

ANNA PEKSA, ELŻBIETA RYTEL, AGNIESZKA TAJNER-CZOPEK,
AGNIESZKA KITA, HONORATA DANILCENKO, ELVYRA JARENIE,
ADAM FIGIEL, KRZYSZTOF LECH, JOANNA MIEDZIANKA,
WIOLETTA DROŹDŹ

WPLYW SUROWCA I PARAMETRÓW PROCESU NA CECHY SENSORYCZNE I FIZYCZNE EKSTRUDOWANYCH PRZEKĄSEK

Streszczenie

Celem pracy było określenie wpływu zastąpienia części kaszki kukurydzianej w produkcji ekstrudowanych chrupek mąką uzyskaną z niekonwencjonalnych surowców, jak nasiona amarantusa (MA), bulwy topinamburu (MT) i miąższ z dyni (MD) oraz określenie wpływu temperatury ekstruzji na jakość sensoryczną i cechy fizyczne otrzymanych przekąsek. Dodatek badanych mąk lub ich mieszanin do kaszki kukurydzianej wynosił 10 ÷ 20 %, a ekstruzję prowadzono w zakresach temperatur [°C]: 140/150/160 oraz 150/160/170. Dodatek 10 ÷ 15 % MA lub MT i ich mieszanin wpłynął korzystnie na teksturę chrupka, zwiększając ich kruchość i delikatność. Wpłynął także na strukturę chrupka, zwiększając jednolitość porowatości, co potwierdzono w ocenie sensorycznej. Wraz ze zwiększaniem dodatku surowców uzupełniających gęstość chrupka zwiększała się, jednak w mniejszym stopniu, gdy ekstruzja prowadzona była w temp. 160 °C – z 0,078 do 0,240 g·cm⁻³. Wprowadzenie surowców uzupełniających do chrupka kukurydzianych spowodowało rozjaśnienie barwy produktów ($L^* < 74$), szczególnie ekstrudowanych w niższej temperaturze. Dodatek mąki z dyni zwiększył udział barwy czerwonej w gotowych wyrobach, w sposób wyraźny po ekstruzji w temp. 160 °C ($a^* > 8$). Spośród chrupka z dodatkami, najkorzystniejszymi cechami fizycznymi i sensorycznymi charakteryzowały się wyroby z 10-procentowym dodatkiem mąki z amarantusa lub topinamburu, ekstrudowane w temp. 160 °C (akceptacja sensoryczna powyżej 70 %).

Słowa kluczowe: chrupki kukurydziane, amarantus, topinambur, dynia, jakość

*Prof. dr hab. A. Pęksa, dr hab. inż. E. Rytel, dr hab. inż. A. Tajner-Czopek, prof. dr hab. A. Kita, dr inż. J. Miedzianka, dr inż. W. Drożdż, Katedra Technologii Rolnej i Przechowalnictwa, Wydz. Nauk o Żywności, dr hab. inż. A. Figiel, prof. UP, dr inż. K. Lech, Instytut Inżynierii Rolniczej, Wydz. Przyrodniczo-Technologiczny, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, ul. Chelmońskiego 37/41, 51-630 Wrocław, prof. dr hab. H. Danilcenko, doc. dr hab. E. Jarenie, Agriculture and Food Science Institute, Agronomy Faculty, Aleksandras Stulginskis University, Studentu 11, LT-53361 Akademija Kaunor, Lithuania.
Kontakt: anna.peksa@up.wroc.pl*

Wprowadzenie

Produkty przekąskowe stanowią znaczącą część codziennej diety ludzi w różnym wieku, szczególnie dzieci. Dlatego też mogą wpływać na stan ich odżywienia. Około 1/3 spożywanych przekąsek to produkty ekstrudowane, produkowane na bazie przetworów zbożowych, najczęściej kaszki kukurydzianej lub ryżowej [4, 18]. Są lubiane przez konsumentów ze względu na charakterystyczne cechy sensoryczne i fizyczne, w tym kruchą teksturę. Rosnące wymagania w stosunku do wartości odżywczej wymuszają zwiększenie w tych produktach zawartości białka oraz innych składników odżywczych i funkcjonalnych [4, 5, 10, 18]. Technologia ekstruzji umożliwia łączenie różnych surowców, przy czym istotnym składnikiem, decydującym o wytworzeniu typowej porowatej struktury prawidłowo wyekspandowanej przekąski o małej gęstości oraz delikatnej, chrupkiej teksturze jest skrobia. Warunki ekstruzji, w tym temperatura, wilgotność ekstrudowanej masy oraz użyte surowce, powinny zapewnić odpowiednią ilość skleikowanej skrobi. Wprowadzenie surowców zawierających znaczne ilości błonnika, cukru czy tłuszczu może zaburzyć proces jej kleikowania, a tym samym pogorszyć cechy fizykochemiczne wytworzonych chrupek [16, 21].

Do surowców niekonwencjonalnych, znacznie różniących się składem chemicznym, proponowanych przez różnych autorów [6, 7, 9, 12, 15, 22, 23] do wzbogacania artykułów spożywczych należą: amarantus, topinambur i dynia. Nasiona amarantusa odznaczają się dużą zawartością (12 ÷ 18 %) wartościowego pod względem odżywczym białka o małym udziale frakcji tworzących gluten, tłuszczu (w ilości 5 ÷ 9 %), zawierającego substancje wykazujące silne właściwości antyoksydacyjne, jak skwalen, tokoferole czy tokotrienole, składników mineralnych, a szczególnie żelaza [15, 22, 23]. Bulwy topinamburu zawierają znaczne ilości rozpuszczalnych frakcji błonnika, głównie inuliny i jej pochodnych (fruktooligosacharydów) oraz cukrów redukujących i sacharozy [7, 11]. Mąka z topinamburu charakteryzuje się małą wilgotnością, zawiera kilkakrotnie mniej białka niż mąka z amarantusa oraz nieznaczną ilość tłuszczu. Jest źródłem błonnika, witamin i składników mineralnych. Miąższ z dyni jest natomiast źródłem pektyn, cukrów, soli mineralnych, α - i β -karotenu, luteiny, witaminy C i związków fenolowych [6, 17].

Celem pracy było określenie wpływu zastąpienia części kaszki kukurydzianej w produkcji ekstrudowanych chrupek mąką uzyskaną z niekonwencjonalnych surowców, jak nasiona amarantusa, bulwy topinamburu i miąższ z dyni oraz określenie wpływu temperatury ekstruzji na jakość sensoryczną i cechy fizyczne otrzymanych przekąsek.

Material i metody badań

Surowcem podstawowym w doświadczeniu była kaszka kukurydziana firmy Ku-piec, zakupiona w handlu detalicznym, o deklarowanej granulacji w zakresie 750 ÷ 1200 µm, zawierająca 73,5 % skrobi (dane producenta). Użyto także mąk otrzymanych w warunkach laboratoryjnych z takich surowców, jak amarantus (*Amaranthus cruentus*) odmiany ‘Geltoniukiai’, topinambur (*Helianthus tuberosus* L.) odmiany ‘Sauliai’ oraz dynia (*Cucurbita maxima* L.) odmiany ‘Karovita’, pochodzących z uprawy organicznej prowadzonej przez Agriculture and Food Sciences Institute w Aleksandras Stulginskis University na Litwie w 2012 r.

W surowcach oznaczano zawartość: azotu ogółem [1] i przeliczano na białko (stosując mnożnik 6,25), popiołu [2], cukrów redukujących i ogółem [13], tłuszczu po hydrolizie, metodą Soxhleta z użyciem aparatu firmy Büchi [2], suchej masy – metodą suszenia do stałej masy w temp. 105 °C oraz węglowodanów na podstawie obliczeń z różnicy zawartości suchej substancji i sumy oznaczonych składników. Analizy wykonano w 4 równoległych powtórzeniach.

Oczyszczone i umyte bulwy topinamburu, bezpośrednio po zbiorze, krojono w plastry (1,0 ÷ 1,5 mm) i suszono 24 h w suszarce z wymuszonym obiegiem powietrza w temp. 55 °C. Owoce dyni bezpośrednio po zbiorze myto, obierano, usuwano nasiona, a miąższ krojono w plastry o grubości 2 ÷ 3 mm i suszono w takich samych warunkach. Próbkę mielono w młynku Retach GM 200 (Niemcy), umieszczano w szczelnie zamykanych pojemnikach i przetrzymywano w temp. 20 ± 2 °C do czasu przeprowadzenia badań. Nasiona amarantusa suszono w suszarce z wymuszonym obiegiem powietrza w temp. 45 °C przez 48 h. Wysuszony produkt mielono, przesiewano przez nylonowe sito o wielkości oczek 200 µm i pakowano do pojemników.

Tabela 1. Warunki doświadczenia i proporcje użytych składników
Table 1. Conditions of experiment and proportions of components used

Surowiec Raw material*	Udział dodatku Percent content of additive			Temperatura ekstruzji (na głowicy) Extrusion temperature (head zone)	
	[%]			[°C]	
KK/MA	10	-	-	160	170
KK/MT	10	15	20	160	170
KK/MD	10	-	-	160	170
KK/MA/MD	5/10	-	-	160	170
KK/MA/MT	5/10	5/15	-	160	170
KK	-	-	-	160	170

Objaśnienia: / Explanatory notes:

KK – kaszka kukurydziana / corn grits; MA – mąka z amarantusa / amaranths flour; MT – mąka z topinamburu / Jerusalem artichoke flour; MD – mąka z miąższu dyni / flour made from pumpkin flesh

Do wytworzenia ekstrudowanych chrupkek kukurydzianych przygotowano mieszanki (tab. 1) kaszki kukurydzianej (KK) z dodatkiem mąki z amarantusa (MA), topinamburu (MT) i miąższu z dyni (MD) w ilościach umożliwiających ekspansję produktu w trakcie procesu ekstruzji.

Wilgotność mieszanek doprowadzano do ok. 12 % poprzez rozpylenie obliczonej ilości wody, mieszanie i rozcieranie prób. Przetarte przez sito mieszanki pakowano do worków polietylenowych i kondycjonowano w temp. 20 ± 2 °C przez 24 h. Chrupki otrzymywano w wyniku ekstruzji przygotowanych mieszanek w ekstruderze laboratoryjnym firmy Brabender typu 20DN. Zastosowano 2 warianty rozkładu temperatur. W wariacie pierwszym proces przebiegał w zakresie temperatur [°C]:140/150/160 (odpowiednio: strefa 1/strefa 2/głowica), a w wariacie drugim – w zakresie [°C]: 150/160/170. Temperaturę głowicy określano w pracy jako temperaturę ekstruzji. W doświadczeniu używano dyszy o średnicy 4 mm oraz ślimaka o stopniu sprężania 2 : 1. Ekstrudaty o długości ok. 30 cm pozostawiano na 12 h w temp. 20 ± 2 °C celem wystudzenia.

Chrupki poddawano analizom cech fizycznych i sensorycznych. Określano całkowitą objętość V_s chrupkek o długości 20 mm, które następnie ważono i mielono celem zniszczenia ich porowatej struktury. Objętość materiału bez porów V_t oznaczano za pomocą piknometru gazowego HumiPyc-M2 (InstruQuest Inc., USA), wykonując po 6 pomiarów każdej próby. Obliczano gęstość objętościową (1) i masową (2), a na podstawie ich wartości oraz masy próbek obliczano porowatość chrupkek (3).

$$(1) \rho_s = m/V_s, \quad (2) \rho_t = m/V_t, \quad (3) \varepsilon = \frac{(\rho_t - \rho_s)}{\rho_t} \cdot 100\%.$$

Teksturę chrupkek określano za pomocą maszyny wytrzymałościowej typu Instron 5544, mierząc minimalną siłę (N) niezbędną do ich przecięcia. Wykonano 15 pomiarów z każdej próby. Oznaczano barwę zmielonych chrupkek za pomocą spektrofotometru Konica-Minolta CM-5, odczytując parametry skali barw Huntera L^* , a^* i b^* [7], stosując przesłonę o średnicy $\varnothing = 30$ mm oraz illuminant D65. Źródłem światła była ksenonowa lampa błyskowa, a pomiary wykonano w odbiciu z zastosowaniem światła rozproszonego przy kącie pomiaru 8° w trybie SCI (składowa lustrzana włączona). Każdą próbę analizowano w 5 powtórzeniach. Przeprowadzano ocenę jakości hedonicznej chrupkek z wykorzystaniem skali graficznej w zakresie od 0 do 100 % pożądalności cechy [3]. Badano ogólną jakość wyrobów biorąc pod uwagę wyróżniki: wygląd/strukturę, barwę, konsystencję, smak i zapach. Analizę przeprowadzał zespół 6 odpowiednio przeszkolonych ekspertów. Oceniano zakodowane próbki podane w jednakowych pojemnikach.

Wyniki badań poddano jednoczynnikowej analizie wariancji. Weryfikację prowadzono na poziomie istotności $p = 0,05$. Grupy jednorodne oraz zakresy odchyłeń standardowych określano za pomocą testu porównań wielokrotnych Duncana. Istotność

różnic pomiędzy średnimi obliczono na podstawie kryterium najmniejszej istotnej różnicy (NIR) [20]. Obliczenia wykonano w programie Statistica 10.0.

Wyniki i dyskusja

Kaszka kukurydziana (KK), jako podstawowy surowiec, charakteryzowała się składem chemicznym pozwalającym na prawidłową ekspansję chrupiek w procesie ekstruzji, w tym zawartością skrobi na poziomie 73,5 %, białka – 9,17 %, niewielką ilością tłuszczu – 1,61 % i składników mineralnych w postaci popiołu – 0,37 % oraz cukrów redukujących – 0,49 % (tab. 2). Mąki użyte jako zamiennik KK wykazywały znaczne zróżnicowanie pod względem składu chemicznego. Mąka z amarantusa (MA) zawierała najwięcej białka (12,2 %), przewyższając 3-krotnie jego zawartość w mące z topinamburu (MT) i o ok. 40 % – ilość tego składnika w mące z miąższu dyni (MD) (8,12 %). Oprócz MA, w której było 7 % tłuszczu, pozostałe dodatki zawierały go niewiele, a szczególnie mało tłuszczu zawierała MT (0,25 %). Większe ilości popiołu oznaczono w MD oraz MT, odpowiednio: 7,77 i 4,38 %. MA zawierała ogółem 66,1 % węglowodanów, MT – 83,8 % tych związków, w tym 52 % cukrów ogółem. Mąka MD charakteryzowała się znaczną zawartością cukrów redukujących (35,5 %) i ogółem (38,0 %) – podstawowych węglowodanów w tym surowcu [6].

Tabela 2. Podstawowy skład chemiczny użytych surowców
Table 2. Basic chemical composition of raw materials used

Symbol próby Sample sign	Wilgotność Moisture [%]	Białko Protein [%]	Tłuszcz Fat [%]	Zw. miner. jako popiół Ash [%]	Cukry redukujące Reducing sugars [%]	Cukry ogółem Total sugars [%]	Węglowodany ogółem Total carbohydrates [%]
KK	13,6 ^d ± 0,24	9,17 ^c ± 0,09	1,61 ^b ± 0,11	0,37 ^a ± 0,02	0,49 ^b ± 0,04	2,16 ^b ± 0,02	75,2 ^b ± 0,23
MA	11,8 ^c ± 0,15	12,2 ^d ± 0,11	7,0 ^c ± 0,01	2,90 ^b ± 0,09	0,20 ^a ± 0,01	1,0 ^a ± 0,03	66,1 ^a ± 0,30
MT	7,02 ^a ± 0,10	4,53 ^a ± 0,04	0,25 ^a ± 0,02	4,38 ^c ± 0,06	1,90 ^c ± 0,05	52,0 ^d ± 0,41	83,8 ^c ± 0,41
MD	9,35 ^b ± 0,09	8,12 ^b ± 0,05	1,63 ^b ± 0,04	7,77 ^d ± 0,08	35,50 ^d ± 0,15	38,0 ^c ± 0,32	73,1 ^b ± 0,04

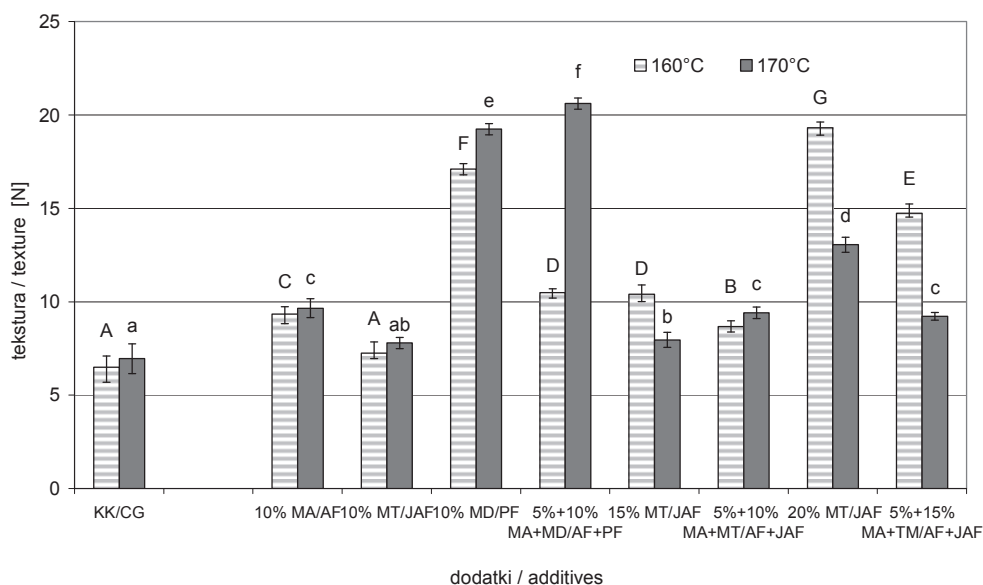
Objaśnienia: / Explanatory notes:

Objaśnienia symboli jak pod tab. 1. / Explanatory notes as in Tab. 1

W tabeli przedstawiono wartości średnie ± odchylenia standardowe / Table shows mean values and standard deviations; a - d – wartości średnie w kolumnach (dla każdego parametru) oznaczone tymi samymi literami wskazują na grupy homogeniczne na poziomie istotności $p = 0,05$ / mean values in columns (for every parameter) and denoted by the same letters indicate homogenous groups at the level of significance $p = 0.05$

Niezależnie od temperatury ekstruzji, jedynie 10-procentowy dodatek MT nie powodował zmiany tekstury chrupiek (rys. 1). Chrupki te wykazywały podobną twar-

dość, a tym samym i podobną wielkość siły niezbędnej do ich przecięcia ($7,2 \div 7,8$ N) jak produkt bez dodatku ($6,5 \div 6,9$ N), a wprowadzenie $15 \div 20$ % tej mąki do KK było korzystniejsze, gdy ekstruzja przebiegała w temp. 170 °C. Spośród wyrobów z MD korzystniejszą teksturą charakteryzowały się chrupki wytworzone z dodatkiem mieszanki 5 % A + 10 % D, gdy temperatura ekstruzji wynosiła 160 °C ($10,5$ N). Również Dehghan-Shoar i wsp. [10] stwierdzili, że optymalną temperaturą ekstruzji chrupiek kukurydzianych jest 160 °C.



Objaśnienia: / Explanatory notes:

a - f, A - G – te same litery nad słupkami o tej samej barwie oznaczają grupy homogeniczne na poziomie istotności $p = 0,05$ / the same letters on blocks of the same colour mean homogenous groups at the level of significance $p = 0.05$.

Pozostałe objaśnienia jak pod tab. 1. / Other explanatory notes as in Tab. 1.

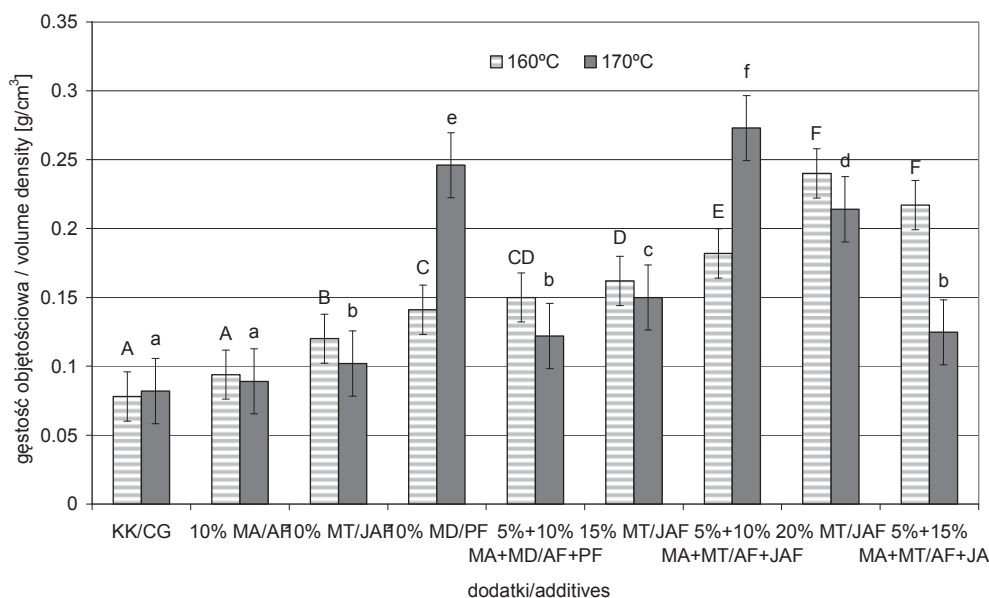
Rys. 1. Wpływ dodatku surowców uzupełniających i temperatury ekstruzji na teksturę chrupiek kukurydzianych

Fig. 1. Effect of supplementary raw material added and extrusion temperature on texture of corn snacks

Tekstura wyrobów ekstrudowanych jest wynikiem reakcji restrukturyzacji i retrogradacji uprzednio skleikowanej i stopionej skrobi oraz jej interakcji z obecnymi w cieście białkami i tłuszczami. Wprowadzenie do ciasta większych ilości surowców bogatych w białko, tłuszcz lub błonnik może zwiększyć twardość chrupiek i wymaga zwiększenia energii mechanicznej procesu, a w efekcie również temperatury [4, 16, 21]. Udział $10 \div 20$ % badanych mąk w recepturze chrupiek wpływał na zwiększenie zawartości białka o $1,2 \div 2,4$ %, tłuszczu – $0,7 \div 1,4$ % (amarantus) oraz cukrów pro-

stych – 5 ÷ 10 % (topinambur, dynia). Według niektórych autorów [4, 14, 16, 19, 21] niewielkie ilości tłuszczu (do 5 %), cukrów (do 7,5 %) i białka (do 5 %) oraz błonnika, zależnie od jego pochodzenia (do 15 %), zapewniają prawidłowy przebieg procesu ekstruzji kaszki kukurydzianej i wpływają na poprawę tekstury wyrobów gotowych.

Gęstość badanych chrupek zależała od dodatku surowców uzupełniających i wysokości temperatury ekstruzji (rys. 2). Wyroby o korzystnej, małej gęstości, podobnej do próby kontrolnej, otrzymano z 10-procentowym dodatkiem MA i MT niezależnie od temperatury ekstruzji ($0,094 \div 0,089$ i $0,120 \div 0,102 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$). Jednocześnie wyroby o mniejszej gęstości z dodatkiem MD uzyskano albo obniżając temperaturę ekstruzji, albo stosując MD w mieszance z 5 % MA ($0,141$ i $0,150 \div 0,122 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$). Zwiększenie udziału dodatków do 20 % wymagało podniesienia temperatury ekstruzji celem zmniejszenia gęstości wyrobów. Gęstość badanych chrupek była mniejsza niż chrupek kukurydzianych z fasolką, pastą pomidorową czy z oliwkami, otrzymanych przez innych autorów [4, 10, 18, 19].

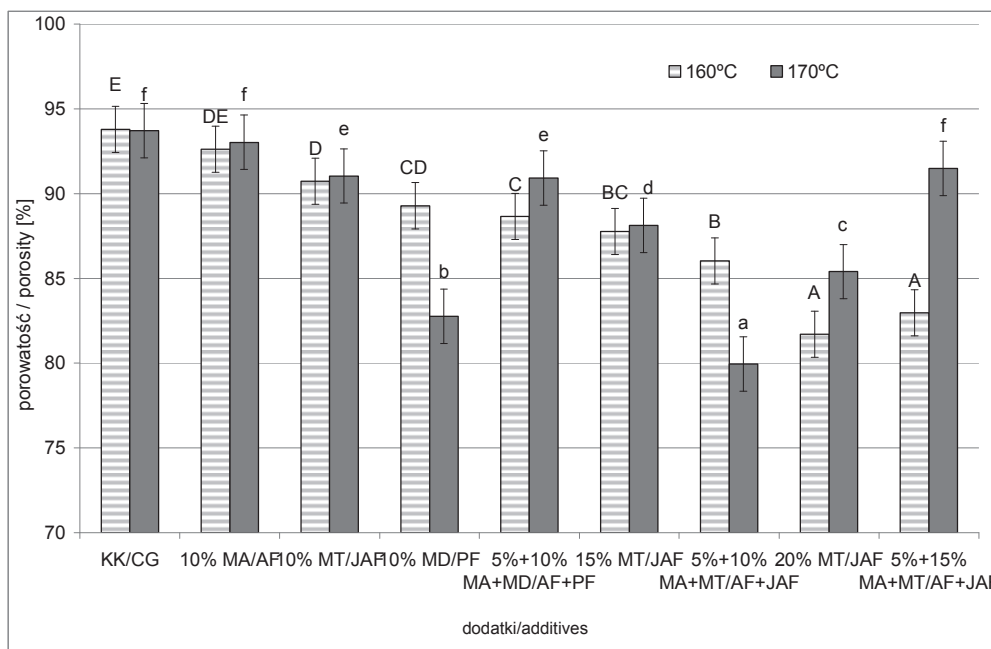


Objaśnienia jak pod rys. 1. / Explanatory notes as in Fig. 1.

Rys. 2. Gęstość chrupek kukurydzianych z dodatkiem surowców uzupełniających, ekstrudowanych w dwóch temperaturach

Fig. 2. Density of corn snacks with added supplementary raw materials and extruded at two temperatures

Cechy fizyczne ekstrudowanych przekąsek, jak: gęstość, porowatość, ekspansja i struktura zależą od rodzaju i ilości skleikowanej skrobi oraz od ilości i rodzaju wprowadzonych do ekstrudowanego surowca skrobiowego (np. kaszki kukurydzianej) surowców uzupełniających i warunków ekstruzji. Stosowanie innych biopolimerów może zmienić temperaturę kleikowania skrobi i jej ekspansję, a powstałe mieszanki będą wymagały zmiany temperatury ekstruzji. Zwiększenie stopnia skleikowania skrobi przyczynia się do zwiększenia ekspansji i porowatości chrupiek, zmniejszenia ich gęstości oraz uzyskania delikatnej struktury o cienkich ścianach porów. Niewielkie ilości cukru, białka, szczególnie w postaci denaturowanej, oraz błonnika wpływają korzystnie na te cechy chrupiek lub nie powodują znaczących zmian [4, 14, 16, 21].



Objaśnienia jak pod rys. 1. / Explanatory notes as in Fig. 1.

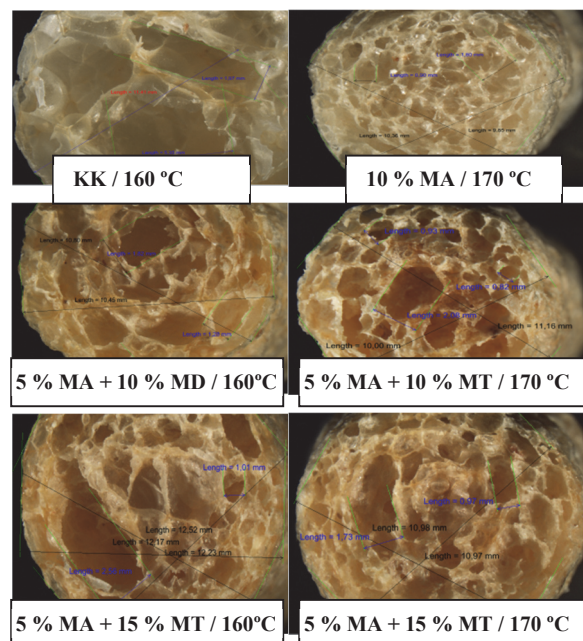
Rys. 3. Porowatość chrupiek kukurydzianych z dodatkiem surowców uzupełniających, ekstrudowanych w dwóch temperaturach.

Fig. 3. Porosity of corn snacks with added supplementary raw materials and extruded at two temperatures

Większość uzyskanych w trakcie badań ekstrudowanych przekąsek wykazywało znaczną porowatość, przewyższającą lub zbliżoną do 90 % (rys. 3). Zdecydowanie mniejszą porowatość miały chrupki ekstrudowane w temp. 170 °C, z 10-procentowym dodatkiem MD oraz z 15-procentowym udziałem mieszanki zawierającej 10 % MT

i 5 % MA (82,76 i 79,95 %). Większy udział MT w chrupkach wpływał na zwiększenie ich porowatości, ale po ekstruzji w temp. 170 °C (85,40 i 91,49 %). Inni autorzy wykazali, że można uzyskać chrupki kukurydziane z brokułami o porowatości 80 ÷ 90 %, gdy ekstruduje się je w temp. 170 °C [4] lub w 160 °C, kiedy dodatkiem są przetwory pomidorowe [10].

Wygląd i struktura chrupiek zależały przede wszystkim od rodzaju i ilości dodatku uzupełniającego. Najbardziej delikatną strukturę i jednolitą porowatość, wynikającą z mniejszej grubości ścian oddzielających pory produktu, wykazywały chrupki z 10 % MA ekstrudowane w 170 °C (fot. 1). Produkty z 15- i 20-procentowym dodatkiem mieszanek zawierających 5 % MA oraz 10 lub 15 % MT, ekstrudowane w 170 °C były dość jednolite, o dużej porowatości, ale o wyraźnie grubszych ścianach komórek.



Objaśnienia symboli jak pod tab. 1 / Explanatory notes as in Tab. 1.

Fot. 1. Zdjęcia chrupiek kukurydzianych z dodatkiem surowców uzupełniających, ekstrudowanych w dwóch temperaturach

Phot. 1. Photos of corn snacks with added supplementary raw materials and extruded in two temperatures

Chrupki z dodatkiem MT i MD były nieznacznie ciemniejsze (tab. 3) niż pozostałe próbki, a szczególnie otrzymane z 10-procentowym dodatkiem MD wprowadzanej indywidualnie lub w mieszance z MA, ekstrudowane w 160 °C ($L = 71,01$ i $70,64$), a także wyroby z dodatkiem MT ekstrudowane w 170 °C ($L = 71,70$). Dodatek MA rozjaśniał barwę chrupiek ($L = 72,89 \div 75,27$).

Udział parametru składowego czerwonego w barwie badanych chrupek zależał zarówno od dodatku, jak i od temperatury ekstruzji, przy czym wyroby o wyraźnie większym udziale tego odcienia stwierdzono w chrupkach z dodatkiem MD, szczególnie ekstrudowanych w niższej temperaturze ($a = 8,47 \div 8,52$). Ponadto odcień czerwony zaobserwowano w barwie produktów z 15- i 20-procentowym dodatkiem MT stosowanej indywidualnie lub w mieszance z 5 % MA ($a = 5,90 \div 7,39$). Barwa badanych chrupek charakteryzowała się znacznym udziałem tonacji żółtej ($b = 27,68 \div 38,62$), szczególnie próby kontrolnej ekstrudowanej w 170 °C oraz chrupek z 10-procentowym dodatkiem MA ekstrudowanych w 160 °C. Według niektórych autorów [10] podwyższenie temperatury z 140 do 180 °C zmniejsza wartości parametrów a i b w skali Huntera, co może być wynikiem większej degradacji zawartych w surowcach barwników.

Tabela 3. Barwa chrupek kukurydzianych z dodatkiem surowców uzupełniających, ekstrudowanych w dwóch temperaturach

Table 3. Colour of corn snacks with added supplementary raw materials and extruded at two temperatures

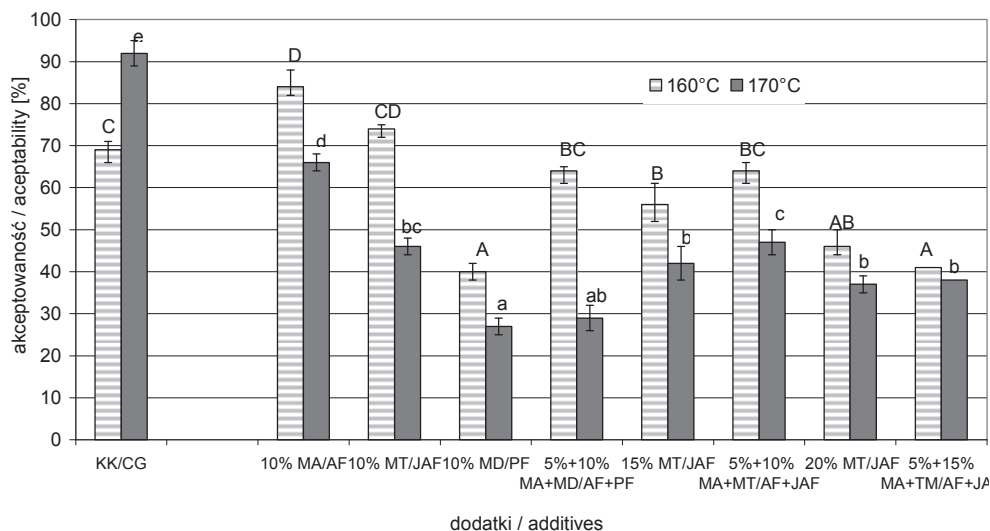
Dodatek Additive	Skala barw Huntera / Hunter's colour scale					
	Jasność Brightness [L]		Udział barwy czerwonej Percent share of red colour [a]		Udział barwy żółtej Percent share of yellow colour [b]	
	Temperatura ekstruzji (na głowicy) / Extrusion temperature (head zone)					
	160 °C	170 °C	160 °C	170 °C	160 °C	170 °C
Kontrola /Control KK	75,62 ^c	75,50 ^c	3,48 ^a	6,94 ^b	30,72 ^a	38,62 ^d
10 % MA	75,27 ^c	73,87 ^b	6,63 ^c	6,25 ^a	39,89 ^d	30,25 ^b
10 % MT	75,70 ^c	71,70 ^a	6,12 ^c	6,97 ^b	33,13 ^b	29,97 ^b
10 % MD	71,01 ^a	74,64 ^c	8,47 ^e	7,03 ^b	33,21 ^b	32,79 ^e
5 % MA + 10 % MD	70,64 ^a	74,76 ^c	8,52 ^e	6,69 ^{ab}	33,01 ^b	32,12 ^{bc}
15 % MT	72,53 ^b	73,65 ^b	7,39 ^d	7,08 ^b	34,33 ^c	31,10 ^b
5 % MA + 10 % MT	73,48 ^b	73,67 ^b	6,89 ^c	6,40 ^a	34,36 ^c	27,68 ^a
20 % MT	71,89 ^a	72,92 ^b	7,30 ^{cd}	6,37 ^a	33,17 ^b	30,15 ^b
5 % MA + 15 % MT	75,16 ^c	72,89 ^b	5,90 ^b	6,70 ^{ab}	32,20 ^b	30,00 ^b

Objaśnienia symboli jak pod tab. 1. / Explanatory notes as in Tab. 1

a - d, A - E – wartości średnie w kolumnach (dla każdego parametru) oznaczone tymi samymi literami wskazują na grupy homogeniczne ($p = 0,05$) / mean values in columns (for every parameter) and denoted by the same letters indicate homogenous groups ($p = 0.05$).

Chrupki kukurydziane wzbogacone dodatkiem badanych mąk były lepiej akceptowane sensorycznie, gdy ekstruzja prowadzona była w temp. 160 °C ($84 \div 40$ % akceptacji) (rys. 4), natomiast akceptacja próby kontrolnej była wyższa (92 %) po zasto-

sowaniu temp. 170 °C w procesie ekstruzji. Najbardziej akceptowane były chrupki z 10-procentowym dodatkiem MA i MT oraz stosunkowo dobrze (> 60 %) – wyroby z 10-procentowym dodatkiem MD lub MT, wprowadzone w mieszance z 5 % MA.



Objaśnienia jak pod rys. 1. / Explanatory notes as in Fig. 1.

Rys. 4. Wpływ dodatku surowców uzupełniających i temperatury ekstruzji na akceptację sensoryczną chrupki kukurydzianych

Fig. 4. Effect of added supplementary raw materials and extrusion temperature on sensory acceptability of corn snacks

Wnioski

1. Dodatek MA i MT, jak i ich mieszanin oraz MD w mieszaninie z 5 % MA, w ilości 10 ÷ 15 %, wpływał korzystnie na kruchość i delikatność wyrobów, szczególnie ekstrudowanych w temp. 160 °C.
2. Wyroby z dodatkiem 10 ÷ 15 % MA, MT oraz MD w mieszaninie z 5 % MA odznaczały się dużą porowatością i małą gęstością, niezależnie od temperatury ekstruzji. Zwiększenie udziału dodatków do 20 % (MT lub MT 15% + 5% MA) wymagało podwyższenia temperatury ekstruzji, celem uzyskania korzystnych cech chrupki.
3. Wprowadzenie dodatków zwiększyło jasność chrupki, szczególnie gdy ekstruzję prowadzono w niższej temperaturze. Ponadto, dodatek mąki z dyni zwiększył udział barwy czerwonej.

4. Największą akceptację sensoryczną uzyskały produkty ekstrudowane w temp. 160 °C, z 10-procentowym dodatkiem MA lub MT oraz z 15-procentowym dodatkiem mieszanin, w których 10 % stanowiła MD lub MT.
5. Spośród wyrobów z dodatkiem surowców uzupełniających najkorzystniejszymi cechami fizykochemicznymi charakteryzowały się chrupki z 10-procentowym udziałem MA oraz MT, niezależnie od temperatury ekstruzji.

Praca współfinansowana przez MNiSW w ramach projektu badawczego E! 6855 ECORAW (E! 6855/45/NCBiR/2012) „Higher functionality food products from organic vegetable raw materials”.

Literatura

- [1] AOAC. Official Methods of Analysis of AOAC International. Association of Analytical Communities, 16th edition, 1995, Washington, DC.
- [2] AOAC. Official Methods of Analysis of AOAC International. Association of Analytical Communities, 18th edition 2005, Gaithersburg, MD.
- [3] Baryłko-Pikielna N., Matuszewska I. Sensoryczne badania żywności. Podstawy – Metody - Zastosowania. Wyd. Nauk. PTTŻ, Kraków 2014, s. 375.
- [4] Bisharat G.I., Oikonomopoulou V.P., Panagiotou N.M., Krokida M.K., Maroulis Z.B.: Effect of extrusion conditions on the structural properties of corn extrudates enriched with dehydrated vegetables. *Food Res. Int.*, 2013, **53**, 1-14.
- [5] Chávez-Jáuregui R.N., Cardoso-Santiago R.A., Pinto e Silva M.E.M., Arêas J.A.G.: Acceptability of snacks produced by the extrusion of amaranth and blends of chickpea and bovine lung. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 2003, **7 (38)**, 795-798.
- [6] Zhou C-L., Liu W., Zhao J., Yuan C., Song Y., Chen D., Ni Y-Y., Li Q-H.: The effect of high hydrostatic pressure on the microbiological quality and physical-chemical characteristics of Pumpkin (*Cucurbita maxima* Duch.) during refrigerated storage. *Innov. Food Sci. Emerg.*, 2014, **21**, 24-34.
- [7] Cieślak E., Kopeć A., Praznik W.: Healthy properties of Jerusalem artichoke flour (*Helianthus tuberosus* L.). *EJPAU*, 2005, **2 (8)**, # 37.
- [8] Clydesdale F.M.: Instrumental techniques for colour measurement of foods. Symposium: Colour Measurement of Foods. *Food Technol.*, 1976, **10**, 52-59.
- [9] Czubaszek A.: Wpływ dodatku śruty z szarłat na wartość wypiekową handlowej mąki pszennej. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2002, **3 (32)**, 101-111.
- [10] Dehghan-Shoar Z., Hardacre A.K., Brennan C.S.: The physico-chemical characteristics of extruded snacks enriched with tomato lycopene. *Food Chem.*, 2010, **123**, 1117-1122.
- [11] Florkiewicz A., Cieślak E., Filipiak-Florkiewicz A.: Wpływ odmiany i terminu zbioru na skład chemiczny bulw topinamburu (*Helianthus tuberosus* L.). *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2007, **3 (52)**, 71-81.
- [12] Gedrovica I., Karklina D.: Sensory evaluation of meatballs with Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.). *World Academy of Science, Eng. Technol.*, 2013, **7**, 499-501.
- [13] Jarosz K., Muszkat T., Skibniewski S., Suchodolski J., Urbański M.: Kontrola produkcji w przemyśle spirytusowym. WPLiS, Warszawa 1955, s. 320.

- [14] Jin Z., Hsieh F., Huff H.E.: Effects of soy fiber, salt, sugar and screw speed on physical properties and microstructure of corn meal extrudate. *J. Cereal Sci.*, 1995, **22**, 185-194.
- [15] Marciniak-Łukasiak K., Skrzypach M.: Koncentrat chleba bezglutenowego z dodatkiem mąki z szarłat. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2008, **4 (59)**, 131-140.
- [16] Mezreb K., Goullieux A., Ralainirina R., Queneudec M.: Effect sucrose on textural properties of corn and wheat extrudates. *Carbohydr. Polym.*, 2006, **64**, 1-8.
- [17] Oloyede F.M., Agbaje G.O., Obuotor E.M., Obisesan I.O.: Nutritional and antioxidant profiles of pumpkin (*Cucurbita pepo* Linn.) immature and mature fruits as influenced by NPK fertilizer. *Food Chem.* 2012, **135**, 460-463
- [18] Pastor-Cavada E., Drago S.R., González R.J., Juan R., Pastor J.E., Alaiz M., Vioque J.: Effects of the addition of wild legumes (*Lathyris annuus* and *Lathyris clymenum*) on the physical and nutritional properties of extruded products based on whole corn and brown rice. *Food Chem.* 2011, **128**, 961-967.
- [19] Silva E.M.M., Ascheri J.L.R., Carvalho C.W.P., Takeiti C.Y., Berrios J.J.: Physical characteristics of extrudates from corn and dehulled carioca bean flour blend. *LWT – Food Sci. Technol.*, 2014, **58**, 620-626.
- [20] Stanisław A.: Przystępny kurs statystyki z zastosowaniem Statistica Pl na przykładach z medycyny. T. 1. Statystyki podstawowe. Wyd. StatSoft Polska, Kraków 2006.
- [21] Suknark K., Philips R.D., Chinnan M.S.: Physical properties of directly expanded extrudates formulated from partially defatted peanut flour and different types of starch. *Can. J. Food Sci. Technol. J.*, 1998, **8 (30)**, 575-583.
- [22] Szwejkowska B., Bielski S.: Wartość prozdrowotna nasion szarłat (*Amaranthus cruentus* L.). *Postępy Fitoterapii*, 2012, **4**, 240-243.
- [23] Wolska P., Ceglińska A., Grabarczyk E. *vel* Grabarczyk: Wpływ dodatku mąki i płatków z szarłat na jakość chleba pszennego. *Acta Agrophysica*, 2011, **1 (17)**, 219-228.

EFFECT OF RAW MATERIAL AND PROCESSING PARAMETERS ON SENSORY AND PHYSICAL FEATURES OF EXTRUDED SNACKS

S u m m a r y

The objective of the research study was to determine the effect of substituting a portion of corn grits being produced for flour made from unconventional raw materials such as amaranth seeds (AF), Jerusalem artichoke tubers (JAF), and pumpkin flesh (PF), and to study the effect of extrusion temperature on the sensory quality and physical features of the snacks produced. The amount of flours or their mixtures added to corn grits was 10 – 20 %, and the process of extrusion was carried out at temperatures ranging as follows [°C]: 140/150/160C, and 150/160/170. The addition of 10 ÷ 15 % of AF and JAF as well as of their mixtures had a positive effect on the texture of crisps and caused the fragility and refinement of them to increase. Also, it impacted the structure of crisps and increased their uniformity and porosity; the sensory analysis confirmed this report. Along with the increasing amount of raw materials added, the density of crisps increased; however, when the extrusion process was carried out at a temperature of 160 °C, the extent of the increase in the density was lower: from 0.078 do 0.240 g·cm⁻³. Incorporating the supplementary raw materials into the corn-based snacks caused the colour of the products to become brighter (L < 74), particularly, the colour of products extruded at a lower temperature. The addition of pumpkin flour increased the percent share of red colour in ready-made products, and this increase was clearly visible after the extrusion performed at a temperature of 160 °C (a > 8). Among the crisps with the additives,

the samples characterized by the best physical and sensory properties were those with 10 % of amaranth or Jerusalem artichoke flours added and extruded at a temperature of 160 °C (sensory acceptability level was more than 70 %).

Key words: corn snacks, amaranths, Jerusalem artichoke, pumpkin, quality ☒