

**Mirosław SZYMAŃSKI**

Instytut Technologiczny Spółka z o.o., Wrocław

**Władysław ROGIŃSKI**

Katedra Budownictwa Wiejskiego

## **Wytwarzanie biogazu z pomiotu kurzego**

### **Sposoby wytwarzania biogazu z pomiotu kurzego**

#### **Wprowadzenie**

W ostatnich latach w czasie wzmożonych poszukiwań nowych źródeł energii, alternatywnych do węgla, ropy naftowej i gazu, kolejny raz zwrócono uwagę na uzyskiwanie energii dzięki fermentacji metanowej z substancji organicznych o niskim stopniu przetwarzania przez człowieka i nie wykorzystane przez niego. Wraz z postępem badań nad bakteriami metanogennymi wielu badaczy włączyło się do prac nad utylizacją odpadów stałych, płynnych czy półpłynnych na drodze beztlenowej. Burańczewski (1) oraz inni badacze (3, 4, 5, 6) uważają, że procesy rozkładu substancji organicznych zawartych w odpadach płynnych i stałych przy aktualnych możliwościach technicznych są szansą osiągnięcia dodatniego efektu energetycznego, co pozwala na uzyskanie znacznych ilości energii w skali kraju.

Prowadzone w Instytucie Budownictwa Rolniczego Akademii Rolniczej we Wrocławiu badania wykazały i potwierdziły wcześniejsze doniesienia (3, 4), że odchody kurze są dobrym materiałem do produkcji biogazu. Zawierają one wysokie stę-

żenia suchej masy organicznej, toteż pozwalają na uzyskiwanie wysokich wartości energetycznych. Stwierdzono w czasie badań że fermentacja przebiega prawidłowo, jeżeli stężenie suchej masy nie przekracza zawartości 10%, ponieważ wysokie zawartości azotu w odchodach powodują hamowanie fermentacji.

Odchody kurze występują w postaci półpłynnej w fermach niosek lub brojlerniach. Duże ilości wytwarzanych odchodów mogą stanowić zagrożenie dla środowiska naturalnego, dlatego wymagają unieszkodliwiania przed rolniczym zagospodarowaniem. Jedną z metod unieszkodliwiania odchodów zwierzęcych jest fermentacja metanowa, w wyniku której następuje częściowe zmineralizowanie części organicznych i powstaje biogaz. Przemiany biochemiczne zachodzące w czasie fermentacji metanowej w odchodach zwierzęcych są złożonym procesem biochemicznym, przebiegającym w trzech fazach:

— pierwsza to hydroliza substancji organicznych do związków rozpuszczalnych w wodzie,

— druga to przemiany beztlenowe zakończone wytworzeniem wodoru, dwutlenku węgla i kwasu octowego,

— trzecia to przemiany metanogenne.

W fazie hydrolizy i fermentacji odchody zwierzęce zawierające substancje organiczne wskutek działania drobnoustrojów ulegają rozkładowi na związki prostsze, jak kwasy organiczne, alkohole,  $H_2$  i  $CO_2$ .

Faza pierwsza poprzez fermentację kwaśną przechodzi w fazę drugą, w wyniku czego powstają: kwas masłowy, kwasy tłuszczowe oraz kwasy aromatyczne. Powstałe związki przechodzą następnie w kwas octowy,  $CO_2$ ,  $H_2S$  i  $NH_3$ .

Trzecim etapem jest właściwa fermentacja metanowa, w wyniku której powstaje biogaz składający się z metanu (60–80%), dwutlenku węgla (20–30%), azotu (0–5%) i siarkowodoru.

Cały proces fermentacji prowadzi się w zamkniętych zbiornikach w warunkach beztlenowych. Fermentacja jako taka może odbywać się w różnych zakresach temperatur: psychrofilnym, mezofilnym i termofilnym. W wypadku fermentacji metanowej odchodów kurzych mamy do czynienia z zakresem mezofilnym lub z termofilnym. Dynamika poszczególnych faz metanogenezy uzależniona jest od zakresu temperaturowego, w jakim przebiega fermentacja. Z zakresem temperatury wiąże się także wydajność gazu z jednostki objętości i masy. Dla zapewnienia jednorodnych warunków pracy w komorze fermentacyjnej konieczne jest również intensywne mieszanie. Badania procesów technologicznych wytwarzania biogazu z odchodów kurzych były prowadzone na stanowisku badawczym w modelowej biogazowni doświadczalnej w skali laboratoryjnej (rys. 1). Przedmiotem badań były płynne odchody od niosek z fermy produkcyjnej w Niemodlinie i odchody na stałym podłożu od brojlerów z fermy produkcyjnej w Śmiałowicach.

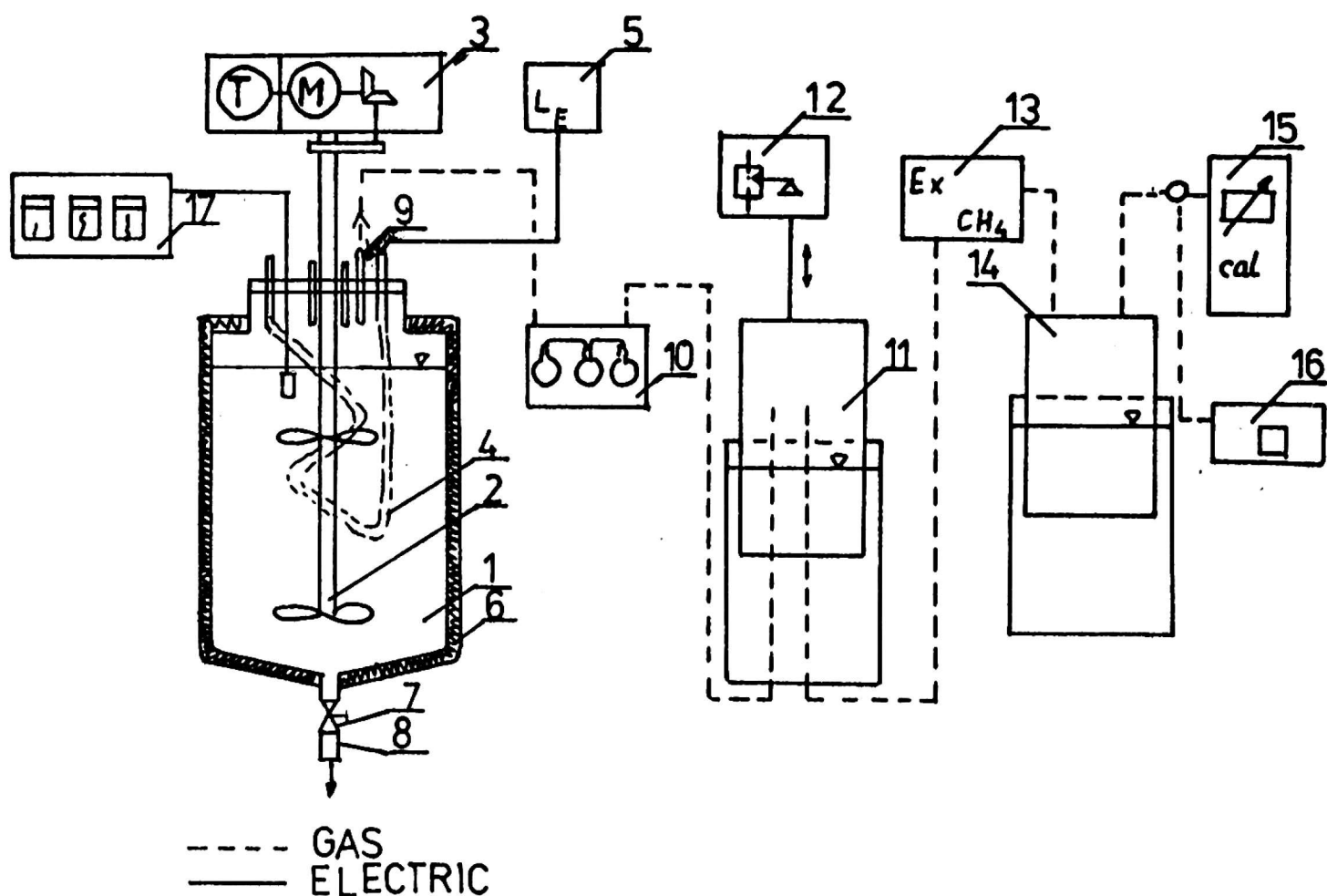
Niniejsze opracowanie zawiera analizę wyników badań uzyskanych w czasie wytwarzania biogazu ze stałych i płynnych

odchodów kurzych. Celem pracy było ustalenie optymalnych temperatur i czasu fermentacji dla biogazowni wytwarzających gaz z pomiotu kurzego.

## Materiał i metoda

Do badań wykorzystano odchody kurze z fermy produkcji jaj i brojlerów. Pobierane na fermach odchody kurze były transportowane w pojemnikach plastikowych i przechowywane w komorze chłodniczej w temp. 3–5°C. W ten sposób dostarczone odchody zabezpieczono przed rozkładem substancji organicznej. Podłożem dla odchodów były słoma oraz młody węgiel brunatny. W wypadku ściółki słomiastej i z młodego węgla brunatnego (MWB) umieszczono ją w workach foliowych także w komorze chłodniczej. Składowany w komorze chłodniczej materiał poddawano wstępnej analizie, rozcieńczano wodą w proporcji od 1:5 do 1:15, a następnie umieszczano w komorze fermentacyjnej. Pomiot od brojlerów bez słomy uzyskiwano poprzez mechaniczne jej oddzielenie w rozwodnionym substracie. Fermentacja metanowa dotyczyła beztlenowego rozkładu odchodów oraz podłoża.

Pierwszym etapem badań było ustalenie optymalnego czasu wytwarzania biogazu z pomiotu kurzego przy różnych temperaturach prowadzenia procesu fermentacji (w zakresach: psychrofilnym — 15°C, mezofilnym — 35°C i termofilnym — 55°C). Określono także długość intensywnej fermentacji poprzez czas wydzielania się biogazu w zależności od temperatury fermentacji. Przyjęcie takich parametrów reakcji jest ogólnie przyjęte oraz było wynikiem wcześniej prowadzonych badań na gnojowicy świńskiej i bydłowej.



Rys. 1. Stanowisko badawcze w modelowej biogazowni doświadczalnej w Instytucie Budownictwa Rolniczego Akademii Rolniczej we Wrocławiu

Diagram laboratory biogas plant

1. Komora fermentacyjna — Digester 2. Mieszadło mechaniczne — Propeller agitator 3. Napęd mieszadła z układem czasowym — Drive agitator and timer 4. Grzałka — Heater 5. Zespół kontrolny ogrzewania reaktora — Heating control panel 6. Izolacja termiczna — Insulation 7. Zawór spustowy — Effluent outlet 8. Rura spustowa — 9. Wylot gazu — Gas outlet 10. Zestaw odsiarczający — SH<sub>2</sub> filter 11. Pomiarowy dzwon gazowy — Gas meter tank 12. Pomiar dynamiki produkcji gazu — Gas registration 13. Analizator gazu — Gas analyse 14. Zbiornik gazowy — Gasholder 15. Kalorymetr — Calorimeter 16. Odbiorniki gazu — Gas reception 17. Blok pomiarów elektrycznych — Electric panel

Następnym etapem badań była gazyfikacja odchodów kurzych pochodzących od różnych grup (brojlery, nioski) oraz odchodów z domieszkami słomy i młodego węgla brunatnego. Wszystkie próbki poddawane gazyfikacji były rozcieńczane wodą w celu umożliwienia przeprowadzenia intensywnej fermentacji metanowej przy różnych zawartościach suchej masy.

W laboratoryjnej biogazowni doświadczalnej (rys. 1) określono efektywność technologiczną gazyfikacji jak również

sporządzono bilans energetyczny fermentowanych substratów.

Podstawowym elementem biogazowni jest komora fermentacyjna o pojemności całkowitej  $V_c = 30$  l i pojemności użytkowej  $V_u = 20$  l, gdzie wsad podgrzewany jest grzałką elektryczną umieszczoną bezpośrednio w reaktorze i włączoną w układ termoregulacji. Wsad mieszany jest pionowym mieszadłem śmigłowym z czasowym napędem elektrycznym regulowanym automatycznie. Wytworzony w czasie fermentacji biogaz przez zawór wypustowy prze-

dostaje się do kontrolnego dzwonu gazowego o pojemności  $V = 5$  l. Dzwon ten pełni funkcję miernika ilości wyprodukowanego gazu. Gaz oczyszczano w płuczkach ze szkodliwego siarkowodoru. Oczyszczony gaz przez zawór wylotowy przedostaje się do analizatora dokonującego pomiaru zawartości procentowej metanu w biogazie. Pomiar ten odbywa się metodą spalania. Następnie biogaz gromadzony jest w zbiorczym dzwonie gazowym o pojemności  $V = 0,3$  m<sup>3</sup>. Gromadzony gaz spalany jest w kalorymetrze automatycznym, a wartość opałowa odnotowana jest na rejestratorze samopiszującym. Towarzysząca aparatura kontrolno-pomiarowa instalacji pozwoliła na sporządzenie bilansu energii dostarczonej do układu oraz energii uzyskanej w postaci biogazu. Dodatkowym zestawem pomiarowym jest urządzenie rejestrujące dynamikę produkcji biogazu w czasie.

Analizy fizyko-chemiczne wykonywano przed fermentacją i po niej zgodnie z obowiązującymi normami oraz zgodnie z materiałami FAO, tak aby uzyskane wyniki były porównywalne ze światowymi. Uwzględniały one takie parametry jak: suchą masę (s.m.), suchą masę organiczną (s.m.o.), zawartość węgla (C), odczyn (pH) oraz zawartość azotu amonowego  $N-NH_4$ . Analizy te wykonywano w Laboratorium Chemii Rolnej Akademii Rolniczej we Wrocławiu.

W trakcie fermentacji metanowej prowadzono ciągłą rejestrację następujących parametrów fizycznych: temperatury otoczenia, temperatury wsadu fermentacyjnego, ciśnienia atmosferycznego, zużycia energii na podgrzanie wsadu, zużycia energii przez mieszadło, zużycia energii przez urządzenia towarzyszące, procentową zawartość metanu oraz produkcję biogazu wraz z rejestracją dynamiki wydajności dobowej.

## Wyniki badań

Uzyskane wyniki wykazały, że najważniejszymi parametrami w fermentacji metanowej są temperatura i czas prowadzonego procesu. W tabeli 1 przedstawiono długość okresu wytwarzania biogazu z odchodów kurzych od niosek w zależności od temperatury. Liczba dni gazyfikacji była największa (64 dni) w temp. 15°C, a najmniejsza (22 dni) w temp. 55°C. Wartości te uzyskano przy zawartości suchej masy organicznej wynoszącej od 3,16 do 3,95%. Wyniki uzyskane przy 20-dniowym czasie przetrzymywania odchodów kurzych w komorze fermentacji dla trzech różnych temperatur przedstawiono w tabeli 2. Największe ilości gazu otrzymano w temp. 55°C, czyli w zakresie termofilnym.

W tabeli 3 przedstawiono charakterystykę jakościową rozwodnionych odchodów od brojlerów i niosek przed fermentacją metanową, a w tabeli 4 uzyskane wartości składników biogazu po 25-dobowym czasie fermentacji w temp. 35°C (wg piśmiennictwa 0–50 dni). Przedstawiono w niej takie wartości parametrów, jak redukcja suchej pozostałości organicznej, wydajność biogazu i zawartość w nim metanu oraz ilość energii wytworzonej z 1 kg suchej pozostałości organicznej.

Badania wykazały także, że biogaz wytwarzany z pomiotu kurzego zawiera od 0,25 do 0,34%  $H_2S$ . Są to wyższe wartości od zawartości siarkowodoru w biogazie uzyskanym z gnojowic od innych zwierząt (1, 3).

## Omówienie wyników

Badania procesów fermentacji metanowej odchodów od kur przeprowadzone w skali laboratoryjnej wykazały, że są one

TABELA 1. Czas wytwarzania biogazu z odchodów kurzych od niosek przy różnych temperaturach fermentacji metanowej

Temperatura °C	Czas procesu fermentacji (doby)	S. m.o. na wejściu do komory %	S.m.o. na wyjściu z komory %	Uzyskano biogazu m <sup>3</sup> /kg s.m.c.
15	64	3,95	2,06	0,558
35	37	3,16	1,61	0,606
55	22	3,52	1,83	0,568

TABELA 2. Fermentacja metanowa odchodów kurzych od niosek przy 20-dniowym czasie przetrzymywania w różnych temperaturach

Wskaźniki	Jednostki	Temperatura		
		15°C	35°C	55°C
Zmniejszenie s.m.o.	%	26,0	42,0	60,4
Zmniejszenie BZT <sub>5</sub>	%	31,2	55,4	76,1
Wydajność gazowa substratu	m <sup>3</sup> · kg <sup>-1</sup> s.m.o.	0,14	0,34	0,47
Zawartość metanu	%	50,0	61,5	60,5

TABELA 3. Charakterystyka jakościowa rozwodnionych odchodów od brojlerów i niosek przed fermentacją metanową

Rodzaj substratu	S.m.o. (%)	c (%)	N-NH <sub>4</sub> (%)	C:N (%)	pH
Rozwodnione odchody od brojlerów — bez słomy	4,35	0,83	0,20	4,15:1	6,7
J.w. — ze słomą	9,50	2,3	0,5	4,6:1	6,8
J.w. — z MWB	7,57	2,93	0,7	4,2:1	6,9
Gnojowica od niosek	3,16	0,89	0,25	3,6:1	7,9
J.w.	2,58	0,74	0,2	3,7:1	7,5

TABELA 4. Zmiany zawartości suchej masy organicznej w odchodach kurzych od brojlerów i niosek przy 25-dniowym czasie fermentacji w temperaturze 35°C w zależności od zawartości suchej masy organicznej

Rodzaj substratu	S.m. %	S.m.o %	Zmniejszenie s.m.o. %	Wydajność gazowa substratu m <sup>3</sup> /kg <sup>-1</sup> s.m.o.	Zawartość metanu %	Energia wytworzona MJ kg <sup>-1</sup> s.m.o.
Rozwodnione odchody od brojlerów — bez słomy	4,35	1,65	33,3	0,606	62	13,53
J.w. ze słomą	9,50	4,60	37,8	0,390	75	11,53
J.w. z MWB	7,57	5,86	65,7	0,341	69	8,47
Gnojowica od niosek	3,16	1,77	30,0	0,385	75	10,34
J.w.	2,68	1,49	47,5	0,404	79	10,85

dobrym surowcem do produkcji biogazu (tab. 1 i 4). Ze względu na konieczność mieszania wsadu w komorze fermentacyjnej odchody od kur i brojlerów wymagają rozładniwania wodą w granicach od 1:8 do 1:10.

Poddawane fermentacji odchody różniły się między sobą rozcieńczeniem oraz stosowaną w chowie ściółką. Badania wykazały, że wraz z rozcieńczeniem odchodów w czasie fermentacji zwiększa się wydajność gazu z 1 kg suchej masy organicznej (tab. 4). Stwierdzono, że zawartość metanu w biogazie otrzymanym z pomiotu mniej rozcieńczonego jest większa (tab. 4). Dodatki organiczne dodawane lub zawarte w pomiole poprawiają stosunek węgla do azotu i czynią ten pomiot bardziej dostępnym dla bakterii (tab. 3). Należy zauważyć, że stosunek ten w badanym pomiole jest niewiele zróżnicowany, a mimo to wydajność energetyczna takiego surowca jest większa (tab. 4).

Prowadzenie fermentacji aż do zakończenia produkcji biogazu pozwoliło ustalić czas procesu oraz maksymalną wydajność z 1 kg suchej pozostałości organicznej (tab. 1). Najwyższą produkcję biogazu (0,606 m<sup>3</sup> z 1 kg s.m.o.) rozwodnionych odchodów od brojlerów, pozbawionych słomy (1,65% s.m.o.) uzyskano po 25 dniach fermentacji mezofilnej w temp. 35°C (tab. 1 i 4).

Uzyskana w biogazie wysoka zawartość metanu (ok. 70%) wskazuje na dobrą jego kaloryczność, co preferuje wykorzystywanie odchodów kurzych do produkcji gazu. Efekty ekonomiczne powstałe w czasie metanogenezy substancji organicznej są znaczne: 1 m<sup>3</sup> biogazu może zastąpić 1,17 kg węgla kamiennego, 1,71 kg węgla brunatnego, 0,71 oleju napędowego i 4,74 kWh energii elektrycznej (1). Znaczną wartość nawozową ma także przefermentowany osad. Jego 1 m<sup>3</sup> zawiera ok. 1 kg azotu, 0,7

kg fosforu, 0,6 kg potasu oraz mikroelementy.

## Wnioski

1. Pomiot kurzy jest dobrym substratem do produkcji biogazu, ale wymaga rozcieńczeń od 1:8 do 1:10.

2. Dodatki organiczne polepszają stosunek węgla do azotu i dzięki temu wzrasta łatwość gazyfikacji, ale przedłużają czas fermentacji.

3. Fermentacja w zakresie mezofilnym zapewnia ustabilizowany proces o znacznym efekcie energetycznym.

4. Obecność siarkowodoru w gazie (wskutek niskiego odczynu odchodów) wskazuje na fakt fermentacji białek oraz celulozy zawartej w podłożach. Wyróżnia to proces z dodatkami od fermentacji odchodów kurzych bez podłoży organicznych. Dlatego wysoka zawartość siarkowodoru w biogazie zmusza do jego odsiarczania.

5. Stosunkowo duża ilość składników mineralnych w kurzych odchodach powoduje konieczność uwzględnienia tego w budowie biogazowni, ponieważ na dnie w komorach sedymentuje dużo osadu, który wymaga ciągłego mieszania. Istnieje konieczność dalszego doskonalenia urządzeń technicznych w celu poprawy ich skuteczności.

## Literatura

1. BURACZEWSKI G., BARTOSZEK B. 1990: *Biogaz — wytwarzanie i wykorzystanie*. PWN, Warszawa.
2. BURACZEWSKI G. 1990: *Ustalenie optymalnych parametrów technologii fermentacji metanowej gnojowicy*. SGGW, Warszawa.
3. DEMUYNCK M., NYNS E.J. 1984: *Biogas Plants in Europe* D.R. Publishing Comp. Brussels.

4. GÓRA B. 1985: *Produkcja biogazu z gnojowicy i obornika w gospodarstwach rolnych — przegląd literatury*. CBR, Warszawa.
5. GÓRA B. 1983: *Podstawy technologii produkcji biogazu — przegląd literatury*. CBR, Warszawa.
6. STEPPA M. 1988: *Biogazownie rolnicze*. IBMER, Warszawa.

## Summary

**Producing of bio-gas from a litter of hens.** The paper presents the results of laboratory production of bio-gas from the litter of hens. The research proved, that the litter of hens is as good raw material for bio-gas production as excrements of other species of animals.