

APARATURA

BADAWCZA I DYDAKTYCZNA

Wpływ dodatku wyłoków lnianych na wybrane cechy jakościowe wyrobów przekąskowych wytwarzanych metodą ekstruzji

AGNIESZKA MAKOWSKA

UNIWERSYTET PRZYRODNICZY W POZNANIU, WYDZIAŁ NAUK O ŻYWNOŚCI I ŻYWIENIU,
INSTYTUT TECHNOLOGII ŻYWNOŚCI POCHODZENIA ROŚLINNEGO

Słowa kluczowe: wyłoki lniane, ekstruzja, błonnik pokarmowy, jakość ekstrudatów

STRESZCZENIE

Badano wpływ dodatku wyłoków lnianych na wybrane cechy ekstrudatów kukurydzianych wytworzonych z ich udziałem. Do kaszki kukurydzianej dodawano wyłoki w ilości 15, 20 i 25%. Ekstruzję prowadzono w ekstruderze jednoślimakowym typu S-45 firmy Metalchem Gliwice. Analizowano cechy ekstrudatów, takie jak: współczynnik przyrostu promieniowego, gęstość usypowa, współczynniki WAI i WSI, wytrzymałość mechaniczna oraz barwa produktu (CIE L*a*b*). Stwierdzono, że wraz ze wzrostem zawartości wyłoków w ekstrudacie maleje stopień ekspansji produktu i rośnie jego gęstość. Nie stwierdzono jednoznacznej tendencji kierunku zmian wartości WAI i WSI w zależności od poziomu dodatku wyłoków lnianych.

Wraz ze wzrostem udziału wyłoków lnianych wzrastała wytrzymałość mechaniczna produktu, a także zmieniała się jego barwa. Badanie zawartości poszczególnych frakcji włókna detergentowego pozwoliło stwierdzić, że dodatek wyłoków lnianych istotnie zwiększył zawartość wszystkich frakcji włókna, szczególnie zaś hemiceluloz w ekstrudatach. Produkty z dodatkiem do 20% wyłoków uzyskały także pozytywną ocenę sensoryczną. Wyższy dodatek powodował, że uzyskany produkt był twardy i mało atrakcyjny.

Effect of flaxseed by-product addition on quality of extruded snacks

Keywords: flaxseed by-product, extrusion-cooking, dietary fiber, extrudates quality

ABSTRACT

Effect of flaxseed by-product addition on selected characteristics of corn extrudates was studied. 15, 20 and 25% of flaxseed by-product was added to corn grits. Single screw extruder S-45 type produced by Metalchem Gliwice was used for samples preparation.

Expansion ratio, bulk density, WAI and WSI indexes, mechanical strength and color (CIE L*a*b*) of extrudates were investigated. It was showed that the higher amount of flaxseed by-product was added, the lower expansion ratio and higher density of product were noted. No clear correlation between flaxseed by-product addition level and WAI or WSI values was observed. As flaxseed by-product addition increased, the mechanical strength of samples increased and brightness of extrudates decreased. Analysis of detergent fiber fractions indicated that flaxseed by-product addition significantly increases content of dietary fiber (especially hemicellulose) in extrudates. Products with up to 20% addition of flaxseed by-products noticed high scores in sensory analysis. The higher addition caused extrudates to be too hard and not acceptable.

1. WPROWADZENIE

Jednym z kierunków współczesnej technologii żywności jest pełne zagospodarowanie surowców. Podejmowane są liczne próby wykorzystania jako surowców produktów ubocznych, dawniej uważanych za odpadowe, które w znaczący sposób mogą zmienić cechy sensoryczne oraz polepszyć walory żywieniowe produktów. Ze względu na zmniejszające się spożycie błonnika pokarmowego na dużą uwagę zasługują surowce zawierające znaczne ilości substancji balastowych [1]. Jedną z technologii, która umożliwia wprowadzenie znacznej ilości frakcji błonnikowej w skład produktu bez pogorszenia jego atrakcyjności sensorycznej jest ekstruzja [2, 3].

Wytłoki lniane to pozostałość po tłoczeniu oleju lnianego. Od dawna wykorzystuje się je jako dodatek w żywieniu niektórych zwierząt. Wysoka zawartość śluzów oraz innych frakcji błonnika pokarmowego w siemieniu lnianym, wyższa niż w innych nasionach zawartość lignanów, kwasu α -linolenowego, a także białka o wysokiej strawności wskazują, że jest to surowiec, który może posłużyć do produkcji żywności o właściwościach prozdrowotnych [4-9].

Od kilku lat prowadzone były badania wpływu siemienia lnianego i lnianych substancji śluzowych na cechy ekstrudatów [10-15]. Wydaje się więc uzasadnione podjęcie badań nad możliwością wykorzystania wytłoków lnianych do wytwarzania żywności metodą ekstruzji.

Celem pracy było określenie wpływu dodatku wy-

tłoków lnianych na cechy sensoryczne i żywieniowe ekstrudatów wytworzonych z ich udziałem.

2. MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Materiał do badań stanowiły: wytłoki lniane, otrzymane z Instytutu Włókien Naturalnych w Poznaniu oraz kaszka kukurydziana zakupiona w Młynie Zbożowym w Wonieściu.

W pierwszym etapie badań określono podstawowy skład chemiczny surowców użytych w doświadczeniu. Określono zawartość białka metodą Kjeldahla [16], zawartość popiołu [17], tłuszczu metodą Soxhleta [18] i skrobi metodą enzymatyczną [19], a także zawartość błonnika detergentowego według Van Soesta [20, 21] w modyfikacji McQueen'a i Nicholsona [22]. Oznaczono zawartość obojętnego błonnika detergentowego NDF, kwaśnego błonnika detergentowego ADF, hemiceluloz oraz ligniny i celulozy.

Do kaszki kukurydzianej dodano 15, 20 i 25% wytłoków lnianych. Próbę zerową stanowiła kaszka kukurydziana bez dodatków. Przygotowane próbki doprowadzono do wilgotności 14% na 24 godziny przed ekstruzją.

W celu uzyskania lepszego efektu oddziaływania procesu hydrotermicznego, materiał poddawano dwukrotnie procesowi ekstruzji w ekstruderze jednoślindakowym typu S-45 ZMCh Metalchem (Gliwice) o stosunku L:D równym 12:1, stosując następujące parametry procesu: temperatura w poszczególnych strefach 135/175/135°C, obroty ślimaka 60/min, średnica dyszy 2 mm.

Uzyskane ekstrudaty analizowano określając współczynnik przyrostu promieniowego ER (jako stosunek średnicy ekstrudatu do średnicy dyszy), gęstość usypową ekstrudatu [23], zawartość substancji rozpuszczalnych WSI i wodochłonność ekstrudatów WAI [24]. Wytrzymałość mechaniczną ekstrudatów oznaczono za pomocą analizatora tekstury TA-XT2i (Stable Micro Systems Ltd., UK). Wykonano test zgniatania sondą cylindryczną o średnicy 35 mm, przy obciążeniu głowicy 25 kg i prędkości głowicy podczas zgniatania 2 mm/s [25]. Barwę ekstrudatów (w układzie L*a*b*) określano za pomocą kolorymetru odbiciowego Minolta CR 410 (Konica Minolta, Japonia) po rozdrobnieniu produktu [26]. Zawartość włókna detergentowego i jego frakcji w produktach określono metodą Van Soesta [20-22]. W ostatnim etapie ekstrudaty poddano analizie sensorycznej przez dwudziestoosobowy przeszkolony panel. W 9-stopniowej skali hedonicznej oceniono: smak, zapach, barwę, teksturę/porowatość, chrupkość i ogólną pożądalność produktu [27].

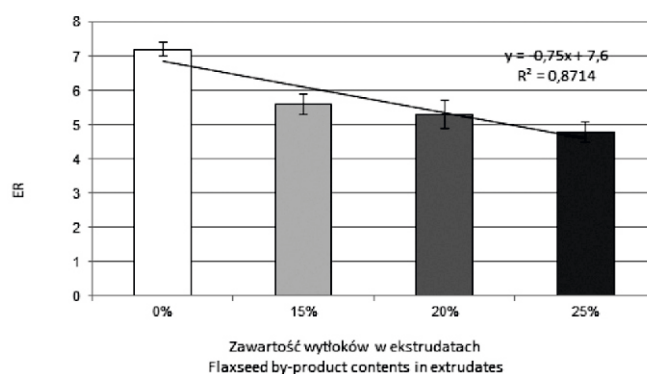
Wyniki analizy składu chemicznego, wartości współczynników ER, WSI i WAI oraz gęstości ekstrudatów wykonano w trzech powtórzeniach. Pozostałe analizy wykonano dziesięciokrotnie. Obliczono średnie wartości i odchylenie standardowe. Wyznaczono także równania regresji i korelację pomiędzy wartościami analizowanych cech, a zwiększającym się udziałem wytlóków lnianych w produkcie.

3. WYNIKI I DYSKUSJA

Główny składnik kaszki kukurydzianej to skrobia, która w dużym stopniu decyduje o teksturze ekstrudatów. Użyte w doświadczeniu wytloki

lniane charakteryzowały się wysoką zawartością białka oraz tłuszczu. Zawartości składników mineralnych w obu surowcach kształtowały się na podobnym poziomie; natomiast w wytlókach odnotowano czterokrotnie wyższą niż w kaszce kukurydzianej zawartość cukrów redukujących. Stwierdzono także wyższe ilości poszczególnych frakcji włókna detergentowego w wytlókach lnianych, wśród których najliczniej występowały hemicelulozy.

Na Rysunkach 1 i 2 przedstawiono odpowiednio wartości współczynnika ekspansji i gęstości usypowej ekstrudatów o różnej zawartości wytlóków lnianych.



Rysunek 1 Wpływ dodatku wytlóków lnianych na ekspansję promieniową ekstrudatów

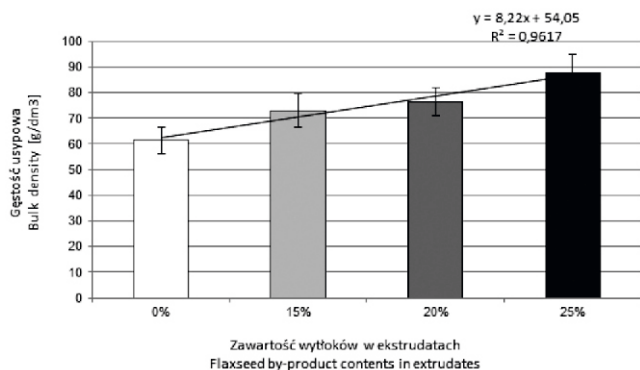
Figure 1 Effect of flaxseed by-product addition on extrudates expansion ratio

Wraz ze wzrostem zawartości wytlóków obserwowano niższe wartości ekspansji i wzrost gęstości produktów. Przy 15% dodatku wytlóków obserwowano zmniejszenie wartości ekspansji o 22%, i podobnie wysoki (19%) wzrost wartości gęstości ekstrudatu. Większy dodatek spowodował dalszy spadek wartości ekspansji, a przy zawartości wytlóków 25% wyniki gęstości były o 43% wyższe

Tabela 1 Skład chemiczny surowców [% s.m.]

Table 1 Chemical composition of the raw materials [% d.m.]

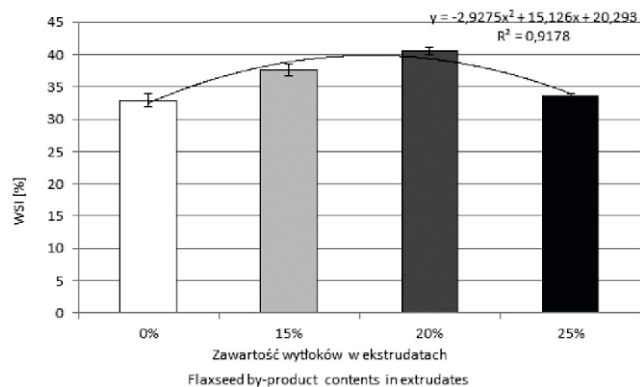
Surowce Raw Materials	Popiół Ash	Białko Protein	Tłuszcz Fat	Skrobia Starch	Cukry redukujące Reducing sugars	Błonnik detergentowy Detergent fiber				
						NDF	ADF	Lig- niny Lignin	Hemice- luloza Hemice- llulose	Celuloza Cellulose
Kaszka kukurydziana	0,20 ±0,01	7,8 ±0,7	0,4 ±0,0	82,6 ±1,2	0,36 ±0,0	3,04 ±0,21	1,5 ±0,2	0,42 ±0,04	1,54 ±0,08	1,1 ±0,20
Wytloki lniane	0,17 ±0,10	25,0 ±0,3	12,8 ±1,2	---	1,57 ±0,0	27,06 ±0,35	9,37 ±0,42	4,22 ±0,31	17,69 ±0,92	5,15 ±0,6



Rysunek 2 Wpływ dodatku wytlóków lnianych na gęstość usypową ekstrudatów

Figure 2 Effect of flaxseed by-product addition

w porównaniu z próbą kontrolną. Zmniejszenie zdolności do ekspansji i wzrost gęstości produktu przy wyższym udziale komponentów bogatych w błonnik i białko w produktach ekstrudowanych odnotowali także w swych badaniach Makowska i współ. [27], Makowska i Józefacki [28] oraz inni autorzy [2, 29, 30]. Zaobserwowany trend można wytłumaczyć zwiększającym się udziałem frakcji błonnikowych i białka przy zmniejszającej się zawartości skrobi w ekstrudatach, która jest głównym czynnikiem strukturotwórczym podczas ekstruzji [29].

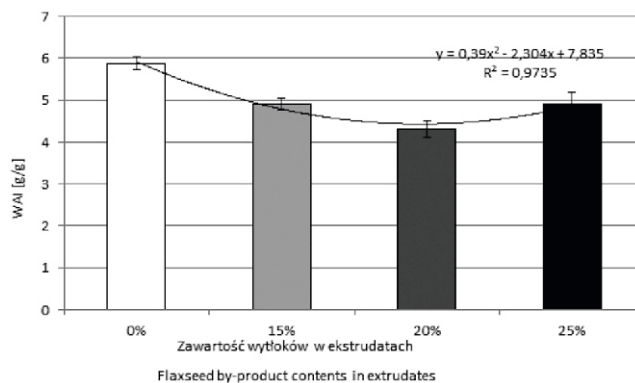


Rysunek 3 Wpływ dodatku wytlóków lnianych na wartości indeksu WSI ekstrudatów

Figure 3 Effect of flaxseed by-product addition on WSI values of extrudates

Zawartość substancji rozpuszczalnych WSI w ekstrudatach świadczy o intensywności przemian, jakie zachodzą w surowcu podczas procesu ekstruzji. Stopień tych zmian zależy zarówno od cech surowca, jak i od warunków procesu. Duża zawartość skrobi, która podczas ekstruzji ulega częściowej degradacji do polisacharydów o niższej masie cząsteczkowej sprawia, że wartości WSI są wysokie. Również obecność rozpuszczalnych frakcji błonnika pokarmowego wywołuje podobny

efekt. Przemiany związków wielkocząsteczkowych są tym większe, im siły ścinające intensywniej oddziałują na surowiec. Stwierdzono, że wraz ze zwiększającym się do 20% udziałem wytlóków wartości wskaźnika WSI rosną, pomimo niższej zawartości skrobi w surowcu. Może to być spowodowane obecnością w wytlókach dużej zawartości śluzów, które przechodzą do roztworu. Najwyższe wartości WSI odnotowano w próbkach o zawartości wytlóków lnianych na poziomie 20%. Powyżej tej wartości uzyskane indeksy były niższe i porównywalne z wynikami uzyskanymi dla próby kontrolnej. Brak wpływu dodatku wysokobłonnikowych surowców na wartości oznaczanego parametru stwierdzili w swych badaniach Stojceska i współ. [29] oraz Ainsworth i współ. [31]. Stwierdzili oni w swych badaniach, że wartości WSI zależą od parametrów procesu, nie zaś od ilości dodatków wysokobłonnikowych (młóto browarne i susz kalafiorowy). Różne wartości, w zależności od zastosowanego dodatku, otrzymała Makowska i współ. [27, 28]. Wzrost wartości omawianego wyróżnika odnotowali natomiast Zarzycki i Rzedzicki [2] dodając mąkę owsianą do ekstrudatów. Tak różne doniesienia wskazują, że wartość WSI zależy od cech fizykochemicznych zastosowanego dodatku.

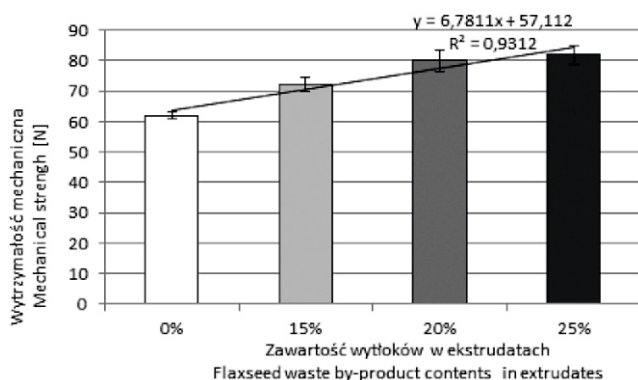


Rysunek 4 Wpływ dodatku wytlóków lnianych na wartości indeksu WAI ekstrudatów

Figure 4 Effect of flaxseed by-product addition on WAI values of extrudates

Porównanie wyników oznaczenia wartości WSI (Rys. 3) i WAI (Rys. 4) w ekstrudatach zawierających różne ilości dodatku umożliwia prześledzenie zmian w wysokocząsteczkowych polimerach, znajdujących się w wytlókach lnianych. Wysoka, sięgająca 11 g/g chłonność wody przez natywne wytloki w zestawieniu z ich składem chemicznym wskazuje, że na wartości tego wskaźnika ma wpływ nie tylko białko, ale i polisacharydy należące do różnych form błonnika pokarmowego. Wo-

dochłonność kaszki kukurydzianej jest natomiast wynikiem średniej zawartości białka i świadczy o małym uszkodzeniu mechanicznym skrobi, który to parametr skorelowany jest z wysoką chłonnością wody w temperaturze pokojowej [32]. Analizując wyniki oznaczenia wartości WAI stwierdzono, że dodatek do ekstrudatu wyłoków lnianych do 20% powodował zmniejszenie wartości tego indeksu, natomiast przy dodatku 25% wartości te rosły. Dodatnią korelację pomiędzy dodatkiem wysokobłonnikowych surowców do ekstrudatów i wartościami WAI odnotowali Ainsworth i współ. [31], a także Stojceska [29], natomiast Zarzycki i Rzedzicki [2] stosując razówkę owsianą uzyskali zależność podobną jak w niniejszej pracy, przy czym gdy zastosowali oni dodatkowo mleko w proszku, zależność ta była odwrotna.



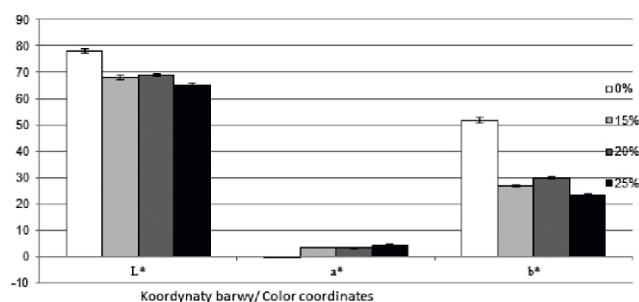
Rysunek 5 Wpływ dodatku wyłoków lnianych na wytrzymałość mechaniczną ekstrudatów (test zgniatania)

Figure 5 Effect of flaxseed by-product addition on mechanical strength of extrudates (compression test)

Przemiany chemiczne, zachodzące podczas ekstruzji istotnie wpłynęły na cechy sensoryczne i teksturę ekstrudatów. Wraz ze zwiększającym się udziałem dodatku badanego komponentu wzrastała odporność na zgniatanie produktu (Rys. 5). Dodatek 15% spowodował wzrost siły potrzebnej do zgniecia próbki o 16%, dodatek 20% prawie o 30%, dalsze zwiększanie ilości dodatku wyłoków spowodowało tylko niewielkie zwiększenie twardości produktu.

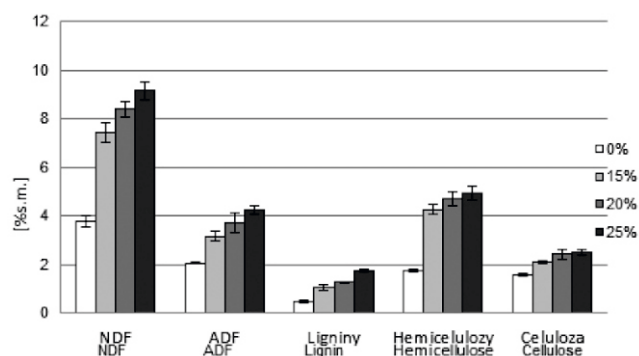
Dodatek wyłoków lnianych wpłynął także na barwę ekstrudatów (Rys. 6). Produkt stał się ciemniejszy (istotnie niższe wartości L^* w porównaniu z próbą kontrolną), również natężenie barwy żółtej (wartość b^*) było niższe, przy nieistotnym wzroście wartości wskaźnika dla barwy czerwonej (a^*).

Analiza zawartości włókna detergentowego w wytworzonych produktach wykazała, że najwyższy



Rysunek 6 Wpływ dodatku wyłoków lnianych na barwę ekstrudatów

Figure 6 Effect of flaxseed by-product addition on extrudates color



Rysunek 7 Zawartość włókna detergentowego i jego frakcji w ekstrudatach z dodatkiem wyłoków lnianych

Figure 7 Detergent fiber and its fraction contents in extrudates made with flaxseed by-product addition

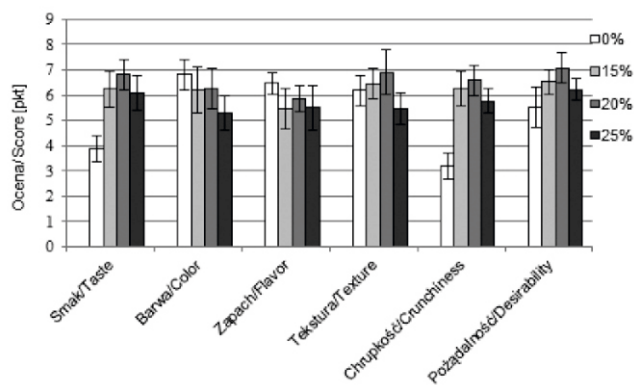
udział frakcji włókna detergentowego w badanych produktach stanowiły hemicelulozy (prawie 50% ogólnego udziału NDF) (Rys. 7). Ich funkcja w organizmie polega na wspomaganie w usuwaniu zapań, obniżaniu przyrostu masy ciała oraz zapobieganiu powstawaniu nowotworów okrężnicy [33]. Zawartość celulozy i ligniny była zdecydowanie niższa niż hemicelulozy w badanych próbkach. Porównując zawartość neutralnego błonnika detergentowego w kaszce kukurydzianej i chrupkach kukurydzianych (Tab. 1 i Rys. 7), stwierdzono prawie dwukrotny wzrost zawartości składników balastowych w produkcie w porównaniu do surowca. Wzrost zawartości błonnika detergentowego na skutek obróbki hydrotermicznej wykazała w swych badaniach także Górecka [33]. Tłumaczy ona te różnice powstawaniem podczas procesu skrobi odpornej. Wraz ze wzrostem dodatku wyłoków lnianych do ekstrudatów odnotowano także istotny wzrost zawartości wszystkich frakcji włókna detergentowego. Dodatek tego surowca w ilości 15% pozwolił podwoić zawartość błonnika detergentowego

w produkcji. Wytłoki lniane są zatem źródłem nie tylko śluzów, czy rozpuszczalnych arabinoksyfanów, ale również nierozpuszczalnych frakcji błonnika. Poza tym wzrost zawartości błonnika spowodowany może być tworzeniem się skrobi odpornej, która nie jest dostępna dla enzymów trawiennych i zwiększa w ten sposób zawartość błonnika w produkcie [34]. Zbliżoną zawartość włókna detergentowego obojętnego i kwaśnego w ekstrudatach uzyskali w swych badaniach Rzedzicki i Zarzycki [2, 3], dodając do kaszki kukurydzianej po 20% razowej mąki owsianej i otrąb pszennych lub dodając 20% razowej mąki owsianej, otrąb pszennych i okrywy grochu, zmieszanych w proporcji 1:1:1. Można więc stwierdzić, że wytłoki lniane są bogatszym źródłem błonnika pokarmowego.

W produkcie zawierającym 25% wytłoków lnianych zawartość neutralnego błonnika pokarmowego była około trzykrotnie wyższa niż w ekstrudatach kukurydzianych, ale ich jakość określona na podstawie analizy sensorycznej była gorsza. Przeprowadzona analiza sensoryczna wykazała, że produkty z dodatkiem wytłoków otrzymały niższe noty od zespołu oceniającego jedynie pod względem barwy i zapachu (Rys. 8). Pod względem smaku oraz tekstury i chrupkości produkty z dodatkiem 15 i 20% wytłoków zostały ocenione wyżej niż tradycyjne chrupki kukurydziane. Wyższy dodatek spowodował jednak pogorszenie wszystkich parametrów sensorycznych produktu.

4. WNIOSKI

1. Wytłoki lniane w porównaniu z kaszką kukurydzianą charakteryzowały się wyższą zawartością białka, tłuszczu i włókna detergentowego. Wysoka zawartość włókna detergentowego, szczegól-



Rysunek 8 Ocena sensoryczna ekstrudatów z dodatkiem wytłoków lnianych

Figure 8 Sensory evaluation of extrudates made with flaxseed by-product addition

nie hemiceluloz wskazuje, że wytłoki te mogą stanowić źródło błonnika w żywności.

2. Dodatek do ekstrudatów wytłoków lnianych spowodował obniżenie wartości ekspansji promieniowej ekstrudatów i zwiększenie wartości ich gęstości. Odnotowane różnice były tym większe, im wyższy dodatek stosowano.

3. Wraz ze wzrostem zawartości wytłoków lnianych w ekstrudatach do poziomu 20% malała ich wodochłonność, a wzrastała zawartość substancji rozpuszczalnych

4. Na podstawie analizy sensorycznej stwierdzono, że dodatek wytłoków lnianych w ilości 15%, a nawet 20% pozwala na uzyskanie atrakcyjnych produktów przekąskowych, w których zawartość włókna detergentowego i jego frakcji jest dwukrotnie wyższa w stosunku do tradycyjnych ekstrudatów kukurydzianych.

5. Uzyskane w niniejszej pracy wyniki wskazują, że ekstrudaty kukurydziane wytworzone z dodatkiem wytłoków lnianych na poziomie 15-20% mogą być alternatywą dla tradycyjnych chrupiek kukurydzianych.

LITERATURA

- [1] Górecka D., Janus P., Borysiak-Marzec P., Dziedzic K., Analiza spożycia błonnika pokarmowego i jego frakcji w Polsce w ostatnim dziesięcioleciu w oparciu o dane GUS, *Probl Hig Epidemiol.*, 92, 4, 2011, 705-708.
- [2] Rzedzicki Z., Zarzycki P., Wpływ procesu ekstruzji mieszanek kukurydziano-owsianych na zmiany składu frakcyjnego błonnika pokarmowego, *Żyw. Nauk. Techn. Jak.*, 4, 45, 2005, 62-73.
- [3] Rzedzicki Z., Zarzycki P., Wpływ ekstruzji dwuślimakowej mieszanek z udziałem razówki owsianej na skład frakcyjny błonnika pokarmowego, *Żyw. Nauk. Techn. Jak.*, 1, 50, 2007, 84-93.
- [4] Gambuś H., Nasiona lnu oleistego (*Linum usitatissimum* L) jako źródła składników odżywczych w chlebie bezglutenowym, *Żyw. Nauk. Techn. Jak.*, 4, 45, Supl, 2005, 61-74.
- [5] Hall C., Mehmet C., Tulbek M. C., Xu Y., Flaxseed, *Adv Food Nutr Res*, 51, 2006, 1-97.

- [6] Madhusudhan B., Potential benefits of flaxseed in health and disease – a perspective, *Agric Con- spect Sci.*, 74, 2, 2009, 67-72.
- [7] Ötles A., Cagindi Ö., Cereal based functional foods and nutraceuticals, *Acta Sci Pol Technol Ali- ment*, 5, 1, 2006, 107-112.
- [8] Tarpila A., Wennberg T., Tarpila S., Flaxseed as a functional food, *Curr Top Nutraceut R*, 3, 2005, 167-188.
- [9] Warrand J., Michaud P., Picton L., Muller G., Courtois B., Ralainirina R., Courtois J., Flax (*Linum usitatissimum*) seed cake: a potential source of high molecular weight arabinoxylans?, *J Agric Food Chem*, 53, 5, 2005, 1449-1452.
- [10] Wu M., Li D., Wang L-J., Ozkan N., Mao Z. H., Rheological properties of extruded dispersions of flaxseed-maize blend, *J Food Eng*, 98, 4, 2010, 480-491.
- [11] Wu M., Li D., Wang L, Zhou Y, Mao Z., Rheological property of extruded and enzyme treated flax- seed mucilage, *Carbohydr Polym*, 80, 2, 2010, 460-466.
- [12] Ahmed Z. S., Physico-chemical, structural and sensory quality of corn-based flax-snack, *Nahrung*, 43, 1999, 253-258.
- [13] Imran M., Anjum F. M., Butt M. S., Sheikh M. A., Influence of extrusion processing on tannin re- duction and oil loss in flaxseed (*Linum usitatissimum* L.) meal, *J Food Process Pres*, 2012, doi: 10.1111/jfpp.12012.
- [14] Trevisan A. J. B., Arêas J. A. G., Development of corn and flaxseed snacks with high-fibre content using response surface methodology (RSM), *Int. J. Food Sci. Nutr.*, 63, 3, 2012, 362-367.
- [15] Wu W., Huff H. E., Hsieh F., Processing and properties of extruded flaxseed-corn puff, *J Food Pro- cess Pres*, 31, 2007, 211-226.
- [16] PN-EN ISO 20483:2007. Ziarno zbóż i nasiona roślin strączkowych. Oznaczanie zawartości azotu i przeliczanie na zawartość białka. Metoda Kjeldahla.
- [17] PN-EN ISO 2171: 2010. Ziarno zbóż i przetwory zbożowe. Oznaczanie popiołu całkowitego.
- [18] PN-64/A-74039. Przetwory zbożowe. Oznaczanie tłuszczu.
- [19] AACC International. *Approved Methods of Analysis*, 11th Ed. Method 76 13.01. Total starch as- say procedure (Megazyme Amyloglucohydrolase/ α -amylase method), AACC International, St. Paul, MN, U.S.A.
- [20] Van Soest P. J., Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. A rapid method for the determi- nation of fiber and lignin, *Journal of AOAC*, 46, 1963, 829-835.
- [21] Van Soest P. J., Wine R. H., Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV. Determination of plant cell-wall constituents, *Journal of AOAC*, 50, 1967, 50-55.
- [22] McQueen R. E., Nicholson J. W. G. Modification of the neutral-detergent fibre procedure for cere- als and vegetables by using amylase, *Journal of AOAC*, 62, 1979, 676–680.
- [23] ASAE S269.3. Wafers, pellet, and crumbles – definitions and methods for deter- mining density, durability and moisture content. ASAE Standard, 1989, 346.
- [24] Anderson R. A., Conway H. F., Pfeifer V. F., Griffin L. E. J., Gelatinization of corn grits by roll-and extrusion cooking, *Cereal Sci Today*, 4, 7, 1969, 11-12.
- [25] Marciniak A., Ocena wpływu zabiegów hydrotermicznych na wybrane prozdrowotne składniki pszenicy i pszenżyta, *Rozprawa doktorska*, 2008, Poznań.
- [26] Ilo S., Berghofer E., Kinetics of colour changes during extrusion cooking of maize grits, *J. Food Eng*, 39, 1, 1999, 73-80.
- [27] Makowska A., Mildner-Szkudlarz S., Obuchowski W., Effect of brewer's spent grain addition on properties of corn extrudates with an increased dietary fibre content, *Pol J Food Nutr Sci*, 63, 1, 2013, 19-24.
- [28] Makowska A., Józefacki A., Możliwość wykorzystania wybranych produktów odpadowych w pro- dukcji wysokobłonnikowych wyrobów ekstrudowanych, *ABiD*, 15, 3, 2010, 39-44.
- [29] Stojceska V., Ainsworth P., Plunkett A., İbanoğlu E., İbanoğlu S., 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, 2008, 554–563.

- [30] Wójtowicz A., Wpływ dodatku grochu na wybrane cechy fizyczne i kulinarne ekstrudowanych makaronów błyskawicznych, *Żyw. Nauk. Techn. Jak.*, 3, 64, 2009, 40-49.
- [31] Ainsworth P., İbanoğlu S., Plunkett A., İbanoğlu E., Stojceska V., Effect of brewers spent grain addition and screw speed on the selected physical and nutritional properties of an extruded snack, *J. Food Eng.*, 81, 4, 2007, 702-709.
- [32] Laskowski J., Różyło R., Ocena wpływu stopnia uszkodzenia skrobi w mące pszennej na właściwości reologiczne (alweograficzne) ciasta, *Acta Agrophysica*, 4, 2, 2004, 373-380.
- [33] Górecka D., Zabiegi technologiczne jako czynniki determinujące właściwości funkcjonalne włókna pokarmowego, *Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu, Rozprawy Naukowe, Zeszyt 344*, Poznań 2004.
- [34] Haralampu S., Resistant starch – a review of the physical properties and biological impact of RS3, *Carbohydr Polym.*, 41, 2000, 285-292.