

DOMINIK PAUKSZTA¹, KATARZYNA LEJA², KATARZYNA SOBOCIŃSKA³,
GRAŻYNA LEWANDOWICZ²

¹Zakład Polimerów

Politechnika Poznańska

²Katedra Biotechnologii i Mikrobiologii Żywności

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

³Instytut Ekotechnologii

Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Gnieźnie

ZASTOSOWANIE CHEMICZNIE I FIZYCZNIE MODYFIKOWANYCH SKROBI JAKO NAPEŁNIACZY POLIETYLENOWYCH KOMPOZYTÓW*

Streszczenie. Przeprowadzono badania wpływu różnego typu napelniczy skrobiowych na właściwości mechaniczne kompozytów z matrycą polietylenową. Jako napelnicze stosowano skrobię natywną, skrobię zmodyfikowaną fizycznie oraz skrobię zmodyfikowaną chemicznie. Polimerami termoplastycznymi były dwa polietyleny – FABS i FGX (Orlen). Badano następujące właściwości polietylenów i kompozytów polietylenu ze skrobią: twardość Brinella, wydłużenie przy zerwaniu, naprężenie przy zerwaniu oraz moduł Younga. Stwierdzono, że ani chemiczna, ani fizyczna modyfikacja skrobi nie wpłynęły znacząco na polepszenie właściwości kompozytów polietylenowo-skrobiowych, jednak, mając na uwadze ich wykorzystanie, należy stwierdzić, że ich właściwości są korzystne do produkcji materiałów opakowaniowych. Dążąc do polepszenia właściwości mechanicznych, przekładających się na właściwości użytkowe, należy w dalszym etapie poddać badaniom skrobię modyfikowaną zarówno fizycznie, jak i chemicznie.

Słowa kluczowe: skrobia modyfikowana, polietylen, kompozyty, właściwości mechaniczne

Wstęp

Ogromna ilość odpadów opakowaniowych z tworzyw sztucznych, charakteryzujących się znikomą podatnością na wpływ czynników atmosferycznych oraz rozkład biologiczny, zwraca uwagę naukowców na problem ich zagospodarowania, a także na

*Badania zostały częściowo sfinansowane z programu badawczego BW 32/085/09.

wyrób z nich produktów bezpiecznych dla środowiska, dlatego systematycznie rośnie zapotrzebowanie na materiały biodegradowalne lub biorozpraszalne. Jednym z podstawowych zadań wiążących się z rozwojem produkcji tworzyw polimerowych jest opracowanie sposobu wytwarzania materiałów łączących korzystne właściwości mechaniczne, przetwórcze oraz biodegradowalność lub biorozpraszalność ze stosunkowo niską ceną. Produkowane w naszym kraju pod koniec XX stulecia tworzywa biodegradowalne I generacji stanowiły kompozyty poliolefinowo-skrobiowe zawierające dodatki zwiększające podatność na bio- i fotodegradację (PATENT 1998). Wykonano wiele badań kompozytów polietylenu ze skrobią modyfikowaną gliceryną pełniącą rolę uzgadniacza (ŻUCHOWSKA i IN. 1999, RODRIGUEZ-GONZALES i IN. 2003, MUCHA i LUDWICZAK 2007) lub ze skrobią modyfikowaną innymi technikami (BORYNIEC i IN. 2004). Odmianą techniką jest zastosowanie skrobi termoplastycznej jako matrycy polimerowej do otrzymywania kompozytów (KUCIEL i IN. 2009). Wykorzystując powyżej wspomniane techniki, otrzymano kompozyty o korzystnych właściwościach, nie tylko mechanicznych.

Późniejsze badania dotyczące wpływu struktury krystalicznej napełniacza na właściwości biorozpraszalnych kompozytów wykazały, że struktura nadcząsteczkowa skrobi nie jest najważniejszym czynnikiem decydującym o cechach przetwórczych i użytkowych tych materiałów (PAUKSZTA i IN. 2008). Rozwiązaniem problemu poprawy kompatybilności składników kompozytów mogłoby być zastosowanie modyfikowanej skrobi.

Modyfikowane skrobie od kilkudziesięciu lat są stosowane w nowoczesnych technologiach spożywczych. Procesy modyfikacji ingerują w strukturę skrobi, pozwalając zarówno wyeliminować pewne niekorzystne cechy fizyczno-chemiczne, jak i nadać skrobi nowe właściwości reologiczne. Spośród różnorodnych, teoretycznie opracowanych metod modyfikacji fizycznej praktyczne znaczenie przypisuje się w zasadzie jedynie wstępnemu kleikowaniu i suszeniu z zastosowaniem suszarek walcowych. Tak otrzymane produkty pęcznią w zimnej wodzie, co znacznie poszerza możliwość ich zastosowania w różnych procesach technologicznych. W handlu są oferowane preparaty skrobi wstępnie kleikowanych wytwarzanych na bazie skrobi różnych gatunków roślin. Dostępne są również preparaty modyfikowane chemicznie poddane dodatkowo procesowi wstępnego kleikowania i suszenia (WALKOWSKI i LEWANDOWICZ 2004).

Najczęściej stosowanym sposobem modyfikacji chemicznej jest reakcja podstawienia grupami acetylowymi (acetylowanie). Proces ten jest jedną z niewielu metod umożliwiających nadanie cząsteczce skrobi właściwości hydrofobowych. W wyniku modyfikacji chemicznej skrobi można przewidzieć, że zwiększy się kompatybilność pomiędzy matrycą a napełniaczem w kompozytach poliolefinowo-skrobiowych. Acetylację przeprowadza się najczęściej w zawiesinie wodnej poprzez działanie bezwodnikiem octowym lub octanem winylu w środowisku alkalicznym. Modyfikacja ta znajduje zastosowanie głównie w przemyśle spożywczym, w przemyśle włókienniczym (włókna ligno-celulozowe) oraz w produkcji kompozytów polimerowych (LEWANDOWICZ i MAĆZYŃSKI 1990, ROWELL 2004).

Celem niniejszej pracy było zbadanie wpływu najczęściej stosowanych metod modyfikacji fizycznej i chemicznej na właściwości mechaniczne biorozpraszalnych kompozytów z polietylenem. Badania objęto tworzywa na bazie dwóch gatunków polietylenu, FABS i FGNX, napełniane w 40% czterema różnymi napełniaczami skrobiowymi:

- natywną skrobią kukurydzianą,
- skrobią modyfikowaną fizycznie poprzez wstępne kleikowanie,
- skrobią modyfikowaną chemicznie poprzez acetylację, zawierającą 0,5% grup acetylowych,
- skrobią modyfikowaną chemicznie poprzez acetylację, zawierającą 2,5% grup acetylowych.

Material i metody

Material

Dwa rodzaje polietylenu o małej gęstości (PE-LD) stanowiły przedmiot niniejszych badań: Malen E FABS 23-D022 oraz Malen E FG NX 23-D022. Polietyleny obu typów są produkowane w procesie polimeryzacji wysokociśnieniowej przez firmę Basell Orlen Poliolefins Sp. z o.o. (BOP) w Płocku. Polietylen FABS, w odróżnieniu od FG NX, jest wzbogacony o dwa dodatki: poślizgowy i antyblokingowy (KARTY CHARAKTERYSTYKI... 2008).

Skrobia kukurydziana pełniła rolę napelniacza (Cargill, Bosto Kąty sp.j., Kąty Wrocławskie). Do otrzymania kompozytów wprowadzano w ilości 40% wagowych skrobie: natywną, poddaną modyfikacji fizycznej oraz poddaną modyfikacji chemicznej.

Modyfikacja fizyczna polegała na wstępnym kleikowaniu i wysuszeniu w suszarce walcowej. Proces ten prowadzono zgodnie ze standardami stosowanymi w warunkach przemysłowych (LEWANDOWICZ i MAĆZYŃSKI 1990). W tym celu zawieszinę skrobiową o zawartości 30% ss kierowano na walce suszarnicze o temperaturze utrzymywanej w zakresie 135-150°C, gdzie skrobia podlegała kolejno procesom kleikowania i suszenia. Otrzymany susz mielono. Proces chemicznej modyfikacji skrobi kukurydzianej prowadzono w temperaturze pokojowej, za pomocą bezwodnika octowego, w zawiesinie wodnej o odczynie alkalicznym (WURZBURG 1986). Po zakończonym procesie modyfikacji zawieszinę zobojętniano, a otrzymaną zmodyfikowaną skrobię filtrowano i dwukrotnie przemywano w celu usunięcia nieprzereagowanych substratów i produktów ubocznych. Następnie skrobia była suszona w temperaturze pokojowej do wilgotności równowagowej. Badaniom poddano skrobie acetylowane o zakładanej zawartości grup acetylowych 0,5 oraz 2,5%.

W pracy zastosowano dla poszczególnych próbek następujące skróty:

- FABS – polietylen FABS małej gęstości,
- FABS SN – polietylen FABS napelniony skrobią natywną,
- FABS SM – polietylen FABS napelniony skrobią modyfikowaną fizycznie,
- FABS a0,5% – polietylen FABS napelniony skrobią modyfikowaną chemicznie zawierającą 0,5% grup acetylowych,
- FABS a2,5% – polietylen FABS napelniony skrobią modyfikowaną chemicznie zawierającą 2,5% grup acetylowych,
- FG NX – polietylen FG NX małej gęstości,
- FG NX SN – polietylen FG NX napelniony skrobią natywną,
- FG NX SM – polietylen FG NX napelniony skrobią modyfikowaną fizycznie,

- FGNX a0,5% – polietylen FGNX napełniony skrobią modyfikowaną chemicznie zawierającą 0,5% grup acetylowych,
- FGNX a2,5% – polietylen FGNX napełniony skrobią modyfikowaną chemicznie zawierającą 2,5% grup acetylowych.

Metody

Otrzymywanie kompozytów metodą wylączania

Wylączanie polietylenu z napełniaczem skrobiowym zostało wykonane z wykorzystaniem wylączarki jednoślindakowej Fairex (Mc Akron Repiquet, Francja). Zastosowane w tym etapie parametry termiczne procesu to: strefa zasypu – 20°C, strefa zasilańia – 120°C, strefa uplastyczniana (sprężania) – 140°C, strefa dozowania – 160°C, głowica – 150°C. Prędkość obrotów ślimaka, przy której proces wylączania przebiegał bez zakłóceń, dobrano w granicach od 22,5 do 25 obr/min.

Przed procesem wylączania skrobia była poddawana suszeniu w suszarce z obiegiem powietrza przez 2 h, przy ciągłym podwyższaniu temperatury od 70°C do 105°C. Suszenie była niezbędne, gdyż obecność wody w kompozytach bardzo niekorzystnie wpływa na ich właściwości (FIGIEL i IN. 2004). Również granulaty, po wylóczeniu i bezpośrednio przed wtryskiwaniem, były suszone w temperaturze 80°C przez 2 h.

Otrzymywanie kształtek metodą wtryskiwania

Wtryskarka Engel typ ES 80I20 HLS (Schwertberger, Austria) była stosowana do wtryskiwania kompozytów polietylenu ze skrobią. Materiałem wyjściowym był kompozyt w postaci granulatu otrzymanego w procesie wylączania. Zastosowano następujące parametry procesu wtryskiwania nienapełnionego polietylenu oraz kompozytów zawierających skrobię: temperatura strefy I – 190°C, strefy drugiej – 180°C, strefy III – 170°C, temperatura dyszy – 200°C. Stosowane ciśnienie wtrysku wynosiło 110 MPa, prędkość wtrysku dla wszystkich prób została ustalona na poziomie 80 mm/s, ciśnienie docisku wynosiło 75 MPa, czas docisku – 3 s, czas chłodzenia – 25 s dla polietylenu nienapełnionego oraz 35 s dla polietylenu napełnionego skrobią, prędkość obrotowa ślimaka – 100 obr/min, a ciśnienie uplastyczniana – 10 MPa. Otrzymywano kształtki w postaci wiosełek o znormalizowanych wymiarach 150 mm × 10 mm × 4 mm.

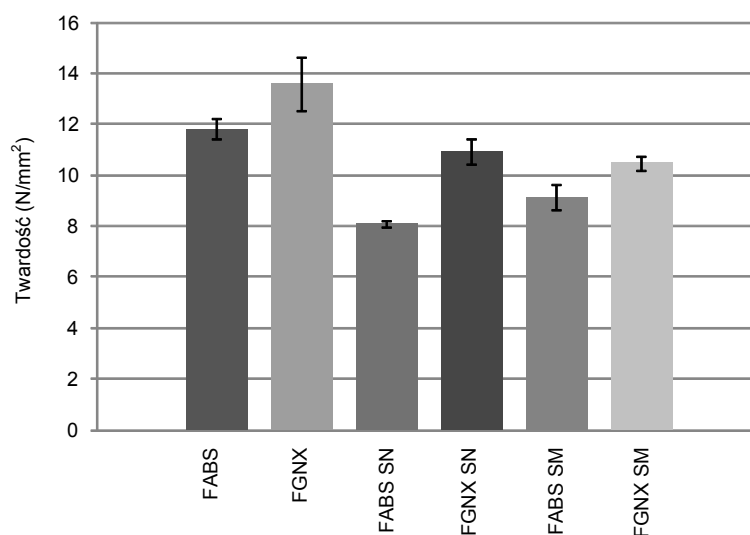
Badania mechaniczne

Badania mechaniczne wykonano z zastosowaniem maszyny wytrzymałościowej 5kN ZWICK FB005TN (PN-EN ISO 527-1:1998, PN-EN ISO 527-2:1998). Wyznaczono wytrzymałość na rozciąganie, wydłużenie przy zerwaniu oraz moduł Younga. Badanie twardości metodą Brinella wykonano twardościomierzem ZWICK ZHR 4150AK, zgodnie z normą PN-EN ISO 2039-1:2004. Twardość to opór tworzywa stawiany przy zagłębianiu się w nim obciążonego penetratora. Stalowa kulka o średnicy 5 mm była wciskana w próbkę o grubości 4 mm pod stopniowo zwiększonym obciążeniem – początkowo 9,81 N, a następnie 49, 132, 358 i 961 N. Wybierane było takie obciążenie, by zagłębienie mieściło się w granicach $0,13 < h < 0,36$ mm.

Wyniki i dyskusja

Badanie twardości metodą Brinella

Twardości poszczególnych materiałów przedstawiono na rysunku 1.



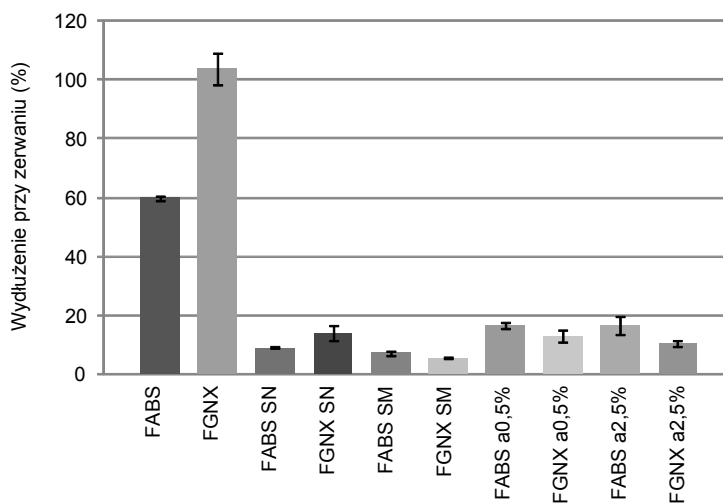
Rys. 1. Twardość obu typów polietylenu i kompozytów polietylenu ze skrobią
 Fig. 1. The Brinell's hardness of two types of polyethylene and polyethylene-starch composites

Polietylen FGNX wykazywał nieznacznie większą twardość niż polietylen FABS. Najmniejszą twardością charakteryzował się kompozyt złożony z polietylenu FABS i skrobi natywnej, jednak należy stwierdzić, że twardości kompozytów zawierających skrobię były zbliżone i niewiele mniejsze niż twardości nienapełnionych polietylenów. Okazało się, że nie było możliwe oznaczenie twardości polietylenu napełnionego skrobią zmodyfikowaną chemicznie. Modyfikacja skrobi spowodowała, że otrzymany kompozyt był zbyt miękki do oznaczenia twardości metodą Brinella. Kompozyty polietylenu ze skrobią najczęściej są otrzymywane w postaci folii, dlatego, z uwagi na swoje wymiary, materiały takie nie mogą być badane techniką Brinella i otrzymane wyniki trudno jest porównać z danymi literaturowymi.

Właściwości wytrzymałościowe kompozytów podczas rozciągania

Wydłużenie przy zerwaniu

Wartość wydłużenia przy zerwaniu przedstawiono na rysunku 2. Zaobserwowano znaczną różnicę wartości między nienapełnionymi polietylenami i kompozytami polietylenu ze skrobią. Nienapełniony polietylen FGNX charakteryzował się prawie dziesięciokrotnie większym odkształceniem plastycznym niż kompozyty otrzymane na bazie tego polimeru. Odkształcenie plastyczne polietylenu FGNX było znacznie większe



Rys. 2. Wydłużenie przy zerwaniu obu typów polietylenu i kompozytów polietylenu ze skrobią

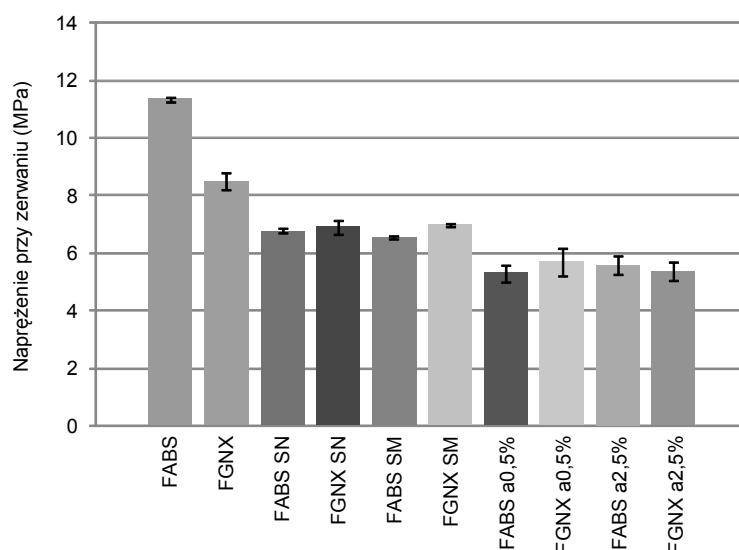
Fig. 2. The elongation at break of two types of polyethylene and polyethylene-starch composites

niż odkształcenie nienapełnionego polietylenu FABS. Najmniejsze wartości wydłużenia przy zerwaniu wykazywały kompozyty zawierające skrobię modyfikowaną fizycznie. Wyniki dla pozostałych kompozytów można przyjąć za porównywalne. Różnice wydłużenia przy zerwaniu dla badanych kompozytów są jednak nieznaczne i nie wpływają znacząco na właściwości badanych kompozytów.

Badania przeprowadzone przez THAKORE i IN. (2001) potwierdziły zmniejszenie wartości przy wydłużeniu w przypadku próbek kompozytów polietylenu w porównaniu z nienapełnionym polietylenem. Inne badania – kompozytu polietylenu ze skrobią wzbogaconą znaczną ilością gliceryny (36% i 40%) – dowiodły, że wartości wydłużenia przy zerwaniu dla tych próbek są porównywalne z nienapełnionym polietylenem (RODRIGUEZ i GONZALES 2003). Wartości wydłużenia przy zerwaniu należy rozpatrywać w korelacji z wartością naprężenia przy zerwaniu, ponieważ małe wartości wydłużenia nie świadczą o nieprzydatności użytkowej wyrobów wykonanych z tworzyw o takich parametrach.

Naprężenia przy zerwaniu

Na rysunku 3 przedstawiono naprężenia przy zerwaniu w przypadku badanych materiałów. Stwierdzono, że nienapełnione polietyleny FABS i FGNX przenoszą większe obciążenie niż kompozyty zawierające polietylen i skrobię, jednakże różnice pomiędzy tymi materiałami nie są znacząco duże. Właściwości kompozytów zawierających skrobię natywną oraz skrobie modyfikowane fizycznie i chemicznie są porównywalne, nie obserwuje się polepszenia tego parametru właściwości mechanicznych po zastosowaniu modyfikowanych skrobi. W wielu badanych układach kompozytowych obserwuje się zmniejszenie wartości naprężenia przy zerwaniu w porównaniu z nienapełnionym polietylenem. Zauważyć należy, że w przypadku kompozytów zawierających znaczny



Rys. 3. Naprężenie przy zerwaniu obu typów polietylenu i kompozytów polietylenu ze skrobią

Fig. 3. The tensile strength of two types of polyethylene and polyethylene-starch composites

udział ftalanu skrobi w składniku biodegradowalnym (ftalany skrobi + skrobia) obserwuje się wzrost wartości wytrzymałości na rozciąganie i wydłużenia przy zerwaniu (THAKORE i IN. 2001).

Moduł Younga

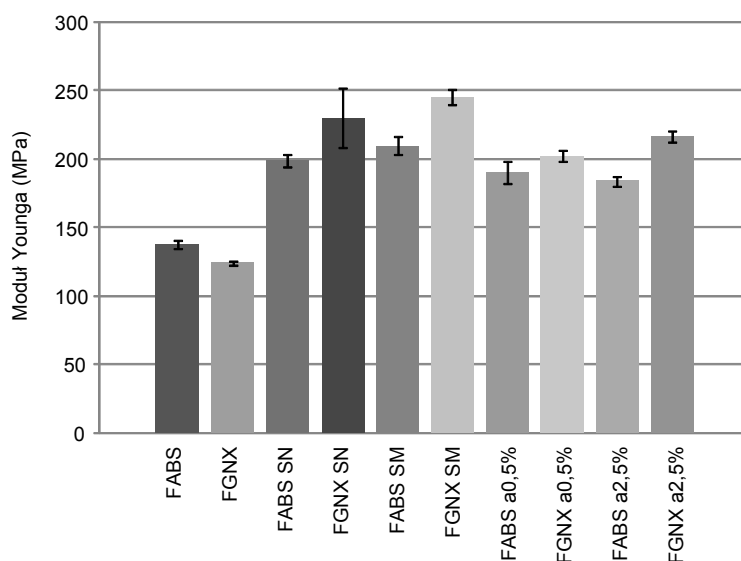
Moduł Younga (E) jest to moduł odkształcalności liniowej, nazywany modułem sprężystości podłużnej. Wielkość ta uzależnia odkształcenie liniowe ε materiału od naprężenia σ , jakie w nim występuje, w zakresie odkształceń sprężystych:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

Moduł Younga będący stosunkiem naprężenia do odkształcenia charakteryzuje właściwości sprężyste badanego materiału.

Wyniki sprężystości uzyskane dla badanych materiałów przedstawiono na rysunku 4. Jak można było przypuszczać, kompozyty wykazują większą wartość modułu Younga niż polimery nienapełnione. Kompozyty polietylenów FABS i FGNX ze wszystkimi rodzajami skrobi charakteryzowały się zbliżonymi wartościami modułu Younga.

Cechą charakterystyczną jest, że po dodaniu napełniacza do nienapełnionego polimeru termoplastycznego następuje zdecydowany wzrost wartości modułu Younga otrzymanego kompozytu. Tendencja taka została opisana w przypadku dodawania do izotaktycznego polipropylenu napełniaczy lignocelulozowych (BORYSIK i PAUKSZTA 2008). Podobną sytuację obserwowano także w przypadku badanych w niniejszej pracy kompozytów polietylenu ze skrobią.



Rys. 4. Moduł Younga obu typów polietylenu i kompozytów polietylenu ze skrobią

Fig. 4. The Young's modulus of two types of polyethylene and polyethylene-starch composites

Przeprowadzone badania wskazują na możliwość wytworzenia kompozytów polietylenu FABS oraz polietylenu FGNX ze skrobią natywną modyfikowaną fizycznie lub modyfikowaną chemicznie o zmiennym stopniu podstawienia skrobi grupami acetylowymi z wykorzystaniem techniki wytłaczania. Z wykorzystaniem wytłaczarki jednoślismakowej można otrzymać wysoki stopień napelnienia, wynoszący 40%.

Nienapelnione polietylenu FABS i FGNX wykazywały nieznacznie większą twardość niż otrzymane z ich udziałem kompozyty skrobiowe. W przypadku odkształcania plastycznego różnica między polietylenem FABS i FGNX była niewielka. Nienapelnione polietylenu, zarówno FABS, jak i FGNX, charakteryzowały się zdecydowanie większym odkształceniem plastycznym w porównaniu z kompozytami. Badanie naprężania przy zerwaniu udowodniło, że napelniony polietylen przenosi mniejsze obciążenie niż polietylen nienapelniony. Kompozyty, niezależnie od tego, czy zawierały skrobię natywną, czy modyfikowaną, wykazywały bardzo zbliżoną wartość naprężenia przy zrywaniu. Podobnie jak w przypadku innych kompozytów otrzymanych na bazie polimerów termoplastycznych, nienapelniony polietylen wykazuje mniejszą wartość modułu Younga w porównaniu z polietylenem napelnionym skrobią.

Po porównaniu właściwości mechanicznych, np. wydłużenia przy zerwaniu próbek badanych w niniejszej pracy, z właściwościami kompozytów polietylenu zawierającego termoplastyczną skrobię otrzymaną w reakcji z gliceryną (RODRIGUEZ-GONZALES i IN. 2003) należy stwierdzić, że osiągnięte wyniki nie są zadowalające. Zmniejszenie wartości tego parametru, jak i pogorszenie innych właściwości w badanych przez nas mody-

fikowanych fizycznie oraz chemicznie próbkach jest zdecydowanie większe. Obserwowana jest jednak ogólna tendencja do pogarszania właściwości mechanicznych wraz ze wzrostem ilości modyfikowanej skrobi w kompozycie (PRINOS i IN. 1998, RODRIGUEZ-GONZALES i IN. 2003).

Podsumowanie

Mając na uwadze zastosowanie kompozytów badanych w niniejszej pracy, należy stwierdzić, że ich właściwości są wystarczające do wykorzystania w produkcji materiałów opakowaniowych. Kontynuując obecny tok badań oraz dążąc do polepszenia właściwości mechanicznych, przekładających się na właściwości użytkowe, należy w dalszym etapie prac poddać badaniom skrobię modyfikowaną chemicznie innymi związkami lub też zastosować skrobię modyfikowaną zarówno fizycznie, jak i chemicznie.

Podziękowanie

Autorzy dziękują dr. inż. Markowi Szostakowi z Zakładu Tworzyw Sztucznych Instytutu Budowy Maszyn i Zarządzania Politechniki Poznańskiej za pomoc w realizacji niniejszej pracy.

Literatura

- BORYNIEC S., ŚLUSARZYK CZ., ŻAKOWSKA Z., STOBİŃSKA H., 2004. Biodegradacja folii polietyleno modyfikowanego skrobią. Badanie zmian struktury nadcząsteczkowej polietyleno. *Polimery* 49, 6: 424-431.
- BORYSIK S., PAUKSZA D., 2008. Mechanical properties of lignocellulosic/polypropylene composites. *Mol. Cryst. Liq. Cryst.* 484: 379-388.
- FIGIEL A., ZIĘBA T., LESZCZYŃSKI W., 2004. The effect of moisture content and composition on tensile properties of the synthetic polymer/starch composition. *Polimery* 49, 7-8: 547-550.
- KARTY CHARAKTERYSTYKI tworzyw Bassel-Orlen. 2008. Kraków. [<http://www.basselorlen.pl>].
- KUCIEL S., LIBER-KNEĆ A., ZAJCHOWSKI S., 2009. Wpływ biodegradacji na właściwości kompozytów na osnowie termoplastycznej skrobi napelnionej włóknami kenafu lub mączki drzewnej. *Czas. Techn.* 106, 3: 195-200.
- LEWANDOWICZ G., MAĆZYŃSKI M., 1990. Chemiczna modyfikacja skrobi cz. I. Modyfikacja skrobi ziemniaczanej. *Chemik* 1: 9-14.
- MUCHA M., LUDWICZAK S., 2007. Influence of modified starch on photostability and sorption properties of polyethylene composite. W: Book of abstracts. IX International Conference of Polymers and Advanced Materials, Kraków. T. Kościuszko Cracow University of Technology, Cracow: 100.
- PATENT. Polska, nr 173504. Tworzywo zdolne do bio- i fotodegradacji na bazie kompozycji polimerycznej zawierającej modyfikowaną skrobię. 1998. A. Walkowski, G. Lewandowicz, T. Klecan, M. Kurcok, P. Szewczyk.

- PAUKSZTA D., LUBIEWSKI Z., SOBOCIŃSKA K., KOŃCZAL A., LEWANDOWICZ G., 2008. Wpływ struktury krystalicznej skrobi zastosowanej jako napełniacz na właściwości biorozpraszalnego kompozytu polietylenowego. *Opakowanie* 11: 30-35.
- PN-EN ISO 527-1:1998 Tworzywa sztuczne. Oznaczenie właściwości mechanicznych przy statycznym rozciąganiu. *Zasady ogólne*. PKN, Warszawa.
- PN-EN ISO 527-2:1998 Tworzywa sztuczne. Oznaczenie właściwości mechanicznych przy statycznym rozciąganiu. Warunki badań tworzyw sztucznych przeznaczonych do prasowania, wtrysku i wytłaczania. PKN, Warszawa.
- PN-EN ISO 2039-1:2004 Tworzywa sztuczne. Oznaczenie twardości. Część 1: Metoda wciskania kulki. PKN, Warszawa.
- PRINOS J., BIKIARIS D., THEOLOGIDIS S., PANAYIOTOU C., 1998. Preparation and characterization of LDPE/starch blends containing ethylene/wynyl acetata copolymer as compatibilizer. *Polym. Eng. Sci.* 38, 6: 954-964.
- RODRIGUEZ-GONZALES F.J., RAMSAY B.A., FAVIS B.D., 2003. High performance LDPE/thermoplastic starch blends: a sustainable alternative to pure polyethylene. *Polymer* 44: 1517-1526.
- ROWELL R.M., 2004. *Encyclopedia of forest sciences*. Red. J. Burley, J. Evans, J. Youngquist. Elsevier, Oxford.
- THAKORE I.M., SONAL D., SARAWADE B.D., SUREKHA D., 2001. Studies on biodegradability, morphology and thermomechanical properties of LDPE/modified starch blends. *Eur. Polym. J.* 37: 151-160.
- WALKOWSKI A., LEWANDOWICZ G., 2004. Skrobie modyfikowane – właściwości technologiczne i zakres stosowania. *Przem. Spoż.* 58, 5: 49-51.
- WURZBURG O.B., 1986. *Modified starches properties and uses*. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- ŻUCHOWSKA D., HLAVATA D., STELLER R., ADAMIAK W., MEISSNER W., 1999. Physical structure of polyolefin – starch blends after ageing. *Polym. Degrad. Stab.* 64: 339-346.

APPLICATION OF CHEMICALLY AND PHYSICALLY MODIFIED STARCH AS A FILLER FOR POLYETHYLENE COMPOSITES

Summary. Influence of different kinds of fillers on mechanical properties of mixes was investigated. As fillers native starch, chemical modified starch and physical modified starch were used. Two types of polyethylene, FABS and FGNX, were used for composites manufacturing. The four mechanical properties of polyethylene and polyethylene-starch composites were tested: the hardness, the elongation at break, the tensile strength and the Young's modulus. It was found that chemical and physical modifications of starch influence slightly properties of polyethylene-starch composites. Modifications of starch did not improve mechanical properties of polyethylene composites in comparison with composites with native starch. Research on composites of polyethylene and starch, which was modified in two ways (physically and chemically) should be the next step of the work.

Key words: modified starch, polyethylene, composites, mechanical properties

Pauksza D., Leja K., Sobocińska K., Lewandowicz G., 2009. Zastosowanie chemicznie i fizycznie modyfikowanych skrobi jako napelniaczy polietylenowych kompozytów. *Nauka Przyr. Technol.* 3, 4, #146.

Adres do korespondencji – Corresponding address:

Grażyna Lewandowicz, Katedra Biotechnologii i Mikrobiologii Żywności, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Wojska Polskiego 48, 60-627 Poznań, Poland, e-mail: galew@up.poznan.pl

Zaakceptowano do druku – Accepted for print:

4.11.2009

Do cytowania – For citation:

*Pauksza D., Leja K., Sobocińska K., Lewandowicz G., 2009. Zastosowanie chemicznie i fizycznie modyfikowanych skrobi jako napelniaczy polietylenowych kompozytów. *Nauka Przyr. Technol.* 3, 4, #146.*