



Determining of basic fertilizing properties of household waste

Monika CZOP¹, Dominika KRÓLIKOWSKA², Magdalena KUBIK³, Patrycja SIUDRA⁴

¹ Politechnika Śląska, Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki, Katedra Technologii Urządzeń i Zagospodarowania Odpadów, ul. Konarskiego 18, 44-100 Gliwice, e-mail: monika.czop@polsl.pl

Abstract

Municipal waste has caused created a big problem for city authorities. It was necessary to find such ways of their management, as to avoid threat for the human health and environment and to provide a source of possible feedstock.

An important requirement for the amended Act on Wastes is that the waste management plans should provide for the necessity to recycle waste to the maximum degree, process it, neutralize and successively limit its stored amounts. Particular attention shall be paid to the reduction of biodegraded waste from typical household by finding options for their best disposal

Keywords: Household waste, fertilizer, Art of Wastes

Streszczenie

Wstępna ocena podstawowych właściwości nawozowych odpadów kuchennych

Odpady komunalne zawsze stanowiły i nadal stanowią duży problem. Konieczne jest znalezienie takich sposobów ich zagospodarowania, aby nie stanowiły zagrożenia dla zdrowia ludzi i środowiska, a z drugiej strony mogły być źródłem potencjalnych surowców wtórnych.

Istotnym wymogiem znowelizowanej Ustawy o odpadach jest uwzględnienie w planach gospodarki odpadami potrzeby maksymalnego odzysku odpadów komunalnych, w tym ich recyklingu, oraz sukcesywnego ograniczania ilości składowanych odpadów. Szczególną uwagę w przyszłych planach należy zwrócić na redukcję odpadów biodegradowalnych, które obecnie są kierowane w głównej mierze na składowiska.

W artykule przedstawiono wyniki badań odpadów biodegradowalnych pochodzących z typowego gospodarstwa domowego, pod kątem możliwości ich optymalnego zagospodarowania. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że odpady kuchenne zawierają znaczące z punktu widzenia nawozowego zawartości składników organicznych.

Słowa kluczowe: Odpady kuchenne, nawóz, Ustawa o Odpadach

1. Wstęp

Polska, przystępując do Unii Europejskiej, stała się podmiotem ponadnarodowej polityki regionalnej. Polityka ta jest realizowana w okresach wieloletnich. Jednym z głównych celów polityki Unii Europejskiej jest realizacja zasad zrównoważonego rozwoju, w których ochrona środowiska i racjonalne gospodarowanie zasobami są podstawowymi priorytetami. Istotnym elementem polityki ekologicznej Unii Europejskiej, który znalazł się w programach działań na rzecz ochrony środowiska jest m.in. gospodarka odpadami. Celami związanymi z gospodarką odpadami, jest eliminacja ich powstawania „u źródle” oraz wspieranie efektywnego wykorzystania zasobów naturalnych, poprzez promocję ich ponownego wykorzystania, z naciskiem na recykling [1-3].

Największe niedociągnięcia w gospodarce odpadami występują w sektorze komunalnym. Jest to sektor, który w chwili obecnej potrzebuje szybkich zmian.

Do odpadów komunalnych zalicza się: odpady stałe i ciekłe powstające w gospodarstwach domowych, w obiektach użyteczności publicznej i obsługi ludności w tym nieczystości gromadzone w zbiornikach bezodpływowych, odpady uliczne oraz odpady o charakterze komunalnym z zakładów przemysłowych. Najczęściej odpady komunalne w Polsce charakteryzują się zawartością ok. 40-50% substancji organicznej. W tym około 50-60% stanowią części mineralne. Ponadto odpady stałe zawierają również pierwiastki śladowe (molibden, miedź, cynk, kobalt, nikiel, kadm, chrom, rtęć, ołów). [2-4].

Odpady komunalne swój specyficzny charakter zawdzięczają zmieniającymi się w czynnikami takimi jak: wyposażenie techniczne i sanitarne budynków (sposób ogrzewania), rodzaj zabudowy oraz obecność obiektów usługowych oraz innych obiektów niemieszkalnych. Wpływ mają tu również pory roku, stan zamożności mieszkańców czy odzysk surowców wtórnych. Według badań prowadzonych na odpadach komunalnych, które kierowane są na składowiska w Polsce wynika, że zawartość odpadów niebezpiecznych w odpadach komunalnych wynosi średnio od 3,5 do 14,1 kg/mieszkańca/rok. Należy jednak zauważyć, że stosunki poszczególnych rodzajów charakteryzują się dużą zmiennością. [17]

Składowane na otwartych składowiskach powodują emisję do atmosfery metanu i wodoru. Emisja wymienionych gazów jest szkodliwa dla środowiska przyrodniczego. Ze względu na negatywne oddziaływanie odpady biodegradowalne zostały potraktowane w przepisach w szczególny sposób.

Ustawa o odpadach z dnia 27 kwietnia 2001 roku (Dz.U. 2001 nr 62 poz. 628), reguluje wymagania w zakresie deponowania na składowiskach odpadów komunalnych ulegających biodegradacji. Zgodnie z zapisem konieczne jest ograniczenie masy odpadów ulegających biodegradacji kierowanych na składowiska w następujących krokach [5, 6]:

- do dnia 31 grudnia 2010 r. – nie więcej niż 75% całkowitej masy odpadów komunalnych ulegających biodegradacji w stosunku do masy tych odpadów wytworzonych w 1995 r.,
- do dnia 31 grudnia 2013 r. – nie więcej niż 50% całkowitej masy odpadów komunalnych ulegających biodegradacji w stosunku do masy tych odpadów wytworzonych w 1995 r.,
- do dnia 31 grudnia 2020 r. - nie więcej niż 35% całkowitej masy odpadów komunalnych ulegających biodegradacji w stosunku do masy tych odpadów wytworzonych w 1995 r. [5, 6]

Dodatkowym argumentem przemawiającym za zorganizowaniem instalacji do przerobu odpadów biodegradowalnych jest fakt, że zgodnie z rozporządzeniem Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 7 września 2005 r. w sprawie kryteriów i procedur dopuszczenia odpadów do składowania na składowiskach danego typu (Dz. U. Nr 186, poz. 1553 z późn. zm.), od 1 stycznia 2013 roku nie będzie można składować odpadów komunalnych o następujących parametrach:

- ogólny węgiel organiczny (TOC) powyżej 5%,
- strata przy prażeniu powyżej 8%,
- ciepło spalania powyżej 6 MJ/kg.

2. Odpady biodegradowalne

Odpady ulegające biodegradacji stanowią ponad połowę ilości odpadów wytwarzanych w gospodarstwach domowych, a także wytwarzane są w ramach prowadzonej działalności usługowej, produkcyjnej oraz przetwórczej.

Zgodnie z ustawą o odpadach z dnia 27 kwietnia 2001 r. o odpadach (Dz.U. 2001 nr 62 poz. 628), za odpady ulegające biodegradacji uznaje się wszelkie odpady, które podlegają rozkładowi tlenowemu lub beztlenowemu przy udziale mikroorganizmów [6].

Specyficzną grupę, wśród odpadów ulegających biodegradacji, stanowią tzw. bioodpady. Pod pojęciem bioodpadów należy rozumieć ulegające biodegradacji odpady ogrodowe i parkowe, odpady spożywcze i kuchenne z gospodarstw domowych, restauracji, placówek zbiorowego żywienia i handlu detalicznego oraz porównywalne odpady z zakładów przetwórstwa spożywczego [5-7].

Do bioodpadów nie zalicza się odpadów rolniczych, odchodów, osadów ściekowych, odpadów z leśnictwa. Nie obejmują również takich odpadów ulegających biodegradacji jak włókna naturalne, papier czy tektura oraz produktów ubocznych produkcji żywności [7].

Obecnie stosowanymi metodami kompostowania odpadów biodegradowalnych jest recykling organiczny. Pod pojęciem recyklingu organicznego rozumie się obróbkę tlenową, w tym kompostowanie, lub beztlenową odpadów, które ulegają rozkładowi biologicznemu w kontrolowanych warunkach przy wykorzystaniu mikroorganizmów, w wyniku której powstaje materia organiczna lub metan [6].

Kompostowanie to naturalna metoda polegająca na rozkładzie substancji organicznej przez mikroorganizmy – bakterie tlenowe, niczenie, etc. Jest to proces przetwarzania substancji w kontrolowanych warunkach w obecności tlenu (powietrza) [1-4, 7]. Wytworzony w procesie kompostowania humus wykazuje znaczącą zawartością azotu, potasu, fosforu i wapnia. Jest to doskonały nawóz dla roślin.

Drugą metodą recyklingu organicznego jest fermentacja metanowa. Fermentacja metanowa to proces biologicznego rozkładu substancji przeprowadzany przez drobnoustroje w warunkach beztlenowych przez bakterie anaerobowe (beztlenowe) z wydzieleniem metanu.

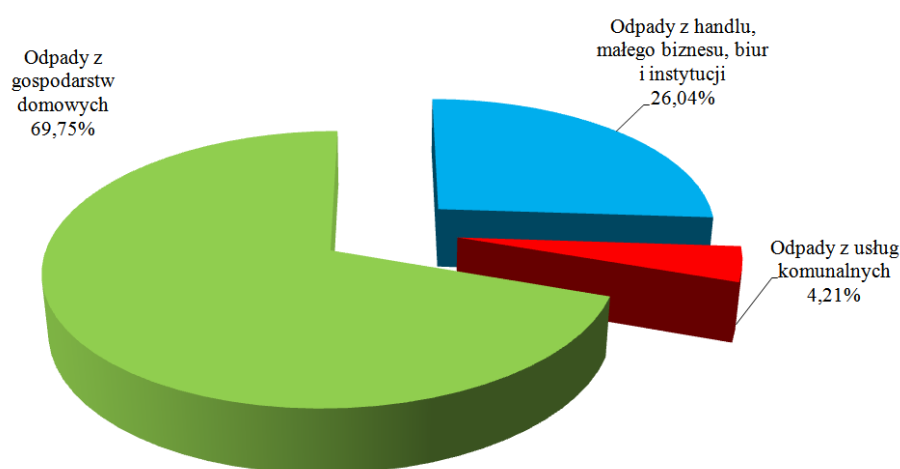
3. Bilans ilościowy odpadów biodegradowalnych

W Polsce obecnie nie jest prowadzona ewidencja wytwarzanych odpadów biodegradowalnych, poza sprawozdawczością firm zajmujących się wywozem omawianych odpadów kierowaną do GUS-u. W niniejszym artykule w oparciu o dane wskaźnikowe ustalono bilans odpadów biodegradowalnych dla województwa śląskiego.

Źródłami wytwarzania odpadów biodegradowalnych są: gospodarstwa domowe, obiekty infrastruktury, takie jak: handel, usługi i rzemiosło, szkolnictwo, obiekty turystyczne, targowiska i inne [8,9].

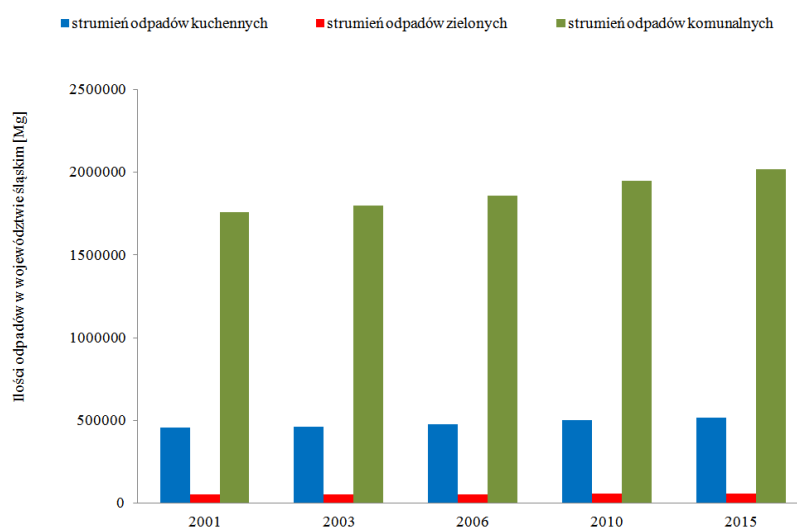
Według danych szacunkowych w województwie śląskim w 2010 r. wytworzono 1260 tys. Mg odpadów komunalnych, co w przeliczeniu na 1 mieszkańca województwa daje ilość wytworzonych odpadów równą 337 kg [8].

W województwie śląskim w 2010 roku najwięcej wytworzono odpadów pochodzących z gospodarstw domowych (879 tys. Mg), drugą dominującą grupą wytwarzającą odpady komunalne stanowi handel, mały biznes, biura i instytucje (328 tys. Mg), natomiast najmniej powstało odpadów w sektorze usług komunalnych (53 tys. Mg) (Rysunek 3.1) [8-10].



Rys. 3.1. Struktura odpadów komunalnych w województwie śląskim w roku 2010 [8].

Na rysunku 3.2 zostały zaprezentowane dane dotyczące ilości odpadów biodegradowalnych zaczerpnięte z Planu Gospodarki Odpadami dla województwa śląskiego, stanowiącego część Wojewódzkiego Programu Ochrony Środowiska [8-10].



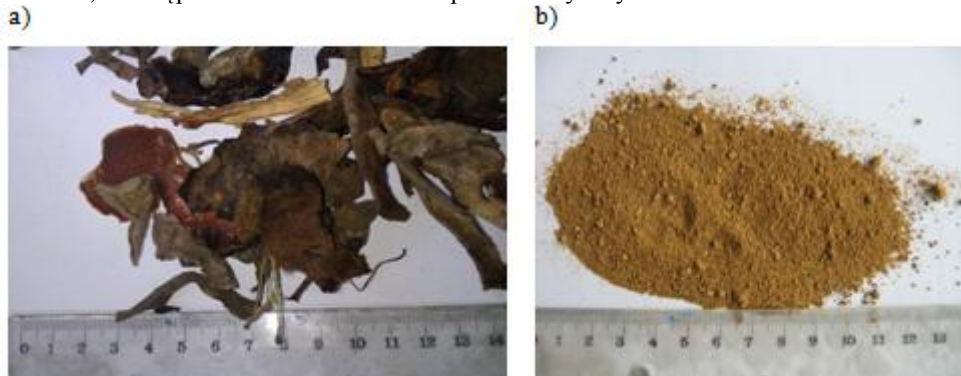
Rys. 3.2. Bilans odpadów biodegradowalnych dla województwa śląskiego [8-10].

Z danych zamieszczonych na rysunku 3.2 wynika, że w roku 2010 łączna ilość odpadów ulegających biodegradacji w województwie śląskim wzrosła o 5,72 % w stosunku do roku 2006. Natomiast szacuje się, że ilość odpadów biodegradowalnych w roku 2015 w województwie śląskim wzrosła o 2,4 % w odniesieniu do roku 2010.

4. Charakterystyka badanych odpadów

Do badań zastosowano odpady kuchenne, pochodzenia roślinnego, w skład których wchodziły wysuszone pozostałości warzyw i owoców powszechnie używane w typowych gospodarstwach domowych tj. papryka, cebula, skórki cytrusów (pomarańczy), zielone natki, itp. (Rys.4.1)

Odpady wysuszono, a następnie drobno zmielono do prób analitycznych



Rys. 4.1. Badane odpady biodegradowalne pochodzenia roślinnego z gospodarstw domowych a) próba wstępna, b) próba analityczna (wyk. własne).

Celem przeprowadzonych badań było określenie podstawowych właściwości nawozowych odpadów kuchennych pod kątem możliwości ich optymalnego zagospodarowania.

Zakres badań odpadów biodegradowalnych pochodzenia roślinnego obejmował następujące oznaczenia [11-13]:

- oznaczenie wilgotności całkowitej (W),
- oznaczenie gęstości nasypowej(ρ),
- oznaczenie zawartości substancji organicznych,
- oznaczenie zawartości azotu (N),
- oznaczenie zawartości węgla organicznego(TOC),
- oznaczenie zawartości fosforu ogólnego (P),
- oznaczenie zawartości siarki całkowitej (S).

Wszystkie oznaczenia zostały przeprowadzone zgodnie z obowiązującymi normami, a każde oznaczenie zostało kilkakrotnie powtórzone [11-13].

Badania realizowano w laboratorium Katedry Technologii i Urządzeń Zagospodarowania Odpadów, Wydziału Inżynierii Środowiska i Energetyki, Politechniki Śląskiej.

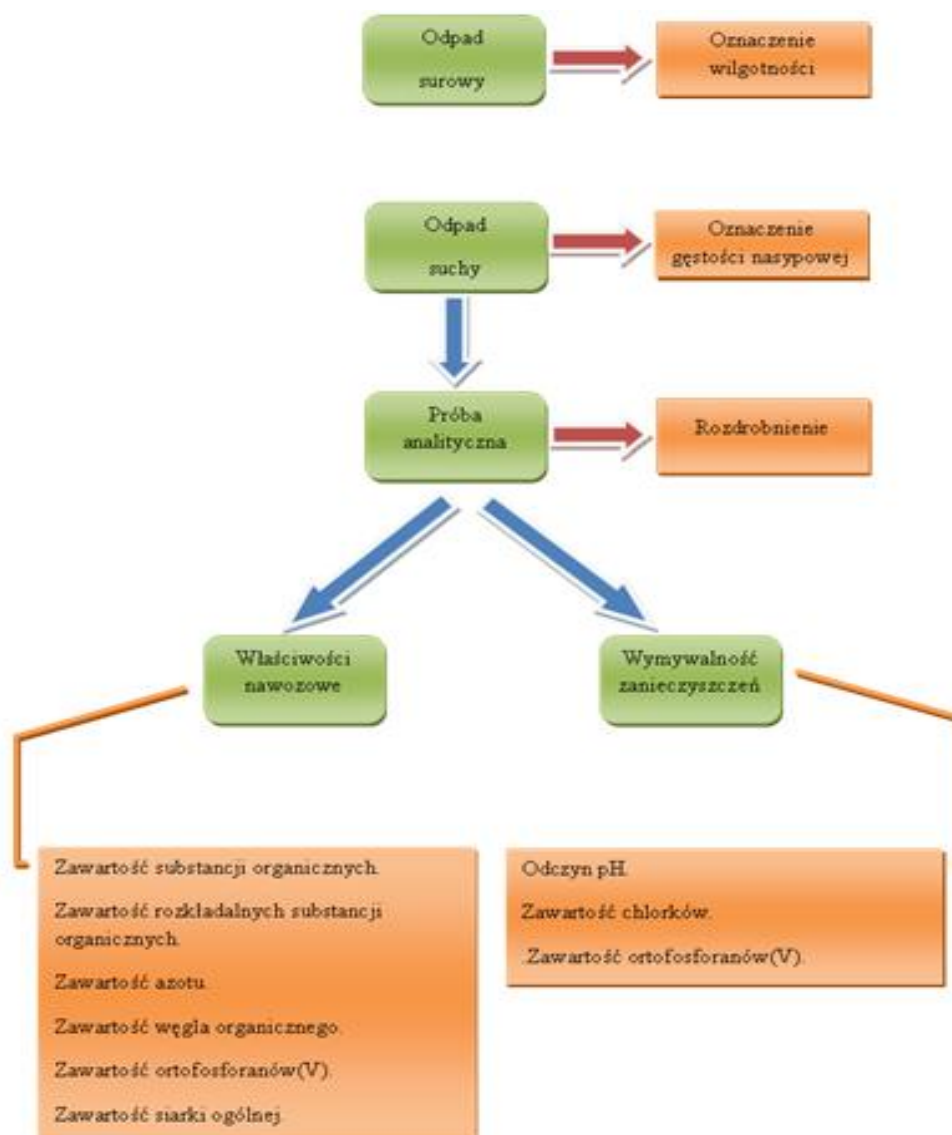
Schemat przeprowadzonych analiz prezentuje rysunek 5.1.

6. Wyniki badań.

W tabeli 6.1 zaprezentowano wyniki pomiarów podstawowych parametrów nawozowych odpadów kuchennych, dla porównania zamieszczono literaturowe dane dla wybranych odpadów z grupy biodegradowalnych.

Przebadane odpady kuchenne z gospodarstwa domowego zawierają ok. 45 % wilgoci. Charakteryzuje je gęstość nasypowa rzędu 220 kg/m^3 .

Podstawowymi składnikami niezbędnymi dla rozkładu biologicznego są: węgiel, azot, potas i fosfor oraz mikroelementy i pierwiastki śladowe (np. molibden, bor, kobalt, cynk, wapń). Badane parametry chemiczne w analizowanym odpadzie potwierdziły możliwość jego przyrodniczego zagospodarowania. Zawartość substancji organicznej w odpadzie kuchennym (92 % s.m.) i ilości makroskładników: azotu i fosforu były wysokie.



Rys. 5.1. Schemat prowadzonego eksperymentu (wyk. własne)

Zawartość azotu ogólnego w badanym materiale wynosi 4,6% s.m., a fosforu ogólnego kształtowała się na poziomie 4,8% s.m.

Odczyn odpadu był kwaśny (pH=4,6). Rozpatrując odczyn pH pod kątem fermentacji metanowej należy wziąć pod uwagę bakterie uczestniczące w poszczególnych etapach procesu, gdyż wymagają one różnego odczynu pH, zapewniającego ich optymalny wzrost.

Optymalny odczyn pH bakterii hydrolizujących i kwasotwórczych wynosi od 4,5 do 6,3. Mogą przeżyć również przy nieco wyższym odczynie pH.

Tabela 6.1. Właściwości nawozowe badanych odpadów kuchennych.

Właściwości	Jednostka	Badane odpady kuchenne	Odpady z pielęgnacji zieleni miejskiej [1]	Świeża trawa z pielęgnacji trawników [1]
Wilgotność	%	44,8	-	-
Sucha masa	%	55,2	-	-
Sucha masa organiczna	%	47,0	-	-
Gęstość nasypowa	kg/m ³	222	-	-
Zawartość substancji organicznych	% s.m.	91,8	73,4	89,4
Zawartość substancji mineralnej	% s.m.	8,2	26,6	10,6
Zawartość rozkładalnych substancji organicznych	% s.m.	74,1	-	-
Zawartość azotu ogólnego	% s.m.	4,6	1,5	1,4
Zawartość węgla organicznego	% s.m.	34,7	28,9	28,7
Zawartość fosforu ogólnego	% s.m.	4,8	-	-
Zawartość siarki ogólnej	% s.m.	0,1	-	-
Zawartość ortofosforanów (V)(P ₂ O ₅)	% s.m.	14,7	0,3	1,1

Odpady kuchenne charakteryzowały się zawartością węgla organicznego w granicach 35%. Dla porównania zawartość węgla organicznego w odpadach z pielęgnacji zieleni miejskiej jest rzędu 29 %, podobną zawartość węgla ma świeża trawa z pielęgnacji trawników.

Zaprezentowane w tabeli 6.1 wyniki wskazują, że odpady kuchenne są zasobne w składniki nawozowe i stanowią dobry materiał do przetwarzania metodą recyklingu organicznego.

Do właściwego przebiegu procesu kompostowania niezbędne jest zapewnienie odpowiedniego składu odpadów stanowiących masę kompostową. Przyjmuje się, że optymalny pod kątem kompostowania iloraz węgla organicznego do azotu powinien kształtować się w przedziale: C/N = (17-30):1, a iloraz węgla organicznego do fosforu powinien wynosić C/P = 100:1 [1].

W przypadku niskiego lub wysokiego stosunku C/N szybkość kompostowania ulega zmianie. W badanych odpadach kuchennych stosunek węgla do azotu jest za niski (Tabela 6.2). Przy tak niskim stosunku maleje zapas azotu i proces zwalnia, a w efekcie powstaje słabo zmineralizowany kompost, dostarczający roślinom tylko niewielkie ilości składników pokarmowych dla roślin. Dla rozpatrywanego przypadku należałoby wprowadzić jako dodatek materiał bogaty w węgiel czyli tzw. Produkty brązowe, wolno gnijące (np. produkty kartonowe, obcięte gałązki krzewów, suche patyki, gałązki, ściółka, suche, jesienne liście itp.).

Tabela 6.2. Stosunek ilościowy składników nawozowych w badanych odpadach kuchennych.

Stosunek ilościowy	Recykling organiczny			
	Kompostowanie		Fermentacja metanowa	
	Odpad kuchenny	Optymalny	Odpad kuchenny	Optymalny
C/N	(7-8):1	(17-30):1	-	-
C/P	7:1	100:1	-	-
C/N/P/S	-	-	(7-8):7:289:1	600:15:5:1

Dla prawidłowego przebiegu procesu fermentacji metanowej przyjmuje się, że iloraz węgla organicznego do azotu/ fosforu/siarki powinien kształtować się w przedziale: C/N/P/S = 600:15:5:1[14].

O stabilnym przebiegu procesu fermentacji decyduje między innymi stosunek C/N w używanym materiale wsadowym. Jeżeli ten stosunek jest za wysoki (dużo C i mało N), nie może dojść do całkowitej przemiany węgla, a tym samym nie będzie można uzyskać optymalnej ilości metanu. W odwrotnym przypadku, przy nadmiarze azotu a małej zawartości węgla może dojść do powstania amoniaku, który hamuje wzrost bakterii a może nawet doprowadzić do zniszczenia całej ich populacji. Zakłada się, że do prawidłowego przebiegu procesu fermentacji stosunek C/N powinien mieścić się w zakresie 10 – 30 (Tabela 6.2).

W tabeli 6.3 porównano wyniki badań uzyskane z testu wymywalności z najwyższymi dopuszczalnymi wskaźnikami zanieczyszczeń w ściekach wprowadzanych do wód lub do ziemi.

Tabela 6.3. Właściwości fizykochemiczne wyciągu wodnego z badanych odpadów kuchennych.

Właściwości	Jednostka	Badane odpady kuchenne	Najwyższe dopuszczalne normy [15]
pH (KCl)	-	4,6	6,5-9,0
Zawartość chlorków	mgCl/dm ³	90	1000
Zawartość ortofosforanów (V)	mg/dm ³	79,4	-
Zawartość fosforu ogólnego	mgP/dm ³	26,0	3,0

Wyciąg wodny z odpadów kuchennych wykazuje odczyn kwaśny. Natomiast zawartość chlorków (90 mg/dm³) jest stosunkowo niska w odniesieniu do zawartości normowanej Rozporządzeniem [15] tj. 1000 mg Cl/dm³. Zawartość fosforu w wyciągu wodnym z odpadów kuchennych przekracza prawie dziewięciokrotnie dopuszczalną Rozporządzeniem [15] zawartość (3 mg/dm³).

7. Posumowanie

Selektywne zbieranie bioodpadów jest w Europie obecnie uznawane za podstawową drogę zapewniającą realizację celów dyrektywy mówiącej o ograniczeniu składowania odpadów biodegradowalnych.

Na podstawie przeprowadzonych badań, można stwierdzić, że wysegregowane odpady pochodzące z gospodarstw domowych mogą być traktowane jako pełnowartościowy substrat do produkcji nawozu organicznego, bogaty w azot, fosfor, mikroelementy oraz substancję organiczną. Nasze domowe bioodpady mogą być cennym surowcem w procesie kompostowania jak również jednym ze substratów w otrzymywaniu biogazu na drodze fermentacji metanowej.

Przez wzgląd na powyższe tak ważne jest, aby odpady pochodzące z gospodarstw domowych były poddawane dalszej przeróbce przez wyspecjalizowane jednostki.

Literatura

1. Zespół autorów pod red. dr hab. Krzysztofa Skamlowskiego, Poradnik gospodarowania odpadami poradnik dla specjalistów i referentów d/s ochrony środowiska Wyd. Verlag Dashofer, Warszawa, 1998.
2. Chaudhuri P.S., Pal T.K., Gautam Bhattacharjee, Dey S.K., Chemical changes during vermicomposting (*Perionyx excavatus*) of kitchen waste, *Tropical Ecology* 41(1), pp.107-110, 2000.
3. Jędrzak, A., Bioodpady w świetle nowej dyrektywy o odpadach, *Recykling*, nr 11, s. 36-37, 2010.
4. Kuźniar J., Bioodpady jako nowa grupa odpadów. nowa dyrektywa w sprawie odpadów oraz Zielona Księga w sprawie gospodarowania bioodpadami w Unii Europejskiej. Ministerstwo Środowiska, Departament Gospodarki Odpadami. Odczyt z dnia 12.07.2012, www.ekoportal.gov.pl/opencms/opencms/ekoportal/warto_wiedziec_i_odwiedzic/artykuly/Bioodpady.html.
5. Dyrektywa Rady 1999/31/WE z dnia 26 kwietnia 1991r. w sprawie składowania odpadów (Dz. u UE 182 z 16.7.1999r., z późn. zm., str. 1).
6. Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001r. o odpadach (Dz. U. z 2007r. Nr 39, poz. 251, z późn. zm.).
7. Czop M., Lombarska A., Stan ilościowy odpadów biodegradowalnych na terenie województwa Śląskiego, *Paliwa z Odpadów VI*, s. 315-319, Gliwice 2007.
8. GUS–dane statystyczne o odpadach komunalnych - http://www.stat.gov.pl/gus/srodowisko_energia_PLK_HTML.htm, z dnia 28.08.2012.
9. Krajowy plan gospodarki odpadami - http://www.mos.gov.pl/g2/big/2009_12/fc618be9975f2ba07e0147772822743d.pdf, z dnia 28.08.2012.
10. Plan gospodarki odpadami dla województwa śląskiego, http://www.ietu.katowice.pl/aktual/KS_Plan_Gospodarki_Opadami/Aktualizacja_planu_gospodarki_opadami_dla_województwa_slaskiego.pdf, z dnia 28.08.2012.

11. Metody analizy w gospodarce odpadami. Zbiór instrukcji do ćwiczeń laboratoryjnych. Praca zbiorowa pod red. J. Biegańskiej. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2008.
 12. Biegańska J., Czop M., Kajda-Szcześniak M., Gospodarka odpadami niebezpiecznymi. Materiały do zajęć laboratoryjnych. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2010.
 13. Skalmowski K., Wolska K., Pieniak U., Roszczyńska I.: Badania właściwości technologicznych odpadów komunalnych. Ćwiczenia laboratoryjne. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2004.
 14. Biogaz, http://www.ieo.pl/dokumenty/obszary_badan/Biogaz%20-%20Produkcja%20Wykorzystywanie.pdf, z dnia 27.08.2012.
 15. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 28 stycznia 2009 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego (Dz.U. 2009 nr 27 poz. 169).
 16. Ustawa z dnia 10 lipca 2007 r. o nawozach i nawożeniu (Dz.U. 2007 nr 147 poz. 1033).
 17. Odpady niebezpieczne w odpadach komunalnych
[.http://www.master.tychy.pl/attachments/052_odpady_nieb_w_odpadach_komunalnych.pdf](http://www.master.tychy.pl/attachments/052_odpady_nieb_w_odpadach_komunalnych.pdf)
-