

ANITA STAROŃ, ZYGMUNT KOWALSKI,
MARCIN BANACH, ZBIGNIEW WZOREK*

SPOSOBY TERMICZNEJ UTYLIZACJI ODPADÓW Z PRZEMYSŁU MIĘSNEGO

METHODS OF THERMAL UTILIZATION OF ANIMALS WASTE

Streszczenie

W niniejszym artykule przedstawiono metody termicznej utylizacji odpadów z przemysłu mięsnego oraz sposoby zagospodarowania powstających popiołów. Dobór urządzenia stosowanego w procesie spalania zależy od właściwości utylizowanego materiału (wielkości, wartości opałowej, zawartości wilgoci itp.). Właściwie przeprowadzony proces termicznej utylizacji odpadów mięsno-kostnych nie jest szkodliwy dla otoczenia. Powstające spaliny oraz popiół nie wydzielają nieprzyjemnych zapachów. Popiół zawiera prawie czysty hydroksyapatyt, niezanieczyszczony metalami ciężkimi. Ciepło spalania odpadu z przemysłu mięsnego może wynosić nawet ponad 30 MJ/kg, a wartość ta zależy od rodzaju materiału.

Słowa kluczowe: termiczna utylizacja, odpady mięsno-kostne, popiół kostny, hydroksyapatyt

Abstract

The paper presents different methods of thermal utilization of animals waste and the ways of ashes management. Selection of proper installation depends on material properties (quantity, heating value, moisture). The appropriately conducted process of thermal utilization of animal waste is not burden to the environment, which means that the exhaust fumes coming out from the chimney and the produced ash do not emit offensive smells. The ash which is a product of the combustion of bone and bone- meat waste contains almost pure hydroxyapatite, which contains no heavy metals. The amount of heat of combustion of animals waste could be over 30 MJ/kg and it depends on the sort of material.

Keywords: thermal utilization, meat-bone waste, bone ash, hydroxyapatite

* Mgr inż. Anita Staroń, prof. dr hab. inż. Zygmunt Kowalski, dr inż. Marcin Banach, dr hab. inż. Zbigniew Wzorek, Instytut Chemii i Technologii Nieorganicznej, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Politechnika Krakowska.

1. Wstęp

Utrzymująca się na wysokim poziomie produkcja artykułów spożywczych oraz ilość generowanych przy tym odpadów jest konsekwencją wzrostu zapotrzebowania na żywność. W państwach Unii Europejskiej w ciągu roku sam przemysł mięsny wytwarza 18 mln ton różnego rodzaju odpadów [1]. Ze względu na pochodzenie, odpady klasyfikuje się w sześć grup: rzeźne, zawierające chlorki, energetyczne, komunalno-gospodarcze, gnojownica oraz osady ściekowe. Metoda postępowania z danym odpadem zależy od kategorii, do której on należy. Na szczególną uwagę zasługują odpady rzeźne, gdyż ze względu na wysoką zawartość białek i tłuszczu (ponad 50%) zaliczane są do odpadów organicznych.

2. Charakterystyka odpadów mięsno-kostnych

W państwach UE obowiązuje podział na trzy kategorie odpadów. Przynależność odpadu do danej kategorii jest ściśle określona przez rozporządzenie ustanawiające przepisy sanitarne dotyczące produktów ubocznych pochodzenia zwierzęcego nieprzeznaczonych do spożycia przez ludzi [2]. Rozporządzenie to ściśle definiuje sposób ich przechowywania, transportowania oraz unieszkodliwiania. Klasyfikacja do poszczególnych kategorii opiera się na określeniu zagrożenia, jakie stwarza dany odpad.

Kategoria I odpadów to odpady szczególnego ryzyka. Należą do niej głównie odpady kostne i elementy ciał zwierząt podejrzanych o możliwość zakażenia BSE lub chorobami przenoszonymi się na ludzi. Kategoria II odpadów, odpady wysokiego ryzyka, to m.in. materiał zebrany podczas obróbki ścieków z rzeźni, odchody i treść przewodu pokarmowego. Kategoria III odpadów to odpady niskiego ryzyka, czyli produkty zwierzęce zdadne do spożycia przez ludzi, ale nieprzeznaczone do wprowadzania na rynek oraz części tusz zwierząt nie zakażonych chorobami przenoszonymi się na ludzi lub zwierzęta, ale uznanych za niezdatne do spożycia [2–4].

Niezależnie od kategorii, do której należy dany materiał, musi on być gromadzony, transportowany i identyfikowany w możliwie najkrótszym czasie, a następnie utylizowany termicznie.

Obecnie do podstawowych założeń gospodarki odpadami należy wprowadzanie technologii bezodpadowych. Zgodnie z tym odpady z przemysłu mięsnego stają się produktem pośrednim i są dalej przetwarzane. Proces ten redukuje ilość odpadów składowanych, a tym samym zapobiega zanieczyszczeniu środowiska.

Na ilość powstających odpadów w zakładach mięsnych ma wpływ wiele czynników, m.in.: rodzaj przerabianych surowców i ich wzajemne proporcje, rodzaj aparatury, jaką dysponuje dany zakład przetwórstwa, oraz wybór odpowiedniej metody technologicznej.

Przemysł mięsny w Polsce jest zdominowany przez małe zakłady, które są przeważnie mniej rozwinięte i wytwarzają więcej odpadów. W przypadku małych zakładów pojawiają się także trudności w minimalizacji i utylizacji odpadów. Tabela 1 przedstawia szacunkowe dane dotyczące średniej ilości odpadów mięsnych generowanych przez przemysł mięsny w Polsce w ciągu roku [5].

Odpady rzeźne stanowią około 37% wszystkich odpadów z przemysłu mięsnego [6]. Do grupy odpadów rzeźnych zaliczane są zarówno odpady mięsne, jak i kostne. Ogólnie przyjmuje się, iż odpadem mięsnym jest wszystko to, co nie jest kością oraz nie powstało w wyniku przerobu kości. Do grupy odpadów mięsnych zalicza się [7]:

- krew, której składniki wykorzystywane są w przemyśle spożywczym (barwnik zamienników mięsa) oraz w syntezie chemicznej różnych związków [5],
- jelita, które wykorzystuje się w przemyśle spożywczym jako osłonki wędlin,
- gruczoły wydzielania wewnętrznego, zewnętrznego oraz o wydzielaniu mieszanym, stanowiące cenny surowiec dla przemysłu farmaceutycznego,
- skóry ze zwierząt rzeźnych będące składnikiem klejów, nici i gąbek chirurgicznych,
- szczecinę stosowaną w produkcji włosa do pędzli itp.,
- podroby stosowane w przemyśle spożywczym,
- rogowizny, które mogą być z powodzeniem wykorzystywane jako źródło związków azotowych oraz aminokwasów zawierających siarkę [7].

Tabela 1

Średnia ilość odpadów z przemysłu mięsnego w Polsce w ciągu roku [5]

Nazwa odpadu	Skala krajowa [tys. Mg/rok]
Surowce oraz odpady nie nadające się do przetwórstwa	1,3
Szczecina	8,0
Odpadowa tkanka zwierzęca miękka	15,0
Krew	19,0
Paznokcie, rogi itp.	27,0
Podroby oraz treść jelitowa	40,0
Tłuszcze	45,0
Treść pokarmowa	92,0
Kości poprodukcyjne	125,0
Uboczne produkty z uboju	191,0
Odpady poflotacyjne	383,0
Suma	945,0

Drugim rodzajem odpadów rzeźnych są odpady kostne. Do tej grupy należą kości spożywcze i techniczne, szlam kostny oraz miazga kostna.

Kości spożywcze i techniczne są to kości z mięsa uznanego za zdatne do spożycia. Podawane są one procesowi konserwacji przez zamrażanie, gotowaniu w wodzie lub innym środowisku, w temperaturze około 100°C oraz autoklawowaniu w temperaturze powyżej 100°C. Kości techniczne poddaje się również peklowaniu. Kość zbudowana jest w około 70% z substancji nieorganicznej (apatyty), resztę stanowi substancja organiczna [8]. Dla danego rodzaju kości są określone warunki przechowywania (czas, temperatura oraz wilgotność) [7].

Odpady kostne są wykorzystywane do produkcji hydrolizatu białkowego. W przypadku hydrolizy kwaśnej najczęściej stosuje się kwas siarkowy lub solny, w zasadowej wodorotlenek wapnia lub tlenek magnezu [9]. Produktem jest hydrolizat oraz szlam kostny, tzw. mułek. Średnia zawartość fosforu w szlamach kostnych wynosi około 14% (jest więc na poziomie zawartości fosforu w typowych fosforytach stosowanych do wytwarzania kwasu fosforowego), wapnia średnio 23%.

Mączka mięsno-kostna (MMK) produkowana jest z niejadalnych produktów zwierzęcych zawierających białko i tłuszcz, m.in. skóry, sierść, pióra, rogi, kopyta, racice, krew, zwroty mięsa i jego przetwory. Obróbka materiału prowadzona jest w temperaturze około

133°C i minimalnym czasie 30 minut [2, 7, 10]. Dotychczas odpady z przemysłu mięsnego przerabiane były prawie w całości na mączki mięsno-kostne. Pojawienie się choroby BSE (*Bovine Spongiform Encephalopathy*), tzw. choroby szalonych krów będącej jedną z chorób prionowych i zaliczanej do Zakaźnych Encefalopatii Gąbczastych (TSE), było powodem wprowadzenia zakazu stosowania mączek pochodzenia zwierzęcego do celów paszowych oraz ulepszania gleby. Problemy związane z zagospodarowaniem odpadów z przemysłu mięsnego przyczyniły się do wzrostu kosztów utylizacji, które w całości pokrywają zakłady mięsne.

Jednym z możliwych rozwiązań jest przetworzenie odpadów na mączkę, a następnie wykorzystanie jej do celów energetycznych oraz produkcja związków fosforu z otrzymanych popiołów.

3. Zastosowanie energetyczne odpadów kostnych

Odpadowy tłuszcz powstaje podczas produkcji hydrolizatów białkowych, mączek mięsno-kostnych oraz w wyniku oczyszczania odpadów poflotacyjnych powstałych w procesie oczyszczania ścieków z przemysłu mięsnego. Tłuszcz zwierzęcy jest niestabilny termicznie, dlatego w wysokich temperaturach i przy niedoborze tlenu ulega rozkładowi na węglowodory ciężkie i lekkie, a te z kolei na wodór i tlenek węgla. Tłuszcz zwierzęcy może być wykorzystywany jako biopaliwo, np. zamiennik gazu ziemnego. Procesowi termicznej utylizacji tłuszczu towarzyszy wydzielanie ciepła, które można wykorzystać do ogrzewania wody lub wytwarzania pary. Wartość ciepła spalania tłuszczu to około 36 000 kJ/kg [11]. Idea odzyskiwania tłuszczu z osadów poflotacyjnych jest bardzo prosta. Osad poflotacyjny magazynuje się w zbiorniku przejściowym podgrzewanym parą, a tłuszcz wydziela się na filtrach ciśnieniowych. Otrzymany filtrat (tłuszcz) stosuje się jako paliwo w palnikach kotłów gazowych, osad natomiast poddaje się procesowi utylizacji termicznej.

Zgodnie z Rozporządzeniem MOŚ z dnia 27 września 2001 r. w sprawie katalogu odpadów, mączki mięsne i mięsno-kostne sklasyfikowane są jako odpady palne. Jest to odpad inny niż niebezpieczny [12], który zgodnie z rozporządzeniami [13–15], może być dopuszczony do termicznego przekształcenia przez spalanie, w warunkach spalania zapewniających utrzymanie temperatury gazów spalinowych powyżej 850°C przez co najmniej 2 sekundy.

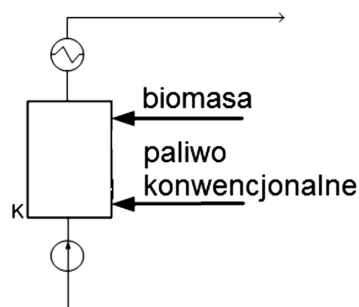
Mączka mięsno-kostna charakteryzuje się wysokim ciepłem spalania (24 000 kJ/kg) [16], wynikającym z dużej zawartości wodoru, porównywalnym z wysokiej klasy węglem energetycznym. Tlen zawarty w substancji organicznej mączki stanowi prawie 40% tlenu niezbędnego do całkowitego spalania. Dzięki temu można ją podawać do komory spalania z niewielką ilością powietrza. Znaczna ilość tego pierwiastka pozwala sklasyfikować mączkę jako paliwo o wysokiej reaktywności. Proces współspalania mączki z węglem kamiennym zachodzi z dużą sprawnością energetyczną i nie stwierdza się ponadnormowej emisji substancji szkodliwych do atmosfery i gleby. Ponadto niektóre odpady stałe z oczyszczania ścieków stosowane są do rekultywacji gleb [11, 17–19].

Termiczne zagospodarowanie odpadów polega na przetworzeniu materiału odpadowego na mączkę mięsno-kostną, a następnie jej spaleniu. Otrzymany popiół składa się z hydroksyapatytu (surowiec do produkcji kwasu fosforowego). Ciepło wytwarzane podczas spalania mączki (jak i innych odpadów zwierzęcych) można z powodzeniem wykorzystać do celów energetycznych.

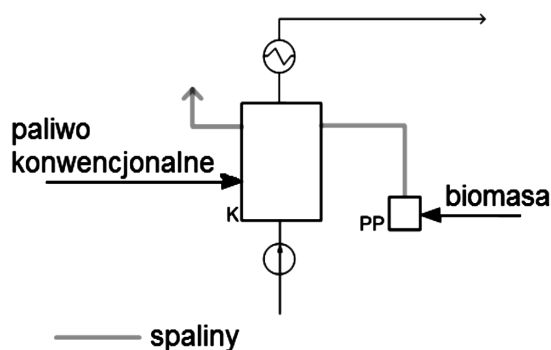
Utylizację termiczną można przeprowadzić przez indywidualne spalanie odpadów lub ich współspalanie, np. z węglem kamiennym. Współspalanie biomasy (w tym także odpadów zwierzęcych) jest korzystne pod względem ekologicznym, gdyż zmniejsza emisję szkodliwych substancji do atmosfery.

Proces utylizacji termicznej biomasy przez współspalanie może być realizowany na kilka wariantów, w zależności od sposobu podania materiału w stosunku do paliwa konwencjonalnego [20]:

1. Współspalanie bezpośrednie – ma miejsce, gdy do komory spalania wprowadzana jest mieszanka materiału odpadowego i paliwa konwencjonalnego lub oba te surowce, ale w osobnych strumieniach (rys. 1).
2. Współspalanie pośrednie – biomasa spalana jest w przedpalenisku. Ciepło powstających spalin wykorzystywane jest bezpośrednio jako czynnik grzewczy w wymiennikach ciepłowniczych lub w komorze spalania z zabudowanymi powierzchniami ogrzewalnymi (rys. 2). Biomase można również zgazować w gazogeneratorze, a powstający gaz wykorzystać w palnikach gazowych zainstalowanych w komorze spalania (rys. 3). Współspalanie bezpośrednie oraz

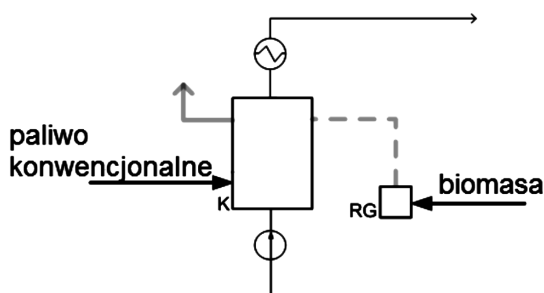


Rys. 1. Współspalanie bezpośrednie
Fig. 1. Co-combustion – direct method



Rys. 2. Współspalanie pośrednie z przedpaleniskiem

Fig. 2. Co-combustion – indirect method with pre-furnace



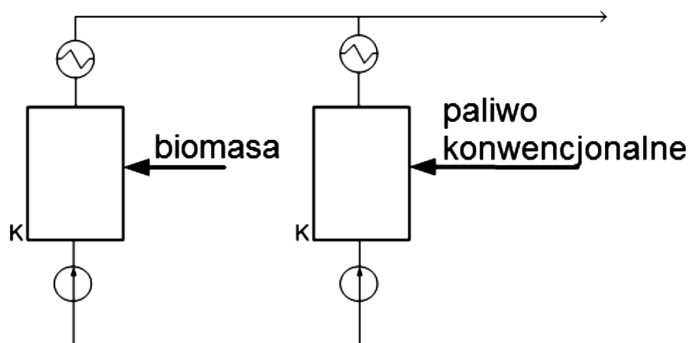
Rys. 3. Współspalanie pośrednie z gazogeneratorem

Fig. 3. Co-combustion – indirect method with gas generator

--- gaz ze zgazowania biomasy

pośrednie ze spalaniem w przedpalenisku zalicza się do najkorzystniejszych rozwiązań. Decydują o tym koszty inwestycyjne związane z przystosowaniem istniejących już kotłów energetycznych do współspalania.

3. Współspalanie w układzie równoległym – zarówno biomasa, jak i paliwo konwencjonalne, spalane są w osobnych komorach przystosowanych do spalania danego materiału oraz dostosowanych do odpowiednich dla danego procesu regulacji prawnych (rys. 4). Współspalanie w układzie równoległym wymaga dużych nakładów inwestycyjnych, jednak ze względu na rozdział strumieni popiołów z poszczególnych paliw możliwe jest utrzymanie ich stałego składu. Fakt ten ma ogromne znaczenie pod względem handlowym. Popiół o określonych właściwościach może być sprzedawany i przetwarzany.



Rys. 4. Współspalanie w układzie równoległym

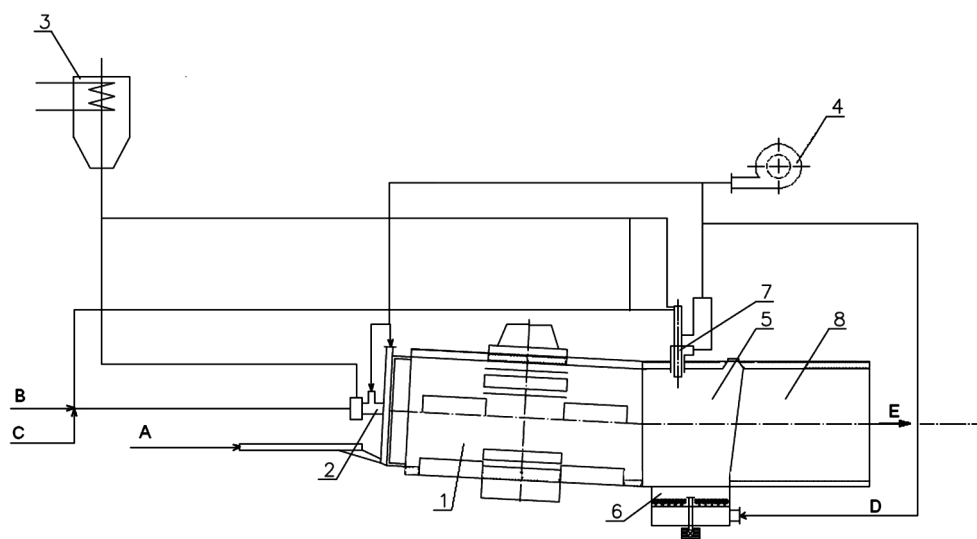
Fig. 4. Co-combustion – arrangement in parallel

Do przeprowadzenia wysokotemperaturowej utylizacji termicznej mogą posłużyć kotły energetyczne, rusztowe, fluidalne, pyłowe, piece cementownicze, generatory gazownicze, itp. Urządzenie dobierane jest odpowiednio do rodzaju spalnego materiału (wielkość, wartość opałowa, wilgoć itp.). Według [21] wykorzystanie mączki, jako paliwa, w kotłach energetycznych jest uciążliwe ze względu na trudności z przechowywaniem oraz konieczność uzyskania właściwej struktury przez odpowiednie przygotowanie materiału.

Utylizacja termiczna mączki mięsno-kostnej w piecu obrotowym jest utrudniona ze względu na trudności związane z chłodzeniem wodą lub parą wodną. Jest to konieczne gdyż mączka spala się z dodatnim efektem cieplnym. Mimo to odpady zwierzęce są z powodzeniem spalane w obrotowych piecach cementowniczych w procesie wypalania klinkieru. Wprowadza się surowy materiał, pulpe, materiał po obróbce w destruktorach lub w postaci mączki-mięsno kostnej, które dzięki swojej wartości opałowej częściowo zastępują tradycyjne paliwo. Minusem jest usytuowanie zakładów cementowniczych oraz trudności wynikające z dowozem do nich odpadów. Najkorzystniejszym rozwiązaniem wydaje się zastosowanie w jednej instalacji pieca obrotowego oraz paleniska fluidalnego (rys. 5), dzięki czemu otrzymuje się materiał całkowicie dopalony.

Do komory obrotowej (1) pieca wprowadzana się odpady (A). Podczas obrotów komory materiał ulega rozdrobnieniu, suszeniu, a następnie spalaniu. Komora ogrzewana jest palnikiem głównym (2), zasilanym paliwem stabilizującym ze zbiornika (3) oraz powietrzem z wentylatora (4). Jako paliwa można użyć tłuszczu zwierzęcego, który przed podaniem zo-

staje podgrzany do temperatury nie niższej niż 80°C , a następnie rozpylony za pomocą pary wodnej (B) lub sprężonego powietrza (C). Podgrzewanie tłuszczu ma wpływ na rozpylanie, gdyż powoduje zmniejszenie lepkości, dzięki czemu będzie ułatwiony przepływ tłuszczu przez rurociągi. W wyniku spalania zarówno odpadów, jak i tłuszczu, powstaje gaz pirolityczny, który miesza się z powietrzem, tworząc palną mieszankę, a następnie spala się w komorze wylotowej (5). Komora obrotowa pieca (1) jest pochylona w kierunku wylotowym, dlatego powstający w niej karbonizat, pod wpływem sił ciężkości, kierowany jest do paleniska komory fluidalnej (6). Palnik zapłonowy (7) działający w tej komorze umieszczony jest w górnej części komory wylotowej (5) i zasilany tak samo jak palnik główny (2) powietrzem (D). Na tym etapie ma miejsce całkowite spalanie materiału. Spaliny (E) kierowane są czopem (8) do wymiennika ciepła. Instalacja umożliwia pomiar ciśnienia i temperatury spalin oraz analizę chemiczną spalin w komorze (5). Zaletą tej metody jest otrzymywanie popiołów o ściśle określonych właściwościach.



Rys. 5. Schemat instalacji do termicznej utylizacji odpadów zwierzęcych [19]

Fig. 5. Installation for thermal utilization of animal waste [19]

W Polsce są trzy instalacje spalające mączkę. Dwie zbudowane zostały w Zakładach Przetwórstwa Odpadów w Jezuickiej Strudze oraz jedna w Ostrowie. Instalacje służą do otrzymywania ciepła wykorzystywanego w produkcji pary wodnej, spełniając przy tym wszelkie wymogi emisji substancji szkodliwych. Ponadto instalacja w Jezuickiej Strudze powstała z myślą o dodatkowej produkcji prądu ze spalania mieszanki mączki z tłuszczem zwierzęcym.

W czasie utylizacji odpowiednio przeprowadzony proces spalania odpadów zwierzęcych nie jest uciążliwy dla otoczenia (zarówno w wychodzących z komina spalinach, jak i w popiele odprowadzanym na składowisko, nie stwierdza się wydzielania przykrych zapachów). Popiół ze spalania odpadów kostnych zawiera prawie czysty hydroksyapatyt, jednorodny pod względem składu chemicznego i właściwości chemicznych oraz niezawierający metali

ciężkich. Może on być wykorzystywany jako alternatywny surowiec do produkcji związków fosforu [11].

W celu przeprowadzenia utylizacji termicznej poszukuje się najlepszych (pod względem ekologicznym i ekonomicznym), a zarazem prostych rozwiązań technologicznych.

W związku z dużą ilością odpadów z przemysłu mięsnego generowanych na terenie Unii Europejskiej zachodzi potrzeba opracowania najkorzystniejszej metody spalania tych odpadów. W trosce o środowisko naturalne państwa UE kładą ogromny nacisk na rozwój i promowanie technologii termicznej utylizacji odpadów zwierzęcych, jako bezpiecznego sposobu unieszkodliwiania i likwidacji odpadów. W chwili obecnej najbardziej racjonalne wydaje się przerobienie części odpadów na półprodukty i ponowne ich wykorzystanie do produkcji mięsnej. Odpady kostne i inne odpady pozwiernące zostają zutyliizowane termicznie, a odpadowy tłuszcz zastosowany jako paliwo. Proces ten jest opłacalny dla dużych zakładów, w których (ze względu na skalę procesu) możliwe jest wykonanie tych trzech etapów. Popiół z termicznej utylizacji zawiera fosfor w ilości porównywalnej z ilością, jaka znajduje się w naturalnych surowcach fosforowych. Dzięki temu może stać się produktem handlowym do produkcji związków fosforu. Ponadto jego głównym składnikiem jest hydroksyapatyt $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$, który ze względu na właściwości sorpcyjne może być wykorzystywany jako sorbent. Właściwości sorpcyjne hydroksyapatytu tłumaczone są m.in. procesem wymiany jonowej oraz występowaniem pustych przestrzeni w jego strukturze. Przestrzenie (pory) te mają wielkość do 5Å i mieszczą w sobie jony, atomy lub cząsteczki innych substancji [22, 23].

4. Wnioski

Proponowane sposoby zagospodarowania odpadów mięsnych mogą doprowadzić do całkowitego rozwiązania problemu unieszkodliwiania tych odpadów. Dzięki utylizacji termicznej możliwe jest odzyskanie związków fosforu. Zakłady utylizacyjne natomiast stają się producentami taniej energii, która może być wykorzystana w zależności od potrzeb. Ciepło produkowane w procesie termicznej utylizacji może służyć do ogrzewania wody lub mieszkań. Tłuszcz, jako biopaliwo, jest doskonałym zamiennikiem dotychczas stosowanych surowców opałowych.

Utylizacja termiczna odpadów z przemysłu mięsnego i przetwarzanie popiołów przyczyni się zarówno do zmniejszenia ilości odpadów, jak również do wdrażania zasad „czystszej produkcji” [5], w myśl której należy zapobiegać powstawaniu zanieczyszczeń środowiska, stosując zasadę maksymalnego wykorzystania surowca. Podstawą „czystszej produkcji” jest zastąpienie surowca naturalnego odpowiednio przetworzonym odpadem. Działania w kierunku przetwarzania odpadów mięsnych muszą uwzględniać wiele czynników; do najważniejszych należy czynnik ekologiczny wynikający z ograniczenia ilości odpadów, jak również ochrona zasobów surowców i energii [5].

Literatura

- [1] W z o r e k Z., *Odzysk związków fosforu z termicznie przetworzonych odpadów i ich zastosowanie jako substytutu naturalnych surowców fosforowych*, Seria Inżynieria i Technologia Chemiczna, Monografia 356, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 2008.

- [2] Rozporządzenie (WE) nr 1774/2002 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 3 października 2002 r. ustanawiające przepisy sanitarne dotyczące produktów ubocznych pochodzenia zwierzęcego nieprzeznaczonych do spożycia przez ludzi.
- [3] Dyrektywa Rady 96/23/WE z dnia 29 kwietnia 1996 r. w sprawie środków monitorowania niektórych substancji i ich pozostałości u żywych zwierząt i w produktach pochodzenia zwierzęcego.
- [4] Dyrektywa Rady 96/22/WE z dnia 29 kwietnia 1996 r. dotycząca zakazu stosowania w gospodarstwach hodowlanych niektórych związków o działaniu hormonalnym, tyreostatycznym i β -agonistycznym.
- [5] Kowalski Z., Krupa-Żuczek K., *Modelowe rozwiązania bezodpadowej gospodarki odpadami mięsnymi*, Laboratoria aparatura badania, 5/2007, s. 20-27.
- [6] Pezacki W., *Przetwarzanie surowców rzeźnych. Wpływ na środowisko i przyrodę*, PWN, Warszawa 1991.
- [7] Olszewski A., *Technologia przetwórstwa mięsa*, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, 2007.
- [8] Sobczak A., Kowalski Z., *Materiały hydroksyapatytowe stosowane w implantologii*, Czasopismo Techniczne, z. 1-Ch/2007, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej.
- [9] Konopka M., Cholewa J., *Odbarwianie hydrolizatu białkowego pochodzącego z odproteinowania odpadów kostnych przy użyciu nadtlenu wodoru*, Czasopismo Techniczne, z. 4-Ch/2006, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej.
- [10] Wilkosz A., Krupa-Żuczek K., Wzorek Z., *Possibilities of use of bone meal in the chemical industry*, Polish Journal of Chemical Technology, vol. 6, 3, 2004, s. 39-40.
- [11] Karcz H., Kozakiewicz A., *Sposób termicznej utylizacji odpadów zwierzęcych*, Energetyka i Ekologia, listopad 2007, s. 823-829.
- [12] Kłopotek B., *Zagospodarowanie mączek pochodzenia zwierzęcego*, Przegląd Komunalny, nr 4, 2004.
- [13] Rozporządzenie Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 22 grudnia 2003 r. w sprawie wymagań dotyczących procesu termicznego przekształcenia odpadów, Dz. U. 03. 1. 2.
- [14] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 29 stycznia 2002 r. w sprawie rodzajów odpadów innych niż niebezpieczne oraz rodzajów instalacji i urządzeń, w których dopuszcza się ich termiczne przekształcenie, Dz. U. 02. 37. 339.
- [15] Rozporządzenie Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 31 października 2003 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie rodzajów odpadów innych niż niebezpieczne oraz rodzajów instalacji i urządzeń, w których dopuszcza się ich termiczne przekształcenie, Dz. U. 03. 192. 1877.
- [16] Karcz H., Kozakiewicz A., Grabowicz M., Szczepaniak S., *Mączka zwierzęca paliwem do produkcji energii*, Recykling, nr 103–104, 2009.
- [17] Orszulik E., Lenkiewicz D., *Współspalanie węgla kamiennego z mączką mięsno-kostną w kotłach rusztowych*, Energetyka, listopad 2007, s. 831.
- [18] Rozporządzenie MŚ z dnia 4 sierpnia 2003 r. w sprawie standardów emisyjnych z instalacji, Dz. U. 03.163.1584.
- [19] Karcz H., *Termiczna utylizacja odpadów zwierzęcych*, Energetyka i Ekologia, marzec 2005, s. 173-181.

- [20] Ścieżko M., Zuwała J., Pronobis M., *Zalety i wady współpalania biomasy w kotłach energetycznych na tle doświadczeń eksploatacyjnych pierwszego roku współpalania biomasy na skalę przemysłową*, Energetyka i Ekologia, marzec 2006, s. 207-220.
- [21] Karcz H., Kantorek M., *Możliwości wykorzystanie mączki mięsno-kostnej jako paliwa w instalacjach energetycznych*, Energetyka i Ekologia, styczeń 2009, s. 39-47.
- [22] Ślósarczyk A., *Biomateriały Ceramiczne*, t. 4, *Biomateriały*, Wyd. Biocybernetyka i Inżynieria Biomedyczna, Warszawa 2000.
- [23] Knychalska-Karwan Z., Ślósarczyk A., *Hydroksyapatyt w stomatologii*, Wydawnictwo Krakmedia, Kraków 1994.