

## BADANIA WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNYCH SKROBIOWYCH FOLII BIODEGRADOWALNYCH

*Andrzej Rejak*

Katedra Inżynierii Procesowej, Akademia Rolnicza  
ul. Doświadczalna 44, 20-236 Lublin  
e-mail: andrzej.rejak@ar.lublin.pl

**Streszczenie.** Celem pracy było określenie wpływu parametrów wyłaczania na właściwości fizyczne folii skrobiowej. Badano wpływ zastosowania rodzaju ślimaka podającego, temperatury, zastosowanego emulgatora oraz wilgotności na parametry wytrzymałościowe folii biodegradowalnych otrzymywanych na bazie skrobi i gliceryny. W artykule przedstawiono wyniki badań podatności folii na rozciąganie i przebijanie w zależności od parametrów składu surowcowego mieszanek. Zastosowane emulgatory znacznie poprawiły parametry fizyczne folii, lecz nie na tyle aby mogła ona stanowić materiał opakowaniowy.

**Słowa kluczowe:** wyłaczanie folii z rozdmuchem, folia biodegradowalna, emulgatory

### WSTĘP

Zagadnienia dotyczące wyłaczania, metod badania i zastosowania produktów biodegradowalnych stanowią problem poruszany w wielu artykułach zarówno w Polsce jak i na świecie. Niestety tworzywa biodegradowalne, które stanowią mieszaniny naturalnych polimerów, głównie skrobi, skrobi modyfikowanej i celulozy produkowane są jeszcze na niewielką skalę. Większość obecnych na rynku produktów jest tylko częściowo biodegradowalna, dlatego nadal trwają badania mające na celu uzyskanie tworzywa o lepszych parametrach, tj. całkowicie degradablego w środowisku naturalnym (Czerński 2000, Leszczyński 2001, Mitrus 2005, 2006).

## WARUNKI I METODA BADAŃ

Badania procesu wyłaczania folii z granulatu skrobi termoplastycznej z dodatkiem polietylenu oraz pomiary jej właściwości fizycznych prowadzono w Katedrze Inżynierii Procesowej AR w Lublinie.

Granulat otrzymywano stosując zmodyfikowany ekstruder jednoślimakowy TS-45. Podstawowymi surowcami były:

- skrobia ziemniaczana „Superior” produkcji ZPZ Braniewo,
- gliceryna techniczna zakupiona w ZPCH Odczynniki Chemiczne w Lublinie,
- I- Octene-1 Plastomer EXACT™ 8201, Dex-Plastomers V.O.F., Holandia
- II- EVA Copolymer-Escoreme™ Ultra, Exxol Chemical, Belgia

Skład surowcowy mieszanek użytych w badaniach przedstawiono w tabeli 1.

**Tabela 1.** Skład surowcowy granulatów  
**Table 1.** Material composition of granulates

Granulat Granulate	Skład – Composition
Próba 1AA Sample 1 AA	Skrobia ziemniaczana 70% Potato starch 70%
	Octane 1 Plastomer 10% Gliceryna 20% Glicerol 20%
Próba 2AB Sample 2AB	Skrobia ziemniaczana 65% Potato starch 65%
	Octane 1 Plastomer 15% Gliceryna 20% Glicerol 20%
Próba 3AC Sample 3AC	Skrobia ziemniaczana 70% Potato starch 70%
	EVA Copolymer 10% Gliceryna 20% Glicerol 20%
Próba 4AD Sample 4AD	Skrobia ziemniaczana 65% Potato starch 65%
	EVA Copolymer 15% Gliceryna 20% Glicerol 20%

Określenie właściwości granulatów pozwoliło ustalić zakres stosowanych temperatur oraz obroty ślimaka podczas wyłaczania folii (Mitrus 2004, Mitrus 2005, Mitrus 2006). Folię produkowano na specjalnie zaprojektowanej wyłaczarce metodą rozdmuchu, otrzymując rękaw foliowy o różnej średnicy i gramaturze w zależności od użytego składu granulatu, zakresu obróbki termicznej, obrotów ślimaka oraz jego konfiguracji (fot. 1).

Otrzymaną folię poddawano badaniom fizycznym, podczas których określono jej wilgotność, gramaturę i wodochłonność oraz wytrzymałość na rozciąganie i przebijanie. Metodę badań opracowano na podstawie literatury (Broniewski i in., 2000, Polska norma 2000).

Badania wytrzymałościowe przeprowadzono na maszynie wytrzymałościowej Zwick typ BDO-FBO 0,5 TH (fot. 2).



**Fot. 1.** Wytłaczanie folii  
**Photo 1.** Film blowing



**Fot. 2.** Zwick typ BDO-FB 0.5 TH  
**Photo 2.** Zwick type BDO-FB 0.5 TH

Podczas prób na rozciąganie badano  $\epsilon_M$  – rozciągnięcie przy maksymalnym naprężeniu,  $\epsilon_B$  – rozciągnięcie przy zerwaniu,  $\sigma_M$  – maksymalne naprężenie,  $\sigma_B$  – naprężenie przy zerwaniu.

Badania wytrzymałościowe na przebicie folii przeprowadzono w dwóch etapach. W pierwszym etapie, pomiarów dokonano bezpośrednio po produkcji, natomiast drugi przeprowadzono po 4 dniach jej przechowywania, przetrzymując próbki w pomieszczeniu o zwiększonej wilgotności. Badano siłę  $F_{max}$  jaka jest potrzebna do przebicia próbki oraz wydłużenie materiału przy zniszczeniu.

## WYNIKI BADAŃ

Badanie wilgotności miało na celu określenie zawartości wody w czterech granulatach różniących się składem surowcowym. Badanie zostało przeprowadzone bezpośrednio po produkcji. Wilgotność wszystkich granulatów użytych do produkcji folii była na zbliżonym poziomie i wynosiła od 5,06% do 5,21%.

W czasie wytłaczania folii otrzymano rękawy foliowe o różnych parametrach. W zależności od składu przerabianego granulatu były one w większym lub mniejszym stopniu elastyczne. Zadowolające wyniki pod względem rozdmuchu uzyskano z granulatów 2AB, 3AC, przy zastosowaniu ślimaka wyposażonego

w dodatkowy element mieszający. Przy zastosowaniu ślimaka standardowego nie można było otrzymać rękawa foliowego o zadawalających właściwościach. Zawartość emulgatorów w poszczególnych granulatach wynosiła od 10 do 15%. Folia otrzymana z granulatu 3AC charakteryzowała się dobrą elastycznością podczas rozdmuchu, posiadała kolor półmatowy, po ostudzeniu pozostawała w miarę elastyczna, nie kruszyła się. Grubość folii wynosiła od 0,14 do 0,18 mm. Podobnymi parametrami charakteryzowała się folia produkowana z granulatów 2AB, 4AD, przy czym folia otrzymana z granulatu 4AD, po wystudzeniu była mało elastyczna i podatna na pękanie. Najgorsze efekty przyniosło zastosowanie granulatu 1AA. Pomimo zastosowania różnych parametrów wytłaczania nie udało się z niego otrzymać folii o zadawalających cechach. Rękaw foliowy nie dawał się rozdmuchać, był spieniony, zaś po wystudzeniu robił się twardy i pękał.

Badanie wilgotności folii przeprowadzono bezpośrednio po jej wyprodukowaniu oraz po upływie czterech dni. Przez cztery dni folia była klimatyzowana w temperaturze 20-23°C oraz wilgotności powietrza 50%. Uzyskane wyniki wskazują, że folie wyprodukowane z granulatów skrobiowych z dodatkiem emulgatorów nie wykazały nadmiernych właściwości higroskopijnych. Po czterech dniach, ich wilgotność tylko nieznacznie wzrosła i wynosiła od 7,5% do 8,52%.

**Tabela 4.** Właściwości fizyczne folii

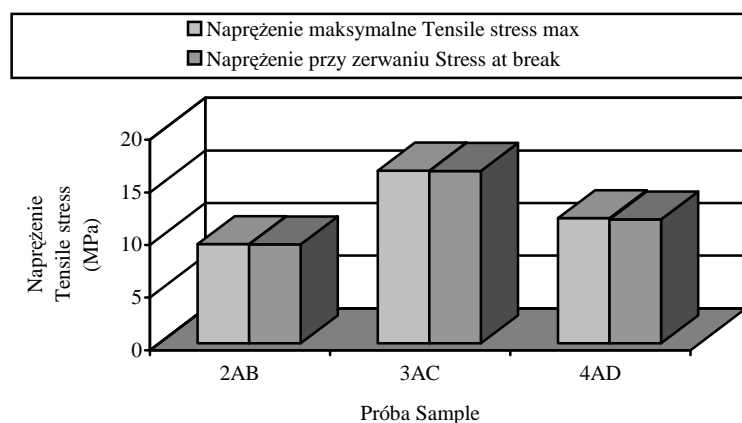
**Table 4.** Physical properties of film

Cecha fizyczna Physical property	Folia 2AB Film 2AB	Folia 3AC Film 3AC	Folia 4AD Film 4AD
Wilgotność Moisture content (%)	6,36	6,50	6,31
Wilgotność(po 4 dniach) Moisture content (after 4 days) (%)	7,85	8,52	7,5
Wodochłonność Water absorption (%)	203,8	198,4	253,6
Gramatura Basis weight ( g. m <sup>-2</sup> )	4,03	4,6	4,18

Otrzymaną folię poddano ocenie na wodochłonność, pozostawiając w wodzie przez 24 godziny. Największą wodochłonność wynoszącą 253,6% wykazywała próbka folii wykonana z granulatu 4AD. Generalnie można stwierdzić, że folie wykonane z większą ilością emulgatora charakteryzowały się większą wodochłonnością. Uśrednione wyniki pomiarów przedstawiono w tabeli 4.

Jak już wspomniano, otrzymane próbki folii, poddano badaniom na naprężenie i wydłużenie podczas rozciągania (rys.1, 2 ). Uzyskane wyniki badań po-

twierdziły, że folia otrzymana z granulatów *2AB*, *3AC*, *4AD*, niezależnie od stosowanych temperatur w czasie rozdmuchu, po ostudzeniu jest mało elastyczna i jej podatność na rozciągnięcie przy maksymalnym naprężeniu  $\varepsilon M$  podczas pomiaru wynosiła średnio od 10,98 do 14,82 MPa, zaś rozciągnięcie przy zerwaniu  $\varepsilon \beta$  osiągało średnie wartości od 10,94 do 14,76 MPa.



**Rys. 1.** Porównanie wytrzymałości mechanicznej próbek folii

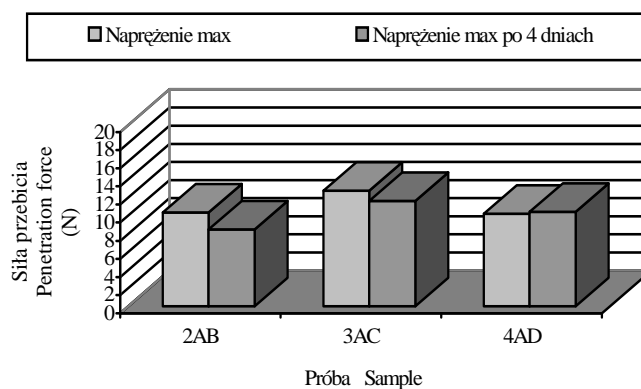
**Fig. 1.** Mechanical strength comparison of film specimens

Folie te, pomimo małej elastyczności, wykazywały znaczną wytrzymałość na naprężenia: maksymalne naprężenie  $\sigma M$  wahało się w granicach od 0,65 do 0,69 MPa, a naprężenie przy zerwaniu  $\sigma \beta$  wyniosło od 0,64 do 0,67 MPa. Folia uzyskana z granulatu *4AD* pomimo dobrej elastyczności podczas rozdmuchu w późniejszym etapie studzenia nie zachowuje tych właściwości. Rozciągnięcie przy maksymalnym naprężeniu  $\varepsilon M$  podczas pomiaru wyniosło średnio od 0,45% do 0,82%, rozciągnięcie przy zerwaniu  $\varepsilon \beta$  osiągnęło średnie wartości od 0,45% do 0,82%.

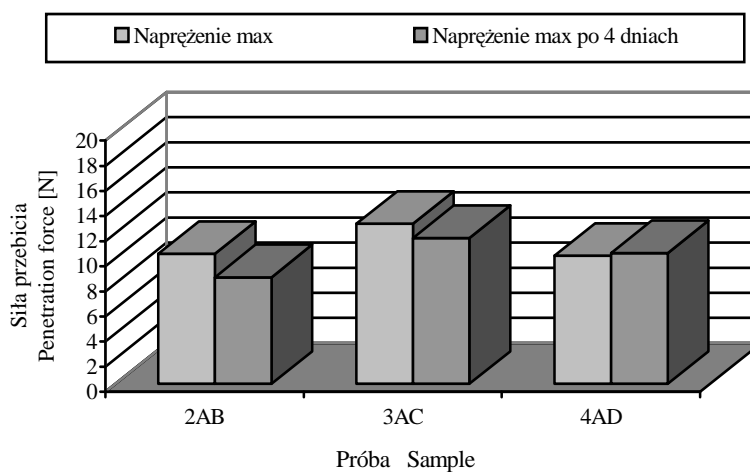
Badania wytrzymałościowe na przebicie folii przeprowadzone w dwóch etapach przedstawiono na rysunkach 3 i 4. Określono siłę, jaka jest potrzebna do przebicia próbki oraz wydłużenie przy jej zniszczeniu.

Na podstawie uzyskanych wyników badań można stwierdzić, że folia otrzymana z granulatów *2AB*, *4AD*, *3AC*, pomimo znacznej wytrzymałości na rozciąganie, była stosunkowo krucha. Maksymalna siła przebicia  $F_{max}$  wynosiła od 7,73 N do 17,58 N, natomiast wydłużenie przy zniszczeniu wyniosło średnio 4,5%. Te same próbki były badane po upływie czterech dni. W tym czasie, były klimatyzowane w temperaturze 20-23°C przy wilgotności powietrza około 50%.

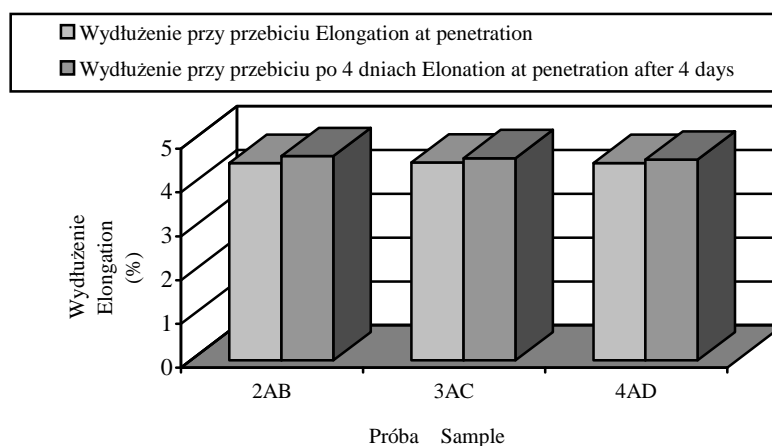
Stwierdzono, nieznaczny wpływ wilgotności na jej właściwości. Maksymalna siła niezbędna do przebicia próbek wynosiła od 7,95 N do 13,52 N, a wydłużenie przy zniszczeniu nieznacznie wzrosło i osiągnęło wartości od 4,59% do 4,69%.



**Rys. 2.** Porównanie podatności na wydłużenie próbek folii  
**Fig. 2.** Elongation comparison of film specimens



**Rys. 3.** Porównanie wytrzymałości mechanicznej podczas przebijania folii  
**Fig. 3.** Mechanical strength comparison of film specimens during penetration test



**Rys. 4.** Porównanie podatności na wydłużenie folii podczas przebijania

**Fig. 4.** Elongation comparison of film at penetration test

#### WNIOSKI

1. Zastosowane mieszanki granulatów skrobi termoplastycznej z wybranymi emulgatorami dają się wytłaczać metodą rozdmuchu, lecz otrzymana z nich folia nie stanowi alternatywy dla folii z tworzyw sztucznych. Jej cechy fizyczne oraz jakość nie pozwalają na uznanie jej jako wyrobu konkurencyjnego.

2. Z badanych próbek najlepsze właściwości posiadała folia otrzymana z granulatu 3 AC zawierającego 70% skrobi, 10% emulgatora i 20% gliceryny.

3. Uzyskane wyniki wskazały dalszy kierunek oraz celowość badań w celu uzyskania folii biodegradowalnej. W dalszych badaniach należałoby zwrócić szczególną uwagę na dobór temperatur płynięcia poszczególnych składników, określenie temperatury przejścia szklistego, prędkości obrotów ślimaka wytłaczarki i jego konfiguracji.

4. Badane właściwości fizykochemiczne skrobi termoplastycznej potwierdziły, że istnieje realna możliwość wyprodukowania folii biodegradowalnej wytrzymałej na rozciąganie i przebijanie.

#### PIŚMIENNICTWO

- Broniewski T., Kapko J., Płaczek W., Thomalla J., 2000. Metody badań i ocena właściwości tworzyw sztucznych. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne. Warszawa .
- Czerniawski B., 2001. Postęp techniczny w dziedzinie opakowań z tworzyw sztucznych. Cz. 2. Opakowania, 1, 26-28.

- Leszczyński W., 2001. Materiały opakowaniowe z polimerów biodegradowalnych. *Przemysł Spożywczy*, 8, 81-84.
- Mitrus M., 2004. Wpływ obróbki baro-termicznej na zmiany właściwości biodegradowalnych biopolimerów skrobiowych. *Rozprawa doktorska*, AR Lublin.
- Mitrus M., 2005. Glass transition temperature of thermoplastic starches. *Int. Agrophysics*, vol. 19, 3, 237-241.
- Mitrus M., 2006. Microstructure of thermoplastic starch polymers. *Int. Agrophysics*, vol. 20, 1, 31-35.
- Mościcki L., Wójtowicz A., 2000. Kierunki rozwoju opakowań ekologicznych. *Zeszyty Naukowe Politechniki Opolskiej*, 254, 177-184.
- Polska Norma. PN- 68/C-89034. 2000. Tworzywa sztuczne. Oznaczenie cech wytrzymałościowych przy statycznym rozciąganiu.

## MEASUREMENT OF PHYSICAL PROPERTIES OF THERMOPLASTIC STARCH FILMS

*Andrzej Rejak*

Department of Food Process Engineering, Agricultural University  
ul. Doświadczalna 44, 20-236 Lublin  
e-mail: andrzej.rejak@ar.lublin.pl

**Abstract.** Influence of extrusion process conditions on physical properties of TPS film was the aim of the work. The study was concerned with the effect of the type of feeder worm, process temperature, emulsifier used, and material moisture on the strength of starch- and glycerine-based biodegradable foils. In the paper results of the influence of raw material composition on biodegradable film elasticity and endurance are presented. The emulsifiers applied notably improved the physical parameters of the foils, but not to a degree that would make them suitable for packing purposes.

**Keywords:** film blowing, biodegradable film, emulsifiers