

Agnieszka ŻAK¹, Agnieszka MONTUSIEWICZ² i Grzegorz ŁAGÓD²

METODY FRAKCJONOWANIA SUBSTRATU DLA MODELU ADM1

METHODS OF SUBSTRATE FRACTIONATION IN ADM1

Abstrakt: Rozkład beztlenowy jest stosowany do oczyszczania oraz energetycznego wykorzystania ścieków, osadów i odpadów pochodzenia rolno-spożywczego. W ostatnim dwudziestolecu proces ten zyskuje coraz większą popularność. Wraz ze wzrostem wykorzystania rozkładu beztlenowego do produkcji energii i oczyszczania ścieków rozwijano modele symulujące przebieg procesu. Modele matematyczne procesów biotechnologicznych wymagają zazwyczaj charakterystyki substratu z wyszczególnieniem jego form. Dotyczy to również modelu Anaerobic Digestion Model No. 1 (ADM1), dla którego należy określić zawartość węglowodanów, białek, tłuszczów i frakcji inertej w dopływie. Pełna identyfikacja wszystkich składników substratu jest zazwyczaj bardzo trudna i kosztowna, a metody frakcjonowania materiału organicznego na potrzeby wspomnianego modelu są ciągle rozwijane i udoskonalane. Prezentowana praca obejmuje przegląd metod frakcjonowania substratu dla modelu ADM1: metodę opartą na wartości pokarmowej pasz; metodę zaproponowaną przez Henze oraz metodę opartą na bilansie ChZT i N. Przedstawiono także wyniki badań symulacyjnych dla obiektu pracującego w skali technicznej z wykorzystaniem komór o zróżnicowanej temperaturze fermentacji.

Słowa kluczowe: ADM1, frakcjonowanie, rozkład beztlenowy, symulacje komputerowe

Wstęp

Fermentacja metanowa należy do grupy procesów biologicznych stosunkowo wcześniej rozpoznanych, opanowanych technologicznie i wykorzystywanych przez człowieka. Początkowo proces ten stosowany był na szerszą skalę w przemyśle spożywczym, ostatnio powszechnie wykorzystywany jest również w celu stabilizacji osadów ściekowych, do beztlenowego oczyszczania ścieków, a także do rozkładu frakcji organicznej, pochodzącej z odpadów komunalnych oraz przemysłowych [1-3]. Proces fermentacji posiada wiele zalet; pozwala na usunięcie zanieczyszczeń organicznych przy stosunkowo niskich nakładach eksploatacyjnych (brak energochłonnego napowietrzania, jak w przypadku oczyszczania tlenowego, a jedynie okresowe załączanie pomp i/lub mieszadeł) oraz zapewnia wysoką stabilność pracy biogazowni. Ponadto, obiekty służące do beztlenowego rozkładu zanieczyszczeń organicznych mogą być konstruowane w szerokim zakresie kubaturowym. Jednym z głównych powodów coraz powszechniejszego wykorzystania tej technologii w skali przemysłowej jest możliwość przekształcania odpadów w biogaz, zawierający 50-75% metanu. Ilość wytwarzanego metanu zależy w znacznym stopniu od charakterystyki substratu. Zawartość metanu w pozyskiwanym biogazie może wynosić 50-55% dla węglowodanów, 60-75% dla białek oraz 67-73% w przypadku tłuszczów [4-8]. Optymalny przebieg procesu fermentacji ma miejsce, gdy szybkości rozkładu substancji organicznych w fazie fermentacji kwaśnej i metanowej są takie same. Spowolnienie

¹ SH+E Polska Sp. z o.o., al. Kraśnicka 25, 20-718 Lublin, email: agnieszka.zak@she-polska.pl

² Wydział Inżynierii Środowiska, Politechnika Lubelska, ul. Nadbystrzycka 40B, 20-618 Lublin, tel. 81 53 84 325, email: a.montusiewicz@wis.pol.lublin.pl

^{*}Praca była prezentowana podczas konferencji ECOpole' 14, Jarnottówek, 15-17.10.2014

fermentacji kwaśnej powoduje ograniczenie ilości substratów dostępnych dla bakterii metanogennych i w konsekwencji spadek produkcji metanu [1]. Jednak produkcja biogazu/metanu zależy także od zdolności rozkładu materii organicznej. Niektóre substraty (np. lignina) nie ulegają rozkładowi beztlenowemu nawet przy długim czasie zatrzymania. Jest to związane z brakiem odpowiednich enzymów, które zapoczątkowałyby reakcje hydrolizy. Dodatkowo niektóre substancje potrafią tworzyć złożone kompleksy odporne na rozkład beztlenowy [5].

Zwiększone zainteresowanie procesem fermentacji metanowej oraz coraz powszechniejsze wykorzystanie w praktyce technologii opartych na rozkładzie beztlenowym przyczyniło się do powstania modeli matematycznych, umożliwiających symulację przebiegu procesu. Przeprowadzenie badań symulacyjnych dla poszczególnych urządzeń oraz kompletnego obiektu stwarza możliwości optymalizacji całego systemu poprzez dobór odpowiednich parametrów pracy już na etapie projektowania, bądź też pozwala przewidzieć skutki planowanej modernizacji obiektów istniejących. W 2002 roku The International Water Association (IWA) Task Group for Mathematical Modelling of Anaerobic Digestion Processes opracowało kompleksowy model matematyczny - Anaerobic Digestion Model No. 1 (ADM1), który może być wykorzystywany zarówno w pracach naukowych, jak i w praktyce projektowej oraz eksploatacyjnej [2, 3]. Zaproponowany model jest podstawowym narzędziem używanym do symulacji i analizy procesów fermentacji metanowej. Jednak, w celu osiągnięcia miarodajnych wyników symulacji, niezwykle istotne jest uzyskanie odpowiedniej charakterystyki substratów podlegających procesowi rozkładu oraz przemianom, dającym w efekcie produkt w postaci biogazu. O ile doniesienia literaturowe stosunkowo dokładnie charakteryzują frakcje poszczególnych substancji organicznych zawartych w osadach kierowanych do komór fermentacji w oczyszczalniach ścieków (głównie komunalnych), o tyle wciąż niewiele jest opracowań na temat przygotowania danych do modelu rozkładu beztlenowego dla odpadów przemysłu spożywczego (np. przetwórstwa owocowo-warzywnego, zakładów mleczarskich, resztek spożywczych) oraz hodowli zwierząt. Złożoność składu chemicznego substratów wskazuje, by do określenia zawartości frakcji poszczególnych związków organicznych stosować metody pośrednie oparte na zapotrzebowaniu na tlen. Z uwagi na to, że pełna identyfikacja składników substratu nie jest zazwyczaj możliwa, stosuje się uproszczone metody mające na celu wyznaczenie związków organicznych wchodzących w skład substratu [3, 9-11].

Celem niniejszej pracy jest charakterystyka trzech wybranych metod, które mogą być wykorzystane do opisu frakcji substratu dla modelu ADM1 symulującego pracę biogazowi oraz przeprowadzenie badań symulacyjnych dla obiektu pracującego w skali technicznej z wykorzystaniem komór o zróżnicowanej temperaturze fermentacji.

Materiał i metody

Symulacje w niniejszym opracowaniu zostały wykonane z wykorzystaniem modelu ADM1 - przy użyciu platformy SIMBA 5.2 - dla działającego obiektu Gemüse-Meyer (Niemcy). Instalacja została zaprojektowana dla zakładu przetwórstwa warzywnego, wytwarzającego dużą ilość ścieków przemysłowych oraz odpadów organicznych (substrat - głównie ziemniaki i marchew). Część beztlenowa instalacji składa się z dwóch komór

fermentacji pracujących równolegle z wykorzystaniem różnych temperatur procesu (fermentacja mezofilowa i termofilowa) oraz dwóch reaktorów podwyższających stężenie osadu w komorach fermentacji. Wyniki symulacji zostały porównane z wartościami zmierzonymi podczas eksperymentów prowadzonych w skali technicznej [12].

Trudności w użyciu ADM1 dla mieszaniny różnych substratów związane są z brakiem ich szczegółowej charakterystyki. W celu rozdziału ChZT całkowitego na poszczególne frakcje organiczne Wichern i Lübken zaproponowali wykorzystanie danych dotyczących wartości pokarmowych pasz [13, 14]. W swoich badaniach autorzy wykorzystali substrat złożony z kiszonki traw, a także obornika bydlęcego, oraz substrat pozyskany z upraw energetycznych. W symulacjach przeprowadzonych po uprzedniej kalibracji modelu uzyskali zadowalające wyniki.

Pełna analiza wartości pokarmowych pasz opiera się na analizie wendeńskiej (analiza Weender), określającej zawartość surowego białka (RP), surowego tłuszczu (RL), surowych włókien (RF) oraz wyciągu azotowego (Nfe) [15], a także na oznaczeniu włókien zaproponowanym przez van Soesta i Wine'a [16]. Na jego podstawie wyznaczono ilości hemicelulozy (NDF), włókna kwasowo-detergentowego (ADF) oraz ligniny (ADL) w badanym substracie. Przykładowe wartości pokarmowe na podstawie ww. analiz zostały przedstawione w tabeli 1. Równania wykorzystane do określenia zawartości białek, węglowodanów i tłuszczów w substracie poddawanym fermentacji zostały szerzej opisane w literaturze przedmiotu [13, 14].

Wartości pokarmowe pasz na przykładzie ziemniaka

Tabela 1

Nutritional value of feed on the example of potatoes

Table 1

Substrat	RP	RL	RF	popiół	Nfe	NDF	ADL	ADF	Źródło danych
	[% s.m.]								
Ziemniaki	8,1	0,2	3,0	7,6	81	17,5	1,5	4,1	[17]
Ziemniaki (skórka)	14,0	1,4	6,6	11,5	66,6	41,0	3,8	6,3	[18]

Mankamentem metody są ograniczenia związane z brakiem informacji na temat analizy przeprowadzonej dla rzadziej wykorzystywanych substratów oraz materiałów nieznajdujących zastosowania w hodowli zwierząt. Ponadto, w pracach różnych autorów można zaobserwować dużą różnicę zawartości poszczególnych komponentów w analizowanym substracie [17-22].

Metoda Henze [23] opiera się na danych dotyczących wartości pokarmowej produktów spożywczych oraz na zróżnicowanych przelicznikach biomasy wyrażonej ładunkiem ChZT (dla węglowodanów, białek i tłuszczów). Sposób wyznaczania podstawowych składników odżywczych w analizie jakościowej żywności jest zbliżony do analizy Weender, wykorzystanej przez Wicherna i Lübkena. Na podstawie procentowego udziału poszczególnych substratów w analizowanym materiale oraz wykorzystując przelicznik danej frakcji na wartość ChZT, wyznaczono procentowy udział poszczególnych substratów w całkowitym ChZT.

Sposób wyznaczania przeliczników dla poszczególnych substratów zaproponowany przez Henze i in. [23] opiera się na najbardziej typowym składniku znajdującym się

w substracie - wyznaczonym na podstawie składu pierwiastkowego. Przeliczniki (tab. 2) odnoszą się do substancji organicznych znajdujących się w osadach ściekowych.

Tabela 2
Substancje organiczne zawarte w osadach ściekowych oraz przeliczniki zużycia tlenu [23]

Table 2
Organic substances in sewage sludge and oxygen consumption rates

Wyszczególnienie	Wzór chemiczny	Zużycie tlenu w procesie rozkładu związków organicznych [kg O ₂ /kg]
Węglowodany	C ₁₀ H ₁₈ O ₉	1,13
Tłuszcze	C ₈ H ₆ O ₂	2,03
Białka	C ₁₄ H ₁₂ O ₇ N ₂	1,20

Z przedstawionych danych wynika, że w porównaniu z białkami i węglowodanami zapotrzebowanie na tlen, niezbędne do całkowitego rozkładu tłuszczu, jest największe. W zależności od przyjętego substratu głównego wielkość otrzymanego przelicznika będzie przyjmowała różne wartości. Stąd, modyfikacją przedstawionej metody jest wykorzystanie przeliczników wyznaczonych indywidualnie dla poszczególnych substancji na podstawie szczegółowego składu aminokwasowego białka, składu węglowodanów, zawartości odpowiednich kwasów tłuszczowych oraz ogólnych wzorów celulozy i ligniny. Należy także uwzględnić zawartość błonnika pokarmowego jako frakcji inertej oraz węglowodanów. Szczegółowe dane dotyczące zawartości poszczególnych substancji zwykle określa się na podstawie tabeli wartości odżywczych żywności. Można tutaj bazować na danych Organizacji Narodów Zjednoczonych do spraw Wyżywienia i Rolnictwa (FAO) bądź danych przedstawianych przez instytucje narodowe (w Polsce - Instytut Żywności i Żywienia).

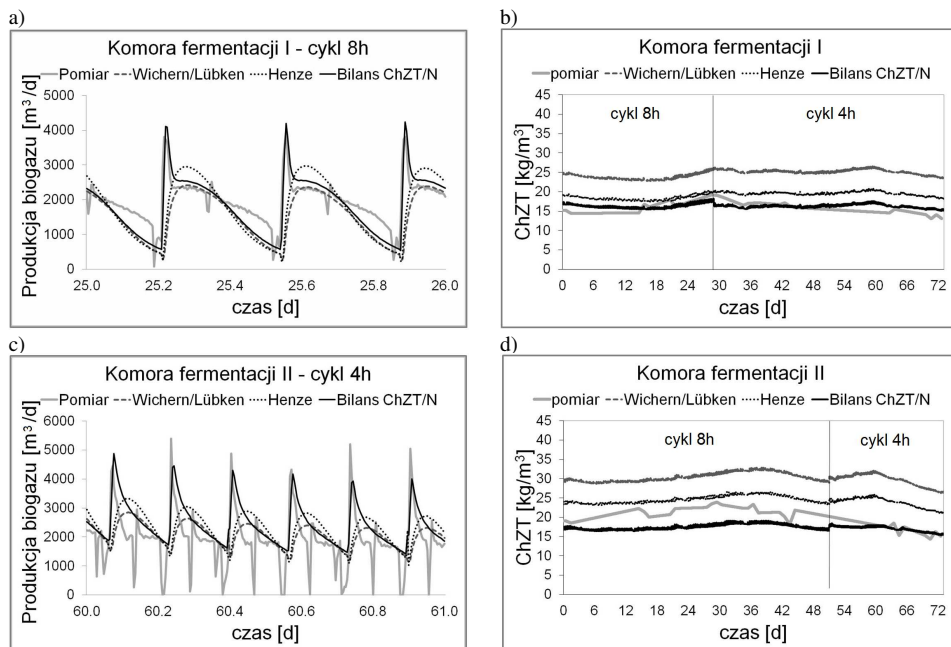
Autorska metoda zaproponowana przez Rönner-Holm i in. [24] została opracowana specjalnie dla biogazowni, dla których brak jest szczegółowej charakterystyki substratu. Metodę oparto na bilansie ChZT i azotu, sporządzonym na podstawie wyników eksperymentów w skali technicznej, prowadzonych w analizowanym obiekcie [12].

Udział frakcji inertej wyznaczono, mierząc stopień rozkładu ChZT. Zawartość białek i tłuszczów oszacowano na podstawie wyników analizy wartości pokarmowych pasz [15]. Pozostały ChZT uwzględniono jako węglowodany. Wartości NH₄-N przypisane zostały do frakcji obejmującej rozpuszczony azot nieorganiczny, natomiast wartość wynikająca z różnicy pomiędzy azotem ogólnym a azotem amonowym została rozdzielona pomiędzy frakcję inertej i białko. Dodatkowo, ze względu na obecność zbiornika buforowego, uwzględniono częściową hydrolizę związków organicznych dopływających do komór fermentacji. Na podstawie krzywej szybkości produkcji gazu uzyskanej z pomiarów w skali technicznej określono, iż ok. 1/3 substratu stanowi substrat w formie rozpuszczonej, obejmujący cukry proste, aminokwasy i długocząsteczkowe kwasy tłuszczowe.

Wyniki i dyskusja

W pracy przedstawiono trzy metody frakcjonowania substratu wejściowego na potrzeby dynamicznej symulacji biogazowni. Przeprowadzona analiza może stanowić podstawę do wyboru metody przygotowania danych wejściowych dla modelu

matematycznego Anaerobic Digestion Model No.1. Wyniki symulacji komputerowych oraz wartości uzyskane w badaniach w skali technicznej zostały przedstawione na rysunku 1.



Rys. 1. Wyniki badań symulacyjnych oraz wartości uzyskane w skali technicznej: a) produkcja biogazu w komorze fermentacji I (mezofilowej), b) zawartość ChZT w komorze fermentacji I (mezofilowej), c) produkcja biogazu w komorze fermentacji II (termofilowej), d) zawartość ChZT w komorze fermentacji II (termofilowej)

Fig. 1. Simulation results and values obtained in full-scale experiments: a) biogas production in anaerobic digester I (mesophilic conditions), b) COD value in anaerobic digester I (mesophilic conditions), c) biogas production in anaerobic digester II (thermophilic conditions), b) COD value in anaerobic digester II (thermophilic conditions)

Frakcjonowanie wykonane metodą opartą na wartości pokarmowej pasz jest polecane w przypadku substratu dostarczanego do typowych biogazowni rolniczych (NAWARO) z uwagi na możliwości lepszej kalibracji (np. poprzez zwiększenie stopnia rozkładu celulozy do węglowodanów), pomimo najwyższego stężenia związków organicznych wyrażonych wskaźnikiem ChZT w komorach fermentacji i najniższej produkcji biogazu (rys. 1). W przypadku substratów używanych powszechnie w hodowli zwierząt, dla których wymagana jest analiza wartości pokarmowej pasz, dane niezbędne do przeprowadzenia zaproponowanego frakcjonowania są łatwo dostępne. Przy wykorzystaniu innych materiałów istnieją trudnienia związane z pozyskaniem odpowiednich danych wejściowych do modelu, w związku z czym konieczne są dodatkowe badania laboratoryjne.

Po wprowadzeniu niewielkich modyfikacji (dotyczących zmiany parametrów opisujących zawartość azotu) metoda zaproponowana przez Henze wydaje się być słuszną i odpowiednią na potrzeby charakterystyki materiału organicznego w modelu biogazowni wykorzystującej jako substrat odpady spożywcze. Indywidualne określanie przeliczników masy węglowodanów, białek i tłuszczów na wartość ChZT jest zgodne z chemiczną

charakterystyką tych związków i uwzględnia zdolności rozkładu poszczególnych komponentów. Dużą zaletą metody jest dostępność danych dotyczących zawartości poszczególnych substancji organicznych tworzących substrat - wymaganych do przeprowadzenia frakcjonowania.

Metoda bazująca na rozkładzie złożonego materiału organicznego w oparciu o bilanse ChZT i N wydaje się właściwa do prowadzenia symulacji procesów zachodzących w urządzeniach biogazowni, szczególnie z uwagi na fakt, że została oparta na badaniach i eksperymentach prowadzonych w biogazowni w pełnej skali technicznej. Analizując wyniki, należy zwrócić uwagę, iż symulacje z wykorzystaniem tej metody zostały skalibrowane (w przeciwieństwie do pozostałych), stąd też odnotowano najlepsze dopasowanie do wartości pomiarowych. Jednak także ten sposób frakcjonowania substratu posiada pewne ograniczenia, wynikające z potrzeby pozyskania specyficznych danych dotyczących substratów, wykorzystywanych w różnych technologicznie obiektach.

Podsumowanie i wnioski

W przypadku rozkładu substratu zawierającego surowce pochodzące z różnych źródeł istotna jest analiza komponentów składowych, jak również poszczególnych frakcji organicznych w nich zawartych. Każdy z surowców charakteryzuje się indywidualnym składem, a tym samym wartością ChZT. Stąd też precyzyjne frakcjonowanie komponentów składowych jest kluczowym elementem prawidłowego opisu materiału organicznego. Dopiero po jego zakończeniu można przystąpić do procedury kalibrowania modelu matematycznego ADM1.

Model ADM1 opiera się na bilansie ChZT, jednak równie istotny jest bilans azotu, w tym analiza zawartości azotu w substracie (zarówno w formie związanej, jak i rozpuszczonej) oraz odpowiednia modyfikacja współczynników modelu. W przeciwnym przypadku otrzymane wyniki mogą być obciążone błędem wynikającym z inhibującego wpływu stężenia jonu amonowego.

Model ADM1 tworzony był przede wszystkim do opisu fermentacji metanowej osadów w oczyszczalni ścieków komunalnych. W przypadku innych substratów zastosowanie modelu, wraz z wartościami parametrów rekomendowanymi w Scientific and Technical Report No. 13, może być obciążone błędem. Stąd wymagane jest dobranie odpowiednich parametrów kinetycznych i stechiometrycznych. Metoda mająca na celu wyznaczenie zawartości poszczególnych związków organicznych powinna zostać dobrana na podstawie indywidualnej charakterystyki symulowanego obiektu oraz dostępnych danych pomiarowych.

Podziękowania

Praca naukowa finansowana w części ze środków budżetowych, w ramach dofinansowania na podstawową działalność statutową S-13/WIŚ/2014.

Literatura

- [1] Jędrzak A. Biologiczne przetwarzanie odpadów. Warszawa: Wyd Nauk PWN; 2007.
- [2] Batstone DJ, Keller J, Angelidaki I, Kaluzhnyi SV, Pavlostatis SG, Rozzi A, et al. Anaerobic Digestion Model No.1. London: IWA Publishing; 2002.

- [3] Parker WJ. Application of the ADM1 model to advanced anaerobic digestion. *Biores Technol.* 2005;96:1832-1842. DOI: 10.1016/j.biortech.2005.01.022.
- [4] Buffiere P, Loisel D, Bernet N, Delgenes JP. Towards new indicators for the prediction of solid waste anaerobic digestion properties. *Water Sci Technol.* 2006;53(8):233-241. DOI: 10.2166/wst.2006.254.
- [5] Oreopoulou UV, Russ W. *Utilization of By-products and Treatment of Waste in the Food Industry.* Springer; 2007.
- [6] Voß S. Charakterisierung von Stoffen hinsichtlich ihres Gasertrages bei anaerober Behandlung durch die Parametr Kohlenhydrate. *Fett und Eiweiß; Bauhaus - Universität Weimar;* 2006.
- [7] Weiland P. Grundlagen der Methangärung - Biologie und Substrate; VDI - Berichte 1620 „Biogas als regenerative Energie - Stand und Perspektiven“. VDI Verlag; 2001.
- [8] Jördening HJ, Winter J. *Environmental Biotechnology. Concepts and Applications.* Wiley-VCH 2005.
- [9] Kleerebezem R, van Loosdecht MCM. Waste characterization for implementation in ADM1. *Water Sci Technol.* 2006;54(4):167-174. DOI: 10.2166/wst.2006.538.
- [10] Szewczyk KW. Model fermentacji metanowej - ADM1. *Biotechnol.* 2007;4(79):7-24.
- [11] Klimiuk E, Łebkowska M. *Biotechnologia w ochronie środowiska.* Warszawa: Wyd Nauk PWN; 2005.
- [12] Riesebieter H. Balancing of biogas production by the help of Input-Output analysis COD, VS, N total and P total for biogas plant of Gemüse Meyer Company. University of Applied Sciences Ostwestfalen-Lippe; 2008.
- [13] Wichern M, Gehring T, Fischer K, Andrade D, Lübken M, Koch K, et al. Monofermentation of grass silage under mesophilic conditions: Measurements and mathematical modeling with ADM1. *Biores Technol.* 2009;100(4):1675-1681. DOI: 10.1016/j.biortech.2008.09.030.
- [14] Lübken M, Wichern M, Schlattmann M, Gronauer A, Horn H. Modelling the energy balance of an anaerobic digester fed with cattle manure and renewable energy crops. *Water Res.* 2007;41(18):4085-4096. DOI: 10.1016/j.watres.2007.05.061
- [15] Naumann C, Bassler R. *Die Chemische Untersuchung Von Futtermitteln.* VDLUFA-Methodenbuch Band III. Darmstadt: 1993.
- [16] van Soest PJ, Wine RH. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds IV. Determination of plant cell-wall constituents. *J Assn Offic Anal Chem.* 1967;50:50-57.
- [17] Gruber L, Stögnüller G, Taferner K, Haberl L, Maierhofer G, Steiner B, et al. Protein und kohlenhydrat fraktionen nach dem cornell net carbohydrate and protein system sowie ruminaler nährstoffabbau in situ von energie und proteinreichen kraftfuttermitteln. *Übers 2005. Tierernährg 33.*
- [18] Tawila AMA, Omer HAA, Gad SM. Partial replacing of concentrate feed mixture by potato processing waste in sheep rations. *J Agr Environ Sci.* 2008;4(2):156-164.
- [19] Kryvoruchko V, Machmüller A, Bodirosa V, Amon B, Amon T. Anaerobic digestion of by-products of sugar beet and starch potato processing. *Biomass Bioenerg.* 2009;33(4):620-627. DOI: 10.1016/j.biombioe.2008.10.003.
- [20] Gunaseelan VN. Regression models of ultimate methane yields of fruits and vegetable solid wastes, sorghum and napiergrass on chemical composition. *Biores Technol.* 2007;98(6):1270-1277. DOI: 10.1016/j.biortech.2006.05.014.
- [21] Nawirska A, Uklańska C. Waste products from fruit and vegetable processing as potential sources for food enrichment in dietary fibre. *Acta Sci Pol, Technol Aliment.* 2008;7(2):35-42.
- [22] Chantaro P, Devahastin S, Chiewchan N. Production of antioxidant high dietary fiber powder from carrot peels. *Food Sci Technol.* 2008;41(10):1987-1994. DOI: 10.1016/j.lwt.2007.11.013.
- [23] Henze M, Harremoës P, Jansen JC, Arvin E. *Oczyszczanie ścieków procesy biologiczne i chemiczne.* Kielce: Politechnika Świętokrzyska; 2000.
- [24] Rönner-Holm SGE, Żak A, Holm NC. Comparison of different conditions, substrates and operation modes by dynamic simulation of a full-scale anaerobic SBR plant. *Water Sci Technol.* 2012;65(3):558-566. DOI: 10.2166/wst.2012.887.

METHODS OF SUBSTRATE FRACTIONATION IN ADM1

¹SH+E Polska Sp. z o.o., Lublin

²Faculty of Environmental Engineering, Lublin University of Technology

Abstract: Anaerobic digestion is commonly applied for treatment as well as energetic usage of sewage, sewage sludge and agricultural waste. Recently, it has become more and more popular. Together with the popularity of the use of anaerobic digestion for energy production and wastewater purification, models for simulation of the process in question were developed. In general, the mathematical models of biotechnological processes require both characteristics of the substrates involved and specification of their forms. This approach also concerns the Anaerobic Digestion Model No. 1 (ADM1), which demands the description of carbohydrates, proteins, fats and inert fraction in the feed supplying the reactor. Specific and complete characterization of all compounds mentioned is usually difficult and expensive, however the method of fractionation of the organic material for the needs of ADM1 model are developed. This study presents the crucial issues of the methane fermentation process being the base for mathematical description used in the ADM1 model. The paper also reports a review of fractionation methods for the analyzed model. Among them, the method based on the nutritional value of feed, the method proposed by Henze and the method based on COD and N balance are described.

Keywords: ADM1, fractionation, anaerobic digestion, computer simulation