

PORÓWNANIE UZYSKU BIOGAZU Z TRZECH RODZAJÓW KISZONEK: Z KUKURYDZY, LUCERNY I TRAWY*

Małgorzata Fugol, Hubert Prask

Institut Inżynierii Rolniczej, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki analiz fizykochemicznych oraz fermentacji beztlenowej trzech popularnych kiszonek rolniczych, a dokładnie kiszonki z kukurydzy, lucerny i trawy. Kiszonki poddano fermentacji w formie rozdrobnionej i nierozdrobnionej. Istotne jest, że fermentacja prowadzona była zgodnie z niemiecką normą DIN 38414-S8. W ten sposób określono potencjał biogazowy trzech wspomnianych kiszonek. Wskazano także trudności jakie mogą się pojawić przy stosowaniu jednej z kiszonek do produkcji biogazu.

Słowa kluczowe: biogaz, kiszonka z kukurydzy, kiszonka z lucerny, kiszonka z trawy

Wstęp

Kukurydza, a dokładniej kiszonka z kukurydzy jest najpowszechniej stosowanym, gwarantującym stabilny przebieg fermentacji substratem w biogazowniach, co wynika z jej ogólnej dostępności oraz wysokiej wydajności biogazowej [Szlachta, Fugol 2009; Szymańska, Łabętowicz 2009]. Należy jednak szukać dla niej alternatywy, choćby ze względu na konieczność stosowania płodozmianu czy rosnące ceny tego substratu, gdy staje się monopolistą na rynku biogazowym.

Wśród różnych gatunków roślin, które mogą konkurować z kiszonką z kukurydzy i osłabić nieco jej pozycję, są kisonki z lucerny i trawy, ze względu na podobną dostępność w gospodarstwach rolnych, gdzie skarmia się nimi zwierzęta [Fugol, Szlachta 2009]. Ponadto kisonki z lucerny oraz trawy są roślinami, które potencjalnie mogą konkurować z kukurydzą ze względu na duży uzysk biogazu.

Kiszonka z lucerny posiada wysoki potencjał plonowania oraz wysokie wartości pokarmowe w postaci dużej ilości białka. Jest rośliną wieloletnią, uprawiać ją można przez okres czterech, pięciu lat, przy liczbie pokosów od trzech do pięciu w ciągu jednego roku [AgriLand 2010]. Plon z hektara może wynosić 35 ton zielonki co stanowi około 70% plonu jaki daje z 1 ha kukurydza, czyli do 50 t·ha⁻¹. Kiszonka z lucerny posiada niskie

* Praca wykonana w ramach projektu „Przedsiębiorczy doktorant – inwestycja w innowacyjny rozwój regionu” realizowanego przez Urząd Marszałkowski Województwa Dolnośląskiego we Wrocławiu w ramach Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki, Priorytetu VIII, Działania 8.2, Podziałania 8.2.2.

nakłady w przeliczeniu na jeden hektar uprawy. Po likwidacji tej rośliny do gleby dostarczane są składniki odżywcze przez co poprawia się stan gleby.

Uprawa i koszenie traw także nie sprawia trudności, można z niej otrzymać od trzech do pięciu koszeń rocznie. Jej plon zależy od wielu czynników, takich jak: rodzaj roślin, warunki klimatyczne, jakość gleby i może wynieść do 10 t·ha⁻¹ z trzech pokosów [Bojałkowski 2010].

W związku z przytoczonymi danymi dotyczącymi uprawy traw i lucerny można się spodziewać, że pod tym względem rośliny te mogą być alternatywa, a bynajmniej wspomóc kukurydzę jako wsad do instalacji biogazowych. Aby się w tym upewnić należy dowiedzieć się jak wysoki jest potencjał biogazowy kiszonki z kukurydzy i traw oraz jak się one zachowują w trakcie fermentacji.

Cel pracy

W związku z tym celem podjętych badań laboratoryjnych było określenie potencjału biogazowego rozdrobnionej i nierozdrobnionej kiszonki z: kukurydzy, lucerny, traw.

Metodyka i przedmiot badań

Badania przeprowadzono w Laboratorium Biogazu w Centrum Odnawialnych Źródeł Energii w Instytucie Inżynierii Rolniczej. Materiał badawczy stanowiły trzy kiszonki z: kukurydzy (rys. 1), lucerny (rys. 2), traw (rys. 3). Kiszonki pochodziły z jednego gospodarstwa rolnego, w związku z czym sposób ich przechowywania i przygotowania był jednakowy.



Rys. 1. Kiszonka z kukurydzy nierozdrobniona i rozdrobniona
Fig. 1. Fragmented and non-fragmented maize silage

Porównanie uzysku biogazu...

Kiszonki zostały poddane analizom fizykochemicznym, a następnie fermentacji beztlenowej statycznej w celu określenia ich przydatności do produkcji biogazu na podstawie codziennie mierzonej ilości i składu otrzymanego z nich gazu. Podstawą metodyczną była niemiecka norma DIN 38 414 – S8. Badania każdego z substratów były zrobione w trzech powtórzeniach.



Rys. 2. Kiszonka z lucerny nierozdrobniona i rozdrobniona
Fig. 2. Fragmented and non-fragmented lucerne silage



Rys. 3. Kiszonka z traw nierozdrobniona i rozdrobniona
Fig. 3. Fragmented and non-fragmented grass silage

Fermentacja wymienionych wyżej substratów prowadzona była na stanowisku badawczym (rys. 4) złożonym z zestawu eudiometrów zanurzonych w łaźni wodnej (temperatura wody 38°C).



Rys. 4. Aparatura badawcza – zestaw eudiometrów
Fig. 4. Test equipment – eudiometers set

Wyniki badań

Badania rozpoczęto od przeprowadzenia analiz fizykochemicznych kiszzonek. Oprócz wyznaczenia ich podstawowych właściwości (tabela 1) tj., sucha masa, sucha masa organiczna czy stosunek C:N zbadano także zawartość makroelementów (tabela 2) i metali ciężkich (tabela 3).

Tabela 1. Podstawowe właściwości fizykochemicznych kiszzonek
Table 1. Basic physical and chemical properties of silages

Substrat	s.m.	s.m.o.	C:N
	%	% s.m.	-
Kiszsonka z kukurydzy	38,2	95,6	32,70
Kiszsonka z trawy	32,1	87,8	30,75
Kiszsonka z lucerny	37,4	89,9	19,17

Źródło: badania własne

Sucha masa badanych substratów zawierała się w przedziale 32,1% - 38,2%. Najniższą s. m. charakteryzowała się kiszsonka z traw zaś najwyższą kiszsonka z kukurydzy. Kiszsonka z lucerny jednak zawierała zaledwie o 1% s. m. mniej od kiszsonki z kukurydzy. Gdyby wziąć pod uwagę tylko ten czynnik należałoby oczekiwać podobnych wyników uzysku biogazu z kiszsonki z kukurydzy i lucerny, niższych zaś z kiszsonki z traw.

Porównanie uzysku biogazu...

Należy jednak wziąć pod uwagę znacznie więcej czynników, między innymi stosunek C:N w kiszonkach. Źródła literaturowe podają, że prawidłowy stosunek do przebiegu fermentacji beztlenowej (w wyniku której powstaje biogaz) wynosi 20-30:1 [Olesienkiewicz 2009]. Zapewnia to optymalną ilość pożywienia dla bakterii beztlenowych. Jeśli jednak jest zbyt dużo azotu w substracie to uwalnia się on w postaci amoniaku i staje się toksyczny dla bakterii [Curkowski 2009]. I o ile w przypadku zawartości suchej masy kiszzonka z lucerny rokuje dobrze o tyle biorąc pod uwagę jej stosunek C:N (pomimo, że w granicach normy) wypada gorzej niż pozostałe kiszonki. Wynika to z znacznie większej ilości azotu (tabela 2) w masie roślin lucerny, która jest rośliną motylkową. Stanowi to zagrożenie dla stabilności procesu fermentacji tej kiszonki.

Tabela 2. Zawartość węgla, azotu oraz makroelementów w kiszonkach
Table 2. Carbon, nitrogen and macroelements contents in silages

Substrat	C	N-ogólny	N-NH ₄	P ₂ O ₅	K ₂ O	Na ₂ O	CaO	MgO
	% s.m.							
Kiszonka z kukurydzy	57,7	1,76	0,16	0,73	1,21	0,06	0,58	0,83
Kiszonka z trawy	59,40	1,96	0,24	0,95	2,50	0,10	1,65	0,91
Kiszonka z lucerny	55,70	3,03	0,30	1,04	1,58	0,10	2,89	0,97

Źródło: badania własne

Szerokie spektrum analiz mikro- czy makroelementów zostało wykonane w celu wykluczenia ich ewentualnego wpływu i zakłócenia prawidłowego przebiegu fermentacji. W badanych kiszonkach nie stwierdzono niepokojącego przekroczenia zawartości któregoś ze składników, który mógłby znacząco wpłynąć na proces.

Tabela 3. Zawartość metali ciężkich w kiszonkach
Table 3. Heavy metals content in silages

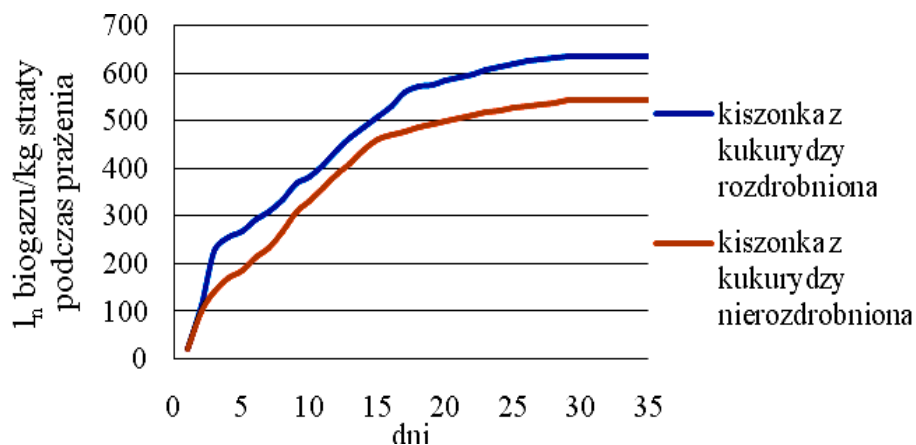
Substrat	Cr	Cu	Fe	Ni	Cd	Pb	Zn	Hg
	mg/kg s.m.							
Kiszonka z kukurydzy	0,78	2,59	76,40	0,30	0,07	0,70	15,10	0,01
Kiszonka z trawy	1,12	5,95	26,00	0,30	0,07	0,70	25,70	0,02
Kiszonka z lucerny	0,90	7,27	4,01	2,48	0,07	2,34	21,10	0,01

Źródło: badania własne

Po zapoznaniu się ze składem chemicznym badanym kiszonek poddano je fermentacji statycznej mezofilnej. Istotne jest, że w trakcie przygotowania do fermentacji kiszonki z traw i lucerny napotkano problem z ich rozdrobnieniem ze względu na ich włóknistą postać. Nasunęła się w związku z tym wątpliwość czy w przypadku fermentacji dynamicznej z użyciem mieszadeł forma tych kiszonek nie sprawiałaby problemu z mieszaniem.

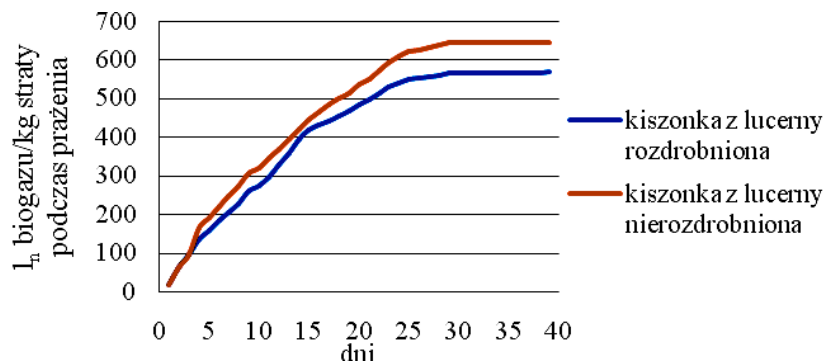
Bynajmniej w trakcie przeprowadzonej fermentacji statycznej uzyskano wysokie wartości (rys. 5-8) uzysku biogazu oraz metanu. Rozdrobniona forma dwóch kiszzonek (z kukurydzy i traw) dała wyższy uzysk biogazu aniżeli forma ich nierozdrobniona (rys. 5 i 7). Z kolei w przypadku kiszzonek z lucerny jej nierozdrobniona forma dała wyższą wartość otrzymanego biogazu (rys.6). Spośród trzech badanych kiszzonek najwyższy uzysk biogazu był z nierozdrobnionej kiszzonek z lucerny - 645 l_n biogazu na kg s.m.o. zaś najniższy z kiszzonek z traw nierozdrobnionej – 536 l_n biogazu/kg s.m.o. Rozdrobnione kiszzonek z kukurydzy i traw charakteryzowały się wyższym uzyskiem biogazu (kolejno: 635 l_n biogazu na kg s.m.o. i 595 l_n biogazu na kg s.m.o.) niż te same kiszzonek nierozdrobnionej (544 l_n biogazu na kg s.m.o. i 536 l_n biogazu na kg s.m.o. Jak było wspomniane odwrotnie jest w przypadku kiszzonek z lucerny: wyższy uzysk biogazu jest z kiszzonek nierozdrobnionej i wynosi 645 l_n biogazu na kg s.m.o., w odróżnieniu od kiszzonek z lucerny rozdrobnionej, z której uzysk biogazu był równy 567 l_n biogazu/kg s.m.o. Co ciekawe uzysk biogazu w kiszsonce z lucerny nierozdrobnionej jest najwyższy wśród badanych kiszzonek zaś zawartość metanu wynosi 64,9%. Dla porównania produkcja metanu z kiszzonek z kukurydzy nierozdrobnionej wynosi 82%,

Najwyższym uzyskiem metanu zaś charakteryzowała się niezbić kiszsonka z kukurydzy, na drugim miejscu jest kiszsonka z traw a na trzecim kiszsonka z lucerny. Rozdrobniona postać kiszzonek z kukurydzy i traw przyniosła wyższy uzysk biogazu jednak mniejszy uzysk metanu. Odwrotna sytuacja miała miejsce w przypadku lucerny. Spośród badanych kiszzonek najwyższą produkcją metanu charakteryzowała się kiszsonka z kukurydzy nierozdrobniona (82%) i rozdrobniona (81,5%), kiszsonka z traw nierozdrobniona (78,5%) i rozdrobniona (75,1%), a najniższą kiszsonka z lucerny rozdrobniona (73,5%) i wspomniana już nierozdrobniona (64,9%).

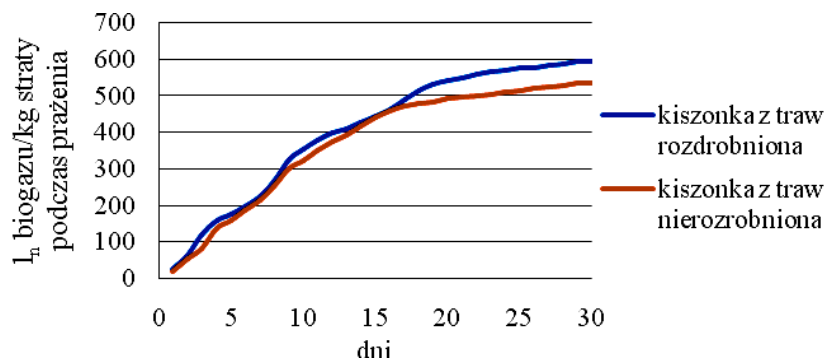


Rys. 4. Uzysk biogazu z kiszzonek z kukurydzy nierozdrobnionej i rozdrobnionej
 Fig. 4. Biogas yield from fragmented and non-fragmented maize silage

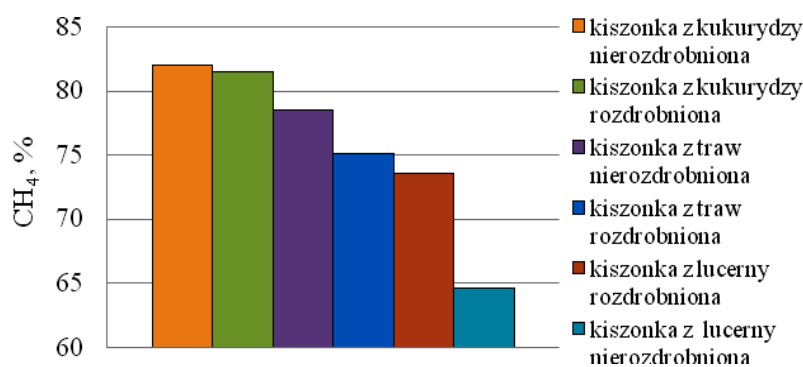
Porównanie uzysku biogazu...



Rys. 5. Uzysk biogazu z kiszonki z lucerny nierozdrobnionej i rozdrobnionej
Fig. 5. Biogas yield from fragmented and non-fragmented lucerne silage



Rys. 6. Uzysk biogazu z kiszonki z traw nierozdrobnionej i rozdrobnionej
Fig. 6. Biogas yield from fragmented and non-fragmented grass silage



Rys. 7. Uzysk metanu z kiszonki z kukurydzy, lucerny i traw
Fig. 7. Methan yield from maize, lucerne and grasses silage

Podsumowanie i wnioski

Badane kiszonki charakteryzowały się wysokim uzyskiem biogazu a także stabilnym procesem ich fermentacji. Istotne jest, że wszystkie trzy kiszonki charakteryzują się podobną dostępnością w gospodarstwach rolnych, gdzie skarmia się nimi zwierzęta oraz znaną agrotechniką i niewygórowanymi wymaganiami glebowymi. Fakty te pretendują kiszonki z lucerny oraz traw do stosowania w biogazowniach rolniczych jako dobre uzupełnienie wsadu dla kiszonki z kukurydzy. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że:

- trzy rodzaje kiszonek charakteryzują się wysokim uzyskiem biogazu,
- podobnie wysoki uzysk biogazu nie zawsze jest tożsamy z identycznie wysokim uzyskiem metanu z danego substratu,
- rozdrobnienie ma istotny wpływ na zwiększenie uzysku biogazu z substratu jednak zmniejsza jednostkowy uzysk metanu,
- w przypadku kiszonki z kukurydzy i traw forma rozdrobniona daje wyższy uzysk biogazu aniżeli nierozdrobniona z kolei w przypadku kiszonki z lucerny jest odwrotnie,
- mankamentem kiszonki z lucerny i traw może być ich włóknista postać, co może sprawiać problemy podczas mieszania zawartości fermentora (kiszonki te mogą okręcać się wokół mieszadła),
- kiszonka z lucerny ze względu na zwiększoną zawartość białka w swojej strukturze jest substratem zwiększonego ryzyka na wystąpienie zaburzeń przebiegu reakcji fermentacji, toteż używając tego substratu należy dokładnie monitorować stosunek C:N całego wsadu w reaktorze fermentacyjnym.

Bibliografia

- Bojalkowski A.**, 2010. Kiszonki w żywieniu bydła. Dostępny w internecie: <http://kpodr.pl/index.php/produkcja-zwierzca/44-bydo/365-kiszonki-wzywieniu-bydla>
- Curkowski A, Mroczkowski P., Oniszk-Popławska A., Wisniewski G.**, 2009. Biogaz rolniczy – produkcja i wykorzystanie. Wyd. Mazowiecka Agencja Energetyczna sp. z o.o. Warszawa. s. 14.
- Fugol M., Szlachta J.** 2010. Zasadność używania kiszonki z kukurydzy i gnojowicy świńskiej do produkcji biogazu. Inżynieria Rolnicza. Nr 1(119). Kraków. s. 169-174.
- Olesienkiewicz A.** 2011. Materiały konferencyjne. Konferencja Biogaz – praktyczne aspekty inwestycji w zieloną energię. Warszawa.
- Szlachta J., Fugol M.** 2009. Analiza możliwości produkcji biogazu na bazie gnojowicy oraz kiszonki z kukurydzy. Inżynieria Rolnicza. Nr 5(114). Kraków. s. 275-280.
- Szymańska M., Łabętowicz J.** 2009. Dostępność i zasoby substratów do produkcji biogazu w Polsce. Czysta Energia. Nr 5(93). s. 48.
- AgriLand. 2010. Lucerna najlepszym źródłem taniego białka w hodowli bydła mlecznego. Dostępny w internecie: <http://www.portalhodowcy.pl/hodowca-bydla/198-numer-122010/1845-lucerna-najlepszym-zrodlem-taniego-bialka-w-hodowli-bydla-mlecznego>.
- DIN 38 414-S8. Niemiecka znormalizowana norma.

COMPARISON OF BIOGAS YIELD FROM THREE TYPES OF SILAGE: MAIZE, LUCERNE AND GRASS SILAGE

Abstract. The study presents the results of physical and chemical analysis and anaerobic digestion of three common agricultural silages, particularly maize silage, lucerne and grass silage. The silage was subjected to fermentation in a fragmented and a non-fragmented form. It is essential that the fermentation process was carried out according to a German standard DIN 38414-S8. Biogas potential of the said silage was determined in this way. Difficulties, which may occur during the use of one of the silages for biogas production, were determined.

Key words: biogas, maize silage, lucerne silage, grass silage

Adres do korespondencji:

Małgorzata Fugol; e-mail: malgorzata.fugol@up.wroc.pl
Instytut Inżynierii Rolniczej
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
ul. Chełmońskiego 37/41
51-630 Wrocław