

PRELIMINARY ESTIMATION OF DEGRADATION LEVEL OF NON-RETURNABLE PACKINGS OFFERED BY TRADING NETWORKS IN THE COMPOSTING AND FERMENTATION PROCESSES

Summary

This paper presents the research on non-returnable packings degradation conducted into two environments: aerobic (composting process) and anaerobic (fermentation process). Six non-returnable bags from different, popular commercial networks as well as one typical non-degradable bag (as a control) were tested. The results show that only one from tested bags passed by deep decomposition process reaching 91% in more wet oxygenic environment. The rest of the bags showed very poor mass losses or did not lose any mass like control samples. During fermentation process, the maximum mass losses reached 8,5% but usually were below 2,1%. Some bags did not notice any mass losses like in the case of control. After both processes, the bag samples (with only one exception) did not show any visible changes of appearance or structure.

OCENA WSTĘPNA STOPNIA ROZKŁADU OPAKOWAŃ JEDNORAZOWYCH OFEROWANYCH PRZEZ SIECI HANDLOWE W PROCESACH KOMPOSTOWANIA I FERMENTACJI

Streszczenie

W artykule omówiono badania wstępnej weryfikacji podatności na rozkład opakowań jednorazowych z tworzyw sztucznych, oferowanych na rynku krajowym, na procesy biodegradacji w metodzie odzysku R3, czyli (wg ustawy o odpadach z 2001 r.) recyklingu lub regeneracji substancji organicznych, które nie są stosowane jako rozpuszczalniki (włączając kompostowanie i inne biologiczne procesy przekształcania). Próbkę jednorazowych opakowań foliowych poddano badaniom rozkładu w procesie kompostowania i fermentacji metanowej. Wyniki wskazują, że tylko jeden rodzaj badanych opakowań rozkładał się w procesie kompostowania (stopień rozkładu dochodzący do 91%). Dla pozostałych opakowań zanotowano stopień rozkładu poniżej 2,03%, a tylko w jednym przypadku na poziomie 8,5%.

1. Wstęp

W ostatnich kilku latach coraz większego znaczenia nabiera problem zagospodarowania odpadów z tworzyw sztucznych [1]. Wśród nich jednym z najczęściej poruszanych w mediach oraz środowisku naukowym, przedsiębiorców, konsumentów, a także polityków jest kwestia używania i zagospodarowania jednorazowych opakowań z tworzyw sztucznych [2]. Według różnych szacunków w świecie co roku trafia do obiegu kilka bilionów jednorazowych opakowań z tworzyw sztucznych [3]. W Polsce w 2007 roku liczba ta dochodziła do 1 miliarda, dopiero od 2008 r. część dużych sieci handlowych zrezygnowała z oferowania klientom bezpłatnych opakowań na rzecz płatnych, tzw. ekologicznych, czyli ulegających rozkładowi. Niektóre sieci handlowe wykorzystywały wprowadzenie płatnych jednorazowych opakowań „ekologicznych” do szerokiej kampanii reklamowej w celu stworzenia wizerunku przedsiębiorstwa przyjaznego środowisku. W istocie wprowadzenie jednorazowych opakowań ulegających łatwej i szybkiej biodegradacji jest jak najbardziej wskazane i godne poparcia. Zarówno w unijnym, jak i w polskim systemie prawnym biodegradacja, czyli recykling organiczny, jest działaniem preferowanym. Definicja zawarta w art. 3, ust. 3 punkt 15 ustawy o odpadach z 2001 r. (Dz. U. Nr 62, poz. 628) [4] określa recykling organiczny jako „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”.

Tymczasem wprowadzenie opakowań biodegradowalnych przez sieci handlowe nieoczekiwanie zmieniło możliwości ich zagospodarowania jako odpadu. Na gminy nałożono bowiem prawny obowiązek ograniczenia składowania odpadów komunalnych ulegających biodegradacji. W ciągu najbliższych lat takich biodegradowalnych opakowań nie będzie można składować na wysypiskach odpadów, ale będą musiały one być poddane procesowi odzysku. Wątpliwości budzi fakt, czy opakowania te są rzeczywiście biodegradowalne w stopniu reklamowanym przez sieci handlowe. Problem ten planuje się wyjaśnić, przeprowadzając badania modelowe w warunkach tlenowych (w procesie kompostowania), jak i beztlenowych, czyli fermentacji metanowej. Ten drugi przypadek jest bardziej zbliżony do warunków panujących wewnątrz wysypisk odpadów komunalnych.

Celem badań była wstępna weryfikacja podatności na rozkład opakowań jednorazowych z tworzyw sztucznych, oferowanych na rynku krajowym, na procesy biodegradacji w metodzie odzysku R3, czyli (według ustawy o odpadach z 2001 r.) recyklingu lub regeneracji substancji organicznych, które nie są stosowane jako rozpuszczalniki (włączając kompostowanie i inne biologiczne procesy przekształ-

cania). Należy bowiem podkreślić, że dwie podstawowe technologie odzysku R3 obejmują w warunkach rzeczywistych proces termofilnego kompostowania bioodpadów lub proces fermentacji metanowej. W przypadku umieszczenia tych odpadów bezpośrednio na wysypisku poddawane są one procesom fermentacji psychrofilowej (w temperaturze poniżej 25°C).

2. Materiał i metody

Badaniami objęto opakowania jednorazowe pochodzące z różnych sieci handlowych, którym dla potrzeb badawczych losowo przydzielono numery od 1 do 6, a także dla porównania użyto zwykle opakowania jednorazowego użytku, tzw. niedegradowalne, i przyjęto je jako próbę kontrolną. Opakowania były cięte w paski o szerokości 2 cm i długości ok. 20 cm, a następnie łączone w wiązki po 20 sztuk, spięte z jednej strony klamrą metalową z izolowanego drutu i ważone na wadze elektronicznej (dokładność 0,001 g). Tak przygotowane pakiety były poddawane procesowi intensywnego rozkładu tlenowego (kompostowania) oraz fermentacji mezofilnej.

2.1. Metodyka badań procesu kompostowania

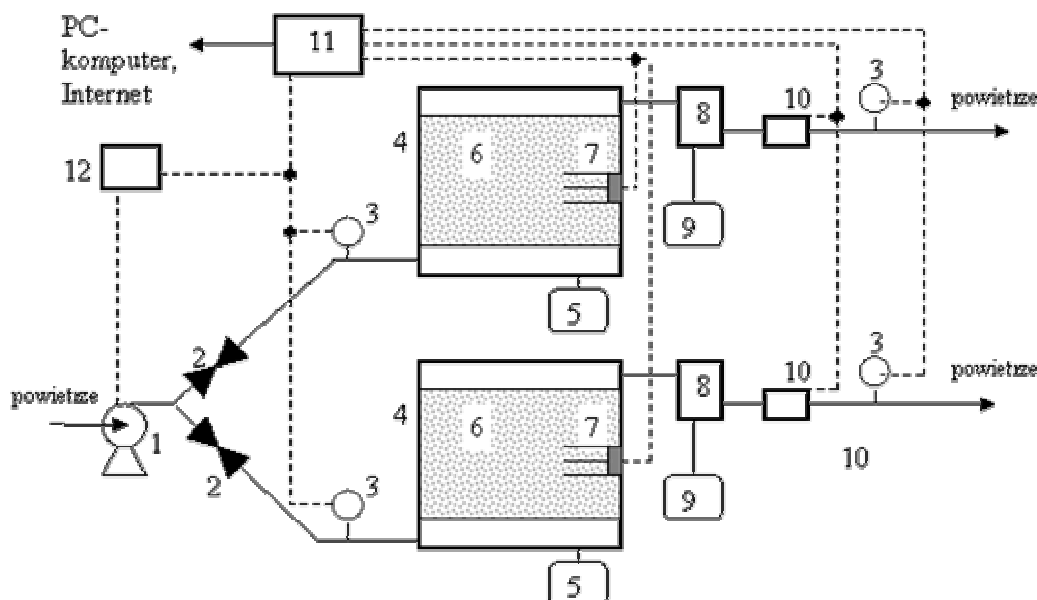
Badania podatności rozkładu jednorazowych opakowań w procesie kompostowania prowadzono w czterekomorowym bioreaktorze (pojemność komory 160 dm³) [5], będącym aktualnie na wyposażeniu Laboratorium Ekotechnologii Instytutu Inżynierii Rolniczej Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu (IIR UPP). Bioreaktor ten (rys. 1), w pełni odwzorowuje warunki termofilnego kompostowania w skali rzeczywistej [6]. Dzięki temu można w skali ćwierć technicznej precyzyjnie określać przebieg procesów rozkładu, wielkość głównych emisji gazowych oraz ewentualne występowanie i skład odcieków [7].

Rozdrobnione opakowania mieszano z podatnym na biochemiczny rozkład tlenowy materiałem organicznym, którym był obornik. Jest to materiał organiczny bardzo podatny technologicznie do kompostowania.

Do badań użyto dwóch rodzajów obornika, pochodzących z dwóch różnych hodowli trzody. Użyty obornik różnił się codziennym dodatkiem słomy i w efekcie zawartością suchej masy. W komorze K1 bioreaktora do kompostowania zastosowano obornik o większej zawartości suchej masy (35%), natomiast w komorze K2 o niższej (24%).

W czasie badań mierzono zmiany temperatury, masę kompostowanego materiału (początek i koniec doświadczenia), objętość, wilgotność metodą wagową (105°C przez min. 12 h), pH (Elmetron CP-215) i konduktywność (Elmetron CP-215) w wodnych roztworach próbek (20 g w 200 ml wody demineralizowanej). Dodatkowo kontrolowano poziom emisji gazowych z zastosowaniem głowic pomiarowych MG-72 produkcji Alter S.A. [8]. Za zakończenie doświadczenia przyjęto obniżenie temperatury kompostu do wartości poniżej 30°C, gdyż kompostowany materiał wchodzi wtedy w etap fazy mezofilnej, podczas którego dalsze dojrzewanie może trwać nawet kilka miesięcy i prowadzić do tworzenia się dojrzałego kompostu.

Po zakończeniu doświadczenia oceniano wygląd uzyskanego kompostu oraz stopień rozkładu poszczególnych próbek z badanych opakowań – wizualnie oraz wagowo. Różnica masy próbek opakowań przed kompostowaniem i po kompostowaniu określa stopień podatności na rozkład tworzywa sztucznego, z którego wykonano dany rodzaj opakowania jednorazowego. Przyjęto, że niezmienną masę przed i po kompostowaniu oznaczają zerową podatność tworzywa na biodegradację, z kolei zupełne zniknięcie wiązki pasków jest równoznaczne ze 100-procentową podatnością na recykling organiczny metodą R3.

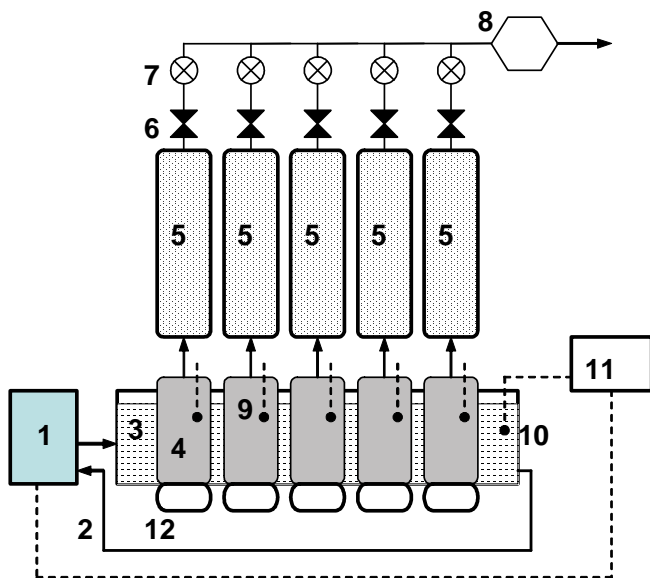


Rys. 1. Schemat 2-komorowej sekcji bioreaktora: 1. pompa, 2. regulator przepływu, 3. przepływomierz, 4. izolowana komora, 5. zbiornik na odcieki, 6. kompostowana masa, 7. zespół czujników temperatury, 8. chłodnica powietrza, 9. zbiornik na skropliny, 10. kolumna z sensorami gazowymi (NH₃, O₂, CO₂, CH₄, H₂S), 11. rejestrator 16-kanałowy, 12. system sterowania pompą

Fig. 1. Scheme of the 2-chamber bioreactor: 1. pump, 2. flow regulator, 3. flow meter, 4. isolated chamber, 5. drained liquids container, 6. composted mass, 7. sensors set, 8. air cooling system, 9. condensates container, 10. column of gases content analysis (NH₃, O₂, CO₂, CH₄, H₂S), 11. 16-channel recorder, 12. air pump steering system

2.2. Metodyka badań procesu fermentacji

Do badań został użyty, zbudowany w 2008 roku w ramach projektu MNiSW (nr N N313 1554 35) w IIR, 21-komorowy Biofermentor [8], przeznaczony do badań modelowych przebiegu fermentacji metanowej (rys. 2).



Rys. 2. Schemat biofermentora (sekcja 5-komorowa): 1. ogrzewacz wody z regulatorem temperatury, 2. izolowane przewody cieplej ogrzewającej, 3. płaszcz wodny o temp. 36-38°C, 4. biofermentor z wsadem o pojemności 2 dm³, 5. zbiornik na biogaz, 6. zawory odcinające, 7. przepływomierze gazowe, 8. analizatory gazowe (CH₄, CO₂, NH₃, SH₂), 9. sensory pH, 10. sensor temperatury, 11. centrala sterująca-rejestrująca, 12. mieszadła magnetyczne wsadu

Fig. 2. Scheme of biofermentor for biogas production research (5-chamber section): 1. water heater with temperature regulator, 2. insulated conductors of calefaction liquid, 3. water coat with temp. 36-38°C, 4. biofermentor with charge capacity 2 dm³, 5. biogas reservoir, 6. cutting off valves, 7. gas flow meters, 8. gaseous analyzers (CH₄, CO₂, NH₃, H₂S), 9. pH sensors, 10. temperature sensor, 11. steering – recording central station, 12. charge magnetic mixers

Komory biofermentora znajdują się w płaszczu wodnym o regulowanej temperaturze, stąd możliwe jest prowadzenie badań dla procesów mezofilnych (zakres 36-38°C), jak i termofilnych (52-63°C). Wytwarzany biogaz przedostaje się do zbiorników wykonanych ze szkła akrylowego wypełnionych cieczą neutralną, której poziom obniża się wraz ze wzrostem ilości gazu. Każdy zbiornik połączony jest do zestawu analizatorów składu gazu (metan, amoniak, dwutlenek węgla i siarkowodór, a także – kontrolnie – do czujnika zawartości tlenu).

Badania obejmowały pomiary zmian podstawowych parametrów fizycznych (masa fermentującego materiału na początku i końcu doświadczenia, sucha masa metodą wagową (105°C przez min. 12 h.), pH (Elmetron CP-215) i konduktyność (Elmetron CP-215) oraz badania składu i ilości wydzielanych w czasie fermentacji gazów, takich jak: metan, dwutlenek węgla, siarkowodór i amoniak.

W prowadzonych badaniach z zastosowaniem biofermentora paski uzyskane z opakowań jednorazowych także łączono

w wiązki po 20 sztuk i umieszczano w poszczególnych komorach biofermentora. Do każdej komory dodawano standardowo używaną w badaniach procesów fermentacji gnojowicę świńską w ilości 1200,00 g oraz zaszczepkę bakterii metanowych (300,00 g). Zaszczepka pochodziła z minibiogazowni, funkcjonującej w Instytucie Inżynierii Rolniczej. Zawartość suchej masy w fermentującej pulpie wynosiła 6,5% (+/- 0,5%). W każdej z komór umieszczano jednorodny materiał badawczy pochodzący z jednej sieci handlowej. Zmiany masy próbek oznaczano po wyciągnięciu i dokładnym umyciu pasków, a potem po ich wysuszeniu.

Za zakończenie doświadczenia przyjęto obniżenie produkcji biogazu do ilości poniżej 100 cm³ 24 h⁻¹. Po zakończeniu doświadczenia określano ogólną masę fermentującego wsadu oraz masę poszczególnych wiązek pasków tworzyw sztucznych.

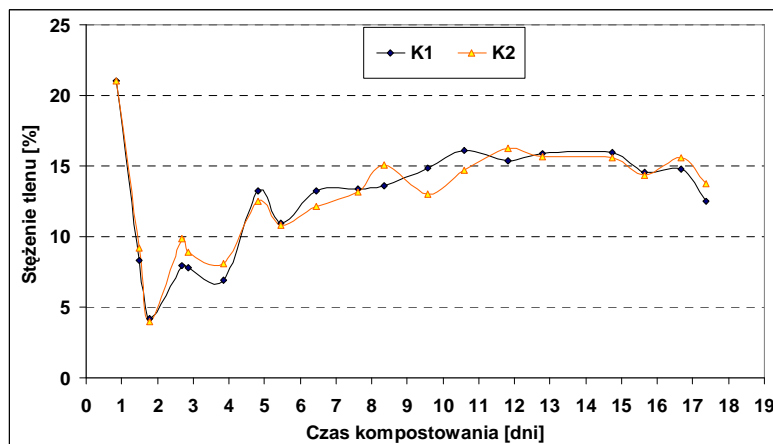
3. Wyniki badań

Obornik umieszczony w obu komorach był napowietrzany z intensywnością 3 dm³ powietrza na minutę. Należy dodać, że powietrze wychodzące z komór bioreaktora było badane na zawartość tlenu w celu uniknięcia wystąpienia warunków beztlenowych, które mogłyby zakłócić procesy rozkładu tlenowego. W czasie eksperymentu zawartość tlenu nie spadła poniżej 5%, a przez większą część utrzymywała się na poziomie powyżej 10% (rys. 3). Zapewniło to prawidłowy, tlenowy przebieg procesu kompostowania.

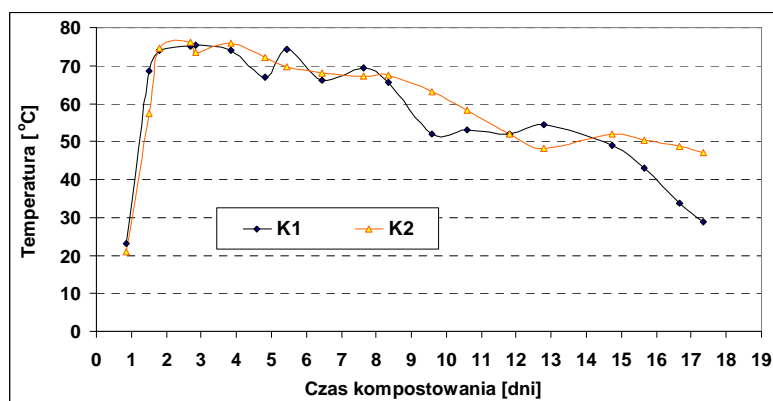
W efekcie warunków tlenowych nastąpiła charakterystyczna dla procesu kompostowania bioodpadów intensywna faza termofilna z przekroczeniem poziomu 70°C (rys. 4). Poziom ten według regulacji unijnych (dyrektywa rady 1774/2002) [9], osiągnięty na co najmniej jedną godzinę jest warunkiem prawidłowego przebiegu procesu kompostowania. Jak przedstawiono na rys. 4, proces kompostowania charakteryzował się dużą dynamiką, gdyż w trakcie największej intensywności fazy termofilnej temperatura we wnętrzu komór utrzymywała się ponad trzy doby powyżej 70°C. W świetle wspomnianej dyrektywy 1774/2002 taki przebieg procesu kompostowania trzeba uznać za prawidłowy. Ponadto występowanie tak intensywnego wzrostu temperatury w pierwszym tygodniu kompostowania jest charakterystyczne dla tego procesu, prowadzonego w warunkach rzeczywistych, na przyrządach napowietrzanych z użyciem specjalistycznych maszyn [1, 2, 10].

Po przeprowadzeniu doświadczenia, badane próbki wyciągnięto z komór, oczyszczono, wykonano dokumentację fotograficzną oraz zważono w celu ustalenia zmian masy próbek. Uzyskane wyniki przedstawiono na rys. 5.

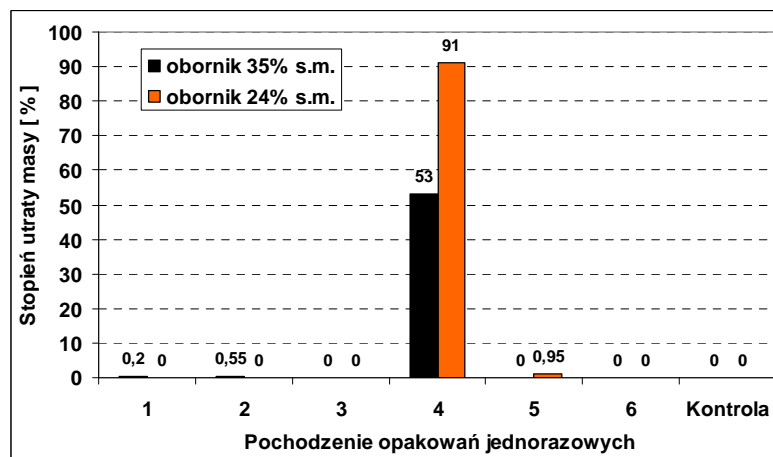
Stwierdzono, że tylko w przypadku jednego rodzaju opakowań jednorazowych nastąpiła bardzo wyraźna utrata masy, dochodząca do 91% początkowej masy w przypadku bardziej wilgotnego środowiska w czasie kompostowania (rys. 5). Stopień utraty masy w czasie kompostowania w środowisku o mniejszej wilgotności (35% s.m.) był niższy i wyniósł 53% w stosunku do masy pierwotnej. Inne badane próbki wykazywały minimalny spadek masy, nie przekraczający poziomu 1%, lub w ogóle nie zanotowano żadnych zmian w stosunku do masy pierwotnej. Warto podkreślić, że całkowity brak zmiany masy odnotowano także w próbkach kontrolnych, którymi były białe, standardowe nierozkładalne opakowania jednorazowe.



Rys. 3. Przebieg zmian zawartości tlenu w komorach bioreaktora w czasie kompostowania
 Fig. 3. Changes of oxygen content in bioreactor chamber during composting



Rys. 4. Przebieg zmian temperatury w komorach bioreaktora w czasie kompostowania
 Fig. 4. Changes of temperature in bioreactor chamber during composting



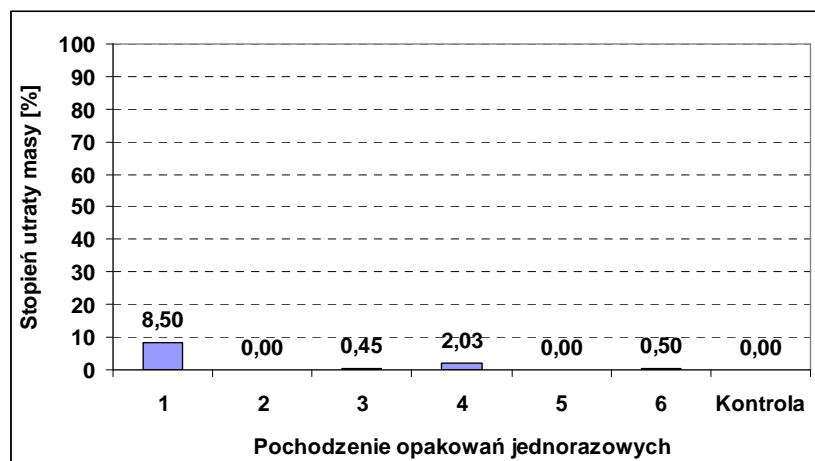
Rys. 5. Redukcja masy badanych próbek po okresie kompostowania w stosunku do masy pierwotnej
 Fig. 5. Mass reduction of analysed samples after composting process compared to the initial mass

Również analiza wizualna (poparta dokumentacją fotograficzną) wykazywała zupełny brak śladów rozkładu we wszystkich badanych próbkach poza próbką nr 4. Stwierdzono, że paski opakowań jednorazowych zakodowane pod numerem 4 wykazywały znaczący stopień rozkładu, a w przypadku próbek poddanych kompostowaniu w warunkach bardziej wilgotnych materiał w zdecydowanej większości zdegradował się całkowicie, a w próbkach wyciąganych z kompostu zachowały się jedynie resztki materiału wokół metalowej klamry.

W przypadku badań rozkładu w czasie fermentacji metabolicznej próbek opakowań jednorazowych umieszczono w fermentorach na okres 32 dni. Przez cały okres fermentacji temperatura procesu była utrzymywana na poziomie 37°C (+/-

1°C). Zmiany masy próbek po przejściu okresu fermentacji w fermentorach ilustruje rys. 6.

Z danych wynika, że spadek masy próbek opakowań jednorazowych był niewielki, osiągając maksymalnie 8,5% w przypadku próbki nr 1. Pozostałe próbki wykazały spadek na poziomie 0,45-2,03%. W przypadku próbki 2 i 5, jak też w przypadku próbek kontrolnych nie zanotowano w ogóle strat masy. Wygląd próbek po przejściu w okresie 32 dni w fermentorach, pracujących w temperaturze 37°C nie wykazywał zmian wizualnych w stosunku do materiału wyjściowego. Nie udało się zaobserwować żadnych widocznych śladów rozkładu czy też zmiany struktury.



Rys. 6. Redukcja masy badanych próbek po okresie fermentacji w stosunku do masy pierwotnej
 Fig. 6. Mass reduction of analysed samples after fermentation compared to the initial mass

Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że proces rozkładu zdecydowanej większości opakowań jednorazowych, opisywanych jako biodegradowalne, zachodzi w bardzo nieznacznym stopniu i to zarówno w warunkach tlenowych, jak i beztlenowych. Trzeba podkreślić, że dynamika procesów biochemicznego rozkładu materii organicznej w warunkach termofilnego kompostowania (w temperaturze 60-80°C) jest niezwykle wysoka. Brak znaczących oznak rozkładu w takiej temperaturze u większości badanych opakowań, określanych jako „oksybiodegradowalne”, sugeruje, że tym bardziej mogą być one słabo rozkładalne w normalnej temperaturze średniorocznej dla Wielkopolski. Niektórzy z producentów podkreślają, że ich oksybiodegradowalne opakowania potrzebują kilku lat na rozkład [11]. Jednakże faza termofilna kompostowania powinna wielokrotnie przyspieszyć rozkład. Z drugiej strony nie istnieją kompostownie, w których byłaby logistyczna możliwość przechowywania kompostu przez okres co najmniej dwóch lat. Kompost wykorzystywany jest z reguły w kilka miesięcy po jego wyprodukowaniu, a zawartość w nim zanieczyszczeń (m.in. nierozłożonych tworzyw sztucznych) dyskwalifikuje go jako materiał nawozowy.

Dla porównania warto wspomnieć, że w prowadzonych w latach 2008-2009 w Instytucie Inżynierii Rolniczej UP w Poznaniu badaniach nad rozkładem opakowań papierowych, w tym zanieczyszczonych pestycydami, uzyskano prawie całkowity rozkład badanych próbek w czasie fazy termofilnej kompostowania. W zestawieniu z opisanymi wynikami może to sugerować większą przydatność opakowań papierowych w rolnictwie z uwagi na możliwość ich utylizacji w powszechnym w gospodarstwach procesie kompostowania.

Niniejsza publikacja zawiera jedynie ocenę zmian badanych materiałów w skali makroskopowej. Wydaje się jednak celowe przeprowadzenie badań zmian struktury i właściwości mechanicznych dla określenia czy w trakcie procesów fermentacji lub termofitowego rozkładu tlenowego zachodzą w analizowanych opakowaniach większe zmiany w stosunku do popularnych, nierozkładalnych opakowań jednorazowych.

4. Wnioski

1. Stopień rozkładu opakowań jednorazowych, opisywanych jako oksybiodegradowalne mierzony procentowym ubytkiem masy w procesie kompostowania był (poza jednym wyjątkiem) niewielki.
2. W przypadku poddania próbek opakowań procesowi fermentacji uzyskano także niewielki ubytek masy w zakresie 0-2,03%. Tylko w jednym przypadku uzyskano 8,5%.
3. W większości badanych opakowań nie stwierdzono wizualnych oznak rozkładu lub zmian struktury.

5. Literatura

- [1] Jędrzak A.: Biologiczne przetwarzanie odpadów. Warszawa: PWN, 2007, ss. 620.
- [2] Beigl, P., Lebersorger, S., Salhofer, S.: Modelling municipal solid waste generation: A review. 2008. Waste Management 28, 200–214.
- [3] Achilias D.S., Karayannidis G.P.: The chemical recycling of PET in the framework of sustainable development, 2004. Water Air Soil Pollut. Focus 4, 385–396.
- [4] Dz. U. Nr 62, poz. 628. Ustawa o odpadach z dn. 27 kwietnia 2001 r.
- [5] Dach J. Wpływ intensywności napowietrzania osadów ściekowych na emisję amoniaku podczas kompostowania. J. Res. Applic. Agric. Engng, 2010, Vol. 55(1), 20-24
- [6] Czekala J., Dach J., Wolna-Maruwka A.: Wykorzystanie bioreaktora do badań modelowych kompostowania osadu ściekowego. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie, 2006, T. 6, Zeszyt 2(18), 29-40.
- [7] Dach J., Niżewski P., Jędrus A., Boniecki P.: Badania wpływu aeracji na dynamikę procesu kompostowania w bioreaktorze. J. Res. Applic. Agric. Engng, 2007, Vol. 52(1), s. 68-71.
- [8] Pilarski K., Dach J., Mioduszewska N. Porównanie wydajności produkcji metanu z gnojowicy świńskiej i bydłowej z dodatkiem gliceryny rafinowanej. „Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering” 2010, Vol. 55(2), s. 78-81
- [9] Rozporządzenie (WE) No 1774/2002 PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY z dnia 3 października 2002 roku.
- [10] Dach J., Zbytek Z.: Wpływ wysokobiałkowego żywienia trzody na wielkość emisji amoniaku z kompostowanego obornika. J. Res. Applic. Agric. Engng, 2008, Vol. 53(3), s. 48-52.
- [11] Lumex, Podkarpackie Centrum Opakowań. 2011. http://www.lumex.pl/firma/artykuly/269.html#ekologiczny_polie_tylen