

## WYKORZYSTANIE ODPADÓW Z UBOJNI DROBIU DO PRODUKCJI KOMPOSTU

Michał Kopec<sup>1</sup>, Krzysztof Gonddek<sup>1</sup>, Kalina Orłowska<sup>1</sup>, Zdzisław Kulpa<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Katedra Chemii Rolnej i Środowiskowej, Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie, al. Mickiewicza 21, 31-120 Kraków, e-mail: m.kopec@ur.krakow.pl

<sup>2</sup> CEDROB S.A. - Oddział Zakłady Drobiarskie w Niepołomicach, ul. Mokra 7, 32-005 Niepołomice, e-mail: Zdzislaw.Kulpa@cedrob.com.pl

### STRESZCZENIE

Przemysł drobiarski generuje duże ilości odpadów, które w procesie biologicznego przetwarzania stwarzają szereg problemów. Mimo dużej wartości wskaźnika rzeźności drobiu, problemem są pozostałości odpadowe tłuszczu i trudno rozkładalnej kreatyny. Przeprowadzono proces kompostowania odpadów z fermy drobiu oraz ubojni drobiu wymieszanych ze słomą kukurydzianą, która stanowiła materiał strukturotwórczy oraz poprawiała ilość węgla w substracie. Skład chemiczny kompostów uzyskanych z poubojowych odpadów drobiarskich z udziałem słomy kukurydzianej spełniał minimalne wymagania dla nawozów organicznych. Z badań wynika, że recykling organiczny odpadów z przemysłu drobiarskiego, przy uwzględnieniu bezpieczeństwa sanitarnego, powinien być podstawową metodą odzysku zawartych w nich składników pokarmowych dla roślin i materii organicznej.

**Słowa kluczowe:** przemysł drobiarski, odpady, kompost, składniki pokarmowe dla roślin

## THE USE OF POULTRY SLAUGHTERHOUSE WASTE TO PRODUCE COMPOST

### ABSTRACT

Poultry industry generates large amounts of waste, which in the biological treatment process creates a number of problems. One of them is a high amount of fat and creatine which is hard to decompose. Composting process was carried out with the waste from poultry farms and abattoirs mixed with maize straw, which was used to improve the structure and to increase the amount of carbon in the substrate. The chemical composition of composts from poultry waste involving maize straw meets the minimum requirements for organic fertilizers. It seems that recycling of organic waste from the poultry industry should be the primary method of nutrient recovery for plants and organic matter contained in them, however on condition that the health safety is preserved.

**Keywords:** poultry industry, waste, compost, nutrients for plants

## WSTĘP

Aby sprostać wyzwaniom związanym z rosnącą populacją ludzi, coraz szybszym wyczerpywaniem niektórych zasobów, rosnącą presją na środowisko i zmianą klimatu, mieszkańcy Europy muszą radykalnie zmienić podejście do produkcji, konsumpcji, przetwarzania, przechowywania, recyklingu i unieszkodliwiania pozostałości poprodukcyjnej. Strategia – Innowacje w służbie zrównoważonego wzrostu: biogospodarka dla Europy – zakłada stworzenie podstaw dla bardziej innowacyjnego, zasobooszczędnego i konkurencyjnego społeczeństwa, w którym zapewnienie bezpieczeństwa żywnościowego nie wchodzi w konflikt z zasadami zrównoważonego wykorzystania zasobów odnawialnych dla celów przemysłowych, przy jednoczesnym zapewnieniu ochrony środowiska [Komunikat Komisji... 2012]. W strategię tę oraz zadania dotyczące bioodpadów określone w artykule 22 dyrektywy w sprawie odpadów [Dyrektywa Parlamentu... 2008] wpisują się problemy produkcji drobiu oraz zakładów przemysłu mięsnego. Sobczyk [2008] przypisuje gospodarce odpadami na fermie drobiu 1/3 punktów za negatywne oddziaływanie na środowisko. Mimo, że w porównaniu z innymi zakładami przetwarzania produktów zwierzęcych, ubojnie drobiu nie produkują dużej ilości odpadowej tkanki zwierzęcej, to jednak materiał ten stanowi problem dla zakładów.

Daniel i in. [2012] szacują poziom niewykorzystanych surowców podczas uboju drobiu na 31-38%, co potwierdzają wskaźniki wydajności poubojowej dla drobiu (70%) podane w metodyce GUS [Metodyka szacowania... 2008] (wskaźnik wydajności poubojowej to stosunek masy tuszy po uboju do wagi żywca przed ubojem wyrażony w procentach). Dla wielu zakładów wartości te mogą być zawyżone nawet o 10 jednostek. Funkcjonują zakłady osiągające wydajności rzeźne dla drobiu grzebiącego ponad 80%, a w przypadku drobiu wodnego nawet ponad 85% (odzyskiwane pierze i łapy). Według autorów „Wytucznych w zakresie wykorzystania produktów ubocznych oraz zalecanego postępowania z odpadami w rolnictwie i przemyśle rolno-spożywczym” [2010], odpadowa tkanka zwierzęca o kodzie 020202 jest wytwarzana w ubojniach średnio w ilości 0,26 Mg (zakres 0,17–0,31 Mg) na 1 Mg produktu i 0,19 Mg (zakres 0,13–0,23 Mg) na 1 Mg surowca. Autorzy tej publikacji uważają, że wskaźniki materiałochłonności i odpadowości są stosunkowo mało zróżnicowane pomiędzy zakładami produkcyjnymi oraz są zbliżone do uzyskiwanych w krajach zachodniej Europy. Przy rocznej produkcji drobiu w Polsce na poziomie 12–13 mln ton wytwarzanie odpadów można szacować na co najmniej 3,6–3,9 mln ton. Ilość odpadów i emisja zanieczyszczeń powstających w czasie chowu i uboju drobiu zależy przede wszystkim od wielkości ferm i zakładów przetwórczych oraz przyjętych technologii [Myszograj, Puchalska 2012].

W procesie technologicznym, w miarę możliwości zakładów, odpady są przetwarzane na mączkę mięsną z różnym udziałem krwi odpadowej. Linie technologiczne wytwarzają również mieszaniny fragmentów nieużytecznych tkanek, tłuszczu oraz pierza. Odpad ten charakteryzuje duży stopień uwodnienia, a zawartość tłuszczu

generuje problemy w technologiach przetwarzania. Myszograj i Puchalska [2012] wskazują na przydatność tych odpadów do biogazyfikacji.

Wydaje się, że jedną z przydatnych metod przetwarzania odpadów zawierających tłuszcz jest kompostowanie. Ozimek i Kopeć [2012] wykazali możliwość uzyskania kompostu z dodatkiem oleju odpadowego o porównywalnych parametrach do kompostu z dodatkiem mączki mięsno kostnej. Procesy przetwarzania odpadów przemysłu drobiarskiego wiążą się z infrastrukturą instalacji i nakładami energetycznymi [Staroń i in. 2010]. Kompostowanie uwodnionych odpadów przemysłu drobiarskiego może być alternatywą dla procesów hydrolizy lub termicznego przekształcania. Odpady te mogą być jednym z substratów w instalacjach posiadających możliwości napowietrzania i zasoby surowców roślinnych.

W badaniach kompostowano poubojowe odpady z przemysłu drobiarskiego z wykorzystaniem słomy kukurydzy, jako podstawowego substytutu strukturotwórczej biomasy. Celem przeprowadzonych badań było określenie przydatności produktu pod kątem przyrodniczego wykorzystania.

## MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Doświadczenie kompostowania przeprowadzono w okresie 100 dni w skrzyniach o wymiarach 1,2×1,0×0,8 m z perforowanym dnem umożliwiającym napowietrzanie. Materiałem kontrolnym (obiekt A) była słoma kukurydzy (34,78 kg s.m.), do której wprowadzono wykazane poniżej odpady przemysłu drobiarskiego. Odpady zastosowano w ilościach wynikających z ich fizycznych właściwości, biorąc pod uwagę strukturę materiału wsadowego. Do słomy kukurydzy dodano w przeliczeniu na suchą masę: 126,5% odpadu z fermy kurzej – obiekt B (odchody zwierząt wymieszane ze słomą), 12,3% odpadu 1 z ubojni – obiekt C (pulpa będąca mieszaniną tłuszczu, krwi i tkanek zwierzęcych), 39,8% odpadu 2 z ubojni – obiekt D (mieszanina pierza i tłuszczu). Dodany materiał charakteryzował się różną zawartością suchej masy, odpowiednio A – 34,1%, B – 61,4%, C – 18,5%, D – 54,0%. Doświadczenie prowadzono wyrównując wilgotność do 50% suchej masy. Napowietrzanie prowadzono w cyklach 10 razy na dobę przez 15 minut (wpompowując jednorazowo od dołu kompostowanej masy 150 dm<sup>3</sup> powietrza) oraz przerzucając ręcznie masę 5 krotnie w okresie trwania doświadczenia.

Temperaturę wewnątrz materiału rejestrowano z zastosowaniem rejestratorów DT-171 z częstotliwością co 30 minut.

W materiale organicznym po doświadczeniu oznaczono zawartość makro i mikropierwiastków po mineralizacji na sucho i rozтворzeniu w mieszaninie kwasu azotowego(V) i chlorowodorowego wykorzystując technikę ICP-OES, natomiast zawartość siarki oznaczono po mineralizacji w stężonym kwasie azotowym(V), a azotu metodą Kjeldahla.

## WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

W tabeli 1 przedstawiono wyniki analizy składu chemicznego materiałów przeznaczonych do kompostowania, a wyniki analizy kompostów otrzymanych na bazie wyłącznie słomy kukurydzianej oraz tego substratu z dodatkami odpadowymi zaprezentowano w tabeli 2.

**Tabela 1.** Skład chemiczny słomy kukurydzy i materiałów odpadowych przemysłu drobiarskiego przeznaczonych do kompostowania

**Table 1.** The chemical composition of maize straw and poultry industry waste material to be composted

Pierwiastek	A		B		C		D	
	Słoma kukurydzy		odpadem z fermy kurzej		odpadem 1. z ubojni		odpadem 2. z ubojni	
	zawartość	SD	zawartość	SD	zawartość	SD	zawartość	SD
	[g · kg <sup>-1</sup> s.m.]							
N	12,84	0,48	45,54	0,51	53,11	5,66	17,10	1,72
S	nie badano							
P	3,72	0,18	15,83	0,89	6,25	1,06	0,79	0,31
K	11,88	0,68	26,81	1,12	1,77	0,08	0,21	0,11
Na	0,05	0,01	3,26	0,14	0,58	0,07	0,13	0,01
Ca	3,33	0,19	17,46	1,21	9,64	0,43	2,13	0,21
Mg	1,50	0,07	5,31	0,33	0,84	0,05	0,22	0,02
	[mg · kg <sup>-1</sup> s.m.]							
Cu	7,57	0,27	86,28	3,14	46,89	1,39	4,65	1,59
Zn	91,81	6,50	337,23	23,94	203,65	4,90	34,57	1,91
Mn	43,69	2,32	558,16	47,70	153,36	3,18	19,46	2,57
Fe	587,7	70,3	669,3	44,8	8597	152,5	263,4	29,6
Ni	1,70	0,24	11,91	1,23	8,42	0,54	2,71	0,04
Cr	3,45	0,00	2,86	0,35	15,76	0,07	3,77	1,19
Pb	5,36	1,07	0,66	0,15	1,83	0,23	0,44	0,02
Cd	0,28	0,04	0,23	0,00	0,09	0,03	0,03	0,01

SD – Odchylenie standardowe / standard deviation.

Odpady z fermy kurzej różnią się znacząco pod względem zawartości makro i mikropierwiastków od odpadów z ubojni. Są to odpady zasobne we wszystkie analizowane składniki pokarmowe. Technologia obróbki kurczaków w ubojni powoduje zróżnicowanie pomiędzy powstającymi odpadami. Odpad z mieszaniny pierza i tłuszczu zawierał najmniejsze ilości składników pokarmowych. Należy zwrócić uwagę na zawartość żelaza w mieszaninie tłuszczu, krwi i tkanek zwierzęcych. Tak

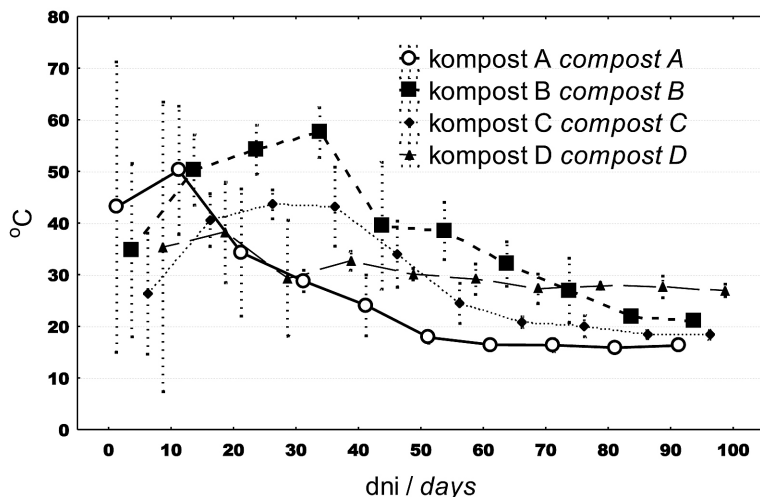
**Tabela 2.** Skład chemiczny kompostów przygotowanych na bazie słomy kukurydzy i odpadów przemysłu drobiarskiego**Table 2.** The chemical composition of composts prepared from maize straw and poultry industry waste

Pierwiastek	A		B		C		D	
	Słoma kukurydzy		Słoma kukurydzy zmieszana z:					
	Słoma kukurydzy		odpadem z fermy kurzej		odpadem 1. z ubojni		odpadem 2. z ubojni	
	zawartość	SD	zawartość	SD	zawartość	SD	zawartość	SD
	[g · kg <sup>-1</sup> s.m.]							
N	26,3	0,70	24,7	0,80	33,1	0,20	22,9	0,70
S	2,28	0,07	5,72	0,22	4,45	0,41	2,35	0,10
P	8,23	0,13	18,63	0,95	14,07	0,65	5,94	0,49
K	24,92	1,51	37,60	0,47	27,74	0,33	16,39	1,58
Na	0,20	0,04	3,10	0,02	0,41	0,09	0,30	0,06
Ca	6,08	0,08	16,09	0,84	10,56	0,33	6,92	0,38
Mg	3,36	0,02	6,64	0,34	3,61	0,13	2,47	0,17
	[mg · kg <sup>-1</sup> s.m.]							
Cu	17,59	0,02	90,11	1,56	34,18	1,35	18,37	0,53
Zn	235,2	3,71	440,9	18,1	271,9	7,50	169,2	1,38
Mn	107,0	1,60	473,8	16,1	162,0	2,9	106,0	3,3
Fe	1600	305	1282	91	9655	136	1509	151
Ni	2,09	0,50	8,44	0,20	5,81	0,60	3,64	0,39
Cr	5,22	0,62	5,41	0,69	12,45	1,32	7,67	0,44
Pb	9,14	1,50	6,30	0,29	13,03	0,45	7,06	0,27
Cd	0,76	0,05	0,41	0,00	0,78	0,06	0,45	0,02

SD – Odchylenie standardowe / standard deviation.

duża zawartość tego pierwiastka może być związana z jego wprowadzeniem w trakcie procesu technologicznego.

Na rycinie 1 przedstawiono zmiany temperatury w poszczególnych obiektach w okresie 100 dni kompostowania. Przebieg tego czynnika sugeruje duże zróżnicowanie w zależności od dodatku odpadu. Słoma kukurydzy poddana kompostowaniu osiągnęła najwyższą temperaturę na początku procesu. W tym obiekcie zmiany temperatury, świadczące o dojrzewaniu kompostu, przebiegają zgodnie z teoretyczną dynamiką. Dodatek pomiotu i pulpy (odpad 1 z ubojni) przesunął znacząco w czasie intensywną fazę procesów mikrobiologicznych, natomiast kompostowanie odpadu 2 z ubojni na bazie pierza, po zwiększeniu temperatury w pierwszym okresie, było bardzo wyrównane w kolejnych dniach. Świadczy to o spowolnieniu procesów kompostowania słomy kukurydzianej z dodatkiem odpadów przemysłu drobiarskiego.



Rys. 1. Zmiany temperatury w trakcie procesu kompostowania  
 Fig. 1. Temperature changes during the composting process

Nawozy organiczne w postaci stałej powinny zawierać co najmniej 30% substancji organicznej w przeliczeniu na suchą masę; w przypadku deklarowania w nich azotu lub fosforu, lub potasu albo ich sumy, zawartość poszczególnych składników nie może być mniejsza niż: a) 0,3% (m/m) azotu całkowitego (N), b) 0,2% (m/m) fosforu w przeliczeniu na pięciotlenek fosforu ( $P_2O_5$ ), c) 0,2% (m/m) potasu w przeliczeniu na tlenek potasu ( $K_2O$ ), co odpowiada kolejno: 3, 2 i 2  $g \cdot kg^{-1}$  [Rozporządzenie... 2008].

Komposty przygotowane na bazie odpadów z przemysłu drobiarskiego ze względu na wymagane deklarowane zawartości pierwiastków (NPK) spełniały minimalne kryteria. W wyniku kompostowania następuje zagęszczanie pierwiastków. Największą zawartość azotu stwierdzono w kompoście z dodatkiem pulpy, będącej mieszaniną tkanek miękkich i krwi odpadowej (C). Przy dużej zawartości azotu w materiale użytym do kompostowania i najmniejszym udziale w odniesieniu do słomy kukurydzy z teoretycznej zawartości azotu  $17,9 g \cdot kg^{-1}$  ( $12,8 \cdot 0,877 + 53,11 \cdot 0,123$ ) po procesie kompostowania otrzymano materiał o zawartości  $33,1 g \cdot kg^{-1}$ .

Natomiast obliczając analogicznie zawartość w materiale wyjściowym poddanym kompostowaniu z odpadem z fermi kurzej, w którym zawartość azotu wynosiła  $31,08 g \cdot kg^{-1}$ , można stwierdzić, że istnieje potrzeba opracowania technologii, w tym proporcji mieszaniny, w której ograniczono by straty azotu. W tym kompoście straty azotu do powietrza w trakcie procesu wynosiły około 23%.

Zawartość pierwiastków śladowych w kompostach otrzymanych z odpadów przemysłu drobiarskiego nie stanowi zagrożenia dla środowiska. Mimo zagęszczenia w stosunku do materiałów wyjściowych poziomu zawartości oraz biorąc pod uwagę dawki stosowanych kompostów nie powinny one stanowić zagrożenia dla środowiska.

Pierwiastki, w przypadku których stwierdzono duże zawartości, są mikroelementami. Ze względu na przemiany zachodzące w wyniku mineralizacji w glebie, również zawartość żelaza około  $10 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  w kompoście nie budzi zastrzeżeń.

Produkty, które uwzględniono w opracowaniu należą do 3 kategorii grupy ryzyka. Biorąc pod uwagę uwarunkowania prawne zagospodarowania odpadów i znaczenie materii organicznej dla rolnictwa to metody biologicznego przetwarzania odpadów z przemysłu drobiarskiego mogą być stosowane w ich zagospodarowaniu. Uzasadnione jest spełnienie wymagań dotyczących higienizacji materiału, zgodnie z wytycznymi dotyczącymi produktów ubocznych pochodzenia zwierzęcego, nieprzydatnych do spożycia przez ludzi. Utrzymanie temperatury  $70 \text{ }^\circ\text{C}$  w warunkach technologii kompostowania nie stanowi problemu przy odpowiednich proporcjach substratów, które umożliwią zachowanie poprawnego stosunku C:N oraz parametrów strukturalnych zapewniających napowietrzanie kompostowanego materiału. Odpady zawierające tłuszcz są w tym przypadku problematyczne, ale z badań Ozimek i Kopia [2012] wynika, że przy niewielkim ich udziale zwiększa się aktywność procesu kompostowania.

Według Kosteckiej [2008] większość reaktywnych składników przeestryfikowanych tłuszczów, w tym drobiowych, ulega utlenieniu i zaczynają przeważać reakcje rozkładu nadtlenków (powstanie wtórnych produktów utleniania), a wartość liczby nadtlenkowej zmniejsza się. Zwiększenie szybkości utleniania i skrócenie okresu indukcji zależy od temperatury estryfikacji. Odpady poubojowe z przemysłu drobiarskiego są zasobne w azot [Rodzyńkiewicz i in. 2009]. Według Myszograj i Puchalskiej [2012] stosunek C:N w pierzu wynosi 3,3, w głowach i nogach indyczych około 6,5, w osadzie flotacyjnym 3,6, natomiast we wnętrzościach 36,5. Wskazuje to na potrzebę uzupełnienia węgla w trakcie kompostowania czy biogazyfikacji.

## WNIOSKI

1. Skład chemiczny kompostów uzyskanych z poubojowych odpadów drobiarskich z udziałem słomy kukurydzianej spełnia minimalne wymagania dla nawozów organicznych.
2. Recykling organiczny odpadów z przemysłu drobiarskiego, przy uwzględnieniu bezpieczeństwa sanitarnego, powinien być podstawową metodą odzysku zawartych w nich składników pokarmowych dla roślin i materii organicznej.

## Podziękowania

Wyniki badań realizowane w ramach tematu nr 3101 zostały sfinansowane z dotacji na naukę przyznanej przez MNiSW.

## PIŚMIENNICTWO

1. Daniel Z., Juliszewski T., Kowalczyk Z., Malinowski M., Sobol Z., Wrona P. 2012. Metoda szczegółowej klasyfikacji odpadów z sektora rolniczego i rolno-spożywczego. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, Polska Akademia Nauk, Oddział w Krakowie, 2/IV/2012: 141-152.
2. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego I Rady 2008/98/WE z dnia 19 listopada 2008 r. w sprawie odpadów oraz uchylająca niektóre dyrektywy *Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej* L 312/3.
3. Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów - *Innowacje w służbie zrównoważonego wzrostu: biogospodarka dla Europy* Bruksela, dnia 13.2.2012 r. COM(2012) 60 final.
4. Kostecka M. 2008. Charakterystyka mieszaniny tłuszczu drobiowego z olejem rzepakowym przed i po przeestryfikowaniu enzymatycznym. *Żywność.Nauka.Technologia. Jakość*, 5(60): 257-272.
5. Metodyka szacowania fizycznych rozmiarów produkcji zwierzęcej. 2008. GUS Warszawa. [http://www.stat.gov.pl/cps/rde/xbcr/gus/RLS\\_metodyka\\_szacowanie\\_rrozmiarow\\_prod\\_zwierzecej.pdf](http://www.stat.gov.pl/cps/rde/xbcr/gus/RLS_metodyka_szacowanie_rrozmiarow_prod_zwierzecej.pdf)
6. Myszograj S., Puchalska E. 2012. Odpady z chowu i uboju drobiu – zagrożenie dla środowiska czy surowiec do produkcji energii. *Medycyna Środowiskowa*, 15(3): 106-115.
7. Ozimek A., Kopeć M. 2012. Ocena aktywności biologicznej biomasy na różnych etapach procesu kompostowania przy użyciu systemu pomiarowego OxiTop control. *Acta Agrophys.*, 19(2): 379-390.
8. Rodzyńkiewicz A., Łaba W., Sobolczyk J., Grzelak A., Drozd J. 2009. Kompostowanie odpadów keratynowych przy udziale szczepionki bakteryjnej w bioreaktorze obrotowym. *Inż. Ap. Chem.*, 48(3): 95-97.
9. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 18 czerwca 2008 r. w sprawie wykonania niektórych przepisów ustawy o nawozach i nawożeniu. *Dz.U.* 2008, nr 119, poz. 765.
10. Sobczyk W. 2008. Ryzyko środowiskowe związane z działalnością sektora rolnego (badania wstępne na przykładzie fermy drobiu i wytwórni pasz w Klimontowie). *Inż. Ekol.*, 5(130): 259-266.
11. Staroń P., Banach M., Kowalski Z., Wzorek Z. 2010. Unieszkodliwianie wybranych odpadów poubojowych na drodze hydrolizy. *Czasopismo Techniczne* z. 10, Chemia z. 1-Ch: 333-341.
12. Wytyczne w zakresie wykorzystania produktów ubocznych oraz zalecanego postępowania z odpadami w rolnictwie i przemyśle rolno-spożywczym. 2010. Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi, Instytut Technologiczno-Przyrodniczy, Falenty–Warszawa, ss. 104.