

## WYSOKOBŁONNIKOWE PRZEKĄSKI ZBOŻOWO-WARZYWNE – ANALIZA WYBRANYCH WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNYCH I FUNKCJONALNYCH

Ewa Gondek<sup>✉1</sup>, Justyna Gauze<sup>2</sup>, Ewa Jakubczyk<sup>1</sup>,  
Małgorzata Janczar-Smuga<sup>3</sup>, Dorota Nowak<sup>4</sup>, Mateusz Stasiak<sup>5</sup>,  
Anna Kamińska-Dwórznińska<sup>1</sup>, Katarzyna Samborska<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

<sup>2</sup> WITPOL Sp. z o.o. w Radomiu

<sup>3</sup> Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu

<sup>4</sup> Szkoła Główna Turystyki i Rekreacji w Warszawie

<sup>5</sup> Instytut Agrofizyki PAN w Lublinie

**Streszczenie.** Celem pracy było wyprodukowanie wysokobłonnikowych przekąsek zbożowo-warzywnych oraz ocena wybranych ich cech fizycznych i funkcjonalnych. Chrupki zostały wyprodukowane w zakładzie produkcyjno-handlowym WITPOL sp. z o.o. w Radomiu. Receptury chrupiek opracowano z uwzględnieniem aktualnych zaleceń IŻŻ dotyczących zwiększenia udziału w diecie warzyw i owoców oraz błonnika pokarmowego. W pracy badano: aktywność (Rotronic-Hygrolab) i zawartość wody, gęstość, porowatość (piknometr helowy Quantachrome Instruments, USA) barwę w systemie CIE L\*a\*b\*, właściwości mechaniczne podczas testu penetracji (teksturometr TA-HDplus, Stable Micro System) oraz współczynniki: adsorpcji wody (WAI) oraz rozpuszczalności w wodzie (WSI). Aktywność wody chrupiek była niska (0,368–0,393), typowa dla kruchych przekąsek zbożowych. Uzyskane chrupki cechowały się porowatością na średnim poziomie ok. 85%. Gęstość geometryczna przekąsek była dość zróżnicowana, chrupki zbożowo-cukiniowo-brokułowe miały istotnie statystycznie niższą gęstość geometryczną i wyższą porowatość. W teście penetracji stwierdzono w tych próbkach więcej pików siły (26 pików w porównaniu do 15 pików dla krzywych penetracji chrupiek z dodatkiem dyni) oraz wyższe siły przy założonym odkształceniu. Skład chrupiek w dużym stopniu wpływał na ich barwę, dodatek czosnku do chrupiek cukiniowo-brokułowych powodował wzrost jasności, wzrost dodatku imbiru

---

<sup>✉</sup>ewa\_gondek@sggw.pl

spadek jasności chrupkek zbożowo-dyniowych. Współczynnik rozpuszczalności w wodzie (WSI) zawierał się w przedziale od 11,47 do 14,01%, a współczynnik adsorpcji od 4,81 do 7,43 g·g<sup>-1</sup>.

**Słowa kluczowe:** przekąski zbożowo-warzywne, właściwości fizyczne, barwa, gęstość, WAI, WSI

## WSTĘP

Szybkie tempo życia, brak czasu na regularne spożywanie posiłków powodują, że przekąski, po które konsumenci sięgają coraz częściej, stają się ważnym elementem naszej codziennej diety. Poziom wiedzy konsumentów na temat zasad zdrowego żywienia oraz korzyści zdrowotnych wynikających ze stosowania bogatej w składniki odżywcze i zrównoważonej diety systematycznie wzrasta, a świadomość konsekwencji spożywania niezdrowych wysokokalorycznych, tradycyjnych przekąsek, jak chipsy, batoniki lub ciastka jest coraz bardziej powszechna. W świetle współczesnych badań nie podlega dyskusji, że otyłość, cukrzyca II typu, nadciśnienie tętnicze i choroby układu krążenia w dużej mierze są skutkiem podjadania wysokokalorycznych i bezwartościowych przekąsek między posiłkami [Tumuluru 2016]. Producenci, starając się sprostać rosnącym wymaganiom rynku, produkują nowe przekąski na bazie zbóż wzbogacone o różne dodatki warzyw i owoców [Zieliński i in. 2013, Obradović i in. 2013, Bisharat i in. 2015, Wójtowicz i in. 2017]. Warzywa i owoce mają szczególne znaczenie w naszej diecie. Doniesienia naukowe jednoznacznie wykazują, że zwiększone spożycie warzyw i owoców ma wielokierunkowe, korzystne oddziaływanie na organizm człowieka [Praca zbiorowa 2016]. Bardzo dobre efekty w postaci łączenia warzyw i owoców z produktami pochodzenia zbożowego uzyskuje się, stosując metodę ekstruzji. Metoda ta pozwala na wytwarzanie przekąsek bogatych w składniki odżywcze, a dodatkowo charakteryzujących się trwałością, wysoką czystością mikrobiologiczną (a więc niewymagających stosowania konserwantów) [Harper 1981, Ekielski i in. 2008, Bouvier i Campanella 2014]. Celem niniejszej pracy było wyprodukowanie wysokobłonnikowych przekąsek zbożowo-warzywnych oraz ocena wybranych cech fizycznych i funkcjonalnych.

## MATERIAŁ I METODY

Materiałem badawczym były chrupki zbożowo-warzywne wyprodukowane na potrzeby realizacji niniejszych badań w Zakładzie Produkcjno-Handlowym WITPOL Sp. z o.o. w Radomiu. Chrupki zostały wyprodukowane z wykorzystaniem metod ciśnieniowo-ciepłych: ekstruzji – ekstruder TS-45 (Metalchem Gliwice) i ekspandowania – ekspander SYP-8501 (DP Korea) w oparciu o cztery główne składniki: ryż brązowy, warzywa (średnia zawartość warzyw w przekąskach wynosiła 23,5%) oraz mąkę pełnoziarnistą i preparat z otrąb pszennych. Szczegółowy skład ekstrudowanych mieszanek podano w tabeli 1. Proces produkcji odbywał się dwuetapowo, w pierwszej fazie składniki mieszanki ekstrudowano, formując drobne, kilkumilimetrowe kuleczki, które w drugiej fazie poddawano ekspansji.

Tabela 1. Skład recepturowy ekstrudowanych mieszanek

Table 1. Recipe composition of extruded mixtures

Składnik Ingredient	Chrupki zbożowo-cukiniowo-brokulowe Zucchini – broccoli snacks			Chrupki zbożowo-dyniowe Cereal – pumpkin snacks		
	Z-C-B	Z-C-B 0,75%	Z-C-B 1,5%	Z-D	Z-D 0,75%	Z-D 1,5%
Kod próbki Sample code [%]						
Mąka pszenna graham Wheat graham flour [%]	47,10	46,35	45,60	14,75	14,00	13,25
Ryż brązowy Brown rice [%]		30,40			37,20	
Otręby pszenne Wheat bran [%]	–	–	–		22,50	
Cukinia mrożona Frozen Zucchini [%]		15,50		–	–	–
Brokuł mrożony Frozen broccoli [%]		6,75		–	–	–
Owoc dyni mrożony Frozen pumpkin [%]	–	–	–		25,00	
Czosnek granulowany Granulated garlic [%]	0,00	0,75	1,50	–	–	–
Imbir mielony Grinded ginger [%]	–	–	–	0,00	0,75	1,50
Cynamon mielony Grinded cinnamon [%]	–	–	–		0,50	
Sól – Salt [%]		0,25		–	–	–
Słodzik na bazie stewii Stevia based sweetener [%]	–	–	–		0,03	

## METODY

Aktywność wody została zmierzona w aparacie Rotronic-Hygrolab (Rotronic AG, Basserdorf, Switzerland), w temperaturze  $25 \pm 1,5^\circ\text{C}$  z dokładnością 0,001. Zawartość wody oznaczono zgodnie z normą PN-93A-74012.

Wartość energetyczną oraz zawartość głównych grup makroskładników oraz błonnika w badanych chrupkach obliczono na podstawie ich składu recepturowego, wykorzystując tabele składu i wartości odżywczej [Kunachowicz i in. 2017].

Gęstość pozorną piknometryczną ( $\rho_p$ ) wyznaczono, wykorzystując piknometr helowy Stereopycnometer (Quantachrome Instruments, USA). Gęstość geometryczną wyznaczono z zastosowaniem procedur opracowanych przez Hwanga i Yakawa [1980] w modyfikacji własnej – szklane kulki zastąpiono wyprażonymi nasionami rzepaku o znanej gęstości. Porowatość obliczono na podstawie wyznaczonych gęstości: piknometrycznej i geometrycznej. Obliczenia wykonano według wzoru:

$$P = \frac{\rho_p - \rho_g}{\rho_p} \cdot 100\%$$

gdzie:  $P$  – porowatość [%],  
 $\rho_g$  – gęstość geometryczna [ $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ],  
 $\rho_p$  – gęstość piknometryczna [ $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ].

Współczynnik rozpuszczalności w wodzie (WSI) określono na podstawie metodyki opisanej przez Harpera [1981]. Współczynnik absorpcji wody (WAI) wyznaczono, posługując się metodą Andersona i innych [1970] w modyfikacji własnej [Gondek i in. 2013]. Pomiar współczynników WAI i WSI wykonano w czterech powtórzeniach.

Barwę próbek określono metodą odbiciową w systemie CIE  $L^*a^*b^*$  (źródło światła D65, kąt pomiaru  $8^\circ$ , obserwator standardowy CIE  $2^\circ$ ) za pomocą chromometru CM-5 (Konica Minolta, Japonia) [Łukaszewicz i Zapotoczny 2012, Wójtowicz i in. 2012]. Pomiar wykonano w 25 powtórzeniach.

Właściwości mechaniczne badano za pomocą teksturometru TA-HDplus (Stable Micro System) z głowicą pomiarową z głowicą pomiarową 750 kg podczas testu penetracji. Próbkę umieszczano na nieruchomej płycie i poddawano penetracji próbnikiem standardowym P/36R do odkształcenia wynoszącego 50% ich pierwotnej wysokości. Pomiar przeprowadzono ze stałą prędkością  $1 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$ . Wykonano po 20 powtórzeń testu penetracji pojedynczych próbek.

W celu statystycznej weryfikacji otrzymanych wyników zastosowano jednoczynnikową analizę wariancji, a ocenę istotności różnic aktywności i zawartości wody, parametrów barwy oraz gęstości przeprowadzono, stosując jednoczynnikową analizę wariancji wraz z testem post hoc Tukeya. Do oceny istotności różnic wyznaczonych parametrów mechanicznych wobec niespełnienia warunków koniecznych do stosowania metod parametrycznych (niejednorodności wariancji – test Cochran) zastosowano nieparametryczny test Kruskala-Wallisa. Wnioskowanie statystyczne prowadzono przy  $p > 0,05$ .

## WYNIKI I DISKUSJA

Aktywność wody to ważny parametr informujący o stanie wody w żywności. W dużym stopniu kształtuje ona nie tylko trwałość mikrobiologiczną, ale także właściwości fizyczne produktów spożywczych. Wykazano również, że istotnie oddziałuje na ocenę sensoryczną, a w szczególności ma duży udział w kształtowaniu sensorycznej percepcji niektórych cech tekstury. W tabeli 2 przedstawiono średnią aktywność oraz zawartość wody badanych chrupek. Badane przekąski zbożowo-warzywne cechowały się niską aktywnością i zawartością wody, typową dla kruchych i chrupkich ekstrudowanych produktów uzyskanych na bazie zbóż. Podobne wartości stwierdzono w przypadku pieczywa chrupkiego [Marzec i Lewicki 2006, Gondek i in. 2013, Jakubczyk i in. 2015], płatków kukurydzianych i płatków z otrąb pszennych [Gondek i Lewicki 2006], ekstrudatów śniadaniowych o zróżnicowanym składzie [Chanvier i in. 2014], ciastek kruchych [Marzec i in. 2012] i wielu innych produktów. Według danych literaturowych, taka zawartość

wody jest optymalna z punktu widzenia stabilności przechowalniczej, ponieważ, jak wynika z badań, jest ona zbliżona do zawartości wody na poziomie monowarstwy.

Badane przekąski zbożowo-warzywne charakteryzowały się zróżnicowanymi wartościami WSI i WAI oraz zróżnicowanym składem chemicznym (tab. 2). Współczynnik wodochłonności (WAI) zmieniał się od 4,63 do 7,43 g·g<sup>-1</sup>. Przekąski dyniowe charakteryzowały się wyższymi wartościami wskaźnika WAI niż brokułowo-cukiniowe, co prawdopodobnie związane było z ich składem. Chrupki zbożowo-cukiniowe zawierały prawie dwukrotnie więcej błonnika, co więcej, był to błonnik pochodzenia zbożowego, a więc w przeważającej ilości błonnik nierozpuszczalny (celulozy, hemicelulozy, ligniny) zdolny do chłonięcia dużej ilości wody, a dodatkowo stabilny podczas oddziaływania wysokiej temperatury.

Wysokie wartości współczynników WSI wynikają według badań w głównej mierze z intensywnej obróbki ciśnieniowo-ciepłej, której poddawane są produkty (jak np. gotowanie, pieczenie, ekstruzja czy ekspandowanie). Według danych literaturowych, WSI jest miarą degradacji wysokocząsteczkowych biopolimerów i przechodzenia ich w łatwostrawne formy rozpuszczalne w wodzie, a więc miarą strawności produktu [Bouvier i Campanella 2014]. Uzyskane współczynniki rozpuszczalności badanych produktów wskazują na ich dobrą strawność, porównywalną z innymi przekąskami zbożowymi opisanymi w literaturze. Podobne zakresy współczynników WSI uzyskano dla ekstrudatów kukurydziano-brokułowych [Bisharat i in. 2015], ekstrudowanego pieczywa chrupkiego [Gondek i in. 2013], chrupka z sorgo [Jafari i in. 2017], chrupka kukurydzianych z dodatkiem nasion lnu [Wójtowicz i in. 2012] czy ekstrudatów z dodatkiem suszonych liści pszczałnika mołdawskiego [Wójtowicz i in. 2017]. Niższe wartości WSI typowe są dla produktów owsianych, jęczmiennych [Rzedzicki i Wirkijowska 2008] oraz wszystkich tych produktów uzyskanych na bazie zbóż, które przed spożyciem wymagają obróbki termicznej jak na przykład makarony. Dużo wyższe wartości WSI, przekraczające nawet 50% obserwuje się w wielu wysoko przetworzonych przekąskach zbożowych [Rzedzicki i Wirkijowska 2008, Bisharat i in. 2015].

Wyprodukowane w ramach pracy chrupki zbożowo-warzywne cechowały się wskaźnikiem WSI z zakresu 11,47–14,01%, a więc należy się spodziewać, że będą podlegały powolnemu trawieniu i wchłanianiu w organizmie, powodując odczuwalne dłużej uczucie sytości, a nie powodując gwałtownej glikemii poposiłkowej.

W produktach wysoko przetworzonych zmianom wodochłonności (WAI) towarzyszą na ogół zmiany rozpuszczalności suchej masy (WSI). Uważa się, że cechy te są ze sobą ściśle powiązane [Rzedzicki i Wirkijowska 2006], choć w niektórych produktach, jak na przykład produktach jęczmiennych i owsianych tego typu zależności nie zostały zaobserwowane [Rzedzicki i Wirkijowska 2008].

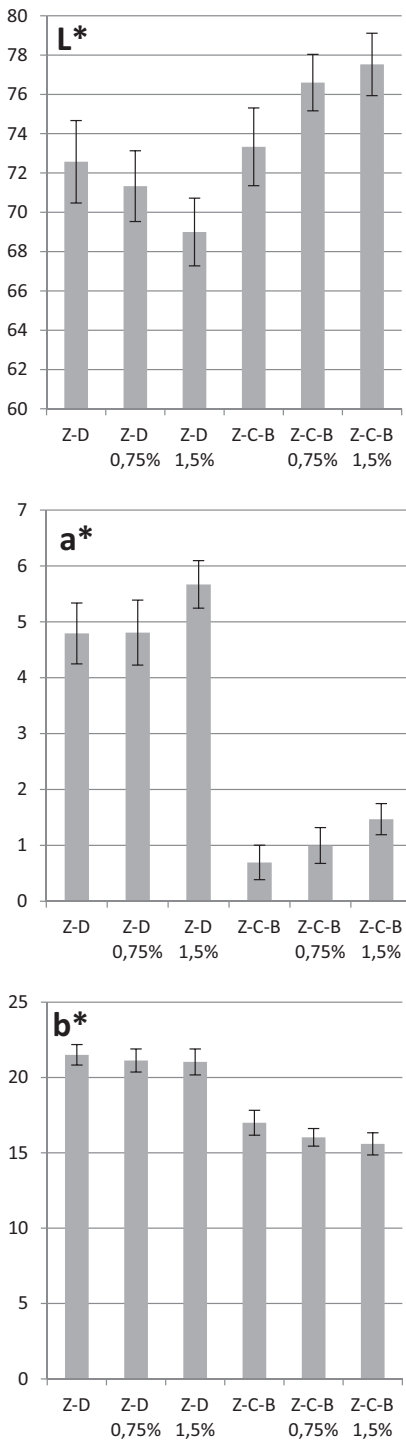
Gęstość geometryczna i piknometryczna oraz porowatość przekąsek zbożowych zależy zarówno od ich składu, jak i zastosowanej technologii produkcji, a w szczególności parametrów ciśnienia i temperatury. Wartości gęstości piknometrycznej i geometrycznej oraz obliczona na ich podstawie porowatość badanych przekąsek zbożowo-warzwywnych wskazuje, że uzyskano produkt dość dobrze wyekspandowany. Gęstości badanych chrupków są nieco wyższe niż ekstrudowanego pieczywa chrupkiego [Gondek i in. 2013, Jakubczyk i in. 2015], czy ekstrudatów kukurydziano-gryczanych [Ekielski i in. 2008], ale zbliżone do gęstości i porowatości nadziewanych ekstrudatów [Jakubczyk 2017]

Tabela 2. Skład i wybrane właściwości fizyczne i funkcjonalne chrupiek zbożowo-warzwywnych  
 Table 2. Composition and selected physical and functional properties of vegetable-cereal snacks

Produkt Product	Kod próbki Sample code	Zawartość wody Water content [%]	Aktywność wody Water activity	Wartość energetyczna Energetic value [kcal·100 g <sup>-1</sup> ]	Tłuszcz Fat [g·100 g <sup>-1</sup> ]	Węglowodany Carbohydrates [g·100 g <sup>-1</sup> ]	Białko Protein [g·100 g <sup>-1</sup> ]	Błonnik Fibre [g·100 g <sup>-1</sup> ]	WSI Współczynnik rozpuszczalności Water solubility index [%]	WAI Współczynnik absorpcji wody Water absorption index [g·g <sup>-1</sup> ]	Gęstość geometryczna Geometric density [g·cm <sup>-3</sup> ]	Gęstość piknometryczna Pycnometric density [g·cm <sup>-3</sup> ]	Porowatość Porosity [%]
Chrupki zbożowo-dyniowe Cereal-pumpkin snacks	Z-D	7,25b	0,389b	215	2,2	55,1	8,4	15,3	11,47b	7,43b	0,230d	1,21a	80,99
Chrupki zbożowo-dyniowe z imbirem 0,75% Cereal-pumpkin snacks with ginger 0,75%	Z-D 0,75%	8,02bc	0,378ab	212	2,2	54,4	8,3	15,2	12,01b	6,81a	0,201c	1,17a	82,82
Chrupki zbożowo-dyniowe z imbirem 1,5% Cereal-pumpkin snacks with ginger 1,5%	Z-D 1,5%	6,62a	0,368a	209	2,1	53,7	8,2	15,1	11,95b	6,71ab	0,221cd	1,24a	82,18

Chrupki zbożowo- -cukiniowo- -brokułowe	Z-C-B	7,83b	0,393bc	246	1,7	56,8	8,1	8,0	14,01a	4,63a	0,158b	1,42b	88,87
Cereal- -zucchini- -broccoli snacks													
Chrupki zbożowo- -cukiniowo- -brokułowe z czosnkiem 0,75%	Z-C-B 0,75%	6,51a	0,379ab	244	1,7	56,3	8,0	7,9	13,98a	5,10a	0,144ab	1,54bc	90,64
Cereal- -zucchini- -broccoli snacks with 0.75% garlic													
Chrupki zbożowo- -cukiniowo- -brokułowe z czosnkiem 1,5%	Z-C-B 1,5%	6,71ab	0,374ab	242	1,7	55,8	7,9	7,9	13,71a	4,82a	0,152b	1,62c	90,62
Cereal- -zucchini- -broccoli snacks with 1.5% garlic													

Wartości średnie oznaczone tą samą literą (w kolumnach) nie różnią się między sobą statystycznie istotnie przy  $\alpha = 0,05$ .  
Mean values marked by the same small letter (in the columns) do not differ significantly at  $\alpha = 0.05$ .



czy prażynek ziemniaczanych [Wójtowicz i in. 2014]. Gęstość geometryczna chrupek dyniowych istotnie statystycznie przewyższała gęstość chrupek zbożowo-brokułowych, a co z tym idzie ich porowatość była istotnie statystycznie niższa. W badaniach Wójtowicz i innych [2013] oraz Ekielskiego i innych [2008] stwierdzono, że dodatek składników bogatych w błonnik w istotny sposób wpływa na stopień ekspandowania produktów i prowadzi do uzyskania produktu o mniejszej porowatości, a większej gęstości geometrycznej.

Barwa to ważna cecha fizyczna produktu, która ma istotny wpływ na odbiór produktu przez konsumentów. Może być źródłem informacji zarówno o składzie chemicznym produktu, jego przydatności, transportu czy przechowywania [Łukaszewicz i Zapotoczny 2012, Molenda i in. 2012]. W przypadku ekstrudatów wykazano, że parametry barwy zmieniają się istotnie nawet przy niewielkich zmianach receptury przetwarzanych mieszanek i mogą być wskaźnikiem ich składu [Zieliński 2013]. Badane przekąski zbożowo-warzywne istotnie różniły się pod względem jasności. Niższe w porównaniu do chrupek brokułowo-cukiniowych wartości składowej  $L^*$  odnotowano w przypadku produktów z dodatkiem dyni. Dynia ma zdecydowanie ciemniejszą barwę niż cukinia, która dominuje w składzie drugiego wariantu chrupek, dodatkowo w recepturze chrupek z dodatkiem dyni znalazł się cynamon, co również wpłynęło na barwę produktu gotowego. Nie bez znaczenia jest również znaczna zawartość cukrów, które wchodzą w reakcje z białkami podczas ogrzewania, powodują powstawanie ciemno zabarwionych produktów tzw. reakcji Maillarda [Jafari i in. 2017]. W badaniach przeprowadzonych przez Pęksę i innych [2015] nad barwą chrupek kukurydzianych z różnymi dodatkami stwierdzono, że jasność chrupek po dodaniu mieszanki mąk

Rys. 1. Parametry barwy w systemie CIE  $L^*a^*b^*$

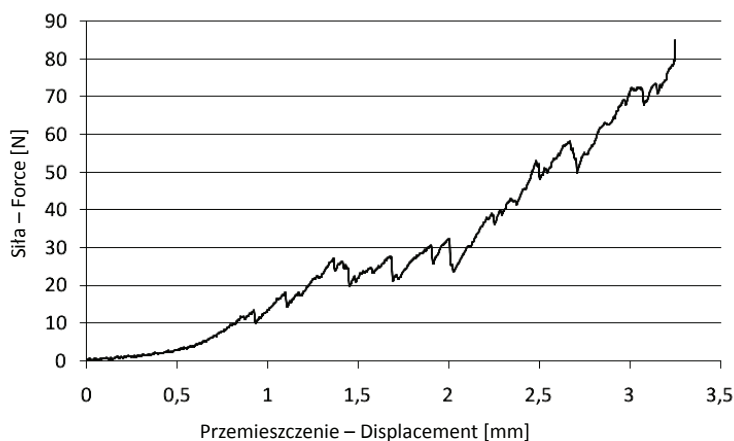
Fig. 1. CIE  $L^*a^*b^*$  system colour parameters



zawierających sproszkowaną dynię spowodowała spadek jasności barwy z poziomu  $L^* = 78,77$  do  $L^* = 67,95$  względem próbki kontrolnej. Według danych literaturowych, dodatek proszku z miąższu dyni korzystnie wpływa na percepcję barwy przekąsek ekspandowanych [Nor i in. 2013]. Dodatek imbiru powodował niewielki, ale istotny statystycznie spadek parametru jasności barwy ( $L^*$ ), natomiast wzrost zawartości czosnku przyczyniał się do wzrostu jasności barwy przekąsek zbożowo-cukiniowo-brokułowych.

Analiza parametrów barwy  $a^*$  i  $b^*$  pozwala na stwierdzenie, że chrupki z dodatkiem dyni charakteryzowały się większym udziałem barwy czerwonej i żółtej niż chrupki z dodatkiem cukinii i brokułów.

Uzyskane krzywe penetracji charakteryzowały się nieregularnym kształtem typowym dla kruchych i chrupkich produktów zbożowych (rys. 2). Typowe dla charakterystyk mechanicznych tego typu produktów jest ich postrzępienie, które odzwierciedla pożądane cechy tekstury [Roudaut i in. 2002].



Rys. 2. Krzywa penetracji chrupiek zbożowo-dyniowych

Fig. 2. Penetration curve of cereal-pumpkin snacks

Postrzępienie krzywych jest w literaturze opisywane za pomocą trzech parametrów: liczby pików siły, średniego spadku siły w pikie oraz tzw. odległości liniowej. Parametry te zostały przedstawione w tabeli 3. Chrupka, delikatna tekstura produktu objawia się dużą liczbą niewielkich pików siły, dużą odległością liniową oraz stosunkowo niewielkim spadkiem siły w pikie – takie właśnie parametry uzyskano w przypadku badanych chrupiek. Uzyskane przebiegi krzywych były zbieżne z prezentowanymi w literaturze wyznaczonymi podczas odkształcania ekstrudatów [Sealeaw i Schleining 2011, Gondek i in. 2013, Jakubczyk i in. 2015].

W tabeli 3 przedstawiono wybrane mechaniczne wyróżniki tekstury uzyskane podczas testu penetracji chrupiek bez dodatków smakowych (warianty Z-D i Z-C-B), z uwagi na fakt, że dodatek przypraw nie wpływał na przebieg krzywych penetracji. Siły, jakie zarejestrowano przy określonym odkształceniu można interpretować jako wskaźnik twardości produktu. Według literatury, korelują one z sensorycznie postrzeganą twardością produktu [Primo-Martin i in. 2010]. Pęksa i inni [2015] badali wpływ różnego

Tabela 3. Wybrane właściwości mechaniczne chrupkek-zbożowo-warzywnych bez dodatków smakowych

Table 3. The selected mechanical properties of vegetable - cereal snacks without flavoring

Produkt Product	Kod próbki Sample code	Pole pod krzywą penetracji Area under penetration curve [N·s]	Siła przy odkształ- ceniu 30% Force at 30% strain [N]	Siła przy maksy- malna Maximal force [N]	Liczba pików siły Number of force peaks	Średni spadek siły w piku Average drop off [N]	Odległość liniowa Linear distance [N·mm]
Chrupki zbożowo- -dyniowe Cereal- -pumpkin snacks	Z-D	85a	43a	87a	15a	2,2a	712a
Chrupki zbożowo- -cukiniowo- brokułowe Cereal- -zucchini- -broccoli snacks	Z-C-B	110b	51a	94a	26b	1,9a	840b

Wartości średnie oznaczone tą samą literą (w kolumnach) nie różnią się między sobą statystycznie istotnie przy  $\alpha = 0,05$ .

Mean values marked by the same small letter (in the columns) do not differ significantly at  $\alpha = 0.05$ .

rodzaju dodatków na wybrane właściwości chrupkek kukurydzianych. Stwierdzili, że dodatek sproszkowanego miąższu dyni do mieszanki wpływał na twardość produktu, obniżając siłę potrzebną do jego przecięcia. W niniejszej pracy również zaobserwowano, że chrupki z dodatkiem dyni charakteryzowały się niższymi wartościami siły niż chrupki z dodatkiem cukinii i brokułów.

## WNIOSKI

Uzyskane w ramach pracy przekąski zbożowo-warzywne cechowały się zadowalającymi właściwościami fizycznymi i funkcjonalnymi. Zawartość wody i aktywność wody mieściła się w przedziale wartości zapewniających odpowiednie cechy tekstury oraz stabilność przechowalniczą. Gęstość i porowatość, jak również mechaniczne deskryptory tekstury, wskazywały, że uzyskane produkty cechowały się delikatną porowatą strukturą, która na ogół łączy się z korzystnie postrzeganą teksturą produktu. Chrupki cukiniowo-brokułowe były nieco bardziej twarde niż dyniowe, a dodatkowo ich charakterystyki mechaniczne cechowały się większą liczbą pików siły. Analiza współczynników wodochłonności i rozpuszczalności suchej masy (WAI i WSI) pozwala na stwierdzenie, że uzyskane chrupki charakteryzowały się zadowalającą strawnością. Dodatek takich przypraw

jak imbir, cynamon i czosnek wpływał znacząco jedynie na parametry barwy badanych chrupków zbożowo-warzwywnych, nie modyfikował ich gęstości, strawności ani cech mechanicznych.

## LITERATURA

- Anderson R.A., Conway H.F., Peplinski A.K., 1970. Gelatinization of corn grits by roll cooking, extrusion cooking and steaming. *Starch* 22, 130–134.
- Bisharat G., Katsavou I., Panagiotou N., Krokida M., Maroulis Z., 2015. Investigation of functional properties and color changes of corn extrudates enriched with broccoli or olive paste. *Food Sci. Techn. Int.* 21(8), 613–630.
- Bouvier J.M., Campanella O.H., 2014. *Extrusion Processing Technology: Food and Non-Food Biomat.* Wiley-Blackwell.
- Chanvrier H., Jakubczyk E., Gondek E., Gumy J.C., 2014. Insights into the texture of extruded cereals: Structure and acoustic properties. *Innov. Food Sci & Emerg.* 24, 61–68.
- Ekielski A., Majewski Z., Żelaziński T., 2008. Wpływ składu mieszanki na gęstość i rozpuszczalność ekstrudatu kukurydziano-gryczanego. *Inżynieria Rolnicza* 99(1), 93–97.
- Gondek E., Jakubczyk E., Herremans E., Verlinden B., Hertog M., Vandendriessche T., Verboven P., Antoniuk A., Bongaers E., Estrade P., Nicolai B., 2013. Acoustic, mechanical and structural properties of extruded crisp bread. *J. of Cereal Sci.* 58, 132–139.
- Gondek E., Lewicki P.P., 2006. Antiplasticization of cereal-based products by water. Part II: Breakfast cereals. *J. Food Eng.* 77(3), 644–652.
- Harper J.M., 1981. *Extrusion of Foods.* CRC Press, Boca Raton, USA.
- Hwang M.P., Yakawa K., 1980. Bulk densities of cookies undergoing commercial baking processes. *J. Food Sci.* 45(5), 1400–1402.
- Jafari M., Koocheki A., Milani E., 2017. Effect of extrusion cooking on chemical structure, morphology, crystallinity and thermal properties of sorghum flour extrudates. *J. Cereal Sci.* 75, 324–331.
- Jakubczyk E., Gondek E., Tryzno E., 2017. Application of novel acoustic measurement techniques for texture analysis of co-extruded snacks. *LWT – Food Sci. Techn.* 75, 582–589.
- Jakubczyk E., Linde M., Gondek E., Kamińska-Dwórznicza A., Samborska K., Antoniuk A., 2015. The effect of phytosterols addition on the textural properties of extruded crisp bread. *J. Food Eng.* 167, 156–161.
- Kunachowicz H., Przygoda B., Nadolna I., Iwanow K., 2017. Tabele składu i wartości odżywczej żywności. PZWL, Warszawa.
- Łukaszewicz N., Zapotoczny P., 2012. Pomiar barwy w żywności. *Laboratorium – Przegl. Ogólnopolski* 7–8, 58–65.
- Marzec A., Kowalska H., Suwińska S., 2012. Wpływ rodzaju i udziału tłuszczu w recepturze ciastek kruchych na ich właściwości akustyczne. *Acta Agroph.* 193, 611–620.
- Marzec A., Lewicki P.P., 2006. Antiplasticization of cereal-based products by water, Extruded Flat bread, Part I. *J. of Food Eng.* 73, 1–8.
- Nor M.N., Carr A., Hardacre A., Brennan C.S., 2013. The development of expanded snack product made from pumpkin flour-corn grits: Effect of extrusion conditions and formulations on physical characteristics and microstructure. *Foods* (2), 160–169.
- Obradović V., Babić J., Šubarić D., Jozinović D., Ačkar D., Klarić I., 2013. Influence of dried Hokkaido pumpkin and ascorbic acid addition on chemical properties and colour of corn extrudates. *Food Chem.* 183, 15, 136–143.

- Pęksa A., Rytel E., Tajner-Czopek A., Kita A., Danilcenko H., Jarenie E., Figiel A., Lech K., Miedzianka J., Drożdż W., 2015. Wpływ surowca i parametrów procesu na cechy sensoryczne i fizyczne ekstrudowanych przekąsek. *Zywn-Nauk Technol. Ja* 3(100), 176–189.
- Praca zbiorowa 2016. *Dietetyka. Żywność, żywienie w prewencji i leczeniu*. Red. Jarosz M. Wydawnictwo Instytutu Żywności i Żywienia, Warszawa.
- Primo-Martín G., van Dalen M.B.J., Meindersa A., Don R.H., Hamerad T., van Vliet, 2010: Bread crispness and morphology can be controlled by proving conditions. *Food Research International* 43(1), 207–217.
- Roudaut G., Dacremont C., Pamies B.V., Colas B., Le Meste M., 2002. A critical review on sensory and material science approaches. *Trends in Food Sci. and Techn.* 13, 217–227.
- Rzedzicki Z., Wirkijowska A., 2006. Badania składu chemicznego wybranych kukurydzianych zbóż śniadaniowych ze szczególnym uwzględnieniem składu frakcyjnego błonnika pokarmowego. *Bromat. Chem. Toksykol.* 39S, 97–102.
- Rzedzicki Z., Wirkijowska A., 2008. Charakterystyka składu chemicznego przetworów jęczmieniowych ze szczególnym uwzględnieniem składu frakcyjnego błonnika pokarmowego. *Zywn-Nauk Technol. Ja.* 1(56), 52–64.
- Saeleaw M., Schleining G., 2011. A review: Crispness in dry foods and quality measurements based on acoustic–mechanical destructive techniques. *J. of Food Eng.* 105(3), 387–399.
- Tumuluru J.S., 2016. *Snack Foods: Role in Diet in: Encyclopedia of Food and Health*, Elsevier, 6–12.
- Wójtowicz A., Oniszczuk A., Oniszczuk T., Kocira S., Wojtunik K., Mitrus M., Kocira A., Widelski J., Skalicka-Woźniak K., 2017. Application of Moldavian dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.) leaves addition as a functional component of nutritionally valuable corn snacks. *J. Food Sci. Techn.* 54, 10, 3218–3229.
- Wójtowicz A., Kozak M., Lewandowska Z., 2014. Wybrane właściwości prażynek ziemniaczanych z dodatkiem otrąb zbożowych. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* 577, 115–124.
- Wójtowicz A., Kolasa A., Mościcki L., 2013. The influence of buckwheat addition on physical properties, texture and sensory characteristic of extruded corn snacks. *Polish J. Food Nutr. Sci.* 63, 4, 239–244.
- Wójtowicz A., Pasterniak E., Juško S., Hodara K., Kozłowicz K., 2012. Wybrane cechy jakościowe chrupek kukurydzianych z dodatkiem odtłuszczonych nasion lnu. *Acta Sci. Pol., Technica Agraria* 11(3–4), 25–33.
- Zieliński T., 2013. Wpływ dodatku gryki na zmiany barwy ekstrudatu kukurydzianego, *Post. Techn. Przetw. Spoż.* (2), 25–30.

## THE HIGH-FIBRE VEGETABLE AND CEREAL BASED SNACKS – ANALYSIS OF SELECTED PHYSICAL AND FUNCTIONAL PROPERTIES

**Summary.** The aim of this work was to produce vegetable and cereals snacks with high content of fibre as well as to evaluate their selected physical and functional properties. Snacks were produced by the manufacturing plant WITPOL Ltd in Radom. The recipes were prepared taking into consideration recommendations of the National Food and Nutrition Institute in order to the increase fruit, vegetable and dietary fibre intake. The selected properties were studied: water activity (Hygrolab, Rotronic), water content, geometric and apparent density, porosity (helium pycnometer Quantachrome Instruments), color using CIE L\*a\*b\* system (Konica Minolta), the mechanical properties during penetration test

(texture analyser TA-HDplus, Stable Micro System), water adsorption index WAI, water solubility index WSI. Water activity of snacks was low but typical for crispy cereal snacks (0.368-0.393). The average porosity of obtained snacks was about 85%. The geometric density of materials was differentiated, cereal-zucchini-broccoli snacks characterised statistically lower geometric density and higher porosity than cereal-pumpkin products. The results of the penetration test showed that samples with addition of zucchini generated higher number of force peaks than snacks with pumpkin. The composition of snacks significantly affected the colour. The addition of garlic to zucchini-broccoli snacks caused the increase of brightness parameter, but the incorporation of ginger to cereal-pumpkin material led to the decrease of brightness parameter. Water solubility index WSI was in the range from 11.47 to 14.01%. Water absorption index WAI varied from 4.81 to 7.43 g·g<sup>-1</sup>. The obtained snacks characterised the satisfactory physical and functional properties. The water content and water activity were in the range of values which guarantee the appropriate textural features and storage stability. The values of mechanical descriptors of texture as well as density and porosity indicated the porous structure of snacks which can be linked with favourably perceived texture of product by consumers. The addition of spices (ginger, cinnamon, garlic) considerably affected the color of cereal and vegetable snacks. The presence of spices did not modify the density, mechanical properties and digestibility of snacks. The higher values of force at selected strain were obtained for samples with zucchini and broccoli than for snacks pumpkin which indicated their higher hardness.

**Key words:** vegetable cereal snacks, physical properties, color, density, WAI, WSI