

Wykorzystanie folii biodegradowalnej przy produkcji kiszonek

Piotr Szterk, Jan Mikołajczak

*Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy,
Katedra Żywienia Zwierząt i Gospodarki Paszowej,
ul. Mazowiecka 28, 85-084 Bydgoszcz*

Kiszenie pasz należy do przyszłościowych metod przechowywania biomasy roślinnej o znacznej zawartości wody i jest ściśle powiązane z systemem żywienia zwierząt przeżuwających. W hodowli bydła wysoką produkcję mleka lub mięsa o odpowiedniej jakości można osiągnąć właśnie dzięki wyprodukowaniu dobrych kiszonek.

Jedną z zasad prawidłowej technologii zakiszania surowca roślinnego jest dokładne okrycie i uszczelnienie składowanej masy. Do tego celu powszechnie wykorzystywane są folie z czystego polietylenu małej gęstości.

Właściwości folii z czystego polietylenu małej gęstości

Najważniejszymi cechami decydującymi o jakości folii używanej do zakiszania są: jej szczelność, grubość, przepuszczalność powietrza, wytrzymałość na nacisk, rozciągliwość, odporność na promieniowanie UV oraz odbijanie promieni słonecznych (Chudziak, 2004). Liczne badania (Raport Rolny, 2003) wykazały, że nie bez znaczenia jest kolor folii. Dobór koloru folii może wpływać na wartość pokarmową kiszonki. W ekstremalnych warunkach pogodowych, przy wysokim nasłonecznieniu, powierzchniowe warstwy folii mogą nagrzewać się powyżej 30°C, co jest przyczyną obniżenia wartości pokarmowej kiszonek. Przy technologii sporządzania kiszonek w belach dla I pokosu wskazane jest stosowanie folii w kolorze jasnozielonym, dla II pokosu w kolorze białym, dla III pokosu folii ciemnozielonej lub czarnej, a przy IV pokosie folii czarnej. Folia biała posiada największą

zdolność odbijania promieniowania UV i nieco niższą gęstość filtra UV. Folie kolorowe, oprócz wyższej ochrony przed promieniowaniem UV, charakteryzują się lepszą kleistością, a to ma istotne znaczenie w przypadku produkcji sianokiszonek w belach. Używanie folii o różnych kolorach ułatwia także segregację różnych pokosów, bez konieczności datowania bel (Raport Rolny, 2003).

Folie do przykrywania silosów i przyz z reguły występują w ciemnych lub białych kolorach i często złożone są z dwóch warstw, przy czym jedna strona jest przykładowo biała, a druga ciemna.

Do przykrywania przyz na polu zaleca się stosowanie dwóch warstw standardowej jakości folii. Pierwszą warstwę powinna stanowić cienka folia (grubość ok. 0,04 mm), która ściśle przylega do materiału, a drugą gruba (0,1 – 0,2 mm), spełniająca zadanie ochronne (Chudziak, 2004). Używanie tylko jednej folii nie jest korzystne, gdyż folia cienka ma większą przenikalność gazów, małą wytrzymałość i bardzo łatwo można ją przebić. Folia grubsza natomiast zbyt słabo przylega do zakiszane materiału, przez co nie stwarza warunków całkowicie beztlenowych (Raport Rolny, 2003).

Standardowa folia kiszonkarska produkowana jest z materiałów polimerowych, w dużym stopniu odpornych zarówno na działanie czynników abiotycznych, jak i biotycznych. Korzystne z punktu widzenia wytwarzania i użytkowania cechy są jednak bardzo uciążliwe dla środowiska. Folia kiszonkarska prędzej lub później staje się odpadem, którego zagospodarowa-

nie jest obecnie jednym z głównych problemów światowej gospodarki odpadami z tworzyw sztucznych (Rutkowska i in., 2002). O ile rozcięte rękawy foliowe oraz folie stosowane do okrywania silosów lub przyzm mogą jeszcze przez jakiś czas służyć rolnikowi do różnych celów niezwiązanych bezpośrednio ze sporządzaniem kiszzonek, to samokurczliwa folia po sianokiszzonek staje się bezużyteczna.

Folia z czystego polietylenu małej gęstości a środowisko

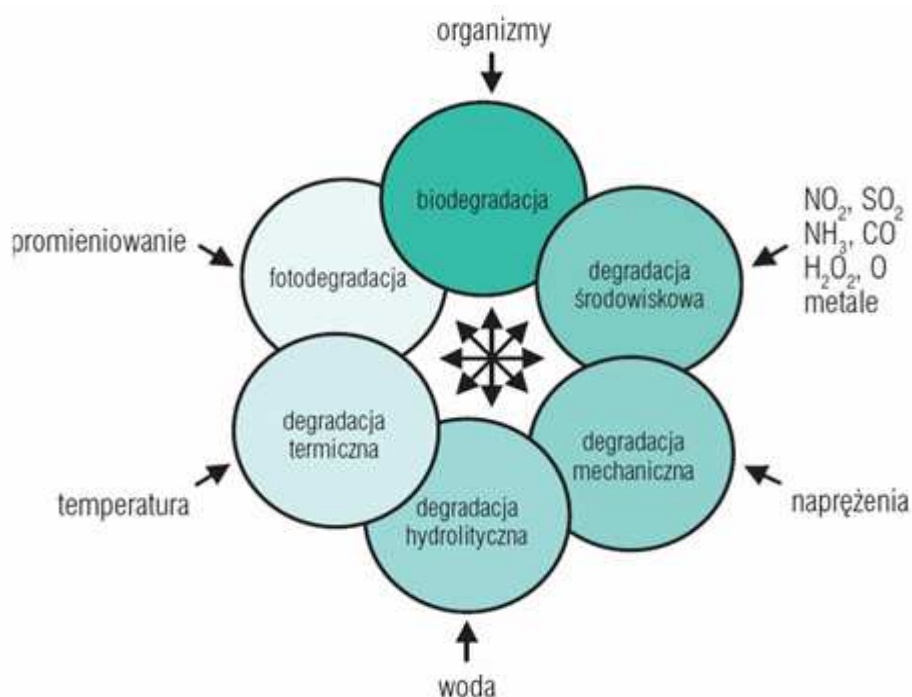
Ze względów ekonomicznych, środowiskowych i społecznych ważnym zagadnieniem jest prawidłowe zagospodarowanie folii pochodzącej z procesów produkcji w rolnictwie. „Kodeks Dobrej Praktyki Rolniczej” zaleca gromadzenie odpadów nieorganicznych (w tym sztucz-

nych) i przekazywanie ich do punktu zbiórki lub na wiejskie wysypiska śmieci.

Jedną z metod utylizacji odpadów polimerowych jest recykling materiałowy polegający na ponownym przetwarzaniu odzyskanych tworzyw metodami przetwórstwa termoplastów (Rymarz i Klecan, 2001). Czynnikiem ograniczającym stosowanie tego zabiegu jest jakość pozyskanego w wyniku przetworzenia nowego tworzywa. Nawet niewielkie ilości zanieczyszczeń obcego pochodzenia znacznie pogarszają właściwości przetwórcze i wytrzymałościowe. Eliminuje to praktycznie możliwość wykorzystania przetworzonych folii w produkcji rolnej (Świątkowski i Walczak, 2004). Folie wykorzystywane do zakiszania surowców roślinnych muszą być pierwotnego pochodzenia. Niedopuszczalne jest zastosowanie domieszek materiału odpadowego.



Fot. 1. Ugniatanie zielonki z całych roślin kukurydzy w zbiorniku przejazdowym (fot. autor)
Fig. 1. Compaction of whole-maize forage in a clamp silo (photo: author)



Rys. 1. Różnorodność procesów powodujących starzenie się tworzyw sztucznych w środowisku naturalnym (Leboda i Oleszczuk, 2002)

Fig. 1. Diversity of processes responsible for the ageing of plastics in the natural environment (Leboda and Oleszczuk, 2002)

Folia wyprodukowana z dodatkiem odpadów z tworzyw sztucznych zawiera setki milionów ziaren piasku i innych zanieczyszczeń, z których nie da się jej skutecznie oczyścić. Przekreśla to praktycznie szczelność otrzymanej folii, a konsekwencją mogą być straty ekonomiczne, wynikające z pogorszenia jakości kiszonek. Ponadto, długotrwałe wystawianie folii kiszonkarskiej na działanie promieni słonecznych może zmieniać jej strukturę. W związku z powyższym, zużyte folie kiszonkarskie jako tworzywo odpadowe nie nadają się do recyklingu materiałowego.

W warunkach polskiego rolnictwa zbiórka i recykling folii wykorzystywanej do produkcji rolniczej, jako najbardziej przyjazna dla środowiska forma zagospodarowania odpadów, są mało popularne. Najczęściej po okresie eksploatacji folie z czystego polietylenu małej gęstości utylizowane są poprzez zakopywanie w dołach, składowanie na wysypiskach śmieci lub spalanie. Spalanie folii stanowi poważne zagrożenie dla

środowiska.

Hydrofobowy charakter tworzyw sztucznych ogranicza możliwość ich rozkładu przez enzymy, a tym samym wydłuża okres degradacji. Szacuje się, że na degradację tworzyw i asymilację finalnych produktów rozkładu potrzeba około 500 lat. W wyniku degradacji polimerów uwalniane są liczne związki, które nie są obojętne dla środowiska i mogą być przyczyną skażenia gruntów oraz wód. Tym bardziej, że często miejscem ich naturalnego rozkładu stają się nielegalne wysypiska śmieci, przydrożne rowy, lasy, jeziora czy też wszelkie niezagospodarowane przestrzenie (Rymarz i Klecan, 2001; Majdiuk, 2002).

Pomimo aktualnie obowiązującej ustawy o odpadach (z dnia 27 kwietnia 2001 r., Dz. U. nr 62) coraz częściej stosowaną metodą pozbywania się odpadów z tworzyw sztucznych, w tym folii kiszonkarskiej, jest ich spalanie w tradycyjnych paleniskach domowych lub na wolnym powietrzu.



Fot. 2. Okrycie folią zakiszzonej zielonki z całych roślin kukurydzy – zbiorniki przejazdowe (fot. autor)
Fig. 2. Coating of ensiled whole-maize forage in clamp silos (photo: author)

Natężenie tego zjawiska na obszarach wiejskich występuje w okresie jesienno-zimowym, kiedy spalanie wiąże się z równoczesnym pozyskaniem ciepła, oraz w okresie wiosennych porządków. Takie zagospodarowanie odpadów jest bardzo szkodliwe dla środowiska. Spalanie w zwykłych piecach odbywa się przy

stosunkowo niskiej temperaturze (200–500°C). Prowadzi to do wytworzenia spalin zawierających trujące związki (Leboda i Oleszczuk, 2002). Ich szkodliwość spotęgowana jest przez wydobywanie się z tak zwanych źródeł emisji niskiej, jakimi są domowe kominy czy też ogniska. Ogranicza to rozchodzenie się powstających za-

nieczyszczeń w wyniku utrudnionej możliwości wzniesienia się i wymieszania z wyższymi warstwami powietrza atmosferycznego. W wyniku nieprawidłowego spalania do powietrza atmosferycznego emitowane są szkodliwe substancje, do których należą:

- **Metale ciężkie** – zawarte w pyłach, które przyczyniają się do skażenia gleb, roślin i wód, a tym samym wywierają wpływ na zdrowie człowieka. Bezpośredni kontakt człowieka z pyłami powoduje osadzanie się ich na ściankach pęcherzyków płucnych i utrudnianie wymiany gazowej.
- **Tlenek węgla** – zwany potocznie czadem; jest bezbarwnym i bezwonny gazem o silnie trujących właściwościach. Może łączyć się z hemoglobina krwi, która traci wtedy zdolność pobierania tlenu. W atmosferze przechodzi w dwutlenek węgla.
- **Dwutlenek węgla** – jest gazem bezbarwnym, bez zapachu, niepalnym i 1,5 razy cięższym od powietrza. Dwutlenek węgla nie stanowi bezpośredniego, natychmiastowego zagrożenia, jednak w skali globalnej i perspektywicznej jest czynnikiem potęgującym efekt cieplarniany.
- **Dwutlenek siarki** – nawet niskie stężenie tego gazu może spowodować uszkodzenie dróg oddechowych. U roślin wpływa na zanik chlorofilu, w wyniku czego dochodzi do obumierania blaszki liściowej. Jego obecność w powietrzu atmosferycznym przyczynia się do powstania zjawiska kwaśnych deszczy.
- **Tlenki azotu** – powodują zanieczyszczenie gleb i przyczyniają się do procesu eutrofizacji wód (Pyłka-Gutowska, 1996; Piecuch i in., 2002).

Na szczególną uwagę zasługują emitowane przy spalaniu folii związki, które w naturze nie występują samoistnie, przez co są szczególnie niebezpieczne dla organizmów żywych (wykazują działanie rakotwórcze, powodują zwyrodnienia w rozwoju embrionalnym i płodowym, wywołują zaburzenia genetyczne, hamują wzrost,

obniżają odporność organizmu, uszkadzają wątrobę, silnie podrażniają oczy i układ oddechowy). Należą do nich: dioksyny, furany i fosgen (<http://www.eko.luban.com.pl/index.php?id=potop>).

Folia biodegradowalna z modyfikowanego polietylenu małej gęstości a środowisko

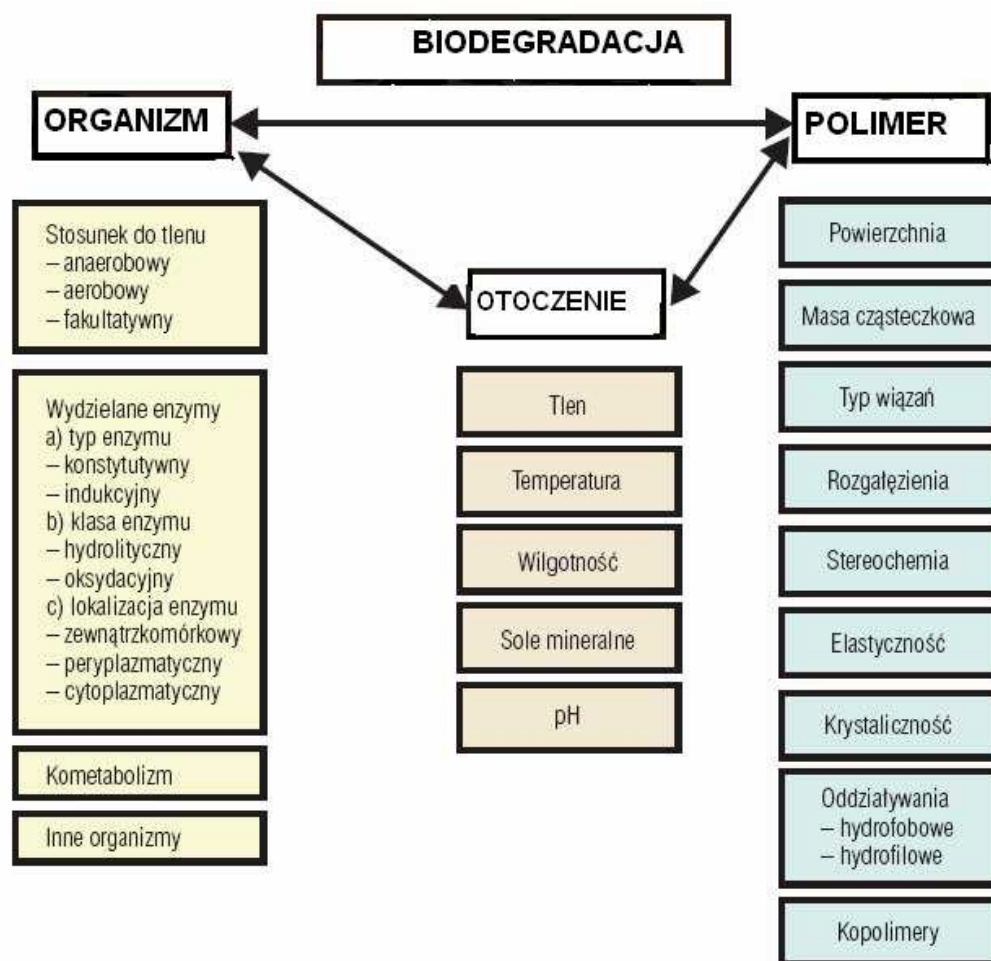
Problemy techniczne i ekonomiczne związane z recyklingiem odpadów z tworzyw sztucznych przyczyniły się do opracowania technologii wytwarzania polimerów, do produkcji których używa się naturalnych surowców, a ich rozkład przebiega szybko i bez szkodliwego oddziaływania na środowisko naturalne (Leboda i Oleszczuk, 2002).

Materiały biodegradowalne są to polimery otrzymane na drodze naturalnej, biotechnologicznej syntezy związków wielkocząsteczkowych (MMWC) lub na drodze wytwarzania produktów zawierających biodegradowalne napełniacze czy modyfikatory (naturalne polimery), które posiadają własną zdolność do biodegradacji (Majdiuk, 2002).

Właściwy proces biodegradacyjny wynika z enzymatycznego działania mikroorganizmów oraz wielu innych czynników przedstawionych na rysunku 2. Tempo rozkładu tworzyw sztucznych uzależnione jest w dużym stopniu od odpowiednich dla rozwoju mikroorganizmów i bakterii warunków, takich jak wilgotność, temperatura, pH czy obecność tlenu.

Dostępne trzy klasy polimerów biodegradowalnych odpowiadają kolejnym stopniom rozwoju tych materiałów (Leboda i Oleszczuk, 2002):

- * mieszaniny polimerów syntetycznych i dodatków przyswajalnych przez mikroorganizmy;
- * polimery syntetyczne, zawierające w łańcuchu głównym grupy wrażliwe na hydrolytyczny atak mikroorganizmów;
- * polimery najnowszej generacji, powstałe w wyniku procesów naturalnych, ulegające rozkładowi pod wpływem mikroorganizmów – najczęściej do CO₂ i H₂O.



Rys. 2. Czynniki wpływające na biodegradację polimerów (Łabużek i in., 2005)

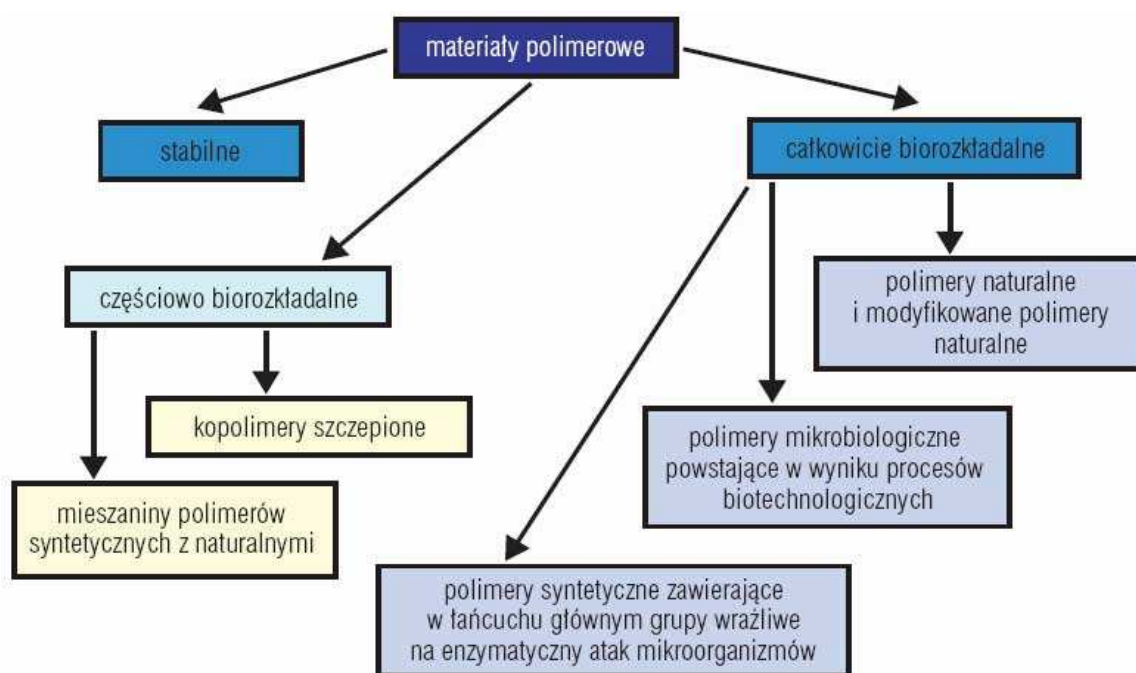
Fig. 2. Factors affecting the biodegradation of polymers (Łabużek et al., 2005)

Związki, które stanowią najbardziej preferowane pożywienie dla mikroorganizmów i bakterii rozkładających tworzywa sztuczne, są pochodzenia naturalnego. Należą do nich: celuloza, skrobia, jedwab, żelatyna, chityna itp. W związku z tym, że substancje te ulegają degradacji w wyniku enzymatycznej hydrolizy i utlenienia, dąży się do zwiększenia ich ilości w materiale polimerowym. Materiały te mogą być degradowanymi komponentami, wprowadzonymi do niebiodegradowalnej matrycy polimerowej (Majdiuk, 2004).

Najczęściej w technologii wytwarzania polimerów biodegradowalnych wykorzystywana jest skrobia. Należy ona do źródeł niewyczerpywalnych, stanowi bowiem materiał energetyczny

produkowany przez wiele roślin. Skrobia, ze względu na zbyt dużą hydrofilowość i brak właściwości termoplastycznych, musi być poddana modyfikacji, dzięki której otrzymujemy materiał termoplastyczny (Świątkowski i Walczak, 2004). Skrobię wykorzystuje się jako napełniacz polimerów syntetycznych.

Innym polisacharydem, powszechnie występującym w zasobach naturalnych, jest celuloza. Ze względu na to, że trudno ulega ona biorozkładowi, stosowana jest w połączeniu ze skrobią. Dostępne są również biodegradowalne folie z mieszanki karbaminianu celulozy ze skrobią. Zawierają one do 50% skrobi, a ich właściwości są porównywalne do właściwości folii otrzymywanych w sposób naturalny (Wawro i Struszczyk, 1999).



Rys. 3. Podział polimerów w zależności od ich podatności na biodegradację (Łabużek i in., 2005)

Fig. 3. Classification of polymers according to their susceptibility to biodegradation (Łabużek et al., 2005)

Prowadzone są również badania z wykorzystaniem odżywczych włókien konopi biodegradowalnymi, termoplastycznymi polimerami. Nadają się one do wielokrotnego użytku, a w fazie końcowej można je spalić. W środowisku naturalnym proces rozkładu tworzyw na bazie włókien konopi trwa około 200 dni (Keller, 2001).

Nowoczesne polimery, których wytworzenie nie jest oparte na bazie surowców naturalnych, zostają poddawane modyfikacji tak, aby w wyniku foto-, chemo- lub hydrobiodegradacji ulegały szybkiemu rozkładowi. Do tej grupy zalicza się syntetyczne polimery zawierające grupy ulegające hydrolizie. Proces ten zachodzi najczęściej pod wpływem wody lub wodnych roztworów kwasów, zasad i soli. Do polimerów tych należą: poliestry, poliamidy i poliuretany (Majdiuk, 2002).

Polikwas mlekowy – PLA – jest całkowicie biodegradowalnym alifatycznym poliestrem liniowym, otrzymywanym głównie z kwa-

su mlekowego. Uzyskuje się go na drodze syntezy chemicznej lub w wyniku fermentacji mlekowej węglowodanów wywołanej działaniem bakterii *Lactobacillus* (Foltynowicz i Jakubiak, 2002). Proces degradacji PLA przebiega początkowo na drodze hydrolizy. Przenikająca w głąb przestrzeni polimeru woda przyczynia się do rozpadu wiązań na oligomery i kwas mlekowy. Następnie mikroorganizmy przekształcają powstałe związki w wodę, dwutlenek węgla i biomasę. Tworzywa na bazie PLA znalazły zastosowanie w sektorze rolnictwa. Folia z PLA odznaczają się wysoką jakością. Zabezpieczają przed mrozem, gradem oraz szkodnikami (Foltynowicz i Jakubiak, 2002)

Do grupy poliestrów zaliczamy również polikaprolakton, który może być degradowany zarówno w kontakcie z żywymi organizmami, jak i w warunkach środowiska naturalnego (Rutkowska i in., 2002).



Fot. 3. Pryzma z zakiszoną zielonką z całych roślin kukurydzy (fot. autor)
Fig. 3. Heap with ensiled whole-maize forage (photo: author)

Polimerem przyszłości może być biodegradowalny kwas poliasparaginowy (PKA) oraz jego nietoksyczne i higroskopijne pochodne. Są to związki obojętne biologicznie, ulegające rozpuszczeniu w wodzie do aminokwasów (Tylek i in., 2005).

Odmianą grupę stanowią polimery biosyntetyczne. W niektórych bakteriach stwierdzono obecność struktur ziarnistych, które stanowią materiał zapasowy, zbliżony do skrobi i glikogenu magazynowanych przez inne organizmy. Należą do nich poli- β -hydroksymaślany, które syntezują bakterie (np. *Alcaligenes entrophys*) (Majdiuk, 2002).

Ważną grupę stanowią polimery podlegające fotodegradacji. Jest to proces, w którym

promieniowanie słoneczne zaadsorbowane przez struktury tworzywa powoduje jego kruszenie i rozpadanie się w naturalnym środowisku. Takie właściwości uzyskuje się dzięki dodaniu do polimeru małych ilości dodatków wrażliwych na promieniowanie UV (Leboda i Oleszczuk, 2002). Pozyskane w ten sposób nowoczesne folie nie mogą być jednak stosowane do produkcji kiszonek ze względu na całoroczne wystawienie folii na promieniowanie świetlne.

Podsumowanie

Wzrost wymagań w zakresie ochrony środowiska i proces rozwoju infrastruktury ochrony środowiska na obszarach wiejskich uzasadnia ce-

lowość stosowania w praktyce rolniczej folii biodegradowalnych z modyfikowanego polietylenu małej gęstości. Właściwości fizykomechaniczne tych folii zbliżone są do termoplastycznych folii silosowych z czystego polietylenu małej gęstości, które znajdują powszechne zastosowanie przy produkcji kiszonek. Konieczność eliminowania ze środowiska folii z czystego polietylenu małej gęstości wynika z nieprawidłowego zagospodarowania tego surowca po okresie eksploatacji. Zużyta folia kiszonkarska najczęściej uty-

lizowana jest poprzez spalanie, składowanie na wysypiskach śmieci lub zakopywanie w dołach. Spalana folia stanowi poważne zagrożenie dla środowiska. Wprowadzenie na rynek folii biodegradowalnych z uwagi na wskazany ekologicznie kierunek utylizacji może rozwiązać problem zagospodarowania odpadów pochodzących z procesów produkcji w rolnictwie. Wiąże się to jednak ze zmianą obecnie stosowanych technologii na rozwiązania ekologiczne, a to będzie decydowało o cenie tego produktu.

Literatura

- Chudziak K. (2004). Trawy w kiszonce. *Więś kuj-pom.*, 36: s. 19.
- Foltynowicz Z., Jakubiak P. (2002). Poli (kwas mlekowy) - biodegradowalny polimer otrzymywany z surowców roślinnych, *Polimery*, 11-12: 769-774.
- Keller A. (2001). Pflanzenfaser – Werkstoffe, *FAT-Berichte*, 575: 1-9.
- Leboda R., Olszczuk P. (2002). Odpady komunalne i ich zagospodarowanie. *Lublin*, 437 ss.
- Łabużek S., Pająk J., Nowak B. (2005). Biodegradacja tworzyw sztucznych. *Ekologia*, 1: 32-35.
- Majdiuk E. (2002). Materiały tworzywowe przyjazne dla środowiska, *Przetwórstwo Tworzyw*, 4, 90: 105-114.
- Piecuch T., Dębek L., Juraszka B. (2002). Spalanie i piroliza odpadów oraz ochrona powietrza przed szkodliwymi składnikami spalin. *Koszalin*, 529 ss.
- Pyłka-Gutowska E. (1998). *Ekologia z ochroną środowiska*. Warszawa, 280 ss.
- Raport Rolny (2003). Nowości w technologii zbioru słomy, siana i sporządzania sianokiszonki; http://www.raportrolny.pl/index.php?str=1&id_a=693.
- Rutkowska M., Krasowska K., Heimowska A., Steinka I. (2002). Wpływ modyfikacji poli (ε-kaprolaktonu) na jego biodegradację w warunkach naturalnych. *Polimery*, 4: 262-268.
- Rymarz G., Klecan T. (2001). Kierunki wykorzystania odpadów z tworzyw sztucznych. *Przetwórstwo Tworzyw*, 2, 76: 35-37.
- Świątkowski M., Walczak K. (2004). Stan rozwoju tworzyw polimerowych zawierających skrobię. *Przetwórstwo Tworzyw*, 5, 10: 138-145.
- Tylek E., Polaczek J., Pieliowski J. (2005). Metody analizy poli (kwasu asparaginowego) i jego pochodnych. *Polimery*, 5: 341-345.
- Wawro D., Struszczyk H. (1999). Biodegradowalna folia z przetworzonych biologicznie mieszanek celulozy ze skrobią. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 25: 28-32.

THE USE OF BIODEGRADABLE COATING IN SILAGE PRODUCTION

Summary

The increased requirements in environment protection and development of environmental infrastructure in rural areas justifies the use of biodegradable coating made of low-density modified polyethylene in agricultural practice. The physico-mechanical properties of these coatings are similar to those of thermoplastic silo sheeting made of pure polyethylene of low density, which are commonly used in silage production. The need to eliminate pure polyethylene sheeting of low density from the environment results from inappropriate management of this material after the operating period. Worn-out silage sheeting is mostly recycled through burning, landfilling or burying in pits. Burnt pure polyethylene sheeting of low density poses a serious threat to the environment. The marketing of biodegradable coatings due to the ecological method of recycling, may solve the problem of farm waste management. However, this is connected with the replacement of the present technology with ecological solutions and will affect the product's price.