

AGNIESZKA SOBCZAK, EWA BŁYSZCZEK\*

## KIERUNKI ZAGOSPODAROWANIA PRODUKTÓW UBOCZNYCH Z PRZEMYSŁU MIĘSNEGO

### WAYS OF MANAGEMENT OF BY-PRODUCTS FROM MEAT INDUSTRY

#### Streszczenie

W artykule przedstawiono charakterystykę produktów ubocznych z przemysłu mięsnego. Na podstawie odpowiednich aktów prawnych dokonano klasyfikacji stałych odpadów zwierzęcych ze względu na charakter zagrożenia jakie stwarzają. Opisano sposoby postępowania z poszczególnymi produktami ubocznymi z przemysłu mięsnego. W pracy zaprezentowano główne kierunki zagospodarowania odpadów zwierzęcych.

*Słowa kluczowe: odpady z przemysłu mięsnego, ścieki, hydroksyapatyt*

#### Abstract

In this work characteristics of by-products from meat industry were presented. On the basis of proper documents and in respect of hazard there was classified solid animal waste. It has been described the proceeding manners with particular types of by-products from meat industry. In this paper the main directions of waste management were introduced.

*Keywords: waste from meat industry, wastewater, hydroxyapatite*

\* Mgr inż. Agnieszka Sobczak, mgr inż. Ewa Błyszczek, Instytut Chemii i Technologii Nieorganicznej, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Politechnika Krakowska.

## 1. Wstęp

Nieustanny rozwój przemysłu wiąże się bezpośrednio ze wzrostem ilości wytwarzanych odpadów. Przemysł mięsny generuje rocznie około 18 mln ton odpadów, które powinny być utylizowane odpowiednio, by nie stanowić zagrożenia dla środowiska. W związku z tym, że w ich skład wchodzi odpady organiczne proces ten jest dosyć skomplikowany. Wraz z pojawieniem się koncepcji „czystszej produkcji” wszelkie odpady zaczęto rozpatrywać w kategorii źródła surowców do produkcji innych, pełnowartościowych produktów.

Odpady z przemysłu mięsnego – w szczególności mączki mięsno-kostne zaczęto postrzegać jako potencjalne źródło fosforu. Hydroksyapatyt jest naturalnym składnikiem kości ludzkich i zwierzęcych, jego struktura przestrzenna oraz porowatość w kościach ludzkich i zwierzęcych są zbliżone, różnią się jednak nieznacznie stosunkiem molowym Ca/P. Podobieństwa te sprawiają, że hydroksyapatyt otrzymany z opadów z przemysłu mięsnego może być biomateriałem, który nadaje się do wytwarzania implantów kostnych.

## 2. Produkty uboczne z przemysłu mięsnego

Podstawową cechą odpadów z przemysłu mięsnego jest wysoki udział związków organicznych: od 51 do 81%. Odpady z przetwórstwa surowców zwierzęcych stanowią poważne zagrożenie dla środowiska i powinny być odpowiednio unieszkodliwiane. Odpady te mogą stworzyć zagrożenie zarówno sanitarne, jak i odorotwórcze (siarkowódor, aldehydy, amoniak, kwasy organiczne), natomiast nieodpowiednie składowanie może z kolei powodować przenikanie zanieczyszczonych odcieków i nierozłożonego tłuszczu oraz soli zawierających chlorki, azotany i siarczany do gleby, a także do wód gruntowych.

Charakter zagrożenia jest złożony i zależy od wielu czynników, m.in. od: strefy ochronnej, lokalizacji zakładów, rodzaju odbiornika ścieków, sposobu dostarczania ciepła, wyposażenia, rodzaju produkcji i stosowanej technologii. W Polsce dodatkowym problemem jest rozdrobnienie przemysłu mięsnego, co stanowi utrudnienie w pełnym wykorzystaniu surowców i zredukowaniu do minimum ilości produkowanych odpadów [1, 2].

W przemyśle mięsnym wyróżnia się sześć grup odpadów:

- 1) odpady rzeźne operacyjne,
- 2) odpady z zawartością chlorków,
- 3) gnojowica,
- 4) osady ściekowe,
- 5) odpady energetyczne,
- 6) odpady komunalno-gospodarcze.

Największy udział, bo aż 37% mają odpady operacyjne rzeźne, w których zawartość białka kształtuje się w granicach od 5 do 68%, natomiast tłuszczu od 3 do 38%. Pozostałe grupy odpadów stanowią w sumie około 63% wszystkich odpadów produkowanych w zakładach przetwórstwa mięsnego [1–4].

Odpady z przemysłu mięsnego można również podzielić na miękkie i twarde. Do miękkich zalicza się m.in. krew poubojową, jelita, wole, przelyki, skrawki skóry, odpady mięsno-tłuszczowe, zawartość przewodów pokarmowych, błonę śluzową i błony surowicze, gnojowicę, wnętrzności i podroby, osady z oczyszczania ścieków, sól z konserwacji skór

i jelit. Twarde odpady to: pierze odpadowe, głowy i łapy drobiowe, szczecina, włosie, rogi, racice, kopyta, kości [3].

Odpady z przetwórstwa surowców zwierzęcych rozpatruje się również pod względem stanu skupienia i zalicza do trzech kategorii:

- ścieki,
- odpady i surowce wtórne,
- zanieczyszczenia gazowe.

Cechą charakterystyczną dla poprodukcyjnych ścieków z przemysłu mięsnego jest znaczny udział związków organicznych – 51–81% (średnio 55%) w stosunku do suchej masy ścieków. Ścieki wypływające z tego rodzaju zakładów są rezultatem ich zapotrzebowania na wodę, która jest zużywana zarówno do celów technologicznych, jak i technicznych. Pozostałą część ścieków stanowią ścieki bytowe (komunalne) i gospodarcze. Ścieki gospodarcze pochodzą z mechanicznych warsztatów i innych miejsc technicznej obsługi zakładów. W każdym dziale produkcyjnym zakładów mięsnych ścieki charakteryzują się odmiennym obciążeniem (chemicznym, fizycznym i mikrobiologicznym) oraz specyficznością jego podstawowych składników [1–3, 5].

Odpady i surowce wtórne stanowią nieorganiczne i organiczne ciała stałe pochodzące z przemysłu mięsnego; maszyny i urządzenia, odpady materiałowe pochodzące z działu technicznego, opakowania wykonane z różnych tworzyw oraz zniszczona odzież robocza są zagospodarowywane. Wtórnie wykorzystuje się również odpady związane z przemianą materii zwierząt oraz tłuszczy, które są przekazywane zakładom zewnętrznym w celu ich przetworzenia [1].

Gazy odlotowe, do których zalicza się opary, wyciewy oraz spaliny w przemyśle mięsnym, można podzielić na dwie grupy:

- specyficzne dla zakładów mięsnych – powstają bezpośrednio podczas przetwarzania surowców rzeźnych,
- ogólnoprzemysłowe – charakterystyczne dla każdego zakładu produkcyjnego.

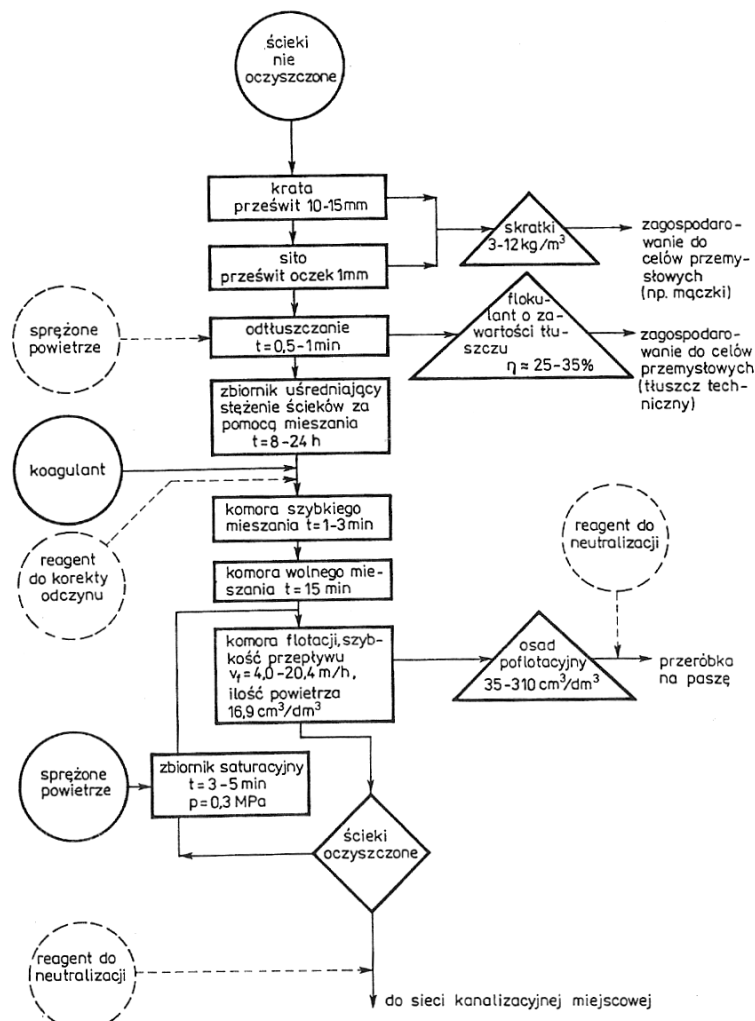
Specyficzne gazy odlotowe w zakładach mięsnych to: produkty przemiany materii zwierząt podczas oczekiwania na ubój, produkty gazowe powstałe w procesach ubojowych i technologicznych oraz produkty pirolizy drewna [1].

### 3. Zagospodarowanie odpadów

Aby możliwe było wykorzystanie odpadów z przemysłu mięsnego, należy je najpierw poddać odpowiedniemu unieszkodliwieniu i przetworzeniu. Obecnie około 37% odpadów jest poddawanych utylizacji, do ścieków jest odprowadzane około 30%, a składa się 33% wszystkich odpadów pochodzących z przetwórstwa surowców zwierzęcych. Plany obejmują utylizację 90% odpadów tego rodzaju, odprowadzanie do ścieków 9%, a składowanie tylko 1%. Stosunek masy odpadów wykorzystywanych do masy odpadów wytworzonych, czyli wskaźnik wykorzystania odpadów zawiera się w granicach 0,42–0,92. Natomiast stosunek masy odpadów składowanych do masy odpadów wytworzonych zawiera się między 0,12 a 0,30 [3].

## 3.1. Oczyszczanie ścieków z przemysłu mięsnego

W każdej instalacji oczyszczania ścieków powinny znajdować się odpowiednie urządzenia, do których należą: układy zbiorcze, układy odprowadzające i urządzenia, w których następuje oczyszczanie.



Rys. 1. Schemat koagulacyjnego oczyszczania ścieków z zakładów mięsnych [1]

Fig. 1. Scheme of coagulation waste treatment from meat industry [1]

Na rysunku 1 przedstawiono schemat oczyszczania ścieków poprodukcyjnych w zakładach mięsnych. W procesie uzdatniania ścieków można wyróżnić cztery etapy: zabiegi fizyczne, chemiczne lub biologiczne, usuwanie substancji biogennych oraz uzdatnianie

wody pitnej. Pierwsza faza obejmuje usuwanie zawiesin z cząsteczkami, które mają duże rozmiary i łatwo opadają. Częściowo usuwane są jaja pasożytów jelitowych (około 70–80% całkowitej ilości) i bakterie (25–75% populacji). Następuje tu cedzenie, odtłuszczenie i odbiałczanie. Chemiczne oczyszczanie sprowadza się do wprowadzania związków nieorganicznych (tworzą one nierozpuszczalne związki, które adsorbują organiczne obciążenia ścieków) i gotowych związków organicznych (spełniających rolę koagulantów) [1–3].

Biologiczne oczyszczanie można prowadzić za pomocą osadu czynnego lub fermentacji metanowej oraz na złożach biologicznych. Polega ono głównie na asymilacji i mineralizacji organicznego obciążenia. Biologiczne oczyszczanie jest zakończone, gdy biologiczne zapotrzebowanie na tlen nie przekracza  $25\text{g O}_2/\text{m}^3$  (zmniejszenie obciążenia o co najmniej 85%) [1–3, 6].

Usuwanie substancji biogenych obejmuje odazotowanie (dalszy ciąg denitryfikacji) oraz odfosforowanie (wymiana jonów na anionitach, biologiczna akumulacja przez bakterie tlenowe *Acetobacter* oraz chemiczne wytrącenie). Przy wyjąławianiu stosuje się chlorowanie, obróbkę cieplną, promienie ultrafioletowe, promienie śródściekowego iskrzenia łukowego, napromienienie izotopowe akceleratorowe oraz adsorpcję elektrostatyczną [1].

### 3.2. Stałe produkty uboczne

Odpady z przemysłu mięsnego stosuje się na cele paszowe – mączki mięsne, mięsno-kostne i padlinowe, jako surowce lub półprodukty w innych gałęziach przemysłu, jako paliwo w procesie wypalania klinkieru cementowego, jako dodatek do paliw (biomasa) oraz jako alternatywne źródło fosforu i hydroksyapatytu [3, 7–9]. W tabeli 1 przedstawiono przykłady zagospodarowania odpadów pochodzących z przemysłu mięsnego.

Odpady poprodukcyjne z zakładów mięsnych, takie jak wątroba, płuca, śledziona, serca, przewody pokarmowe, ścięgna żwaczka, konfiskaty, rogi, racice, kopyta, tłuszcze zwierzęce, krew poubojowa i ścieki z rzeźni, jak i zwierzęta padłe lub po wypadku przetwarzane są na mączkę (ziarnisto-pylasta substancja) i stosowane jako pasze. W skład paszy opartej na mączce mięsno-kostnej wchodzi zatem: białko, tłuszcz, kości oraz niewielkie ilości wody – 3–5%. Sterylizację mączki mięsno-kostnej przeprowadza się w temperaturze  $133^\circ\text{C}$  pod ciśnieniem 3 bar przez 20 minut, która daje pewność zniszczenia bakterii chorobotwórczych oraz pasożytów z przewodu pokarmowego zwierząt, jak i dezaktywację toksyn, które mogłyby ewentualnie powstać podczas zastosowania nieświeżego surowca (padłe zwierzęta, które zostały zbyt późno dostarczone do zakładu). Mączki paszowe są wartościowymi składnikami mieszanek treściwych, przeznaczonych dla zwierząt gospodarskich. Stosuje się je także do produkcji karmy dla kotów i psów oraz zwierząt z ogrodów zoologicznych. Skład mączek jest zróżnicowany pod względem chemicznym oraz wartości pokarmowej, który zależy od ilości i jakości użytego surowca [1, 3].

Mączki mięsno-kostne według Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady Europy z dnia 3 października 2002 roku można podzielić na trzy grupy:

- materiał szczególnego ryzyka,
- materiał wysokiego ryzyka,
- materiał niskiego ryzyka.

**Rodzaje produktów ubocznych z przemysłu mięsnego  
i możliwości ich wtórnego wykorzystania [3]\***

Rodzaj odpadu	Zastosowanie
Mięso świeże (ze starych koni i krów)	pasza naturalna dla mięsożernych zwierząt futerkowych, domowych i z ogrodów zoologicznych
Krew niespożywcza	składnik mączek paszowych
Niegarbarskie części skór	produkcja żelatyny, aminokwasów, osłonek wędliniarskich, nici i gąbek i nici chirurgicznych, błon do przeszczepów, tętnic, tworzyw skóropodobnych, klejów, kosmetyków, paszy
Odpady mięsno-tłuszczowe ze skór	produkcja pasz
Szczecina	produkcja pędzli, szczotek, pasz, hydrolizatów, nawozów
Włosie	produkcja szczotek, pędzli, smyczków muzycznych, filtrów, sit, surowiec tapicerski i filcowy, produkcja pasz, hydrolizatów, nawozów
Rogowizna	produkcja przedmiotów użytkowych i galanteryjnych, pasz, hydrolizatów, mączek keratynowych, nawozów, klejów
Zawartość przewodów pokarmowych	nawóz, pasza, dodatek do surowców utylizacyjnych
Odpady jelit	surowiec utylizacyjny
Błona śluzowa jelit	produkcja preparatów farmaceutycznych i pasz
Odpady tłuszczowe	tłuszcz techniczny i pasze
Kości	produkcja klejów, żelatyny, pasz, odzyskiwanie fosforu
Błony – w tym błony surowicze	źródło kolagenu
Sól z konserwacji skór i jelit oraz peklowni	na razie brak racjonalnego wykorzystania
Inne surowce utylizacyjne	pasze, tłuszcz techniczny
Gnojowica	nawóz
Osady ściekowe	nawozy, pasze

\* Od listopada 2004 r. odpady pochodzenia zwierzęcego (z wyjątkiem ryb i plazmy krwi) nie mogą być przeznaczone do produkcji mączek paszowych.

Materiał szczególnie wysokiego ryzyka – inaczej zwany materiałem kategorii I – może być wykorzystany do produkcji mączki zwierzęcej kategorii I. Materiał wysokiego ryzyka – „materiał kategorii II” to niejadalne produkty zwierzęce służące do produkcji mączki zwierzęcej kategorii II. Natomiast materiał niskiego ryzyka to inaczej „materiał kategorii III”. W jego skład wchodzi produkty zwierzęce niejadalne, które są surowcem do produkcji mączki zwierzęcej kategorii III. Mączek kostnych nie można produkować z uboju bydła z objawami choroby Creutzfeldta–Jakoba, której nośnikami są białka prionowe, ponieważ zarówno wysoka temperatura, jak i ciśnienie stosowane przy wytwarzaniu mączek nie niszczy

czą pionów chorobotwórczych. Zabronione jest również stosowanie produktów pochodzących z drobiu ubitego z powodu ptasiej grypy. Obie wymienione choroby przyczyniły się do znacznych ograniczeń przy produkcji i zastosowaniu mączek mięsno-kostnych. Aby uniknąć rozprzestrzeniania się choroby BSE u zwierząt i wyeliminowania możliwości przeniesienia prionów na człowieka, zabroniono stosowania mączek zwierzęcych jako składnika pasz dla zwierząt. Przyjęto także, że mączkę zwierzęcą można utylizować jedynie metodą odpowiednią dla mączki zwierzęcej kategorii I. Rozporządzenie 1774/2002 oraz Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 22 stycznia 2003 roku w sprawie postępowania w przypadku zwalczania zakaźnych chorób zwierząt nakazują spalanie mączki kostnej kategorii I w temperaturze nie niższej niż 850°C, w czasie nie krótszym niż 2 sekundy [10–18].

W Polsce istnieje wiele aktów prawnych, które regulują postępowanie z mączką zwierzęcą [12, 19–26]. Istnieją również rozporządzenia europejskie dotyczące produktów ubocznych z przemysłu mięsnego [11, 13–18, 25].

W związku ze zmianami w ustawodawstwie energetycznym wzrosło zainteresowanie różnymi rodzajami biomasy, która stanowi szczególny rodzaj źródła energii dla energetyki lokalnej. Biomasa, podobnie jak mączki zwierzęce, jest odpadem przeznaczonym do utylizacji energetycznej. Pojawienie się epidemii BSE wśród zwierząt i związany z nią zakaz stosowania mączek jako pasz dla zwierząt dały początek koncepcji zastosowania jej w celach energetycznych [10–18].

Biomasa może być również stosowana jako składnik w mieszaninie z innymi paliwami stałymi (węgiel, torf) w procesie spalania lub gazyfikacji. Proces współspalania należy prowadzić w optymalnych warunkach dla danego udziału biomasy, aby zapewnić efektywność ekologiczną i energetyczną [3, 15–18, 28–29].

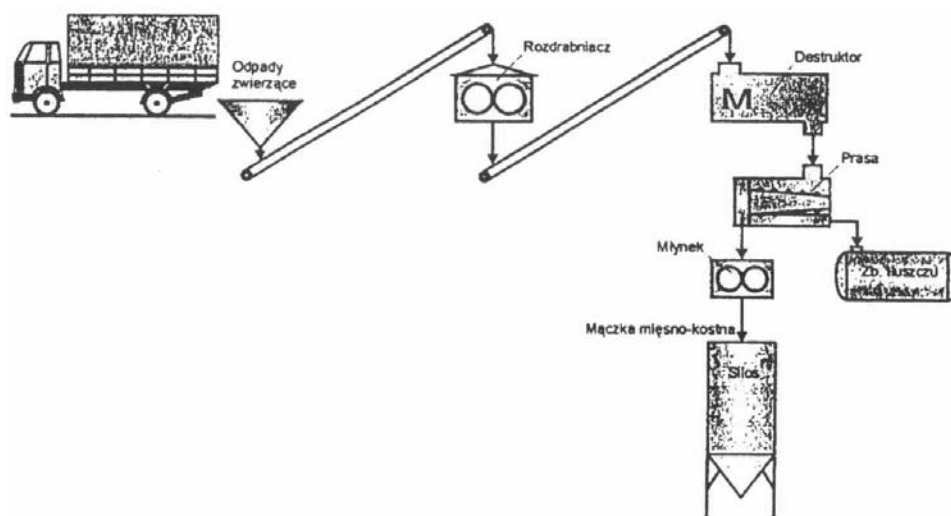
Analizy składu elementarnego, jak i własności fizykochemicznych tłuszczów technicznych potwierdzają brak zagrożenia ekologicznego przy termicznej obróbce odpadów mięsnych. Zawartość wilgoci oraz popiołu jest na zbliżonym poziomie jak w przypadku oleju opałowego. Natomiast ciepło spalania przewyższa ciepło spalania ciężkich olejów opałowych – mazutu i jest zbliżone do wartości dla lekkich olejów opałowych. Tłuszcze techniczne nie zawierają w swoim składzie żadnych pierwiastków ani związków chemicznych, które po spaleniu mogłyby przekształcić się w szkodliwe substancje. Przy optymalnych warunkach spalanie jest całkowite i zupełne. Potwierdzono, że spalanie zarówno tłuszczu, jak i mączki kostnej nie powoduje żadnych zagrożeń ekologicznych [3, 7–8, 29].

Nieustanny wzrost cen paliw i energii jest jedną z głównych przyczyn rozpoczęcia badań nad stosowaniem paliw na bazie odpadów z przemysłu mięsnego. Istnieją cementownie, w których stosuje się jako paliwa produkty uboczne, pokrywające zapotrzebowanie na energię nawet w 75%, jednak w Polsce tylko w około 3%. Do odpadów wykorzystywanych przez cementownie zalicza się uprzednio przetworzone odpady mięsne, mączki mięsno-kostne i tłuszcze zwierzęce [3].

Dyrektywa 99/534/UE z dnia 19 lipca 1999 r. w sprawie postępowania z niektórymi odpadami pochodzenia zwierzęcego oraz Decyzja Komisji UE 00/418 z dnia 28 czerwca 2000 r. w sprawie postępowania z określonymi materiałami zwierzęcymi stanowiącymi zagrożenie wskazują na nowy rodzaj odpadów szczególnego ryzyka. Jest to SRM – materiał zagrożony BSE, w skład którego wchodzi: czaszka, mózg, gałki oczne, migdałka, rdzeń kręgowy i jelita. Utylizacja odpadów zwierzęcych szczególnie wysokiego ryzyka jest elementarnym sposobem przeciwdziałania chorobom zakaźnym zwierząt, jak również



zabezpieczeniem przed biologicznym skażeniem środowiska. Dyrektywa 90/667/EWG określa warunki procesu utylizacji odpadów poubojowych, a wytworzone z nich produkty – mączka i tłuszcze zwierzęce – były bezpieczne pod względem higienicznym. Zgodnie z decyzją Komisji UE 00/418 w krajach UE odpady kategorii SRM mają być po przetworzeniu spalone w celu ich unieszkodliwienia. W Polsce Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 1 czerwca 2001 r. określa warunki spalania tych materiałów [3, 7].



Rys. 2. Schemat technologiczny linii utylizacyjnej odpadów zwierzęcych [3]

Fig. 2. Technological scheme of utilization line of animal waste [3]

Na rysunku 2 przedstawiono schemat linii utylizacyjnej odpadów pochodzących z przemysłu mięsnego. Zasadniczy proces odbywa się w destruktorze – reaktorze ciśnieniowym, gdzie następuje sterylizacja materiału w temperaturze 133°C i pod ciśnieniem 3 bar, w czasie co najmniej 20 minut. Surowiec z destruktorza jest kierowany do zbiornika pośredniego, a następnie prasy, gdzie jest oddzielany tłuszcz. Materiał zostaje zmielony w młynku młotkowym do uziarnienia poniżej 4 mm [3].

### 3.2.1. Wykorzystanie ubocznych produktów z przemysłu mięsnego jako potencjalne źródło hydroksyapatytu

Hydroksyapatyt jest głównym składnikiem mineralnym budującym kości ludzi i zwierząt. Prowadzi się intensywne badania nad wykorzystaniem odpadów z przemysłu mięsnego w celu odzyskania związków fosforu, głównie hydroksyapatytu.

Hydroksyapatyt syntetyczny ze względu na wysoką bioaktywność jest jednym z wiodących materiałów stosowanych w chirurgii kostnej. Wykazuje on właściwości osteoindukcyjne, dzięki czemu po zaimplantowaniu w organizmie ludzkim może być stopniowo zastępowany przez żywą tkankę kostną pacjenta. Badania dowiodły, że duża porowatość (około 70% objętościowo) hydroksyapatytu z kości zwierzęcych czyni go wspaniałym materiałem implantacyjnym w chirurgii kostnej. Jednym ze sposobów zagospodarowania



półproduktów kostnych z przemysłu mięsnego jest przeprowadzenie ich w hydroksyapatyt. Naturalny hydroksyapatyt z kości zwierzęcych można uzyskać dzięki chemicznej obróbce. Kości poddaje się działaniu wodnego roztworu wodorotlenku sodu, potasu lub litu o stężeniu od 0,4 mola/dm<sup>3</sup> do 7 moli/dm<sup>3</sup> w zakresie temperatur 20–300°C, po czym przemywa się wodą, a następnie powstały materiał praży się w zakresie temperatur 200–1000°C. Hydroksyapatyt można również uzyskać wskutek termicznej obróbki kostnych produktów ubocznych. Proces kalcynacji może być prowadzony w atmosferze powietrza lub w zmiennej atmosferze; w początkowej fazie procesu w atmosferze azotu a następnie tlenu. Odpady kostne mogą być poddane obróbce termicznej tylko po wstępnym rozdrobieniu. Można również zastosować wstępne wygotowywanie w wodzie destylowanej lub w kwasie mlekowym [9, 30–35].

Hydroksyapatyt otrzymany z produktów ubocznych z przemysłu mięsnego zawiera 38% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> oraz 52% CaO i grupy węglanowe obecne oraz wiele pierwiastków śladowych. Nie zauważono żadnej znaczącej różnicy między materiałem pochodzącym od bydła i od trzody chlewnej. Wielkości kryształów mieszczą się w zakresie nanometrów. Metoda ługowania znalazła zastosowanie jedynie na małą skalę ze względu na duże ilości generowanych odpadów [3, 9, 30, 32]. Jednak brakuje aktów prawnych pozwalających na użycie hydroksyapatytu pochodzenia zwierzęcego w medycynie i stomatologii oraz zastosowanie tego materiału w żywieniu zwierząt.

#### 4. Podsumowanie

Branża utylizacyjna jest ściśle powiązana z branżami mięsną i drobiarską. Przemysł utylizacyjny jest jednym z ogniw całego łańcucha produkcji zwierzęcej, który unieszkodliwia odpady pochodzenia zwierzęcego powstające w produkcji i przetwórstwie mięsa. Sposób unieszkodliwiania zależy od rodzaju produktu ubocznego. Proces oczyszczania ścieków obejmuje cztery zasadnicze etapy: procesy fizyczne, procesy chemiczne lub biologiczne, usuwanie substancji biogennych oraz uzdatnienie wody. Stałe produkty uboczne z przemysłu mięsnego wykorzystuje się w celach paszowych, energetycznych jako dodatek do różnego rodzaju paliw, stosowane są również jako nawozy. W ostatnich latach prowadzone są badania nad odzyskiem fosforu z odpadów z przemysłu mięsnego.

#### Literatura

- [1] Pezacki W., *Przetwarzanie surowców rzeźnych. Wpływ na środowisko przyrodnicze*, PWN, Warszawa 1991.
- [2] Johns M.R., *Development in wastewater treatment in the meat processing industry: A review*, *Bioresource Technology*, 54, 1995, 203-216.
- [3] Rosik-Dulewska C., *Podstawy gospodarki odpadami*, PWN, Warszawa 2002.
- [4] Fritzson A., Berntsson T., *Energy efficiency in the slaughter and meat processing industry – opportunities for improvements in future energy markets*, *Journal of Food Engineering*, 77, 2006, 792-802.
- [5] Sena R.F., Claudino A., Moretti K., Bonfanti I., Moriera R., Jose H., *Biofuel application of biomass obtained from a meat industry wastewater*

- plant through the flotation process – A case study*, Conservation and Recycling, 52, 2008, 557-569.
- [6] Rosenwinkel K.H., Meyer H., *Anaerobic treatment of slaughterhouse residues in municipal digesters*, Wat. Sci. Tech., 40, 1999, 101-111.
- [7] Deydier E., Guilet R., Sarda S., Sharrock P., *Physical and chemical characterisation of crude meat and bone meal combustion residue: waste or raw material?*, Journal of Hazardous Materials, 121, 2005, 141-148.
- [8] Karcz H., *Termiczna utylizacja odpadów zwierzęcych*, Energetyka i ekologia, 2005, 173-181.
- [9] Kowalski Z., Wzorek Z., Krupa-Żuczek K., Konopka M., Sobczak A., *The Possibilities of Obtaining Hydroxyapatite from Meat Industry*, Mol Cryst. Liq. Cryst., 486, 2008, 282-290.
- [10] Hamer G., *Solid waste treatment and disposal: effect on public health and environmental safety*, Biotechnology Advances, 22, 2003, 71-79.
- [11] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady Europy 1774/2002 z dnia 3 października 2002 roku, Official Journal L273 10/10/2002, P001-0095.
- [12] Ustawa z dnia 22 lipca 2006 roku, o paszach, Dz.U. z 2006 r. Nr 144, poz. 1045.
- [13] Coutand M., Cyr M., Deydier E., Guilet R., Clastres P., *Characteristics of industrial and laboratory meat and bone meal ashes and their potential applications*, 150, 2008, 522-532.
- [14] Deydier E., Guilet R., Cren S., Pereas V., Moucher F., Gauthier L., *Evaluation of meat and bone meal combustion residue as lead immobilizing material for in situ remediation of polluted aqueous solutions and soils: Chemical and ecotoxicological studies*, Journal of Hazardous Materials, 146, 2007, 227-236.
- [15] Skodrs G., Grammelis P., Basinas P., *Pyrolysis and combustion behaviour of coal-MBM blends*, Bioresource Technology, 98, 2007, 1-8.
- [16] Fryda L., Panopoulos K., Vourliotis P., Kakars E., Pavlidou E., *Meat and bone meal as secondary fuel in fluidized bed combustion*, Proceedings of the Combustion Institute, 31, 2007, 2829-2837.
- [17] Fryda L., Panopoulos K., Vourliotis P., Kakars E., Pavlidou E., *Experimental investigation of fluidized co-combustion of meat and bone meal with coals and olive bagasse*, Fuel, 85, 2006, 1685-1699.
- [18] Skordas G., Grammelis P., Basinas P., Kaldis S., Kakaras E., Sakellariopoulos G.P., *A kinetic study on the devolatilisation of animal derived byproducts*, Fuel Processing Technology, 88, 2007, 787-794.
- [19] Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 22 stycznia 2003 roku w sprawie postępowania przy zwalczaniu chorób zakaźnych zwierząt, Dz.U. z 2003 roku Nr 18, poz. 163, par. 66.
- [20] Ustawa z dnia 24 maja 2007 roku o zmianie ustawy z dnia 11 marca 2004 roku o ochronie zdrowia zwierząt oraz zwalczaniu chorób zakaźnych zwierząt oraz ustawy o weterynaryjnej kontroli granicznej, Dz.U. Nr 133, poz. 920.
- [21] Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 4 września 2007 roku zmieniające rozporządzenie w sprawie wymagań weterynaryjnych dla dodatków do wzbogacania gleby, Dz.U. z 2007 r. Nr 175, poz. 1231.

- [22] Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 8 października 2003 roku w sprawie warunków weterynaryjnych mających zastosowanie dla niejadalnych produktów zwierzęcych oraz materiałów niskiego, wysokiego i szczególnego ryzyka. Dz.U. z 2003 r. Nr 180, poz. 1767 A, par. 1, 3, 4, 5, 7–10, 31, 33, 34, 36, 50, 52, załączniki 1–4, 6, 7.
- [23] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 4 sierpnia 2003 roku w sprawie standardów emisyjnych z instalacji, Dz.U. z 2003 r. Nr 163, poz. 1584, par. 1, 16.
- [24] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27 września 2001 roku w sprawie katalogu odpadów, Dz.U. z 2001 r. Nr 112, poz. 1206, par. 3, załącznik.
- [25] Dyrektywa Rady 90/667/EWG z dnia 27 listopada 1990 roku ustanawiająca przepisy weterynaryjne w sprawie usuwania i przetwarzania odpadów zwierzęcych, wprowadzania ich na rynek oraz zapobiegania czynnikom chorobotwórczym w paszach pochodzenia zwierzęcego.
- [26] Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 11 grudnia 2006 roku w sprawie wykazu materiałów paszowych dopuszczonych do obrotu, Dz.U. z 2006 r. Nr 237, poz. 1718.
- [27] Rozporządzenie (WE) Nr 183/2005 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 12 stycznia 2005 roku ustanawiające wymagania dotyczące higieny pasz, Dz.U. UE 8.2.2005 L 35/1.
- [28] McDonnell K., Desmond J., Leahy J.J., Howard-Hildige R., Ward S., *Behaviour of meat and bonemeal/peat pellets in a bench scale fluidized bed combustor*, Energy, 26, 2001, 81-90.
- [29] Sena R.F., Claudino A., Moretti K., Bonfanti I., Moriera R., Jose H., *Biofuel application of biomass obtained from a meat industry wastewater plant through the flotation process – A case study*, Conservation and Recycling, 52, 2008, 557-569.
- [30] Sobczak A., Kowalski Z., *Materiały hydroksyapatytowe stosowane w implantologii*, Czasopismo Techniczne z. 1-Ch/2007, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 2007.
- [31] Ooi C.Y., Hamdi M., Ramesh S., *Properties of hydroxyapatite produced by annealing of bovine bone*, Ceramics International, 33, 2007, 1171-1177.
- [32] Mostafa Nasser Y., *Characterization, thermal stability and sintering of hydroxyapatite powders prepared by different routes*, Materials Chemistry and Physics, 94, 2005, 333-341.
- [33] Carotenuto G., Spagnuolo G., Ambrosio L., Nicolais L., *Macroporous hydroxyapatite as alloplastic material for dental applications*, Journal of Materials in Medicine, 10, 1999, 671-676.
- [34] United States Patent 5306302 Implant material US Patent Issued on April 26, 1994.
- [35] US Patent Issued on July 7, 1998 5776843, Process for the production of spongiosa bone ceramic having low calcium oxide content.