

## **WPLYW WILGOTNOŚCI MIESZANEK NA WŁAŚCIWOŚCI I TEKSTURĘ EKSRUDATÓW KUKURYDZIANYCH WZBOGACONYCH W WYTŁOKI LNIANE**

**Agnieszka Makowska, Przemysław Kowalczewski, Hanna Paschke**

Instytut Technologii Żywności Pochodzenia Roślinnego

Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

ul. Wojska Polskiego 28, 60-637 Poznań

agnieszka.makowska@up.poznan.pl

### **Streszczenie**

Celem niniejszej pracy było określenie wpływu wilgotności mieszanek kaszki kukurydzianej oraz dodatków wycieków lnianych na wybrane parametry jakościowe otrzymanych ekstrudatów. Zastosowano dwa poziomy wilgotności mieszanek: 12% i 16% oraz trzy poziomy ilości dodawanych wycieków lnianych: 5%, 10% i 15%. Proces ekstruzji prowadzono z wykorzystaniem jednoślizakowego ekstrudera typu TS-45 ZMCh (Metalchem, Gliwice). Otrzymane ekstrudaty charakteryzowano pod względem zmian: barwy (w systemie CIE  $L^*a^*b^*$ ), współczynnika ekspansji promieniowej, gęstości właściwej, wytrzymałości mechanicznej oraz zawartości błonnika pokarmowego, w tym frakcji rozpuszczalnej (SDF) i nierozpuszczalnej (IDF). W toku analiz stwierdzono, że wraz ze zwiększającym się dodatkiem wycieków zmniejszał się współczynnik ekspansji, zwiększała się gęstość i twardość ekstrudatów. Zmianie ulegała również barwa ekstrudatów. Analizując wpływ wilgotności surowca, wykazano natomiast, że chrupki wytworzone z surowca o wilgotności 16% charakteryzują się mniejszym stopniem ekspansji oraz większą gęstością niż chrupki z surowca zawierającego 12% wody. Zmiany twardości determinowane były natomiast wielkością dodatku. W ocenie konsumenckiej wyższe noty uzyskały chrupki z surowca o wilgotności 16%, szczególnie przy wyższym dodatku wycieków. Dodatek wycieków lnianych już na poziomie 10% umożliwia wytworzenie na drodze ekstruzji przekąsek będących źródłem błonnika pokarmowego.

**Słowa kluczowe:** wycieki lniane, ekstrudaty kukurydziane, ekstruzja, tekstura

## **THE EFFECT OF PREMIX MOISTURE ON THE PROPERTIES AND TEXTURE OF CORN EXTRUDATES ENRICHED WITH FLAXSEED BY-PRODUCT**

### **Summary**

The aim of this work was to determine the influence of the moisture content of corn meal mixtures and flaxseed by-product additives on selected quality parameters of obtained extrudates. Two levels of moisture were used: 12 and 16% and three levels of flaxseed by-product were added: 5, 10 and 15%. The extrusion process was carried out using a single screw extruder type TS-45 ZMCh (Metalchem, Gliwice). Obtained extrudates were characterized by color changes (CIE L\* a\* b\* color space), expansion ratio, bulk density, hardness and dietary fiber content, including soluble (SDF) and insoluble (IDF) fractions. It was found that with increased percentage share of additive the lower expansion ratio is. Moreover, a noticeable increase of bulk density and hardness of the extrudate were observed. Furthermore, color of the extrudates has changed. Studying impact of moisture content on the raw material, proved that the extrudates made from premix with a moisture content of 16% had lower degree of expansion and higher bulk density than extrudates from premix with a moisture content 12%. Change of hardness was determined by the percentage share of the additive. In consumer opinion, higher notes received extrudates from premix with a moisture content of 16%, especially with higher additive content. The addition of flaxseed by-product at 10% allowed to obtain extrudates enriched with dietary fiber.

**Key words:** flaxseed by-product, corn extrudates, extrusion, texture

### **WSTĘP**

Nasiona lnu zawierają w swoim składzie znaczne ilości nie tylko białka (32–36%), lecz także kwasu  $\alpha$ -linolenowego, którego zawartość sięga 50% całkowitej zawartości kwasów tłuszczowych [Oomah 2001; Prasad 1997; Oomah i Mazza 1993]. Nasiona te stosowane są jako składnik mieszanek musli, dodatek do pieczywa, ciastek czy nawet zup. Ze względu na wysoką zawartość tłuszczu len wykorzystywany jest także do produkcji olejów. Uzyskany w procesie tłoczenia na zimno olej cieszy się rosnącą popularnością wśród konsumentów zarówno w Europie, jak i w Azji ze względu na swoją wysoką wartość odżywczą, jak również łatwy proces technologiczny jego otrzymania [Gunstone i in. 2007]. Jako produkt uboczny tego procesu powstają wytloki, stanowiące cenne źródło składników odżywczych, w tym błonnika pokarmowego (powyżej 36%) oraz białka (pow. 25%). Aktualnie najczęstszym

sposobem zagospodarowania tego odpadu poprodukcyjnego jest stosowanie go do skarmiania zwierząt.

Ekstruzja wysokotemperaturowa (ang. *High Temperature Short Time*) to proces, dzięki któremu podatne na zwiększenie objętości surowce, zarówno skrobiowe, jak i białkowe, są plastyfikowane i gotowane w cylindrze ekstrudera dzięki połączonemu działaniu wilgoci, wysokiego ciśnienia, ciepła i sił ścinających. Połączone działanie różnych czynników powoduje wytworzenie jednorodnej, ciastowatej masy, która następnie przeciskana jest przez otwór głowicy ekstrudera (matrycę). Gwałtowne obniżenie ciśnienia powoduje intensywne odparowywanie wody i ekspansję, w konsekwencji czego uzyskuje się produkt suchy, o dużej porowatości. Wysoka temperatura panująca wewnątrz ekstrudera, rzędu 130–180°, powoduje szereg zmian w zastosowanym surowcu: kleikowanie i dekstrynizację skrobi, denaturację białek, a także tworzenie się związków kształtujących smak i zapach produktu finalnego [Obuchowski 1991].

Wykorzystanie produktów odpadowych w produkcji żywności jest jednym z głównych nurtów badawczych ostatnich lat. Zastosowanie ich jako dodatków do produktów ekstrudowanych umożliwi z jednej strony otrzymanie produktów o atrakcyjnych dla konsumentów cechach sensorycznych, z drugiej zaś – stworzenie produktu o podwyższonej wartości odżywczej.

Celem niniejszej pracy było oszacowanie wpływu wilgotności mieszanek, poddanych następnie procesowi ekstruzji, na właściwości otrzymanych ekstrudatów kukurydzianych oraz ich teksturę.

## **MATERIAŁ I METODY BADAŃ**

Stosowane do produkcji ekstrudatów wytloki lniane, uzyskane w wyniku tłoczenia oleju lnianego na zimno, pozyskano z Instytutu Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich w Poznaniu. Kaszkę kukurydzianą o granulacji 750–1250  $\mu\text{m}$  zakupiono w Młynie Zbożowym w Wonieściu.

Badane ekstrudaty otrzymano, stosując ekstruder jednoślindakowy typu TS-45 ZMCh (Metalchem, Gliwice) o układzie plastyfikującym L:D = 12:1 i dyszy 3,5 mm z zastosowaniem parametrów temperaturowych procesu: 135°C (temperatura pierwszej strefy), 155°C (temperatura drugiej strefy), 135°C (temperatura głowicy).

Do kaszki kukurydzianej dodawano wytloki lniane w ilości 5%, 10% i 15%. Próbie zerową stanowiła kaszka kukurydziana bez dodatku wytlaków. W badaniach wykorzystano mieszanki o dwóch wilgotnościach: 12% i 16%.

Barwę ekstrudatów oznaczono przy użyciu odbiciowego fotokolorymetru Chroma Meter CR-410 (Konica Minolta Sensing Inc., Japonia) w systemie CIE L\*a\*b\*. Obliczono całkowitą różnicę barwy (ang. *Total Color Difference*), używając następującego wzoru:

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$$

Współczynnik przyrostu promieniowego (ER) obliczono jako stosunek średnicy ekstrudatu do średnicy dyszy ekstrudera (Makowska i in. 2017).

Wytrzymałość mechaniczną ekstrudatów oznaczono za pomocą analizatora tekstury TA.XTplus (Stable Micro Systems, Wielka Brytania), wykonując test cięcia z zastosowaniem noża Warnera-Bratzlera. Ekstrudaty przecinano, stosując parametry testu: Test speed: 1,5 mm/s; Trigger force: 40 g; Distance: 30 mm. Za twardość przyjęto maksymalną siłę niezbędną do całkowitego przecięcia ekstrudatu.

Gęstość właściwą ekstrudatów określono zgodnie z metodą opisaną przez Kowalczewskiego i in. [2012], wyznaczając masę i objętość pojedynczego ekstrudatu.

Analizę konsumencką otrzymanych produktu przeprowadzono, stosując 9-punktową metodę hedoniczną, pytając grupę 40 osób o następujące cechy: wygląd, smak, zapach, barwa, tekstura oraz pożądalność.

Zawartość błonnika pokarmowego, zarówno rozpuszczalnego (SDF), jak i nierozpuszczalnego (IDF), oznaczono metodą enzymatyczną zgodnie z metodą AACC 32-07.01, wykorzystując aparat Fibertec System firmy Foss (Dania).

Analizy wykonano w trzech powtórzeniach, a wyniki poddano analizie statystycznej ANOVA z wykorzystaniem Statistica 10 (StatSoft Inc., 2011), przy  $\alpha = 0,05$ .

## **WYNIKI I DYSKUSJA**

Proces ekstruzji jest coraz powszechniej stosowanym procesem technologicznym w technologii żywności do otrzymywania różnych, lekkostrawnych produktów o wysokiej atrakcyjności sensorycznej [Lazou i Krokida 2010]. Niesłabnącą popularnością wśród dostępnej handlowo szerokiej gamy produktów cieszą się kukurydziane przekąski ekstrudowane. Zastosowanie w recepturze chrupek wyłoków lnianych spowodowało znaczne zmiany w wyglądzie otrzymanych ekstrudatów, co można zaobserwować na rysunku 1. Dodatek wyłoków lnianych spowodował otrzymanie chrupek bardziej twardych, o mniejszej ekspansji. Zaobserwowano także zmiany barwy otrzymanych produktów.



**Rysunek 1.** Fotografie otrzymanych ekstrudatów

*The pictures of obtained extrudates*

Analiza otrzymanych ekstrudatów wykazała, że wraz ze wzrostem udziału wyłoków lnianych zmniejszeniu ulegał współczynnik ekspansji promieniowej (tabela 1). Znaczne zmiany zaobserwowano w przypadku ekstruzji mieszanki o wilgotności 12% z zawartością 15% wyłoków lnianych, na skutek której wartość tego parametru obniżyła się z 4,21 dla próby kontrolnej do 1,24 dla próby z 15% dodatkiem wyłoków. Również w przypadku ekstruzji mieszanek o wyższej wilgotności zanotowano znaczne zmniejszenie ekspansji otrzymanych ekstrudatów. Wyłoki lniane charakteryzują się wysoką zawartością białka (pow. 25%) i tłuszczu (pow. 12%), co przyczyniło się do wzrostu gęstości właściwej ekstrudatów. Wraz ze wzrostem udziału dodatku gęstość właściwa rosła (tabela 1) i największe różnice względem próby kontrolnej zaobserwowano, podobnie jak w przypadku współczynnika ekspansji promieniowej, w przypadku wariantów otrzymanych z mieszanek o 12% wilgotności, gdzie gęstość właściwa ekstrudatów z dodatkiem 15% wyłoków wzrosła dziesięciokrotnie względem próby kontrolnej. Również dla produktów z mieszanek o wilgotności 16% zaobserwowano znaczny wzrost gęstości właściwej na skutek zastosowania dodatku. Zmiany współczynnika ekspansji oraz gęstości właściwej na skutek dodatków bogatych w białko i tłuszcz tłumaczy się zmniejszeniem udziału frakcji skrobiowej (na rzecz białkowej i błonnikowej) odpowiedzialnej za prawidłowy i efektywny przebieg procesu ekstruzji [Makowska i in. 2013; Stojceska i in. 2008].

**Tabela 1.** Wpływ warunków ekstruzji na wybrane właściwości ekstrudatów

*The effects of extrusion parameters on chosen properties of extrudates*

Wilgotność <i>Moisture</i>	Udział dodatku <i>Percentage share of additive</i>	Parametr <i>Parameter</i>		
		Współczynnik ekspansji promieniowej <i>Expansion ratio</i>	Gęstość właściwa <i>Bulk density</i> [g/cm <sup>3</sup> ]	Twardość <i>Hardness</i> [N]
12%	0%	4,21 ± 0,08 <sup>a</sup>	0,087 ± 0,003 <sup>d</sup>	12,14 ± 0,21 <sup>f</sup>
	5%	3,91 ± 0,10 <sup>b</sup>	0,089 ± 0,010 <sup>d</sup>	13,48 ± 0,17 <sup>d</sup>
	10%	3,62 ± 0,07 <sup>c</sup>	0,092 ± 0,007 <sup>d</sup>	19,85 ± 0,23 <sup>b</sup>
	15%	1,24 ± 0,0 <sup>8</sup>	0,875 ± 0,061 <sup>a</sup>	30,34 ± 0,31 <sup>a</sup>
16%	0%	4,17 ± 0,11 <sup>a</sup>	0,094 ± 0,004 <sup>d</sup>	12,49 ± 0,16 <sup>e</sup>
	5%	3,57 ± 0,13 <sup>c</sup>	0,117 ± 0,009 <sup>c</sup>	13,07 ± 0,11 <sup>d</sup>
	10%	3,37 ± 0,03 <sup>d</sup>	0,115 ± 0,007 <sup>c</sup>	13,46 ± 0,20 <sup>d</sup>
	15%	3,14 ± 0,06 <sup>e</sup>	0,511 ± 0,063 <sup>b</sup>	15,87 ± 0,19 <sup>c</sup>

Wartości średnie oznaczone różnymi literami oznaczają różnice istotne statystycznie ( $p < 0,05$ )

*Mean values denoted by different letters differ statistically significantly ( $p < 0.05$ )*

Zmiany zaobserwowane w przypadku współczynnika ekspansji oraz gęstości właściwej znalazły odzwierciedlenie w zmianach wytrzymałości mechanicznej ekstrudatów. Wzrost udziału dodatku, w obu analizowanych wariantach wilgotności mieszanek poddanych ekstruzji, spowodował wzrost twardości otrzymanych chrupek, przy czym był on znacznie większy w przypadku mieszanek o niższej wilgotności. Twardość ekstrudatów z dodatkiem wycieków na poziomie 15% wzrosła z 12,14 N do 30,34 N. Zastosowanie wyższej wilgotności mieszanki poddanej ekstruzji spowodowało mniejsze zmiany twardości, analogicznie z 12,49 N dla próby kontrolnej do 15,87 N dla próby z dodatkiem 15%.

Dodatek wycieków lnianych spowodował także duże różnice barwy ekstrudatów wzbogaconych w odniesieniu do próby kontrolnej. Zgodnie z wynikami pomiaru barwy zaprezentowanymi w tabeli 2. zaobserwowano zmniejszanie się jasności chrupek wraz ze wzrostem udziału dodatku wycieków. W badaniach Kita i in. [2012], bazujących na wyciekach rzepakowych, również zaobserwowano wpływ dodatku wycieków na ciemnienie otrzymanych chrupek. Zmianom ulegały także wartości pozostałych determinant barwy. Zauważono, że dodatek wycieków lnianych powoduje wzrost nasycenia barwą czerwoną i zmniejszenie nasycenia barwą żółtą. Zmiany te były zależne od wielkości udziału dodatku, co w prosty sposób obrazuje parametr  $\Delta E$ . Zaobserwowano, że zastosowanie w procesie ekstruzji mieszanek o wilgotności 16% powodowało większe zmiany barwy niż w przypadku

mieszanek o wilgotności 12%. Podobny wpływ dodatku wycieków lnianych na zmiany barwy zaobserwowano w przypadku smażonych chrupek ziemniaczanych [Kita i Popiela-Kukuś 2010].

**Tabela 2.** Parametry barwy ekstrudatów w systemie CIE L\*a\*b\* oraz całkowita różnica barwy

*The color parameters of the obtained products in the L\*a\*b\* system and total color difference*

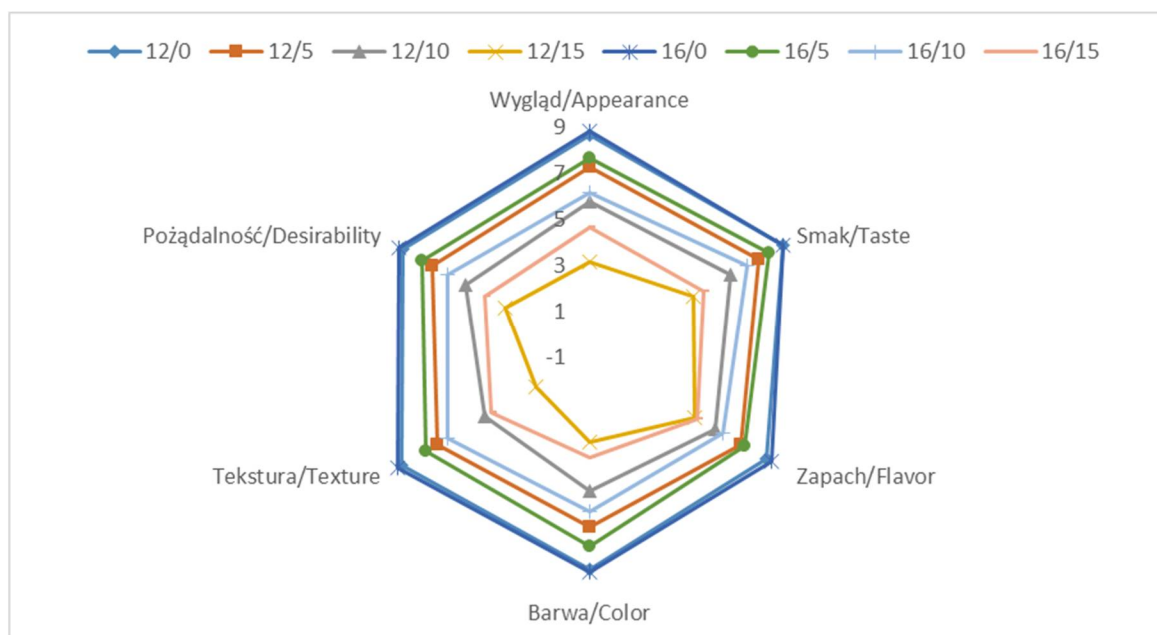
Wilgotność <i>Moisture</i>	Udział dodatku <i>Percentage share of additive</i>	Składowa barwa <i>Component of color</i>			Całkowita różnica barwy <i>Total Color Difference</i>
		L*	a*	b*	ΔE
12%	0%	77,57 ± 0,13 <sup>b</sup>	0,27 ± 0,08 <sup>g</sup>	43,08 ± 0,31 <sup>b</sup>	-
	5%	71,33 ± 0,31 <sup>c</sup>	2,50 ± 0,06 <sup>f</sup>	31,29 ± 0,33 <sup>c</sup>	13,52
	10%	68,16 ± 0,52 <sup>d</sup>	2,64 ± 0,08 <sup>e</sup>	26,54 ± 0,47 <sup>e</sup>	19,18
	15%	61,49 ± 0,57 <sup>f</sup>	2,98 ± 0,12 <sup>c</sup>	20,99 ± 0,17 <sup>g</sup>	27,46
16%	0%	80,04 ± 0,12 <sup>a</sup>	-1,89 ± 0,25 <sup>g</sup>	47,07 ± 0,45 <sup>a</sup>	-
	5%	68,78 ± 0,39 <sup>d</sup>	2,78 ± 0,05 <sup>d</sup>	28,24 ± 0,23 <sup>d</sup>	22,43
	10%	64,24 ± 0,35 <sup>e</sup>	3,99 ± 0,09 <sup>b</sup>	22,69 ± 0,55 <sup>f</sup>	29,64
	15%	61,61 ± 0,40 <sup>f</sup>	4,57 ± 0,13 <sup>a</sup>	20,11 ± 0,32 <sup>g</sup>	33,29

Wartości średnie oznaczone różnymi literami oznaczają różnice istotne statystycznie ( $p < 0,05$ )

*Mean values denoted by different letters differ statistically significantly ( $p < 0.05$ )*

Zastosowanie w recepturze chrupek wycieków lnianych w istotny sposób zmieniło ich charakterystykę fizykochemiczną. Zaobserwowane zmiany barwy, tekstury czy współczynnika ekspansji promieniowej znalazły odzwierciedlenie w ocenach przyznawanych przez konsumentów. Na podstawie ocen zaprezentowanych na rysunku 2. stwierdzono, że wraz ze wzrostem udziału dodatku pożądalność otrzymanych ekstrudatów drastycznie malała. Zauważono jednak, że wyniki oceny konsumenckiej ekstrudatów otrzymanych z mieszanki o wilgotności 16% są wyższe niż w przypadku produktów uzyskanych z mieszanki o niższej wilgotności. Zależność ta dotyczy wszystkich analizowanych parametrów ocenianych przez konsumentów. Zastosowanie dodatków prozdrowotnych może zatem modyfikować właściwości fizykochemiczne, a co za tym idzie – wpływać na atrakcyjność produktów. W swojej pracy Kowalczewski i in. [2012] wykazali, że niekorzystne zmiany cech

sensorycznych wzbogacanych w prozdrowotne dodatki ekstrudatów kukurydzianych można jednak ograniczyć poprzez odpowiednio dobrane dodatki smakowe.



**Rysunek 2.** Wyniki oceny konsumenckiej otrzymanych chrupek (12/0, 12/5, 12/10 i 12/15 – ekstrudaty otrzymane z mieszanki o wilgotności 12% z kolejno 0%, 5%, 10% i 15% dodatkiem wyłoków. 16/0, 16/5, 16/10 i 16/15 – ekstrudaty otrzymane z mieszanki o wilgotności 16% z kolejno 0%, 5%, 10% i 15% dodatkiem wyłoków)

*Consumer sensory scores of the obtained extrudates (12/0, 12/5, 12/10 and 12/15 – extrudates obtained from premix with a moisture content of 12% enriched with, respectively, 0%, 5%, 10% and 15% percentage share of additive. 16/0, 16/5, 16/10 and 16/15 – extrudates obtained from premix with a moisture content of 16% enriched with, respectively, 0%, 5%, 10% and 15% percentage share of additive)*

Z uwagi na fakt przyznawania przez konsumentów wyższych not chrupkom otrzymanym z mieszanki o wyższej wilgotności postanowiono przeprowadzić analizę frakcji błonnikowej tychże ekstrudatów. Oznaczono zarówno zawartość całkowitą błonnika, jak i zawartości frakcji rozpuszczalnej i nierozpuszczalnej. Wykazano, że dodatek wyłoków lnianych w istotny sposób wpływa na podwyższenie zawartości głównie frakcji rozpuszczalnej błonnika. Jego zawartość w chrupkach kukurydzianych bez dodatku była równa  $0,7 \pm 0,2\%$ , a dodatek 15% wyłoków spowodował wzrost do  $3,2 \pm 0,2\%$ . Fakt ten wytłumaczyć można z jednej strony wysoką zawartością arabinoksylianów i śluzów w ziarnach lnu [Naran i in. 2008; Cui i in. 1994], z drugiej strony – możliwością powstawania skrobi odpornej na skutek obróbki hydrotermicznej [Górecka 2004; Haralampu 2000].



**Tabela 3.** Zawartość frakcji nierozpuszczalnej i rozpuszczalnej błonnika w ekstrudatach uzyskanych z mieszanek o wilgotności 16%  
*Content of insoluble and soluble dietary fiber in the obtained extrudates (moisture 16%)*

Błonnik (% s.m.) <i>Fiber (% d.m.)</i>	Udział dodatku <i>Percentage share of additive</i>			
	0%	5%	10%	15%
Całkowity <i>Total dietary fiber</i>	3,9 ± 0,3 <sup>d</sup>	5,1 ± 0,3 <sup>c</sup>	6,4 ± 0,2 <sup>b</sup>	8,3 ± 0,3 <sup>a</sup>
Nierozpuszczalny <i>Insoluble dietary fiber</i>	3,2 ± 0,1 <sup>d</sup>	3,5 ± 0,2 <sup>c</sup>	3,9 ± 0,1 <sup>b</sup>	5,1 ± 0,3 <sup>a</sup>
Rozpuszczalny <i>Soluble dietary fiber</i>	0,7 ± 0,2 <sup>d</sup>	1,6 ± 0,1 <sup>c</sup>	2,5 ± 0,3 <sup>b</sup>	3,2 ± 0,2 <sup>a</sup>

Wartości średnie oznaczone różnymi literami oznaczają różnice istotne statystycznie ( $p < 0,05$ )

*Mean values denoted by different letters differ statistically significantly ( $p < 0.05$ )*

### WNIOSKI

1. Dodatek wyłoków lnianych istotnie wpływa na cechy ekstrudatów, zmniejszając ich ekspansję, zwiększając gęstość i twardość produktu, a także zmienia ich barwę. Intensywność tych zmian rośnie wraz ze zwiększaniem udziału dodatku.
2. Wilgotność ekstrudowanego materiału wpływa na cechy przekąsek z dodatkiem wyłoków lnianych. Chrupki wytworzone z surowca o wilgotności 12% przy niskich poziomach dodatku (do 10%) charakteryzowały się większą ekspansją, mniejszą gęstością i twardością niż wytworzone z mieszanki o wilgotności 16%, jednak gdy dodatek stanowił 15%, jakość produktów z surowca bardziej wilgotnego była lepsza.
3. Dodatek wyłoków lnianych do chrupiek kukurydzianych pozwala istotnie zwiększyć w nich zawartość błonnika pokarmowego. Zgodnie z przepisami UE ekstrudaty z dodatkiem 5% wyłoków są źródłem błonnika pokarmowego, natomiast produkty o zawartości wyłoków 10% mogą być deklarowane jako ekstrudaty o wysokiej zawartości błonnika pokarmowego.

### PIŚMIENNICTWO

1. AACC International Methods 32-07.01. (2009). AACC International Approved Methods of Analysis, 11th Ed., AACC International PRESS, St. Paul, MN, USA

2. Cui W., Mazza G., Biliaderis C. G. (1994). Chemical Structure, Molecular Size Distributions, and Rheological Properties of Flaxseed Gum. *J. Agricult. Food Chem.*, 42 (9), 1891-1895
3. Górecka D. (2004). Zabiegi technologiczne jako czynniki determinujące właściwości funkcjonalne włókna pokarmowego. *Rocz. Akademii Rol. w Poznaniu, Rozprawy Naukowe, Zeszyt 344*
4. Gunstone F. D., Harwood J. L., Dijkstra A. J. (2007). *The lipid handbook*. CRC Press Taylor and Francis Group, Boca Raton, 46-47
5. Haralampu S. (2000). Resistant starch – a review of the physical properties and biological impact of RS3. *Carbohydrate Polymers*, 41, 285-292
6. Kita A., Górnicka E., Wojdyło A., Drożdż W. (2012). Wpływ dodatku wycieków rzepakowych na właściwości smażonych chrupek ziemniaczanych. *Rośliny oleiste*, t. XXXIII, 285-294
7. Kita A., Popiela-Kukuś K. (2010). Wpływ dodatku wycieków lnianych na wybrane właściwości smażonych chrupek ziemniaczanych. *Acta Agrophysica*, 16 (1), 69-77
8. Kowalczewski P., Lewandowicz G., Makowska A., Olejnik A., Obuchowski W. (2012). Charakterystyka ekstrudowanych przekąsek zbożowych zawierających sok z ziemniaka. *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin*, 266, 319-329
9. Lazou A., Krokida M. (2010). Structural and textural characterization of corn–lentil extruded snacks. *J. Food Eng.*, 100 (3), 392-408
10. Makowska A., Baranowska H. M., Michniewicz J., Chudy S., Kowalczewski P. Ł. (2017). Triticale extrudates – Changes of macrostructure, mechanical properties and molecular water dynamics during hydration. *J. Cereal Sci.*, 74, 250-255
11. Makowska A., Mildner-Szkudlarz S., Obuchowski W. (2013). Effect of brewer's spent grain addition on properties of corn extrudates with an increaser dietary fibre content. *Pol. J. Food Nutrit. Sci.*, 63 (1), 19-24
12. Naran R., Chen G., Carpita N. C. (2008). Novel Rhamnogalacturonan I and Arabinoxylan Polysaccharides of Flax Seed Mucilage. *Plant Physiol.*, DOI: 10.1104/pp.108.123513
13. Obuchowski W. (1991). *Preparowane produkty zbożowe problemy technologiczne i żywieniowe*. Biblioteczka PTTŻ-OW
14. Oomah B. D. (2001). Flaxseed as a functional food source. *J. Sci. Food Agricult.*, 81, 889-894
15. Oomah B. D., Mazza G. (1993). Flaxseed proteins – a review. *Food Chem.*, 48, 109-114

16. Prasad K. (1997). Dietary flax seed in prevention of hypercholesterolemic atherosclerosis. *Atherosclerosis*, 132(1), 69-76, DOI: 10.1016/S0021-9150(97)06110-8
17. Stojceska V., Ainsworth P., Plunkett A., Ibañoğlu E., Ibañoğlu S. (2008). Cauliflower by-products as a new source of dietary fibre, antioxidants and proteins in cereal based ready-to-eat expanded snacks. *J. Food Eng.*, 87 (4), 554-563