

WŁAŚCIWOŚCI TWORZYWA SPORZĄDZONEGO Z POLIMERÓW SYNTETYCZNYCH I SKROBI ACETYLOWANEJ

Ewa Zdybel, Wacław Leszczyński

Katedra Technologii Rolnej i Przechowalnictwa,
Akademia Rolnicza we Wrocławiu

Wstęp

Postęp cywilizacyjny nie byłby możliwy bez tworzyw sztucznych. Zastosowanie znalazły one we wszystkich dziedzinach życia gospodarczego. Właściwości, które decydują o szerokim ich zastosowaniu to m.in.: dobre właściwości mechaniczne, lekkość, wytrzymałość, trwałość, elastyczność, nieprzepuszczalność wody i gazów, łatwość obróbki i formowania, niskie koszty wytworzenia. Dzięki tym właściwościom tworzywa te szeroko stosowane są do produkcji opakowań.

Tak pożądana cecha, jak bardzo dobra trwałość, okazała się jednak poważną wadą tworzyw. Opakowania z polimerów syntetycznych są bardzo kłopotliwe w utylizacji. Ich wciąż wzrastająca ilość jest dużym problemem ekologicznym i ekonomicznym. W Polsce w 1999 roku powstało 470 tys. ton odpadów z tworzyw sztucznych, a według prognoz w 2005 roku będzie ich 650 tys. ton. Przewiduje się także dalszy wzrost produkcji opakowań z tworzyw sztucznych na poziomie 10% rocznie [LESZCZYŃSKI 2001].

Większość krajów rozpoczęła działania mające na celu ograniczenie niekorzystnego wpływu opakowań na środowisko naturalne. Sposoby na ograniczenie ilości odpadów opakowaniowych to: ograniczenie masy opakowań, powtórne użycie opakowań, powtórne przetwórstwo, spalanie z odzyskiem energii, spalanie bez odzysku energii oraz kompostowanie odpadów o dużym udziale frakcji biodegradowalnej [ŻAKOWSKA 1995].

Najbezpieczniejszą i najtańszą metodą utylizacji jest kompostowanie, czyli recykling organiczny. Materiałom przydatnym do kompostowania oraz opakowaniom biodegradowalnym stawiane są następujące wymagania: odpady opakowaniowe przetwarzane w celu uzyskania kompostu, powinny wykazywać biodegradowalność, która nie stanowi przeszkody w selektywnej zbiórce i samym procesie kompostowania; odpady opakowaniowe biodegradowalne powinny wykazywać zdolność fizycznego, chemicznego, termicznego i biologicznego rozkładu, w którym kompost ostatecznie jest przekształcony na dwutlenek węgla, biomasę i wodę [LESZCZYŃSKI 2002]. Jednak większość konwencjonalnych tworzyw sztucznych jest odporna nawet na długotrwałe działanie takich środowisk jak woda, gleba czy powietrze i światło.

Jednym ze sposobów modyfikacji tworzywa polimerowego, ułatwiającym jego biodegradację jest połączenie go ze skrobią [WALKOWSKI, LEWANDOWICZ 1994]. W wyniku biodegradacji zawartej w tworzywie skrobi zmniejsza się jego masa. W miejscach po rozłożonej skrobi powstają puste wolne przestrzenie, co powoduje rozluźnienie struktury tworzywa i ułatwia rozpad łańcuchów polimerów syntetycznych [LESZCZYŃSKI 1998]. Niestety zawarta w tworzywie skrobia znacząco pogarsza jego właściwości mechaniczne, dodatek skrobi powoduje także zmniejszenie odporności na działanie wody. Tworzywa z dodatkiem skrobi ulegają częściowemu rozpuszczeniu w wodzie oraz chłoną wodę z otoczenia [GOLACHOWSKI i in. 2001].

Aby temu zapobiec i uzyskać tworzywo o lepszych właściwościach stosuje się jako dodatek skrobię modyfikowaną. Często do tego celu używany jest octan skrobi, czyli skrobia acetylowana, łatwo ulegająca biodegradacji [FERNANDO i in. 2002]. W zależności od stopnia podstawienia (DS) otrzymuje się skrobie niskoacetylowane lub wysokoacetylowane.

Skrobie acetylowane o wysokim stopniu podstawienia są dobrze rozpuszczalne w rozpuszczalnikach organicznych i tworzą termoplastyczne błony a trudno rozpuszczają się w wodzie [SHOGREN 1996]. Należało więc sądzić, że wprowadzenie do tworzywa skrobi wysokoacetylowanej spowoduje właściwą odporność na działanie wody z zachowaniem pozostałych jej cech użytkowych.

Celem badań było określenie właściwości wytrzymałościowych oraz podatności na działanie wody tworzywa z polietylenu i kompozytu skrobi acetylowanej z kopolimerem etylenu i kwasu akrylowego.

Materiał i metody

Materiały

Materiał badawczy stanowiła skrobia ziemniaczana Superior wytworzona w PPZ Niechlów; stężony bezwodnik kwasu octowego z przedsiębiorstwa przemysłowo handlowego Polskie Odczynniki Chemiczne w Gliwicach; polietylen LDPE Malen E GGNX18D003 wyprodukowany przez Petrochemię Płock S.A.; kopolimer etylenu z kwasem akrylowym (EAA) o nazwie handlowej Primacor 5980 firmy Dow Europe z Horgen zawierający 20% kwasu akrylowego; gliceryna bezwodna z Laboratorium Uszlachetniania Substancji Chemicznych „Chempur” w Piekarach Śląskich.

Acetylacja skrobi

Wysuszoną skrobię ziemniaczaną ogrzewano w 100°C z bezwodnikiem kwasu octowego w środowisku zasadowym. Po ochłodzeniu mieszaninę płukano wodą destylowaną, zobojętniano i suszono. Skrobię wysokoacetylowaną otrzymano przez dwukrotne powtórzenie procesu acetylacji.

Przygotowanie kompozytu

Polietylen mielono na młynku laboratoryjnym Pulverisette 19 firmy FRI-TSCH i przesiewano przez sito otrzymując frakcję o wielkości do 500 μm

Granulat kopolimeru etylenu z kwasem akrylowym rozpuszczano w mieszaninie stężonego amoniaku i wody (1 : 1).

Kompozyt sporządzano przez wymieszanie 8%-owego kleiku skrobi naturalnej z rozpuszczonym kopolimerem ctylen-kwas akrylowy. W przypadku sporządzania kompozytu ze skrobi acetylowanej mieszano ją w postaci sypkiej z rozpuszczonym kopolimerem.

Kompozyt skrobi acetylowanej łączono też z kompozytem skrobi naturalnej w stosunku ilościowym 1 : 1.

Do uzyskanych kompozytów dodawano 20% gliceryny. Następnie mieszano z polietylenem w proporcjach wagowych: 3 : 7; 5 : 5; 7 : 3 i poddawano dalszej obróbce w celu uzyskania tworzywa.

Otrzymywanie tworzyw

Sporządzone mieszaniny z udziałem skrobi naturalnej poddano prasowaniu (140, 160 lub 180°C), ekstruzji, lub ekstruzji i prasowaniu (140 lub 160°C). Mieszaniny z udziałem skrobi acetylowanej poddawano prasowaniu (140, 160 lub 180°C), a mieszaniny z udziałem skrobi naturalnej z acetylowaną ekstrudowano, a następnie prasowano (140 lub 160°C).

Ekstruzję przeprowadzono w ekstruderze firmy BRABENDER AEV 650 20 DN przy następujących parametrach:

- stopień sprężania ślimaka: 3 : 1;
- temperatura w sekcjach ekstrudera: 120°C, 130°C, 140°C;
- obroty podajnika: 20 min;
- obroty ślimaka: 140 min.

Zastosowano głowicę szerokotaśmową (szer. 80 mm x 0,5 mm)

Prasowanie przeprowadzono na prasie laboratoryjnej przy ciśnieniu 300 kg·cm⁻² i w temperaturach 140, 160 lub 180°C.

Z uzyskanych folii wycinano kształtki (wiosółka) do oznaczeń właściwości wytrzymałościowych.

Wykonywane oznaczenia

W uzyskanym materiale oznaczano:

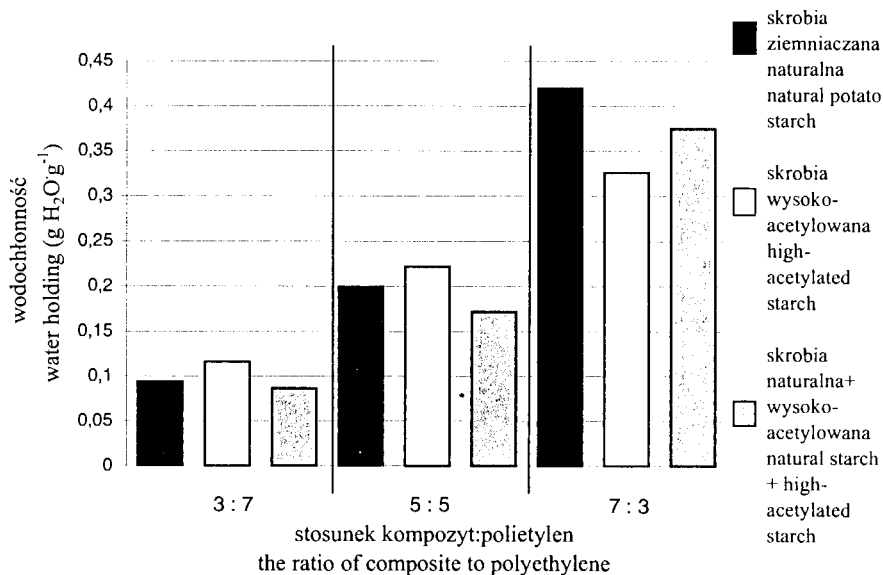
- rozpuszczalność w wodzie i wodochłonność w temperaturze 80°C [LESZCZYŃSKI i in. 1996];
- wytrzymałość na rozciąganie i wydłużenie przy zerwaniu, przy użyciu maszyny wytrzymałościowej INSTRON 5566 wyposażonej w głowicę tensometryczną o zakresie pomiarowym do 1 kN [FIGIEL, ZIĘBA 2001].

Uzyskane wyniki poddano obliczeniom statystycznym przy użyciu pakietu Statistica 6,0 [STANISZ 2001].

Omówienie wyników

Użycie skrobi naturalnej i skrobi acetylowanej pozwoliło uzyskać tworzywa metodami stosowanymi w doświadczeniu. Rodzaj dodatku, jego wielkość i sposób wytwarzania tworzyw wpływały na ich właściwości.

Wodochłonność tworzywa (rys. 1) wzrastała wraz ze wzrostem stosunku kompozytu do polietylenu. W przypadku najwyższego udziału kompozytu w tworzywie, zastąpienie skrobi naturalnej skrobią acetylowaną powodowało niewielkie, ale istotne obniżenie wodochłonności w stosunku do tworzyw z takim samym udziałem kompozytu zawierającym skrobię naturalną.



Rys. 1. Wodochłonność tworzyw w zależności od stosunku kompozytu do polietylenu i rodzaju dodanej skrobi ($\text{g H}_2\text{O}\cdot\text{g}^{-1}$)

Fig. 1. Water holding capacity of plastics depending on the ratio of composite to polyethylene and the sort of starch ($\text{g H}_2\text{O}\cdot\text{g}^{-1}$)

Tabela 1; Table 1

Wodochłonność tworzyw w zależności od stosunku kompozytu do polietylenu, rodzaju dodanej skrobi i sposobu wytwarzania ($\text{g H}_2\text{O}\cdot\text{g}^{-1}$)

Water holding capacity of plastics depending on the ratio of composite to polyethylene, the sort of starch and production method ($\text{g H}_2\text{O}\cdot\text{g}^{-1}$)

| Stosunek kompozyt : polietylen The ratio of composite to polyethylene | Sposób wytwarzania; Production method | | | | | | | | | | | |
|--|---------------------------------------|------|------------------------------------|------|------------------------------------|------|------------------------|-------|--|-------|--|-------|
| | prasowanie 140°C pressing 140°C | | prasowanie 160°C pressing 160°C | | prasowanie 180°C pressing 180°C | | ekstruzja extrusion | | ekstruzja + prasowanie 140°C extrusion + pressing 140°C | | ekstruzja + prasowanie 160°C extrusion + pressing 160°C | |
| | N | A | N | A | N | A | N | N + A | N | N + A | N | N + A |
| 3 : 7 | 0,04 | 0,12 | 0,12 | 0,11 | 0,17 | 0,12 | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,09 | 0,19 | 0,11 |
| 5 : 5 | 0,07 | 0,25 | 0,32 | 0,22 | 0,31 | 0,20 | 0,09 | 0,11 | 0,17 | 0,18 | 0,25 | 0,23 |
| 7 : 3 | 0,07 | 0,34 | 0,37 | 0,32 | 0,47 | 0,31 | 0,46 | 0,29 | 0,54 | 0,38 | 0,61 | 0,46 |

NIR, LSD = 0,04

N – skrobia ziemniaczana naturalna; natural potato starch

A – skrobia wysokoacetylowana; high-acetylated starch

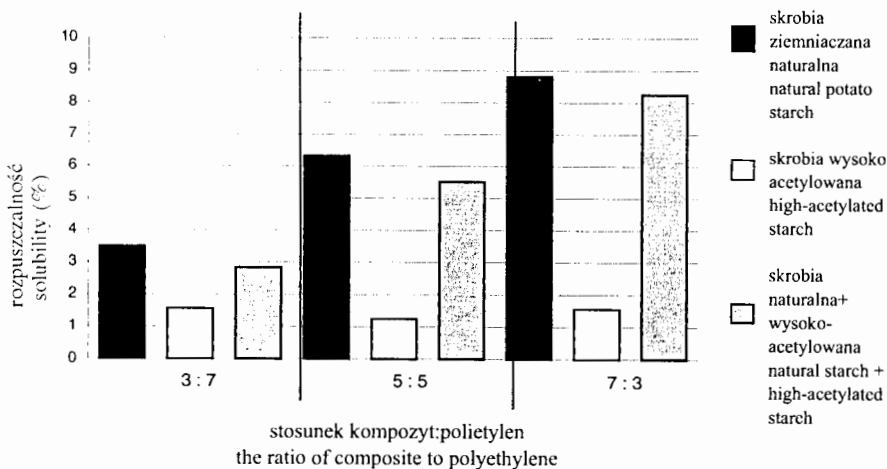
N + A – skrobia naturalna + wysokoacetylowana; natural starch + high-acetylated starch

Analizując wpływ sposobu sporządzania tworzyw (tab. 1) można stwierdzić, że folie zawierające skrobię naturalną prasowane w 140°C charakteryzowały się

istotnie najniższą wodochłonnością. Tylko w przypadku tworzyw wytwarzanych tym sposobem, zastąpienie skrobi naturalnej skrobią acetylowaną powodowało wzrost wodochłonności. Przy stosowaniu pozostałych metod prasowania użycie skrobi acetylowanej samej lub zmieszanej ze skrobią naturalną przyczyniało się do obniżenia wodochłonności.

Wodochłonność tworzyw ze skrobią naturalną wzrastała wraz ze zwiększaniem temperatury prasowania. Wzrost wodochłonności następował też przy użyciu ekstruzji i prasowania w stosunku do tworzyw poddanych tylko prasowaniu. Z tworzyw zawierających skrobię naturalną zmieszaną ze skrobią acetylowaną najniższą wodochłonnością charakteryzowały się wytworzone przy zastosowaniu ekstruzji. Dodatkowe prasowanie istotnie zwiększało wodochłonność tych tworzyw.

Rozpuszczalność tworzyw (rys. 2) wzrastała wraz ze zwiększeniem udziału kompozytu w tworzywach z dodatkiem skrobi naturalnej oraz z dodatkiem mieszaniny skrobi naturalnej i acetylowanej. Natomiast całkowite zastąpienie skrobi naturalnej skrobią acetylowaną istotnie obniżało rozpuszczalność tworzyw. Rozpuszczalność tworzyw ze skrobią acetylowaną była najniższa i nie zależała od ilości zawartego w tworzywie kompozytu.



Rys. 2. Rozpuszczalność tworzyw w zależności od stosunku kompozytu do polietylenu i rodzaju dodanej skrobi (%)

Fig. 2. Solubility of plastics depending on the ratio of composite to polyethylene and the sort of starch (%)

Rozpuszczalność tworzyw zależała też od stosowania różnych metod i temperatur wytwarzania (tab. 2). W przypadku tworzyw prasowanych, najwyższą rozpuszczalnością charakteryzowały się tworzywa prasowane w najwyższej temperaturze (180°C). Dotyczyło to tworzyw zawierających skrobię naturalną, a także w przypadku największego udziału kompozytu, tworzyw ze skrobią acetylowaną.

Tworzywa zawierające skrobię naturalną lub mieszaninę skrobi naturalnej z acetylowaną, otrzymane na drodze ekstruzji i prasowania, odznaczały się niższą rozpuszczalnością niż w wyniku samej ekstruzji. Przy użyciu tej metody wytwarza-

nia, niższą rozpuszczalnością charakteryzowały się tworzywa zawierające mieszaninę skrobi naturalnej z acetylowaną niż z samą skrobią naturalną.

Tabela 2; Table 2

Rozpuszczalność tworzyw w zależności od stosunku kompozytu do polietylenu, rodzaju dodanej skrobi i sposobu wytwarzania (%)

Solubility of plastics depending on the ratio of composite to polyethylene, the sort of starch and production method (%)

| Stosunek kompozyt : polietylen The ratio of composite to polyethylene | Sposób wytwarzania; Production method | | | | | | | | | | | |
|--|---------------------------------------|------|------------------------------------|------|------------------------------------|------|------------------------|-------|--|-------|--|-------|
| | prasowanie 140°C pressing 140°C | | prasowanie 160°C pressing 160°C | | prasowanie 180°C pressing 180°C | | ekstruzja extrusion | | ekstruzja + prasowanie 140°C extrusion + pressing 140°C | | ekstruzja + prasowanie 160°C extrusion + pressing 160°C | |
| | N | A | N | A | N | A | N | N + A | N | N + A | N | N + A |
| 3 : 7 | 2,88 | 1,03 | 3,76 | 1,52 | 5,41 | 2,15 | 5,87 | 6,05 | 2,30 | 1,56 | 0,78 | 0,91 |
| 5 : 5 | 5,63 | 0,53 | 6,04 | 1,81 | 10,20 | 1,40 | 8,88 | 10,94 | 3,77 | 3,86 | 3,41 | 1,76 |
| 7 : 3 | 7,54 | 0,85 | 8,39 | 0,70 | 11,16 | 3,12 | 13,82 | 17,85 | 6,97 | 4,24 | 5,04 | 2,68 |

NIR, LSD = 1,65

N – skrobia ziemniaczana naturalna; natural potato starch

A – skrobia wysokoacetylowana; high-acetylated starch

N + A – skrobia naturalna + wysokoacetylowana; natural starch + high-acetylated starch

Tworzywa ze skrobią naturalną odznaczały się najniższą rozpuszczalnością w przypadku wytworzenia ich w drodze ekstruzji i prasowania. Zastąpienie części skrobi naturalnej skrobią acetylowaną zwiększało rozpuszczalność jedynie w przypadku użycia ekstruzji. W innych metodach wytwarzania skrobia acetylowana wpływała na obniżenie rozpuszczalności tworzywa.

Tworzywa zawierające skrobię naturalną, wykazywały wyższą wytrzymałość na rozciąganie w miarę zwiększania udziału kompozytu w tworzywie. Tworzywa ze skrobią acetylowaną wyższą wytrzymałość wykazywały wraz ze zmniejszaniem udziału kompozytu w tworzywie (tab. 3). Całkowite lub częściowe zastąpienie skrobi naturalnej skrobią acetylowaną powodowało obniżenie wytrzymałości na rozciąganie w stosunku do tworzyw ze skrobią naturalną. Tworzywa sporządzone przy użyciu ekstruzji lub ekstruzji i prasowania odznaczały się wyższą wytrzymałością na rozciąganie niż przy zastosowaniu samego prasowania.

Wydłużenie przy zerwaniu tworzywa zmniejszało się w miarę zwiększania udziału kompozytu w tworzywie (tab. 4). Większość tworzyw zawierających skrobią acetylowaną lub skrobię naturalną i acetylowaną, zwłaszcza sporządzonych przy zastosowaniu ekstruzji lub ekstruzji i prasowania, odznaczało się większym wydłużeniem przy zerwaniu, niż tworzywa z udziałem samej skrobi naturalnej. Jedynie w tworzywach o największym udziale kompozytu (70%) otrzymanych w drodze prasowania, zastąpienie skrobi naturalnej, skrobią acetylowaną nie wpłynęło istotnie na wartość wydłużenia przy zerwaniu. Zastosowanie ekstruzji oraz ekstruzji i prasowania do wytwarzania tworzyw wpływało na zwiększenie ich wydłużenia przy zerwaniu w porównaniu z użyciem samego prasowania.

Tabela 3; Table 3

Wytrzymałość na rozciąganie tworzyw w zależności od stosunku kompozytu do polietylenu, rodzaju dodanej skrobi i sposobu wytwarzania (MPa)

Resistance to stretching of plastics depending on the ratio of composite to polyethylene, the sort of starch and production method (MPa)

| Stosunek kompozyt : polietylen The ratio of composite to polyethylene | Sposób wytwarzania; Production method | | | | | | | | | | | |
|--|---------------------------------------|-------|------------------------------------|-------|------------------------------------|-------|---------------------|-------|--|-------|--|-------|
| | prasowanie 140°C pressing 140°C | | prasowanie 160°C pressing 160°C | | prasowanie 180°C pressing 180°C | | ekstruzja extrusion | | ekstruzja + prasowanie 140°C extrusion + pressing 140°C | | ekstruzja + prasowanie 160°C extrusion + pressing 160°C | |
| | N | Λ | N | Λ | N | Λ | N | N+A | N | N+A | N | N+A |
| 3 : 7 | 5,713 | 5,240 | 6,372 | 5,546 | 6,464 | 5,508 | 9,375 | 6,071 | 9,245 | 7,247 | 9,134 | 6,321 |
| 5 : 5 | 6,578 | 3,989 | 6,572 | 3,543 | 6,384 | 3,432 | 9,144 | 4,786 | 9,719 | 5,716 | 9,585 | 5,019 |
| 7 : 3 | 6,160 | 3,892 | 6,501 | 3,240 | 7,122 | 2,616 | 10,126 | 3,859 | 12,170 | 4,086 | 10,834 | 4,067 |

NIR; LSD=1,65

N – skrobia ziemniaczana naturalna; natural potato starch

Λ – skrobia wysokoacetylowana; high-acetylated starch

N + Λ – skrobia naturalna + wysokoacetylowana; natural starch + high-acetylated starch

Tabela 4; Table 4

Wydłużenie przy zerwaniu tworzyw w zależności od stosunku kompozytu do polietylenu, rodzaju dodanej skrobi i sposobu wytwarzania (%)

Strain at tearing plastics depending on the ratio of composite to polyethylene, the sort of starch and production method (%)

| Stosunek kompozyt : polietylen The ratio of composite to polyethylene | Sposób wytwarzania; Production method | | | | | | | | | | | |
|--|---------------------------------------|--------|------------------------------------|--------|------------------------------------|--------|---------------------|--------|--|--------|--|---------|
| | prasowanie 140°C pressing 140°C | | prasowanie 160°C pressing 160°C | | prasowanie 180°C pressing 180°C | | ekstruzja extrusion | | ekstruzja + prasowanie 140°C extrusion + pressing 140°C | | ekstruzja + prasowanie 160°C extrusion + pressing 160°C | |
| | N | Λ | N | Λ | N | Λ | N | N+A | N | N+A | N | N+A |
| 3 : 7 | 12,520 | 14,092 | 8,405 | 20,716 | 13,046 | 25,990 | 54,914 | 70,766 | 29,921 | 97,740 | 24,293 | 112,525 |
| 5 : 5 | 6,120 | 2,924 | 3,350 | 4,645 | 3,666 | 8,564 | 29,477 | 38,355 | 35,401 | 63,772 | 13,010 | 56,171 |
| 7 : 3 | 2,642 | 1,640 | 2,134 | 2,208 | 1,848 | 3,123 | 14,744 | 25,462 | 15,033 | 29,762 | 5,300 | 30,037 |

N – skrobia ziemniaczana naturalna; natural potato starch

Λ – skrobia wysokoacetylowana; high-acetylated starch

N + Λ – skrobia naturalna + wysokoacetylowana; natural starch + high-acetylated starch

Dyskusja wyników

Tworzywa złożone z polimerów syntetycznych zmieszanych ze skrobią cechują się właściwościami funkcjonalnymi, umożliwiającymi je jako materiał opakowaniowy, wprawdzie nie w postaci kurczliwej folii i nie do materiałów zawierających duży udział wodny, ale do wielu innych produktów, np. do środków chemii gospodarczej [BORUCZKOWSKA i in. 2004]. Tworzywa te mają tą ogromną zaletę, że powstałe z nich odpady i zużyte opakowania ulegają stopniowej biodegradacji, przynajmniej w większej części masy [ZIEBA, BŁYSKAŁ 2002]. Wadą tworzyw złożonych z polimerów syntetycznych i skrobi, jest ich znaczna rozpuszczalność w wodzie i wodochłonność oraz malejące wydłużenie przy zerwaniu wraz ze wzrostem udziału skrobi w tworzywie [GOLACHOWSKI i in. 2001]. Tworzywa te posiadają też w wysokim stopniu zdolność do chłonięcia wody z atmosfery [ZIEBA i in. 2002]. W przeprowadzonych doświadczeniach zastępowano całkowicie lub częściowo skrobię naturalną, skrobią wysokoacetylowaną odporną na działanie wody.

W oparciu o uzyskane wyniki można stwierdzić, że skrobia acetylowana sama, a nawet zmieszana ze skrobią naturalną, znacząco wpływała na właściwości tworzyw sporządzonych z jej udziałem. Zastąpienie w tworzywie skrobi naturalnej skrobią acetylowaną w części lub całkowicie, powodowało znaczące zmniejszenie jego rozpuszczalności. Skrobia acetylowana wpływała również na niewielkie, ale statystycznie istotne obniżenie wodochłonności tworzywa, co było szczególnie widoczne przy największym udziale kompozytu w tworzywie. Ten wpływ skrobi acetylowanej na właściwości tworzywa tłumaczyć można jej wysoką odpornością na wodę – niską rozpuszczalnością i wodochłonnością. Ponadto, nie kleikując nie tworzyła ona też struktury, jaką tworzyła skrobia naturalna, struktury o porównywalnej wytrzymałości i mniejszej elastyczności w porównaniu z polimerami syntetycznymi. Wpływało to na mniejszą wytrzymałość i większe wydłużenie tworzywa ze skrobią acetylowaną w porównaniu z tworzywem zawierającym skrobię naturalną.

W przeprowadzonych doświadczeniach właściwości badanych tworzyw były zróżnicowane w zależności od zastosowanego sposobu ich sporządzania. Wpływ metody wytwarzania tworzyw na ich właściwości stwierdzono także we wcześniejszych badaniach [BORUCZKOWSKA 2002], przy użyciu naturalnej skrobi ziemniaczanej. Stosując do tworzyw skrobię acetylowaną nie stwierdzono, żeby stosowane metody sporządzania tworzywa wpływały w odmienny sposób na folię z jej udziałem, niż z udziałem skrobi naturalnej.

Wnioski

1. Dodatek skrobi modyfikowanej oraz sposób sporządzania folii wpływały na zmianę właściwości tworzyw.
2. Wzrost udziału kompozytu skrobi naturalnej lub mieszaniny naturalnej z acetylowaną w tworzywie, powodował zwiększenie jego podatności na działanie wody. W przypadku użycia skrobi wysokoacetylowanej, podatność w małym stopniu zależała od udziału kompozytu w tworzywie.
3. Zastosowanie skrobi wysokoacetylowanej powodowało obniżenie rozpuszczalności tworzywa oraz jego wytrzymałości na rozciąganie i wydłużenie

przy zerwaniu.

4. Użycie mieszaniny skrobi naturalnej i acetylowanej wpływało na zwiększenie wydłużenia tworzywa przy zerwaniu w stosunku do tworzyw ze skrobią naturalną.
5. Zastosowanie wyższej temperatury prasowania lub ekstruzji przy wytwarzaniu tworzyw, zwłaszcza zawierających skrobię naturalną, powodowało zwiększenie ich podatności na działanie wody.
6. Stosowanie ekstruzji lub ekstruzji i prasowania przy otrzymywaniu tworzyw wpływało na zwiększenie ich wytrzymałości na rozciąganie i wydłużenia przy zerwaniu.

Literatura

BORUCKOWSKA H. 2002. *Wpływ metody wytwarzania na właściwości tworzywa sporządzonego ze skrobi i polimerów syntetycznych*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 489: 423–432.

BORUCKOWSKA H., ZIĘBA T., LESZCZYŃSKI W. 2004. *Wpływ niektórych substancji chemicznych na wybrane właściwości tworzywa sporządzonego ze skrobi i polimerów syntetycznych*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 500: 557–567.

FERNANDO W. C., SUYAMA K., ITOH K., TANAKA H., YAMAMOTO H. 2002. *Biodegradability of acylated starch-plastic in four types of soil*. Environ. Sci. 15(2): 95–102.

FIGIEL A., ZIĘBA T. 2001. *Właściwości reologiczne biodegradowalnego tworzywa opakowaniowego wytworzonego z udziałem skrobi ziemniaczanej*. Inżynieria Systemów Bioagrotechnicznych 8: 71–78.

GOLACIOWSKI A., LESZCZYŃSKI W., MICHAŁSKI A., NAUMOWICZ H. 2001. *The properties of materials made from the composite of potato starch and ethylene-co-acrylic acid with polyethylene*. Pol. J. Food Nutr. Sci. 10/51(2): 49–54.

LESZCZYŃSKI W. 1998. *Zastosowanie skrobi do biodegradowalnych tworzyw opakowaniowych*. Zesz. Nauk. AR Wroc., Technol. Żyw. XII: 105–116.

LESZCZYŃSKI W. 2001. *Materiały opakowaniowe z polimerów biodegradowalnych*. Przem. Spoż. 49(8): 81–84.

LESZCZYŃSKI W. 2002. *Recykling organiczny odpadów opakowaniowych z tworzyw syntetycznych*. Prace Nauk. Inst. Materiałozn. Mech. Techn. Pol. Wroc. 63: 279–284.

LESZCZYŃSKI W., GOLACIOWSKI A., ZIĘBA T. 1996. *Niektóre właściwości biodegradowalnego tworzywa otrzymanego ze skrobi i polimeru syntetycznego – kopolimer etylen-kwas akrylowy*. Zesz. Nauk. AR Wroc. Technol. Żyw. X 305: 101–112.

SHOGRÉN R.L. 1996. *Preparation, thermal properties, and extrusion of high-amylose starch acetates*. Carbohydr. Polymers 1: 57–62.

STANISZ A. 2001. *Przystępny kurs statystyki w oparciu o program STATISTICA PL na przykładach z medycyny*. T. I. Statsoft Polska, Kraków.

WALKOWSKI A., LEWANDOWICZ G. 1994. *Tworzywa ekologiczne na bazie surowców skrobiowych*. Przem. Fern. 7: 15–18.

ZIĘBA T., BEYSKAL B. 2002. *Biodegradacja tworzywa sporządzonego z polimerów syntetycznych i skrobi ziemniaczanej*. Żywność 3/32: 123–132.

ZIĘBA T., FIGIEL A., LESZCZYŃSKI W. 2002. *Dynamics of water absorption and tensile strength variation of biodegradable packing films with potato starch content*. Acta Agrophys. 77: 179–185.

ŻAKOWSKA H. 1995. *Opakowania z tworzyw sztucznych w odpadach komunalnych – systemy odzysku, metody zagospodarowania*. Opakowanie 6: 24–27

Słowa kluczowe: skrobia ziemniaczana, skrobia wysokoacetylowana, tworzywo biodegradowalne, właściwości tworzywa

Streszczenie

Sporządzano tworzywa zawierające polimery syntetyczne oraz skrobię ziemniaczaną – naturalną, wysokoacetylowaną lub ich mieszaninę. Z mieszaniny polimerów syntetycznych i skrobi wytwarzano folię stosując różne parametry – ekstruzji, prasowania i połączenia tych metod i określano jej właściwości. Stwierdzono, że użycie skrobi wysokoacetylowanej nie wpływało na wzrost rozpuszczalności tworzyw wraz ze zwiększaniem się w nim udziału skrobi, co cechowało tworzywa zawierające inne rodzaje skrobi. Zastosowanie do wyrobu tworzyw skrobi wysokoacetylowanej powodowało obniżenie rozpuszczalności tworzywa oraz jego wytrzymałości i rozciągliwości, w porównaniu do tworzyw z udziałem skrobi naturalnej. Stwierdzono też, że zastosowanie wyższych temperatur prasowania wpływało na zwiększenie podatności tworzyw na działanie wody. Tworzywa odznaczały się zróżnicowanymi właściwościami, w zależności od użytej metody wytwarzania, niezależnie od rodzaju użytej skrobi.

THE PROPERTIES OF PLASTIC MADE FROM SYNTHETIC POLYMERS AND ACETYLATED STARCH

Ewa Zdybel, Wacław Leszczyński
Department of Food Storage and Technology,
Agricultural University, Wrocław

Key words: potato starch, high-acetylated starch, biodegraded plastic, properties of plastic

Summary

Plastics, which contain synthetic polymers and potato starch – natural, high-acetylated or their mixture, were made. Using different parameters (extrusion, pressing and the connection of these methods), the foil was produced from the mixture of synthetic polymers and starch. The characteristics of the foil are described. It was said that using high-acetylated starch did not affect the growth of plastics solubility when increasing the part of starch, which was characteristic for plastics containing other types of starch. The usage of high-acetylated starch

for producing plastic caused a fall in solubility of plastic, its resistance and stretch, in comparison with plastics containing natural starch. It was also noted that using higher temperatures of pressing affected the growth of susceptibility to the action of water. Plastics were characterized by different features, depending on the production methods, irrespective of the starch type.

Mgr inż. Ewa **Zdybel**
Katedra Technologii Rolnej i Przechowalnictwa
Akademia Rolnicza
ul. C.K. Norwida 25
50-375 WROCŁAW
email: maslyk@wnoz.ar.wroc.pl