatków chemikaliów [7]. Opisane uzyski metanu są zbliżone do uzyskanej produkcji podczas badań własnych.

Dinuccio i inni badali wydajność produkcji biogazu i zawartość metanu w takich substratach jak kukurydza, winogrona, słoma, ryż czy skórki pomidorów. We wszystkich przypadkach zawartość metanu w biogazie stabilizowała się do wartości 50% a 60%, więc mniej niż w wypadku miskantusa olbrzymiego [8].

Klimiuk i inni badali wydajność procesu biogazowania kiszzonek czterech gatunków roślin uprawnych: kukurydzy zwyczajnej, sorgo cu-

krowego, miskanta olbrzymiego oraz miskanta cukrowego. Z uwagi na wysoką zawartość ligniny w miskantach wydajność procesu biogazowania tych roślin była niższa niż w przypadku kukurydzy i sorga, w przypadku miskanta olbrzymiego 48,2%, miskanta cukrowego 55,3% [9]. Podobną tendencję można zauważyć w badaniach opisanych w niniejszym artykule, biogaz pochodzący z fermentacji miskanta cukrowego charakteryzował się większą zawartością metanu niż biogaz z miskanta olbrzymiego.

Shiguan Yanga i współautorzy w swojej pracy skupili się na zastosowaniu rośliny szuwarowej *Spartina alterniflora* jako surowca do fermentacji metanowej. Z przeprowadzonych przez autorów badań wynika że zawartość metanu w biogazie wzrosła z 53% w dniu 3 eksperymentu do około 62% po 13 dniach fermentacji. Procesem ograniczającym szybkość procesu była hydroliza substancji lignocelulozowych. Zawartość metanu w biogazie była znacznie mniejsza niż w przypadku wariantów zastosowanych w opisywanym doświadczeniu. W badaniach Shiguan Yanga i innych wyprodukowana ilość metanu wyniosła 358 m³/t s.m. [10], w badaniach własnych wartości te dochodziły do 550 m³/t s.m.

Bauer i inni badali wydajność metanu z różnych roślin energetycznych. użytymi substratami były kiszonki kukurydzy, słonecznika, lucerny, sorgo, jęczmienia i słomy pszennej. Jak wynika z przedstawionych wyników badań najlepsze efekty przyniosło biogazowanie kisonki pszenicy, w wyniku tego procesu powstało 419 m³ CH₄/t s.m.o. Ciekawym rozwiązaniem okazało się być zastosowanie termicznej obróbki wstępnej do kondycjonowania słomy pszennej. Słomę poddano działaniu 170°C przez 10 min, pod ciśnieniem 20 barów co skutkowało uzyskaniem 361 m³ CH₄/t s.m.o, aż o 85 m³ CH₄/t s.m.o. więcej niż w przypadku słomy nie poddanej wstępnej obróbce [11]. Podobną zależność zaobserwować można w przypadku analizowanych w niniejszym doświadczeniu miskantów.

Dane literaturowe potwierdzają wyniki uzyskane podczas badań własnych, proces obróbki wstępnej poprzez depolimeryzację hydrotermalną przynosi efekty w postaci lepszej wydajności biogazu oraz polepszenia jego składu jakościowego.

5. Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań nad procesem biogazowania miskantów wnioskować można iż depolimeryzacja termiczna wpływa na polepszenie procesu fermentacji metanowej. Lepszym substratem biorąc pod uwagę zarówno jakość jak i ilość biogazu okazał się być miskant cukrowy. Biogazowanie miskanta cukrowego skutkowało uzyskaniem biogazu o zawartości metanu min 12% większej niż fermentownie miskanta olbrzymiego. Miskant cukrowy dawał o min 0,4 dm³/g więcej biogazu. Warianty doświadczenia, w których zastosowano depolimeryzację termiczną przyniosły lepszy rezultat w porównaniu z wariantami, w których nie stosowano kondycjonowania, najlepszym wariantem doświadczenia okazał się być najdłuższy czas kondycjonowania, w każdym przypadku przyczynił się do polepszenia właściwości biogazu.

Jak wynika z opisanych badań biomasa lignocelulozowa doskonale nadaje się jako surowiec energetyczny. Z wykorzystaniem miskanta jako wsadu w procesie biogazowania wiąże się wiele pozytywnych aspektów, między innymi to, że wytworzony biogaz może skutecznie zastąpić paliwa kopalne. Z 1 hektara upraw można otrzymać znacznie więcej biomasy celulozowej niż z biomasy zawierającej skrobię, czy roślin oleistych, z których wykorzystuje się jedynie poszczególne części, a nie całe rośliny. Biomasa lignocelulozowa może być przechowywana przez wiele lat, nie tracąc przy tym wartości energetycznej.

Podziękowania

Przedstawione prace zostały wykonane w ramach realizacji projektu kluczowego pt. Modelowe kompleksy agroenergetyczne jako przykład kogeneracji rozproszonej opartej na lokalnych i odnawialnych źródłach energii, nr POIG.01.01.02-00-016/08, realizowanego w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka 2007-2010.

Literatura

1. **Majtkowski W., Majtkowska G.:** *Produktywność wieloletnich plantacji energetycznych w Polsce.* Problemy Inżynierii Rolniczej, nr 2/2008.
2. **Bruni E., Anders P. J., Angelidaki I.:** *Comparative study of mechanical, hydrothermal, chemical and enzymatic treatments of digested biofibers to improve biogas production.* Bioresource Technology, 101, 8713÷8717, 2010.

3. **Hong-Wei Yen, Brune Anaerobic D.E.:** *Co-digestion of algal sludge and waste paper to produce methane.* Bioresource Technology, 98, 130÷134, 2007.
4. **Bobleter O.:** *Hydrothermal degradation of polymers derived from plants.* Progress in Polymer Science, Volume 19, Issue 5, 797÷841, 1994.
5. **Polanowski A (red.):** *Laboratorium z biochemii,* Instytut Biochemii i Biologii Molekularnej Uniwersytetu Wrocławskiego. Wrocław 2005.
6. **Petersson A., Thomsen M. H., Hauggaard-Nielsen H., Thomsen A. B.:** *Potential bioethanol and biogas production using lignocellulosic biomass from winter rye, oilseed rape and faba bean.* Biomass and Bioenergy, 31, 812÷819, 2007.
7. **Teghammar A., Yngvesson Y., Lundin M., Taherzadeh M.J., Horváth I.S.:** *Pretreatment of paper tube residuals for improved biogas production.* Bioresource Technology, 101, 1206÷1212, 2010.
8. **Dinuccio E., Balsari P., Gioelli F., Menardo S.:** *Evaluation of the biogas productivity potential of some Italian agro-industrial biomasses* Bioresource Technology, 101, 3780÷3783, 2010.
9. **Klimiuk E., Pokój T., Budzyński W, Dubis B.:** *Theoretical and observed biogas production from plant biomass of different fibre contents.* Bioresource Technology, 101, 9527÷9535, 2010.
10. **Yanga S., Lia J., Zhenga Z., Meng Z.:** *Characterization of Spartina alterniflora as feedstock for anaerobic digestion,* Biomass and bioenergy, 33, 597÷602, 2009.
11. **Bauer A., Leonhartsberger Ch., Bosch P. , Amon B., Friedl A., Amon T.:** *Analysis of methane yields from energy crops and agricultural by-products and estimation of energy potential from sustainable crop rotation systems in EU-27.* Clean Techn Environ Policy, 12:153÷161, 2010.

Comparison of Biogas Output During Methane Fermentation of Selected Energy Plants

Abstract

Efficient conversion of plant material in the biogas is a challenge due to the complex structure of the cell wall of plants. In order to facilitate rapid and effective hydrolysis of carbohydrates pretreatment of biomass [2] is required. Pre-treatment of lignocellulosic materials can be carried out in a physical, chemical, physical-chemical and biological way [3]. Finding the right method of conducting the process of conditioning before anaerobic digestion is the subject

of numerous studies. They are looking for methods that help to obtain a gas with higher efficiency.

The reported study was undertaken in order to determine the effect of preliminary hydrothermal depolymerization on the efficiency of methane fermentation process in terms of quantity and composition of biogas obtained from two grass species: *Miscanthus giganteus* and *Miscanthus sacchariflorus*. The substrate was mechanically fragmented using a shredding machine Robot Coupe Blixer, and then prepared the plant material underwent hydrothermal depolymerization. This process was conducted in a pressure reactor with a active volume of 2.3 dm³. The reactor was fed with 600 g of *Miscanthus* biomass of hydration of 90% and organic matter content of 10% in fresh weight. The reactor with the plant material was incubated at 200°C and a pressure of 17 Ba for 30, 60 and 120 minutes in a muffle furnace. The processed plant substrate was next subjected to mesophilic fermentation. Application of hydrothermal depolymerization led to an increase in biogas quantity and improve its quality, the longer the conditioning time, the better outcome of this process. Due to content of methane in the biogas and the calorific value of methane *Miscanthus saccharifloru* was found to be more efficient.

The study showed the relationship between the time of thermal depolymerization plant substrate, and the amount and composition of biogas produced in the process of methane fermentation. With the time of thermal depolymerization of both species tested the amount of the resulting biogas increased. Comparing two of the studied plants for their use as feedstock in biogas farm had a higher potential for *Miscanthus sacchariflor*. Comparing the calorific value of the two grass species, we can see that a much better substrate proved to be the *Miscanthus saccharifloru*. This species also proved to be particularly vulnerable to heat. Taking into account the ratio of the energy value of the resulting biogas for thermal conditioning of the time proved to be effective biogas *Miscanthus saccharifloru*. Based on the survey it was found that the conditioning process improves the fermentation process. Better substrate in terms of quality and quantity of biogas has proved to be a *Miscanthus saccharifloru*. *Miscanthus saccharifloru* fermentation resulted in obtaining biogas methane content min 12% more than the *Miscanthus giganteus* fermentation.

