

# Wpływ technologii zbioru kukurydzy na efektywność biogazowania w mieszankach z gnojowicą świńską i bydłą

Mariusz Adamski, Łukasz Pronobis, Zbigniew Dworecki

Celem badań było określenie wpływu wykorzystania do procesu metanizacji kiszonki kukurydzy bez ziarna na efektywność wytwarzania biogazu. Analizowano produktywność biogazową kiszonki kukurydzy z całych roślin oraz kiszonki kukurydzy bez ziarna. W badaniach wykorzystano gnojowicę bydłą oraz świńską. W badaniach produktywności biogazowej wykorzystano niemiecką normę DIN 38414 s.8. Zaobserwowano spadek całkowitej produktywności biogazowej próbek kiszonki kukurydzy bez ziarna o odpowiednio 13,75% dla gnojowicy bydłowej oraz o 17,11% dla mieszanek z gnojowicą świńską. Wskazano iż w przypadku analizy produktywności chwilowej różnice w stosunku do poziomu produkcji biogazu z całych roślin mogą wynikać z poziomu masy suchej substancji i zawartości materii organicznej w gnojowicy.

**Słowa kluczowe:** biomasa, biopaliwo, kukurydza, wydajność biogazowa, biogaz.

## Wstęp

Produkcja biogazu wymaga wysokokalorycznych substratów. Najbardziej rozpowszechnionym substratem wśród biogazowni rolniczych jest kiszonka z kukurydzy z całych roślin w mieszankach z gnojowicą [1, 10]. Kiszonka z kukurydzy jest wartościowym substratem pozwalającym na pozyskanie biogazu w ilości do  $200 \text{ m}^3 \cdot \text{t s.m.}^{-1}$  [1, s. 123-130]. Powszechnie uważa się iż potencjał biogazowy kukurydzy nadają przede wszystkim kolby w których znajduje się ziarno [2, s. 1053-1057]. Biogazownie rolnicze wykorzystują powszechnie kiszonkę kukurydzy z całych roślin. Kukurydza jest rośliną bardzo dobrze kiszącą się dzięki dużej zawartości cukrów rozpuszczalnych oraz niskiej zawartości białka [4]. Jednocześnie łodyga i liście zawierają trudne do strawienia dla bakterii metanowych włókna oraz składowe celulozy i lignin [9, s. 103-111].

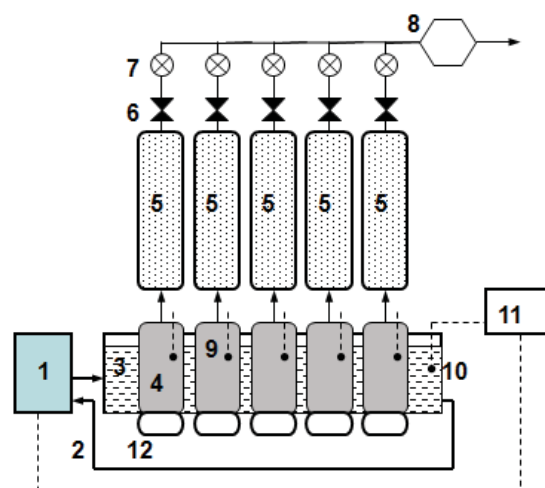
Kukurydzę zbiera się tradycyjnie na ziarno oraz z przeznaczeniem do zakiszania na pasze. Powszechnie stosowaną metodą jest omłot kolb kukurydzy kombajnami zbożowymi [1,4]. W tym przypadku przystosowanie kombajnu polega na zastąpieniu zespołu żniwnego adapterem obrywającym kolby. Przy zbiorze kukurydzy z przeznaczeniem na pasze stosuje się także adaptory obrywające kolby i separujące je od głównego strumienia masy rozdrabnianej w sieczkarni. W przypadku kukurydzy istnieje możliwość alternatywnego wykorzystania ziarna przy jednoczesnym przekazaniu resztek poźniwnych do procesu biogazowania. System ten stosowany jest z powodzeniem w Stanach Zjednoczonych [2]. Należy także zauważyć iż rezygnacja z zakiszania całych roślin w przypadku kukurydzy ma podłoże ekonomiczne. Ziarno stanowi cenny substrat paszy oraz po procesie łuskania może zostać sprzedane zwiększając przychód gospodarstwa [4].

Naturalnie biogazownie rolnicze pozbawione tradycyjnych substratów sięgają także po odpady, które nie zawierają dostatecznej zawartości substancji pokarmowych dla bakterii metanowych powodując zmiany charakterystyki produktywności komór fermentacyjnych [2, 5, 6]. Podobny efekt może dać usunięcie kolby i wykonanie kiszonki tylko z części nadziemnej zawierającej łodygę i liście [2, 8]. Takie uszczuplenie biomasy o potrzebną dla efektywnej produkcji biogazu skrobię powinno

mieć daleko idące skutki w postaci istotnego spadku produkcji biogazu oraz stężenia zawartego w nim metanu [1, 7].

## 1. Cel i zakres pracy

Celem pracy było porównanie poziomów produktywności biogazowej kiszonki kukurydzy z całych roślin oraz kiszonki kukurydzy bez ziarna. W badaniach wykorzystano mieszanki substratu roślinnego z gnojowicą świńską oraz bydłą.



Ryc. 1. Schemat systemu eudiometrycznego do badania produktywności biogazowej substratów: 1 – ogrzewacz wody z regulatorem temperatury, 2 – izolowane przewody cieczy ogrzewającej, 3 – płaszcz wodny o regulowanej temperaturze, 4 – biofermentor z wsadem o pojemności  $2 \text{ dm}^3$ , 5 – zbiornik na biogaz, 6 – zawory odcinające, 7 – przepływomierze gazowe, 8 – analizatory gazowe ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ), 9 – sensory pH, 10 – sensor temperatury, 11 – centrala sterująca rejestrująca, 12 – mieszadła magnetyczne wsadu

**Tab. 1. Parametry produktywności biogazowej wybranych próbek**

Lp.	Produktywność na jednostkę masy	Wynik analizy [m <sup>3</sup> · t <sup>-1</sup> ]
KCRP 10 (gnojowica bydłęca, inoculum, kiszonka kukurydzy całe rośliny)		
1.	Masy suchej substancji	500,31
2.	Świeżej masy	33,87
3.	Suchej masy organicznej	648,00
KBKP 10 (gnojowica bydłęca, inoculum, kiszonka kukurydzy bez kolb)		
4.	Masy suchej substancji	431,48
5.	Świeżej masy	35,06
6.	Suchej masy organicznej	565,42
SKCRP 10 (gnojowica świńska, inoculum, kiszonka kukurydzy całe rośliny)		
7.	Masy suchej substancji	418,73
8.	Świeżej masy	34,08
9.	Suchej masy organicznej	536,05
SKBKP 10 (gnojowica świńska, inoculum, kiszonka kukurydzy bez kolb)		
10.	Masy suchej substancji	347,05
11.	Świeżej masy	36,22
12.	Suchej masy organicznej	441,95

## 2. Metodyka pracy

W ramach przeprowadzonych badań produktywności biogazowej wykorzystano uznaną metodykę według normy DIN 38414 S. 8 [3]. Doświadczenie metanizacji utrzymywano do samoistnego wygaszenia się procesu. W ramach testów określono produktywność chwilową biogazu, skumulowaną, stężenia gazów składowych w produkowanym biogazie, monitorowano parametry fizykochemiczne pulpy pofermentacyjnej [6]. W ramach badań materiału wsadowego określono zawartość azotu, fosforu i potasu w inoculum i gnojowicy. Określono zawartość lignin, celulozy i hemicelulozy, białka ogólnego, włókna surowego, cukrów, skrobi, tłuszczu surowego w materiale roślinnym. Oznaczanie celulozy wykonano według PN-92/P-50092, oznaczanie hemiceluloz wykonano według BN-86/7501-11, oznaczanie hemiceluloz wykonano według BN-86/7501-11, oznaczanie lignin wykonano według BN-77/7529-02. Wzyskano wyniki zbieżne z danymi literaturowymi [2, 4, 6]. Inoculum do zaszczepiania złoża wykonano przy wykorzystaniu komory fermentacyjnej o pojemności 8 dm<sup>3</sup>, pracującej w układzie ciągłym.

## 3. Wyniki badań

Podczas zakładania doświadczeń ustalono masę suchej substancji mieszanek poddanych procesowi fermentacji poniżej granicy pompowności. Ustalono parametry wyjściowe próbek. Zawartość gnojowicy w próbkach ustalono na 1350 g, zawartość inoculum ustalono na poziomie 350 g, materiał roślinny dawковано do procesu w ilości 250 g. Do badań wykorzystano gnojowicę bydłęcą o zawartości 2,9 % masy suchej substancji oraz gnojowicę świńską o zawartości 4,9 % masy suchej substancji. Kiszonka kukurydzy z całych roślin zawierała 29 % masy suchej substancji, kiszonka kukurydzy bez ziarna zawierała 47% masy suchej substancji. Wykonano 10 powtórzeń w każdym z czterech przypadków badawczych. W wyniku przeprowadzonych badań zaobserwowano spadek całkowitej produktywności biogazowej próbek kiszonki kukurydzy bez kolb o odpowiednio 13,75% dla gnojowicy bydłowej oraz o 17,11% dla mieszanek z gnojowicą świńską.

Wartości produktywności biogazowej skumulowanej wskazują na potencjał wytwarzania biogazu. W sytuacji analizy charakterystyki produktywności chwilowej ma ona związek z sytuacją odpowiadającą produkcji biogazu w czasie fermentacji ciągłej i jest podstawą do sterowania procesem szczepienia i skarmiania złoża [3]. Wyniki badań porównawczych produktywności chwilowej w rozpatrywanych przypadkach badawczych przedstawiono na rycinach 1 i 2.

W wyniku przeprowadzonych badań mieszanki złożonej z gnojowicy bydłowej, inoculum oraz kiszonki kukurydzy z całych roślin określono maksymalną wydajność chwilową produkcji biogazu. Wyniosła ona 49 m<sup>3</sup>/t masy suchej substancji mieszanki 11 dnia trwania procesu. Mieszanka o porównywalnym składzie zawierająca kiszonkę kukurydzy bez ziarna osiągnęła wydajność chwilową maksymalnie 32,5 m<sup>3</sup> biogazu.

W przypadku mieszanki złożonej z gnojowicy świńskiej, inoculum oraz kiszonki kukurydzy z całych roślin maksymalna wydajność chwilowa biogazu osiągnęła wartość 16,5 m<sup>3</sup>/t masy suchej substancji. Mieszanka o porównywalnym składzie zawierająca kiszonkę kukurydzy bez ziarna osiągnęła maksymalny wynik produktywności chwilowej na poziomie 15,9 m<sup>3</sup> biogazu.

## Podsumowanie

W wyniku przeprowadzonych badań wskazano na wpływ technologii zbioru na efekt produktywności kiszonki z kukurydzy. Ograniczenie produktywności biogazowej kiszonki nie zawierającej ziarna nie jest zaskoczeniem. Należy natomiast zauważyć iż na strawność biomasy z punktu widzenia bakterii



**Ryc. 1. Wydajność chwilowa biogazu dla mieszanek z kiszonką kukurydzy bez kolb z gnojowicą bydłęcą**



**Ryc. 2.** Wydajność chwilowa biogazu dla mieszanek kiszonki kukurydzy bez kolb z gnojowicą świńską

metanowych ma wiele czynników. Jednym z nich jest stopień uszkodzenia ziarna w procesie rozdrabniania podczas zbioru siewczarnią. Uzyskane wyniki badań pozwoliły na sformułowanie szeregu wniosków i zaleceń szczegółowych.

Zaobserwowano spadek całkowitej produktywności biogazowej próbek kiszonki kukurydzy bez kolb o odpowiednio 13,75% dla gnojowicy bydlęcej oraz o 17,11% dla mieszanek z gnojowicą świńską.

W przypadku analizy produktywności chwilowej dla mieszanek z gnojowicą bydlęcą różnica wydajności wynosiła 33,7% na korzyść kiszonki kukurydzy z całych roślin. Dla mieszanek z gnojowicą świńską różnica wydajności wynosiła zaledwie 3,6% na korzyść kiszonki z całych roślin. Należy zauważyć, że blisko 30% spadek wydajności można powetować doбором gnojowicy o zwiększonej zawartości masy suchej substancji.

### Bibliografia

- Adamczyk J., *Przegląd metod hodowli kukurydzy i ich skuteczność w praktyce*. Biul. Inst. Hod. Aklim. Rośl. 208, 1998.
- Adamski M., Dach J., Pilarski K., Kowalik I., Wachowiak P., *The Efficiency of Biogas Production from Maize Silage and Cellulose Waste Mixed with Slurry or Distillery Stillage*. XXXIII CIOSTA – CIGR V Conference 2009, Reggio Calabria "Technology and management to ensure sustainable agriculture, agro-systems, forestry and safety" 17-19 June 2009.
- DIN 38414 S 8. *Niemiecka znormalizowana metoda badań wody, ścieków i osadów. Osady i sedymenty (grupa S)*. Określenie charakterystyki fermentacji (S. 8). DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin, 2012.
- Döhler H. (red.), KTBL 2009: *Faustzahlen Biogas. 2. Auflage*. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL), Darmstadt, Schauerdruck GmbH, Gernsheim, 2009.
- Dubas A., *Technologia produkcji kukurydzy*. Wyd. Wieś Jutra, Warszawa 2011.
- Eder B., Schulz H., 2007: *Biogas Praxis. Grundlagen, Planung, Anlagenbau, Beispiele, Wirtschaftlichkeit*. Verlag Ökobuch Magnum, 2007.
- Gorisch U., Helm M., 2006: *Biogasanlagen*. Eugen Ulmer KG, Stuttgart (Hohenheim), 2006.
- KTBL 2009: *Schwachstellen an Biogasanlagen versteht und vermeiden*. KTBL- Heft 84. 2. überarbeitete Auflage. KTBL e. V. Darmstadt, 2009.
- Michalski T., Sulewska H., Waligóra H., Dubas A., 1996. *Reakcja odmian kukurydzy uprawianej na ziarno na zmienne warunki pogodowe*. Roczn. Nauk Roln. Ser. A 112, 1-2, 1996.
- Schattauer A., Weiland P., *Biogaz – produkcja i wykorzystanie*. Institut für Energetik und Umwelt, GmbH, 2005.

## Influence of the harvest technology of the maize on the effectiveness of methane production in blends from pig's and cattle liquid manure

*Showing the productivity of biogas from maize silage without the grain was a purpose of the re-research. A productivity of biogas was being analyzed from the entire plants and plants after removing heads. They used in examinations cattle and pig's liquid manure. Characterizations of biogas emission obtained at using of German methodology up to standard DIN 38414 s.8. A fall in the total biogas productivity of samples with maize silage without the grain was observed about appropriately 13.75% for cattle liquid manure and by the 17.11% for blends from pig's liquid manure. In the case of the momentary productivity analysis differences towards the level of biogas productions from the entire plants can result from the content level of dry and organic matter in liquid manure.*

**Key words:** biomass, biofuel, maize, biogas productivity, biogas.

### Autorzy:

dr inż. **Mariusz Adamski** – Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

mgr inż. **Łukasz Pronobis** – Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

dr hab. inż. **Zbigniew Dworecki** – Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu