

ZNACZENIE RECYRKULACJI FERMENTUJĄCEGO SUBSTRATU MIĘDZY KOMORĄ GŁÓWNĄ I POFERMENTACYJNĄ BIOGAZOWNI ROLNICZEJ W ODNIESIENIU DO WYBRANYCH PARAMETRÓW KONTROLNYCH PROCESU

Streszczenie

W artykule przedstawiono wyniki badań w zakresie kontroli procesu fermentacji metanowej. Celem badań była próba zwiększenia produkcji biogazu w komorze pofermentacyjnej poprzez inicjowanie następczego systemu przetłaczania fermentującej pulpy. Modyfikacja parametru HRT (hydraulicznego czasu retencji) komory głównej do poziomu 24 zainicjowała zwiększenie zawartości materii suchej i materii organicznej w komorze pofermentacyjnej. Test przeprowadzono w zakresie 14 cykli dobowych. Zanotowano zwiększenie produkcji biogazu w komorze pofermentacyjnej do poziomu $48 \text{ Nm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. Wzrost wartości parametru stężenia lotnych kwasów tłuszczowych do zasadowości (FOS/TAC) wskazał na pozytywną reakcję złoża bakteryjnego w zakresie przetwarzania substancji pokarmowych. Uzyskano potwierdzenie, iż możliwa jest intensyfikacja wytwarzania biogazu w komorze pofermentacyjnej w warunkach ograniczeń technologicznych.

Słowa kluczowe: biogaz, komora pofermentacyjna, system następczy

Wprowadzenie

Współpraca między komorą główną a pofermentacyjną jest realizowana poprzez układy pompowe, transportujące pulpę fermentującą między komorami. Materiał organiczny ulega intensywnym procesom rozkładu beztlenowego w komorze głównej. Komora pofermentacyjna ma za zadanie odbieranie przefermentowanego materiału z komory głównej [2, 4] i umożliwia wydłużenie procesu fermentacji. Komory pofermentacyjne wykonywane z układami podtrzymania temperatury procesu mogą przejmować pulpę od komory głównej i kontynuować procesy mineralizacji. Funkcją komory pofermentacyjnej jest także szczerzenie złoża w przypadku zaistnienia problemów ze stabilnością warunków fizykochemicznych i równowagi biologicznej w komorze głównej [14]. W pracy rozpatrzono przypadek braku możliwości dostarczania bezpośrednio do komory pofermentacyjnej substratu stałego [5]. Sytuacja taka powoduje silne uzależnienia efektywności wytwarzania biogazu w komorze pofermentacyjnej od parametru zawartości materii suchej i organicznej w przetłaczanym między komorami substracie. Wśród biogazowni rolniczych występują systemy z jedną lub kilkoma komorami głównymi [5, 6, 7, 8]. W sytuacji uszkodzenia mieszadeł lub układów pompowych jednej z komór głównych występuje efekt ograniczenia wytwarzania biogazu. W pracy sprecyzowano tezę, że modyfikacja założeń przetłaczania fermentującego materiału z komory głównej do komory pofermentacyjnej umożliwia czasową zmianę funkcji komory pofermentacyjnej pomimo ograniczeń technicznych.

Cel i zakres badań

Celem badań było zwiększenie efektywności wytwarzania biogazu w komorze pofermentacyjnej przez zainicjowanie następczego schematu przetłaczania fermentującej pulpy między komorą fermentacyjną i pofermentacyjną. Celem

szczegółowym było zaobserwowanie zmian objętości wytwarzanego biogazu oraz zmian parametru stężenia lotnych kwasów tłuszczowych, zawartości suchej materii oraz poziomu mineralizacji fermentującej pulpy w komorze głównej i pofermentacyjnej biogazowni przy zmodyfikowanej recykulacji fermentującej pulpy [9]. Jako sytuację wyjściową założono zwiększony poziom suchej materii i zwiększoną zawartość materii organicznej w komorze głównej. Proces intensyfikacji parametrów wydajnościowych zainicjowano przy jednakowym stopniu wypełnienia komory głównej i pofermentacyjnej (2200 m^3).

Przebieg i metodyka badań biogazowych

Badania przeprowadzono w oparciu o zbiornik fermentacyjny i pofermentacyjny systemu BD Agro firmy Big Dutchman o pojemnościach napełniania odpowiednio 2300 m^3 oraz 3380 m^3 . Zbiorniki fermentacyjne wyposażone są w układ ogrzewania i mechanicznego mieszania (po trzy mieszadła śrubowe w każdej komorze). Układy pompowe obu komór zaprogramowano do pracy następczej z możliwością recykulacji wsadu. Temperatura procesu w komorze głównej i pofermentacyjnej została ustalona na poziomie $41,4^\circ\text{C}$.

Podczas badań określono i monitorowano wybrane parametry fizykochemiczne materiału poddawanego procesowi fermentacji.

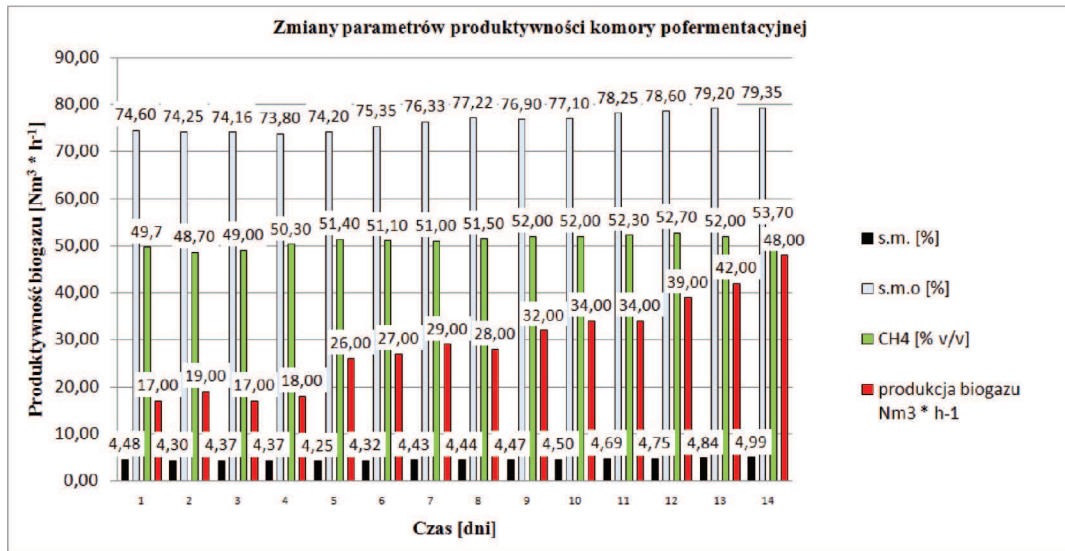
Do określenia zmian masy suchej substancji oraz zawartości materii organicznej wykorzystano metodę suszarkowo-wagową oraz termicznej mineralizacji [10]. Pomiar odczynu (pH) oraz przewodności wykonano metodą elektrometryczną [11]. Pomiar stężenia lotnych kwasów tłuszczowych ($\text{mg CH}_3\text{COOH} \cdot \text{dm}^{-3}$) wykonano wg zmodyfikowanej metodyki krajowej [12, 13]. Badania stężenia gazów składowych biogazu (CH_4 , CO_2 , H_2S , NH_3 , O_2) wykonano przy wykorzystaniu przenośnego mikroprocesorowego systemu monitorującego GasHunter firmy Alter S.A.

Wyniki badań

Typowy układ przetwarzania fermentującej pulpy z komory głównej do pofermentacyjnej zakłada zwykle jednokierunkowy przepływ w okresie niezakłóconej pracy złoza biologicznego z komory głównej do pofermentacyjnej [4, 5, 7, 8]. Ustalenie odpowiedniego hydraulicznego czasu retencji materiału organicznego w komorze głównej sprzyja ograniczeniu strat podczas przetwarzania niedostatecznie przefermentowanej substancji do komory pofermentacyjnej [5, 7]. Jest to szczególnie istotne, gdy zbiornik pofermentacyjny nie jest ogrzewany. W trakcie badań zaburzano hydrauliczny czas retencji w zbiorniku głównym w celu uzyskania efektu usuwania materiału organicznego z komory głównej o zwiększonej zawartości materii organicznej i materii suchej. Do

realizacji celu pracy zmniejszono hydrauliczny czas retencji z 49 dni do 24 dni. W analizowanym przypadku główna komora fermentacyjna w sytuacji wyjściowej sygnalizowała poprzez wskaźnik LKT/OWN = 0,44 konieczność ograniczenia dawek pokarmowych [3]. Jednocześnie poziom stężenia metanu w komorze głównej wyniósł 47% v/v (bezpieczna wartość dla zapewnienia pracy układu kogeneracyjnego w czasie testu) [2]. Przez cały okres testu zadawano jako wsad do komory głównej mieszanke gnojowicy świńskiej (4,43% materii suchej) i kiszonki kukurydzy (47% materii suchej). Za pomocą układu dozowania gnojowicy utrzymywano zawartość materii suchej fermentującego substratu w zbiorniku głównym na poziomie od 6,85 do 6,82%.

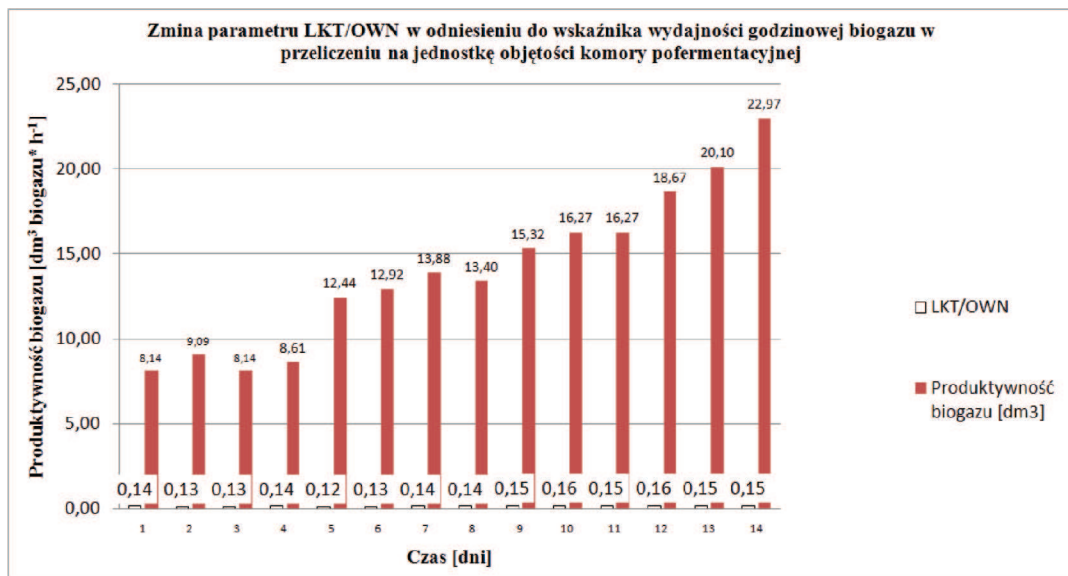
Proces dociążania materiałem biologicznym komory pofermentacyjnej przeprowadzono przez okres 14 dni.



ródło / Source: Opracowanie własne / Own work

Rys. 1. Zmiana parametrów zawartości materii suchej (s.m) i suchej materii organicznej (s.m.o) oraz produktywności biogazu w okresie pracy następczej komory pofermentacyjnej

Fig. 1. Change of the parameters of dry matter and dry organic matter as well as biogas productivity during the subsequent operation of the afterfermentation chamber



ródło / Source: Opracowanie własne / Own work

Rys. 2. Poprawa objętości wytwarzanego biogazu w komorze pofermentacyjnej w przeliczeniu na jednostkę objętości komory oraz obserwowane zmiany wskaźnika LKT/OWN

Fig. 2. Improvement of the volume of biogas produced in the afterfermentation chamber per volume unit of the chamber and observed changes of the indicator VFA/AOC

W okresie testowym zaobserwowano wzrost zwiększania zawartości materii suchej w komorze pofermentacyjnej z początkowych 4,48 do 4,99%. Temu procesowi towarzyszył wzrost zawartości materii organicznej. Wartości parametru LKT/OWN (stosunku lotnych kwasów tłuszczowych do zasadowości) cały czas oscylowała w zakresie oznaczającym możliwości dalszego zwiększania dawek pokarmowych.

W wyniku przeprowadzonych prób uzyskano przebieg charakterystyki wydajnościowej produkcji biogazu komory pofermentacyjnej (rys. 1) oraz charakterystykę zmian parametru LKT/OWN (rys. 2) w analizowanym okresie.

Przetłaczanie fermentującego materiału (mieszanki kiszonki kukurydzy i gnojowicy świńskiej) do komory pofermentacyjnej wsparto procesem recyrkulacji pulpy z komory pofermentacyjnej dla intensyfikacji zmian zawartości materii suchej [1]. Produkcja biogazu wzrosła z poziomu 8,14 dm³·h⁻¹ do poziomu 22,97 dm³·h⁻¹ w przeliczeniu na 1 m³ komory fermentacyjnej. W tym okresie zanotowano wzrost stężenia metanu w produkowanym biogazie do poziomu 53,7% v/v [1].

Stężenie siarkowodoru (H₂S) w biogazie produkowanym w komorze pofermentacyjnej wzrosło z poziomu 65 do 86 ppm. Poziom stężenia amoniaku w analizowanym okresie nie przekroczył 150 ppm.

Podsumowanie i wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań sformułowano następujące wnioski:

1. W wyniku modyfikacji parametru HRT (hydraulicznego czasu retencji) komory głównej do poziomu 24 uzyskano efekt poprawy wydajności wytwarzania biogazu w komorze pofermentacyjnej. W okresie 14 cykli dobowych uzyskano wzrost produkcji biogazu do poziomu około 20% nominalnej wydajności komory głównej.
2. Obserwacja parametru LKT/OWN oraz zawartości materii suchej i suchej materii organicznej w komorze pofermentacyjnej wskazała na możliwości dalszej poprawy parametrów wydajnościowych komory pofermentacyjnej.
3. Następcza (kaskadowa) współpraca komory głównej i pofermentacyjnej może być inicjowana w sytuacjach wyłączeń pracy pozostałych komór głównych biogazowni.

Bibliografia

- [1] Adamski M., Dach J., Pilarski K., Kowalik I., Wachowiak P. 2009: 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: 1053-1057.
- [2] Braun R.: "Biogas - Methangärung organischer Abfallstoffe; Springer Verlag, Wien, 1982.
- [3] DIN 38414 S 8. Niemiecka znormalizowana metoda badań wody, ścieków i osadów. Osady i sedimenty (grupa S). Określenie charakterystyki fermentacji (S. 8). DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin, 2012.
- [4] Eder B., Schulz H.: Biogas Praxis. Grundlagen, Planung, Anlagenaubau, Beispiele, Wirtschaftlichkeit. Verlag Ökobuch Magnum, 2007: 238 pp.
- [5] Gelegenis J., Georgakakish D., Angelidakic I., Mavris V.: Optimization of biogas production by co-digesting whey with diluted poultry manure. Renewable Energy, 2007, Vol. 32, 2147-2160.
- [6] Jędrzak A.: Biologiczne przetwarzanie odpadów. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2007.
- [7] KTBL-Heft 84 2009: Schwachstellen an Biogasanlagen verstehen und vermeiden. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL), Darmstadt, Druckerei Lokay, Reinheim, 56 pp.
- [8] Myczko A., Myczko R., Kołodziejczyk T., Golimowska R., Lenarczyk J., Janas Z., Kliber A., Karłowski J., Dolska M.: Budowa i eksploatacja biogazowni rolniczych. Warszawa-Poznań, 2011.
- [9] Pilarski K., Adamski M.: Perspektywy wytwarzania biogazu przy uwzględnieniu mechanizmów reakcji w zakresie analizy ilościowej i jakościowej procesów fermentacji. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering, 2009, Vol. 54(2), 81-86.
- [10] Polskie Normy. PN-75/C-04616/01. Wydawnictwo Normalizacyjne. Warszawa. Oznaczanie suchej masy osadu i substancji organicznych. Woda i ścieki. Badania specjalne osadów. Oznaczanie zawartości wody, suchej masy, substancji organicznych i substancji mineralnych w osadach ściekowych.
- [11] Polskie Normy. PN-90 C-04540/01. Wydawnictwo Normalizacyjne. Warszawa. Woda i ścieki. Badania pH, kwasowości i zasadowości. Oznaczanie pH wód i ścieków o przewodności elektrolitycznej właściwej 10 μS/cm i powyżej metodą elektrometryczną.
- [12] Polskie Normy. PN-75/C-04616/04. Wydawnictwo Normalizacyjne. Warszawa. Oznaczenie lotnych kwasów tłuszczowych.
- [13] Polskie Normy. PN-74/C-04540/00. Wydawnictwo Normalizacyjne. Warszawa. Oznaczenie zasadowości.
- [14] Schattauer A., Weiland P.: Biogaz- produkcja i wykorzystanie. Institut für Energetik und Umwelt, GmbH, 2005.

THE IMPORTANCE OF FERMENTING PULP RECYRCULATION BETWEEN MAIN CHAMBER AND AFTERFERMENTATION CHAMBER IN RELATION TO CERTAIN PARAMETERS OF CONTROL

Summary

The article presents the results of research on methane fermentation process control. The aim of this study was to increase the production of biogas in afterfermentation (digestate) chamber by initiating subsequent pumping system fermenting pulp. Modification of the parameter HRT (hydraulic retention time) in the main chamber to 24 initiated increasing in the content of dry matter and organic matter in the digestion chamber. Test were carried out in 14-day cycles. It has been reported an increase in the production of biogas digestate in the chamber to a level of 48 Nm³·h⁻¹. The increase in the value of the parameter concentration of volatile fatty acids to alkalinity (VFA / AOC) pointed to the positive response of bacterial deposits in the processing of nutrients. Confirmation has been obtained that it is possible to intensify production of biogas digestate in the chamber under conditions of technological limitations.

Key words: biogas, afterfermentation chamber system, subsequent system