

## WYBRANE CECHY JAKOŚCIOWE PRZEKĄSEK EKSTRUDOWANYCH Z DODATKIEM SKROBI MODYFIKOWANYCH\*

*Marcin Mitrus, Agnieszka Wójtowicz*

Katedra Inżynierii Procesowej, Uniwersytet Przyrodniczy  
ul. Doświadczalna 44, 20-236 Lublin  
e-mail: agnieszka.wojtowicz@up.lublin.pl

**Streszczenie.** W pracy przedstawiono wyniki pomiarów wybranych cech fizycznych i tekstury ekstrudowanych przekąsek z dodatkiem modyfikowanych skrobi. Skrobię kukurydzianą i ziemniaczaną modyfikowano metodą ciśnieniowo-termiczną z zastosowaniem dwuślimakowego ekstrudera w temperaturze 140°C przy wilgotności 25%. Przekąski z dodatkiem 5, 10 i 15% modyfikatorów wytwarzano w jednoślimakowym ekstruderze TS-45 w dwóch konfiguracjach układu plastyfikującego: w wersji L/D = 16:1 do otrzymania chrupek kukurydzianych (120 obr·min<sup>-1</sup>) oraz L/D = 18:1 do wytworzenia pelletów ziemniaczanych (80 obr·min<sup>-1</sup>), poddawanych następnie smażeniu. W otrzymanych przekąskach wyznaczano wskaźnik ekspandowania, gęstość usypową, siłę cięcia w teście cięcia nożem Warner-Bratzlera, twardość w teście podwójnego ściskania w komorze Kramera oraz cechy sensoryczne (kształt, barwę, smak, zapach i kruchość) w 5-cio punktowej skali. Zwiększanie ilości skrobi modyfikowanej w mieszance surowcowej powodowało wzrost wartości współczynnika ekspandowania przekąsek i obniżanie gęstości usypowej. Dodatek skrobi modyfikowanej zwiększył twardość uzyskanych chrupek kukurydzianych i smażonych prażynek oraz obniżył ich ocenę sensoryczną.

Słowa kluczowe: ekstruzja, przekąski, skrobia, cechy fizyczne, tekstura

### WSTĘP

W większości produktów, które codziennie spożywamy występuje skrobia. Skrobia jest jedną z najbardziej rozpowszechnionych w przyrodzie substancji naturalnych. Stanowi materiał zapasowy roślin – składnik ziarna zbóż i bulw ziemniaka, co sprawia, że jest surowcem odnawialnym i łatwo dostępnym dla przemysłu spożywczego i wielu innych gałęzi gospodarki. Można ją znaleźć

---

\*Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2009-2011 jako projekt badawczy nr N N313 065936.

w postaci skrobi modyfikowanej oznaczonej symbolem „E” lub w postaci skrobi naturalnie występującej w ziarnie zbóż, dodawanej często do jogurtów i pieczywa albo po prostu jako główny składnik mąki (Leszczyński 2006). Skrobia naturalna nie rozpuszcza się w zimnej wodzie i dopiero po ogrzaniu do temperatury kleikowania, charakterystycznej dla każdego rodzaju skrobi, gałeczki zaczynają pęcznieć, chłonąc wodę i pękając tworzą kleik skrobiowy. Dzięki swym właściwościom, takim jak tworzenie kleików i zdolności wiązania wody, skrobia znajduje szerokie zastosowanie w przemyśle spożywczym. Jest najszerzej stosowanym dodatkiem zagęszczającym, nadaje pożądaną konsystencję większości produktów spożywczych, stanowiąc składnik surowca lub pełniąc rolę dodatku do żywności, m.in. jako środek zagęszczający w produkcji koncentratów spożywczych, suchych mieszanek sosów i zup w proszku oraz deserów tj. kisiel, budyń a także jako zagęstnik układów i stabilizator emulsji w przemyśle mięsnym (Le Thann i Lewandowicz 2007, Walkowski i Lewandowicz 2004). Utworzone ze skrobi żele i lepkie roztwory pozwalają na utrzymanie żądanej konsystencji w gotowych produktach i zminimalizowanie ubytków podczas obróbki cieplnej (Leszczyński 2006). Skrobia natywna, mimo tak znacznego udziału w produkcji żywności, posiada pewne cechy niekorzystne. Są to między innymi: mała odporność na warunki fizyczne (np. mieszanie), podatność na retrogradację (w warunkach chłodniczych kleiki mętnieją, maleje ich lepkość i wyodrębnia się niezwiązana woda, co określane jest zjawiskiem synerezy), niska stabilność reologiczna.

W celu uzyskania pożądaných właściwości funkcjonalnych można skrobię modyfikować i w sposób kontrolowany kształtować jej cechy. Określone zmiany właściwości skrobi uzyskuje się w wyniku działania na nią czynników fizycznych, biochemicznych (enzymów) lub chemicznych. Otrzymane w ten sposób pochodne skrobi noszą nazwę skrobi modyfikowanych (Walkowski i Lewandowicz 2004). Najwięcej modyfikatów otrzymuje się drogą chemiczną, jednak obecne trendy żywieniowe i coraz większa świadomość konsumentów wywołują potrzebę zmniejszania ilości chemicznych dodatków do artykułów spożywczych. Dlatego też producenci zastępują związki chemiczne dodawane do żywności w celu nadania określonych cech substancjami naturalnymi, m.in. skrobią zmienioną fizycznie lub termicznie, nie zawierającą niepożądanych związków chemicznych, a często pełniącą identyczne funkcje.

Proces ekstruzji, dzięki swej uniwersalności i możliwości zmiany konfiguracji urządzeń oraz parametrów procesu, pozwala na przetwarzanie różnorodnych surowców pochodzenia roślinnego. W zależności od składu chemicznego oraz przemian zachodzących w przetwarzanym materiale podczas obróbki, surowce mogą pełnić różne funkcje w kreowaniu właściwości produktów ekstrudowanych, m.in.: strukturotwórcze (surowce bogate w skrobię), wpływające na zmianę lepkości gęstwy oraz jej uplastycznienie, ułatwiające rozproszenie składników

w cieście, poprawiające walory smakowe i konsystencję wyrobów (Xie i in. 2006). Fizyczne modyfikowanie skrobi ma głównie na celu poprawę jej rozpuszczalności. W wyniku dostarczania energii do układu (metodami fizycznymi) zostają zniszczone międzycząsteczkowe wiązania wodorowe oraz siły van der Waalsa i dyspersyjne. Skutkiem takiego oddziaływania jest uzyskanie surowca znacznie lepiej rozpuszczalnego w wodzie niż materiał wyjściowy. Zmianie ulegają również krystaliczna struktura oraz zdolności sorpcyjne skrobi (Mercier i in. 1998). Skrobia ekstrudowana odznacza się większą wodochłonnością oraz tworzy kleiki o mniejszej lepkości w porównaniu do natywnej (Mitrus i in. 2010). Wg Kapelko i Zięby (2007) zmiany te są tym większe im większa temperatura procesu i mniejsza wilgotność przed ekstruzją. Najistotniejsze dla przebiegu procesu oraz uzyskania produktu o odpowiednich cechach są obroty oraz konfiguracja ślimaka. Od nich zależy czas przebywania produktu w ekstruderze oraz stopień wymieszania masy wewnątrz cylindra ekstrudera. Ekstrudery jednoślিমakowe z uwagi na swoją budowę nie zapewniają dokładnego wymieszania surowców, dlatego też należy to zrobić przed procesem ekstruzji. Cechą charakterystyczną dla ekstruderów jest współczynnik  $L/D$ , który jest stosunkiem długości ślimaka do jego średnicy. Na prostych ekstruderach jednoślিমakowych proces produkcji można prowadzić już od  $L/D = 4$  dla surowców zapewniających duże tarcie tj.: kaszki ryżowe i kukurydziane. Natomiast układ plastyfikujący złożony z jednego ślimaka o  $L/D = 16$  i więcej pozwala wytwarzać takie produkty jak skrobia termoplastyczna czy makarony błyskawiczne (Mitrus 2007, Wójtowicz 2008, 2010).

Proces produkcyjny ekstrudowanych przekąsek obejmuje kilka etapów, spośród których najważniejsze to: mieszanie składników wg opracowanej receptury, dozowanie materiału, ekstruzja właściwa w warunkach dostosowanych do typu przekąsek, nadawanie ostatecznego kształtu z zastosowaniem matryc formujących i suszenie do wilgotności umożliwiającej bezpieczne przechowywanie produktów. W przypadku chrupiek kukurydzianych ekstruzja odbywa się przy wilgotności surowców w zakresie od 14 do 17% w zależności od zastosowanych dodatków, w temperaturze przekraczającej  $100^{\circ}\text{C}$ , co umożliwia uzyskanie porowatej konsystencji chrupki przez gwałtowne odparowanie wody i utrwalenie struktury na skutek obniżenia temperatury i ciśnienia po opuszczeniu matrycy. Pellety wytwarzane przy wilgotności surowców od 25 do 35% wilgotności surowców przetwarzają się w temperaturze nie przekraczającej  $100^{\circ}\text{C}$ , tak dobranej, aby umożliwić skleikowanie skrobi w ekstruderze a jednocześnie nie dopuścić do ekspandowania produktu, który formowany do postaci taśmy uplastycznionego ciasta, po wysuszeniu poddaje się dodatkowej obróbce termicznej przez smażenie w tłuszczu bądź wyprażanie w gorącym powietrzu czy w mikrofalach, co powoduje uzyskanie porowatej struktury produktu finalnego (Mościcki i in. 2007). Dodatkowo przekąski ekstrudowane mogą być uszlachetniane powierzchniowo poprzez sto-

sowanie posypek smakowych bądź polewy cukrowej nanoszonych w bębnach obtaczających. Wzbogacanie receptury ekstrudowanych przekąsek pozwala na podnoszenie ich wartości odżywczej przy zastosowaniu wysokobiałkowych lub wysokobłonnikowych preparatów roślinnych, może również wpływać na kształtowanie cech użytkowych ekstrudatów, m.in. stopnia ekspandowania czy tekstury (Kita i Popiela-Kukuś 2010).

Celem pracy było określenie wpływu dodatku modyfikowanych ciśnieniowo-termicznie skrobi na wybrane właściwości fizyczne, parametry tekstury i cechy sensoryczne ekstrudowanych produktów przekąskowych.

#### MATERIAŁY I METODY

Modyfikacji poddano skrobię kukurydzianą (Meritena 100, Słowacja) oraz ziemniaczaną (Superior, Łomża) o wilgotności 25%. Proces przeprowadzono w temperaturze 140°C i obrotach ślimaka wynoszących 80 obr·min<sup>-1</sup>. Ekstrudaty rozdrobniono z zastosowaniem młynka elektrycznego do granulacji 500 µm i stosowano jako dodatek do receptur chrupkek i pelletów. W badaniach zastosowano dodatek modyfikowanej skrobi w ilości 5, 10 i 15% masy surowców użytych do otrzymania ekstrudowanych przekąsek. Chrupki kukurydziane wytwarzano z kaszki kukurydzianej o wilgotności surowca 14% z zastosowaniem matrycy okrągłej o średnicy 3 mm, natomiast prażynki ziemniaczane z mieszanki: płatki ziemniaczane (40%), grys ziemniaczany (30%), mąka ziemniaczana (30%), przy wilgotności 33% stosując matrycę szczelinową (Juško i in. 2010). Badane przekąski ekstrudowano z zastosowaniem ekstrudera jednoślimakowego TS-45 w dwóch konfiguracjach układu plastyfikującego: w wersji L/D = 16:1 do otrzymania chrupkek kukurydzianych (przy prędkości ślimaka 120 obr·min<sup>-1</sup>, temperatura 95-140°C) oraz L/D = 18:1 do wytworzenia pelletów ziemniaczanych (przy prędkości ślimaka 80 obr·min<sup>-1</sup>, temperatura 75-95°C), które poddawano następnie smażeniu w oleju w temperaturze 190°C przez maksymalnie 10 sekund do uzyskania pełnego ekspandowania prażynek.

Otrzymane przekąski poddano ocenie wybranych cech fizycznych i sensorycznych. Wskaźnik ekspandowania określono wyznaczając stosunek pola przekroju chrupki do matrycy, zaś w przypadku prażynek pola przekroju przed i po smażeniu w 10 powtórzeniach (Trela i Mościcki 2007). Wyznaczono gęstość w stanie usypowym wg ASAE S269.3 (1989) przeprowadzając eksperyment w 5 równoległych powtórzeniach. Teksturę badano na maszynie wytrzymałościowej Zwick/Roell BDO-FB0.5TH (Ulm, Niemcy) korzystając z oprogramowania *testXpert10v11*, oceniając siłę cięcia pojedynczej przekąski w teście cięcia nożem Warner-Bratzlera oraz twardość przekąsek ułożonych w jednej warstwie w teście podwójnego ściskania z wytlaczaniem w pięcioostrzowej komorze Kra-

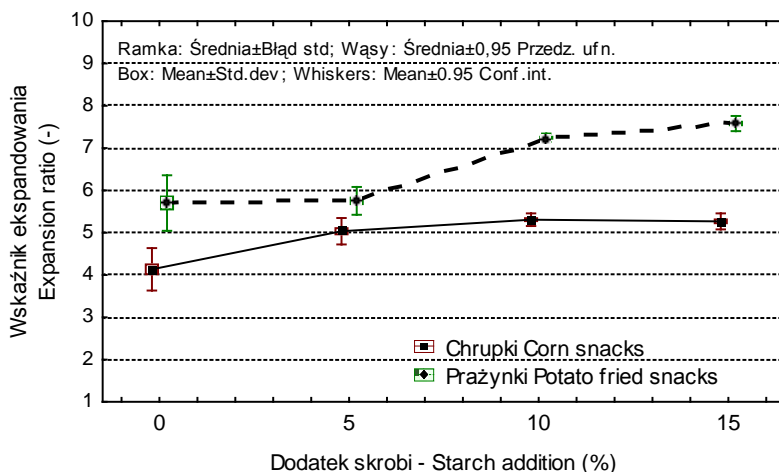
mera przy prędkości przesuwu głowicy  $100 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$ . Próby przeprowadzono w 10 powtórzeniach przy testach cięcia oraz w 5 powtórzeniach przy testach podwójnego ściskania. Cechy sensoryczne wyznaczano z udziałem 12-osobowego panelu oceniającego kształt, barwę, smak, zapach i kruchość w 5-cio punktowej skali wg wyróżników jakościowych dla poszczególnych typów przekąsek (PN-A-88036:1998, PN-A-74780).

Jako wyniki przyjęto średnie arytmetyczne z pomiarów. Analizę statystyczną przeprowadzono wyznaczając wartości błędu standardowego i odchylenia różnic między pomiarami przy przedziale ufności 0,95 z zastosowaniem testu Duncana.

### WYNIKI I DYSKUSJA

Wskaźnik ekspandowania, jako jedna z najważniejszych cech produktów przekąskowych, jest istotnym wyróżnikiem zarówno dla producentów, jak i konsumentów. Przy wytwarzaniu przekąsek, zwłaszcza ekstrudowanych lub wysmażanych z pelletów, im większe będzie ekspandowanie wyrobów, tym więcej będzie pustych przestrzeni (porów) wewnątrz produktu, które warunkują odpowiednią konsystencję i chrupkość przekąsek (Trela i Mościcki 2007). Ta fizyczna transformacja jest związana z odparowaniem wody z amorficznej matrycy skrobiowej w temperaturze powyżej temperatury przejścia szklanego  $T_g$  przy odpowiedniej wilgotności materiału podczas przetwarzania, natomiast ekspandowanie nie zachodzi, gdy temperatura bezpośrednio przed opuszczeniem matrycy formującej ekstrudat wynosi poniżej  $100^\circ\text{C}$  (Mercier i in. 1998). W badaniach oceniano wskaźnik ekspandowania chrupiek kukurydzianych oraz ziemniaczanych prażynek smażonych i stwierdzono, że wraz ze zwiększaniem ilości skrobi modyfikowanej w recepturach surowcowych ekspandowanie produktów zwiększało się (rys. 1). Większe ekspandowanie uzyskano w produktach smażonych z pelletów, wartości tego wskaźnika wynosiły od 5,7 do 7,6 i zwiększały się przy wyższym udziale skrobi w recepturze przekąsek ( $R^2 = 0,847$ ). Chrupki kukurydziane charakteryzowały się nieco niższymi wartościami wskaźnika ekspandowania (4,1-5,2), również w tym przypadku ekspandowanie zwiększało się przy większym dodatku skrobi modyfikowanej ( $R^2 = 0,758$ ).

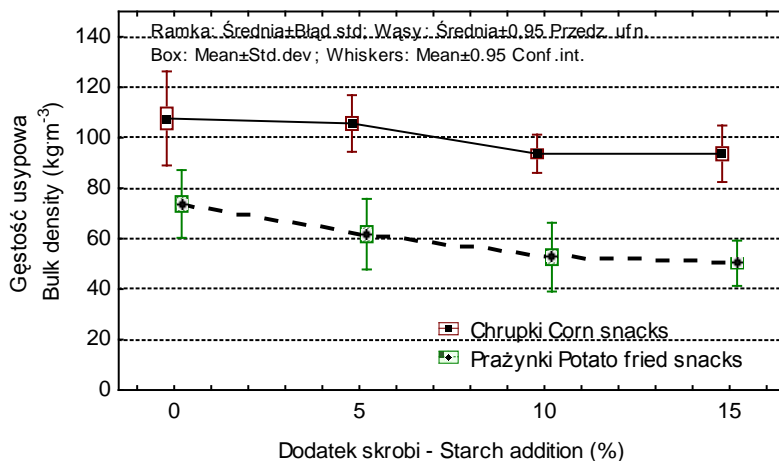
Parametrem bezpośrednio związanym z ekspandowaniem i przestrzenną strukturą produktów jest gęstość w stanie usypowym. Ocena tej cechy jest niezbędna do projektowania urządzeń transportowych, zbiorników buforowych czy lejów zasypowych w liniach produkcyjnych, ale również przy projektowaniu kształtu, wielkości i objętości opakowań jednostkowych przekąsek.



**Rys. 1.** Wskaźnik ekspandowania chrupkek kukurydzianych i prażynek ziemniaczanych z dodatkiem modyfikowanych skrobi

**Fig. 1.** Expansion index of corn snacks and fried potato snacks with various level of modified starches

Wiele czynników ma wpływ na gęstość produktów spożywczych, m.in. wilgotność, kształt, spistość wyrobów oraz czynniki technologiczne warunkujące ich porowatość (Jones i in. 2000). Gęstość usypowa badanych ekstrudatów obniżała się wraz ze zwiększaniem dodatku skrobi modyfikowanych do receptur surowcowych przekąsek (rys. 2).

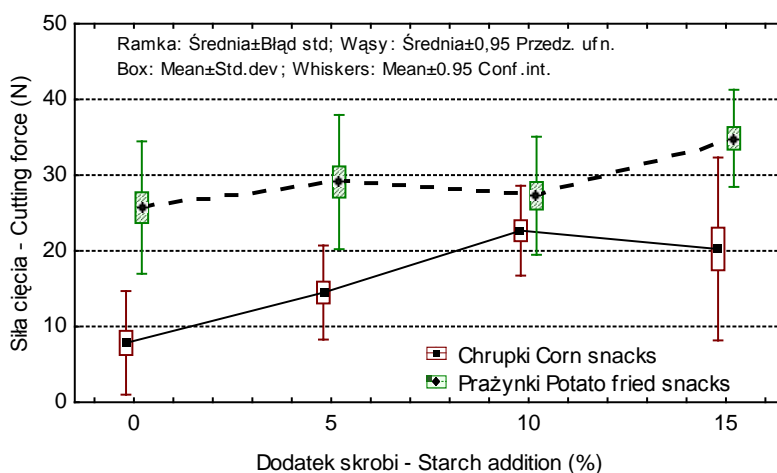


**Rys. 2.** Gęstość usypowa chrupkek kukurydzianych i prażynek ziemniaczanych z dodatkiem modyfikowanych skrobi

**Fig. 2.** Bulk density of corn snacks and fried potato snacks with various level of modified starches

Gęstość usypowa chrupek kukurydzianych bez dodatku skrobi wynosiła  $108 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  i obniżała się do wartości  $94 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  przy 15%-owym dodatku skrobi kukurydzanej poddanej obróbce ciśnieniowo-termicznej. W przypadku przekąsek ziemniaczanych gęstość usypowa była niższa, co związane może być nie tylko z większym ekspandowaniem prażynek podczas smażenia, ale również z charakterystyką surowców ziemniaczanych i niższą wilgotnością gotowych prażynek. Gęstość usypowa przekąsek ziemniaczanych obniżała się istotnie ( $R^2 = 0,955$ ) z  $76 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  do  $51 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  podczas badania prażynek z dodatkiem do 15% modyfikowanej ciśnieniowo-termicznie skrobi ziemniaczanej.

Badania wybranych cech tekstury przeprowadzone w teście cięcia i w teście podwójnego ściskania z wytłaczaniem w komorze Kramera wykazały zwiększenie siły cięcia i twardości ekstrudatów przy zwiększającym się udziale skrobi modyfikowanych ciśnieniowo-termicznie w recepturze. Siła cięcia wyznaczona podczas badania prażynek ziemniaczanych była wyższa niż wartości uzyskane podczas cięcia chrupek kukurydzianych (rys. 3). Może to być spowodowane powstaniem na powierzchni prażynek twardszej powłoki uformowanej podczas smażenia, charakterystycznej dla tego typu produktów. Zwiększanie ilości dodatku skrobi w recepturze wpłynęło na zwiększenie siły cięcia prażynek ziemniaczanych z 26,5 N do 34,6 N przy 15% dodatku modyfikowanej ciśnieniowo-termicznie skrobi ziemniaczanej.

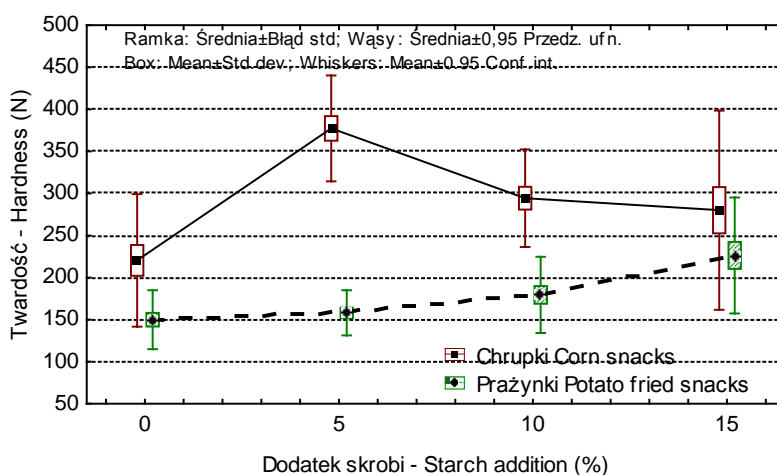


**Rys. 3.** Siła cięcia chrupek kukurydzianych i prażynek ziemniaczanych z dodatkiem modyfikowanych skrobi

**Fig. 3.** Cutting force of corn snacks and fried potato snacks with various level of modified starches

Niższe siły cięcia (od 8 do 20 N) odnotowano podczas badania chrupek kukurydzianych, tu również obserwowano wyższe siły cięcia przy zwiększającym się dodatku modyfikowanej skrobi kukurydzianej. Kita i Popiela-Kukuś (2010) badając smażone przekąski z pelletów z dodatkiem wytlóków lnianych obserwowały zwiększanie siły cięcia przekąsek w miarę zwiększania ilości dodatku, z czego wnioskować można, że stosowanie dodatków włóknistych oraz modyfikatorów skrobiowych wpływa na zwiększenie odporności przekąsek smażonych na uszkodzenia.

Test w szerometrze Kramera wykazał zwiększenie twardości chrupek i prażynek przy zastosowaniu dodatku skrobi modyfikowanych w obydwu typach przekąsek. Przy pomiarze twardości uzyskane wyniki wskazują na wyższą twardość chrupek, które wymagały większej siły niszczącej niż prażynki. Najwyższą twardość (376 N) zarejestrowano podczas badania chrupek kukurydzianych z 5% udziałem skrobi modyfikowanej (rys. 4). Dalsze zwiększanie ilości dodatku w recepturze powodowało zmniejszanie się twardości ekstrudatów, jednak wszystkie wyroby z dodatkiem modyfikowanej ciśnieniowo-termicznie skrobi kukurydzianej wykazywały wyższą twardość niż chrupki z samej kukurydzy. Podczas badania smażonych prażynek ziemniaczanych stwierdzono tendencję do zwiększania twardości produktów przy zastosowaniu zwiększającego się dodatku modyfikowanej skrobi ziemniaczanej ( $R^2 = 0,910$ ).



**Rys. 4.** Twardość chrupek kukurydzianych i prażynek ziemniaczanych z dodatkiem modyfikowanych skrobi wyznaczana w komorze Kramera

**Fig. 4.** Hardness of corn snacks and fried potato snacks with various level of modified starches evaluated with Kramer cell

Zwiększająca się twardość wyrobów miała również wpływ na obniżenie ocen podczas testów sensorycznych, zwłaszcza kruchości przekąsek. Z konsumenckie-



go punktu widzenia badania sensoryczne odgrywają kluczową rolę w ocenie produktów jako decydujące o atrakcyjności sensorycznej wyrobów i mające wpływ na preferencje konsumentów (Surówka 2002). W tabeli 1 zestawiono wyniki badań cech organoleptycznych chrupiek kukurydzianych oraz prażynek ziemniaczanych w zależności od ilości modyfikowanej skrobi zastosowanej w recepturze surowcowej.

**Tabela 1.** Średnie wartości cech sensorycznych chrupiek kukurydzianych i prażynek ziemniaczanych z dodatkiem modyfikowanych skrobi

**Table 1.** Mean values of sensory properties of corn snacks and fried potato snacks with modified starches addition

Produkt Product	Dodatek skrobi Starch addition (%)	Wygląd Appearance	Barwa Colour	Kształt Shape	Smak Taste	Kruchość Crispness	Ocena ogólna Overall note
Chrupki Corn snacks	0	3,6	3,6	3,7	3,8	4,3	3,80
	5	3,1	3,0	2,9	3,5	3,5	3,20
	10	2,9	3,4	2,8	3,2	3,8	3,22
	15	2,7	2,9	2,6	3,2	3,7	3,02
	R <sup>2</sup>	0,94	0,44	0,83	0,89	0,32	0,78
Prażynki Potato fried snacks	0	4,5	4,4	4,2	4,6	4,7	4,48
	5	4,5	4,3	4,5	4,6	4,6	4,50
	10	4,3	4,0	4,0	4,1	4,2	4,12
	15	3,4	2,7	3,6	3,6	3,8	3,42
	R <sup>2</sup>	0,74	0,79	0,62	0,89	0,95	0,83

Wyższe noty przy ocenie kruchości uzyskały przekąski smażone, w których w teście symulującym żucie produktu wyznaczono niższą twardość. Podczas oceny chrupiek kukurydzianych z dodatkiem skrobi modyfikowanej najniższe noty za kruchość uzyskały wyroby, dla których w testach instrumentalnych wyznaczono najwyższą twardość. Prażynki ziemniaczane uzyskiwały lepsze oceny za wygląd, kształt i smak niż ekstrudowane chrupki kukurydziane, gdyż smażenie produktów w gorącym oleju powoduje formowanie kompleksów smakowo-zapachowych odpowiedzialnych za powstawanie specyficznej, atrakcyjnej dla konsumenta charakterystyki sensorycznej, której nie mają chrupki. Zwiększający się udział skrobi modyfikowanej skutkowało niższymi notami za barwę prażynek; przy 15%-owym udziale skrobi ziemniaczanej następowało pociemnienie wyrobów podczas smażenia, co ograniczało atrakcyjność tych przekąsek. Ogólna ocena wyrobów z najwyższym dodatkiem skrobi modyfikowanej była najniższa.

## WNIOSKI

1. W trakcie badań stwierdzono, że zwiększanie ilości dodatku skrobi modyfikowanej w mieszance surowcowej powodowało wzrost wartości wskaźnika ekspandowania oraz obniżenie gęstości usypowej przekąsek.

2. Modyfikowana skrobia kukurydziana i ziemniaczana zastosowana w recepturach chrupek kukurydzianych i pelletów ziemniaczanych zwiększała siłę cięcia oraz twardość przekąsek.

3. Cechy sensoryczne chrupek kukurydzianych i smażonych prażynek pogarszały się wraz ze zwiększaniem dodatku skrobi modyfikowanych, dodatek skrobi wyższy niż 5% znacznie ograniczył atrakcyjność wyrobów ze względu na ich mniejszą kruchość oraz ciemniejszą barwę, dotyczyło to zwłaszcza prażynek ziemniaczanych.

## PIŚMIENNICTWO

- ASAE Standard:S269.3, 1989. Wafers, pellets, and crumblers – definitions and methods for determining density, durability and moisture content.
- Jones D., Chinnaswamy R., Tan Y., Hanna M., 2000. Physiochemical properties of ready-to-eat breakfast cereals. *Cereal Foods World*, 45, 4, 164-168.
- Juško S., Mościcki L., Wójtowicz A., 2010. Głowica formująca. Wzór użytkowy PL 64861 Y1, WUP 03/10.
- Kapelko M., Zięba T., 2007. Właściwości ekstrudowanej skrobi ziemniaczanej modyfikowanej glicyną. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 5, 23-32.
- Kita A., Popiela-Kukuś K., 2010. Wpływ dodatku wyłoków lnianych na wybrane właściwości smażonych chrupek ziemniaczanych. *Acta Agrophysica*, 16(1), 69-77.
- Le Thann J., Lewandowicz G., 2007. Dietetyczne produkty skrobiowe. *Przemysł Spożywczy*, 8, 54-58.
- Leszczyński W., 2006. Zastosowanie skrobi modyfikowanych w przemyśle spożywczym (cz. I). *Przegląd Piekarski i Cukierniczy*, 5, 54-56.
- Mercier C., Linko P., Harper J.M., 1998. *Extrusion Cooking*. AACC Inc., Minnesota, USA.
- Mitrus M., 2007. Badania właściwości mechanicznych skrobi termoplastycznej. *Acta Agrophysica*, 9(2), 423-430.
- Mitrus M., Wójtowicz A., Mościcki L., 2010. Modyfikacja skrobi ziemniaczanej metodą ekstruzji. *Acta Agrophysica*, 16(1), 101-109.
- Mościcki L., Mitrus M., Wójtowicz A., 2007. *Technika ekstruzji w przemyśle rolno-spożywczym*. PWRiL, Warszawa.
- PN-A-74780:1996. Przetwory ziemniaczane. Smażone przekąski ziemniaczane.
- PN-A-88036:1998. Chrupki. Wymagania.
- Surówka K., 2002. Tekstura żywności i metody jej badania. *Przemysł Spożywczy*, 10, 12-17.
- Trela A., Mościcki L., 2007. Wpływ obróbki mikrofalowej na stopień ekspandowania pelletów ziemniaczanych. *Acta Agrophysica*, 10(1), 237-246.
- Walkowski A., Lewandowicz G., 2004. Skrobie modyfikowane. Właściwości technologiczne i zakres stosowania. *Przemysł Spożywczy*, 5, 49-51.
- Wójtowicz A., 2008. Wpływ nawilżania surowców oraz parametrów procesu ekstruzji na wybrane cechy zbożowych kaszek błyskawicznych. *Acta Agrophysica*, 11(2), 545-556.

- Wójtowicz A., 2010. Błyskawiczne makarony bezglutenowe – charakterystyka cech użytkowych i tekstury, w: Wpływ procesów technologicznych na właściwości materiałów i surowców roślinnych, red. Witrowa-Rajchert D., Lenart A., Rybczyński R., Wyd. Naukowe FRNA, Lublin, 117-134.
- Xie F., Yu L., Liu H., Chen L., 2006. Starch modification using reactive extrusion. *Starch*, 58, 131-139.

## SELECTED QUALITY CHARACTERISTICS OF EXTRUDED SNACKS WITH MODIFIED STARCHES ADDITION

*Marcin, Mitrus, Agnieszka Wójtowicz*

Department of Food Process Engineering, University of Life Sciences  
ul. Doświadczalna 44, 20-236 Lublin  
e-mail: agnieszka.wojtowicz@up.lublin.pl

**Abstract.** The results of measurements of selected physical, textural and quality characteristics of extruded snacks with addition of thermal-pressure modified starches are presented in the paper. Corn starch and potato starch were modified with twin-screw extrusion-cooking under the temperature of treatment 140°C at 25% of starch initial moisture level. Snacks with addition of 5, 10 and 15% of these modified starches were prepared with single screw TS-45 food extruder at two different configurations: type L/D=16:1 to process corn snacks (at 120 rpm) and type L/D = 18:1 to process potato pellets (at 80 rpm) for further deep oil frying snacks. In these corn snacks and potato fried snacks it was evaluated the expansion ratio, bulk density, cutting force during Warner-Bratzler knife cutting test, hardness during double compression test in Kramer cell, and sensory characteristics (appearance, shape, colour, taste, flavor and crispness) in 5-points scale. Increased level of modified starches in the recipe of extruded snacks influenced on higher expansion and lower bulk density of both tested products. Modified starches increased hardness of corn snacks and fried potato snacks and also lowered sensory properties of ready-to-eat snacks.

**Keywords:** extrusion-cooking, snacks, starch, physical characteristics, texture