

**Ewa Gondek, Dorota Nowak, Ewa
Jakubczyk, Anna
Kamińska-Dwórznička, Katarzyna
Samborska**

**Wybrane właściwości zyczne
ekstrudowanego pieczywa
bezglutenowego wzbogaconego
dodatkiem mąki z żołądźi**

Zeszyty Naukowe Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej im. Witelona w
Legnicy 20 (3), 33-41

2016

Artykuł został opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej bazhum.muzhp.pl, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach
dozwolonego użytku.

Ewa Gondek, Dorota Nowak

Szkoła Główna Turystyki i Rekreacji w Warszawie, Wydział Turystyki i Rekreacji
e.gondek@vistula.edu.pl

Ewa Jakubczyk, Anna Kamińska-Dwórznicza, Katarzyna Samborska

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Wydział Nauk o Żywności

Wybrane właściwości fizyczne ekstrudowanego pieczywa bezglutenowego wzbogaconego dodatkiem mąki z żołądzi

STRESZCZENIE

W pracy badano wpływ dodatku mąki z żołądzi na wybrane właściwości fizyczne bezglutenowego pieczywa ryżowego otrzymanego metodą ekstruzji. Badano gęstość oraz porowatość pieczywa, określono właściwości mechaniczne i akustyczne podczas testu penetracji. Wykazano, że dodatek mąki z żołądzi pogarszał współczynnik ekspandowania, powodował wzrost gęstości pozornej oraz niewielki spadek porowatości, ale nie wpływało to na twardość materiału określoną za pomocą siły maksymalnej. Badania aktywności akustycznej wykazały, że obie badane próby pieczywa cechowały się znaczną chrupkością. Dodatek mąki z żołądzi nie miał wpływu na amplitudę i czas trwania dźwięku, ale powodował istotny statystycznie wzrost liczby zdarzeń akustycznych, co zostało zarejestrowane zarówno metodą kontaktową, jak i mikrofonową.

Stwierdzono, że dodatek mąki z żołądzi poza poprawą walorów żywieniowych, miał również korzystny wpływ na teksturę pieczywa ryżowego.

Słowa kluczowe: tekstura, pieczywo bezglutenowe, właściwości fizyczne, mąka z żołądzi.

Wstęp

Według zaleceń IŻŻ w Warszawie zapotrzebowanie organizmu na węglowodany wynosi, w zależności od wieku i stanu fizjologicznego, od 45 do 75% całkowitego zapotrzebowania energetycznego. Najistotniejszym źródłem zalecanych przez żywieniowców węglowodanów złożonych w diecie człowieka są produkty pochodzenia zbożowego. Zawierają one jednocześnie wiele witamin, zwłaszcza z grupy B, składników mineralnych oraz cennego błonnika. Jednak najczęściej wykorzystywane w piekarstwie zboża, takie jak pszenica, żyto czy owies, zawierają gluten – kompleks gluteniny i gliadyny, substancji białkowych, który nie jest tolerowany przez ludzi cierpiących na celiakię [Darewicz i in. 2011, Internet 1]. Z niewiadomych przyczyn liczba osób cierpiących na nietolerancję białek glutenowych na całym świecie rośnie i wynosi obecnie ok 2,5% populacji kobiet i 1,7% mężczyzn [Lohi i in., 2007; Internet 1].

Zbożowe produkty bezglutenowe produkowane są najczęściej na bazie kaszki kukurydzianej lub mąki ryżowej, czyli surowca o dość niskich walorach odżywczych, dlatego wiele badań poświęcono próbom wzbogacania wartości odżywczej produktów bezglutenowych poprzez dodatek mąki gryczanej, amarantusowej [Ekielski i in., 2006; Wójtowicz i in., 2012; Gondek i in., 2014, Wójtowicz in., 2013], jak również suszonych warzyw i owoców [Camire i in., 2007; Dehghan-Shoar i in., 2010; Nayak i in., 2011]. Współczesny konsument, który obawia się żywności wysoko przetworzonej, zawierającej znaczne ilości dodatków chemicznych coraz częściej sięga po produkty będące pokarmem człowieka w przeszłości. Od kilkunastu lat powszechnie stosuje się w piekarstwie pszenicę orkisz, znaną już w starożytności, która przez setki lat nie miała większego znaczenia gospodarczego. Innym przykładem takich surowców jest bogata w witaminy i mikroelementy mąka kasztanowa, z dodatkiem której produkuje się obecnie bezglutenowe pieczywo kasztanowo-ryżowe [Internet 2] oraz mąka z żołądź. Również żołądź, które były pożywieniem dla ludzi w dawnych czasach, powracają do łask [Łuczaj, 2011]. Współczesne badania wykazały ich wysoką wartość odżywczą, produkuje się z nich mąkę, która ma wiele zastosowań w kuchni. W porównaniu do mąki pszennej mąka z żołądź jest kilkakrotnie bogatsza w potas, wapń i magnez, zawiera wiele witamin, zwłaszcza z grupy B (szczególnie dużo witaminy B₆ i kwasu foliowego), zawiera także dużo (16%) błonnika oraz ponad 5% nienasyconych kwasów tłuszczowych [Internet 3]. Zawartość białka wynosi około 8%, a co bardzo istotne – żołądź i uzyskana z nich mąka nie zawierają glutenu i mogą być włączone do diety osób chorych na celiakię. Mąka z żołądź cechuje się specyficznym, lekko cierpkim smakiem wynikającym z obecności tanniny, co powoduje, że wzbogaca smak przygotowywanych z jej udziałem potraw, dlatego coraz częściej stosowana jest w kuchni [Pinna, 2013; Łuczaj i in., 2014]. W diecie osób cierpiących na celiakię szczególnie miejsce zajmują produkty ekstrudowane, wynika to z faktu, że porowata struktura, którą się cechują, powstaje na skutek przemian fizycznych zachodzących podczas ekstruzji i do jej wytworzenia nie jest potrzebny gluten, jak to ma miejsce w tradycyjnej technologii piekarstwa. Ekstrudowane pieczywo chrupkie należy do grupy produktów, w przypadku których właściwości fizyczne, w tym porowatość, cechy mechaniczne i akustyczne, są niezmiernie istotne, ważniejsze nawet od smaku, bowiem kształtują one teksturę produktu [Saeleaw i Schleinig, 2011], dlatego celem podjętych badań była analiza wpływu dodatku mąki z żołądź na wybrane właściwości fizyczne pieczywa bezglutenowego uzyskanego na bazie mąki ryżowej.

Metodyka

Material

Material badawczy stanowiło pieczywo chrupkie ryżowe o składzie: mąka ryżowa (97,1%), cukier (1,9%) i sól (1%), oraz pieczywo ryżowe z dodatkiem mąki z żołądź o składzie: mąka ryżowa (87,4%), mąka z żołądź (9,7%), cukier (1,9%) i sól (1%), wyprodukowane na potrzeby niniejszego eksperymentu w warunkach przemysłowych przez lokalnego producenta. Proces ekstruzji prowadzono w urządzeniu dwuślimakowym BC45 firmy Cletral ($T = 175^{\circ}\text{C}$, $p = 68$ bar, dozowanie surowca 35 min^{-1} , obroty ślimaków 166 min^{-1}). Parametry ekstruzji zostały dobrane przez producenta pieczywa w oparciu o wstępne próby technologiczne. Pieczywo do badań dostarczono w opakowaniach jednostkowych o wysokiej barierowości dla pary wodnej i tlenu.

Metody badawcze

Zawartość wody zmierzono zgodnie z Polską Normą [PN-84/A-86361], aktywność wody wyznaczono w urządzeniu Hygroskop DT 2 firmy Rotronic w 25°C z dokładnością $\pm 0,003$.

Współczynnik ekspadowania obliczono jako iloraz pola przekroju poprzecznego próbki i powierzchni szczeliny dyszy ekstrudera. Gęstość geometryczna wyznaczona została z ilorazu masy i objętości badanej próbki. Gęstość piknometryczną pieczywa wyznaczono za pomocą piknometru helowego Stereopycnometr SPY-6DC firmy Quantachrome Instruments.

Właściwości tekstualne

Właściwości mechaniczne badano za pomocą teksturometru Stable Micro System TA. HD plus z zastosowaniem testu penetracji (końcówka cylindryczna P/36R, odkształcenie 80% początkowej wysokości, prędkość 1 mm/s). Rejestrację efektów akustycznych towarzyszących penetracji prowadzono dwukanałowo, za pomocą akcelerometru piezoelektrycznego 4507B Bruel&Kjaer oraz mikrofonu 4189 Bruel&Kjaer (Naerum, Danmark). Do analizy dźwięku generowanego przez odkształcany materiał wykorzystano system akustycznego detektora obwiedni AED (Acoustic Envelope Detector, Stable Micro Systems, Godalming, UK). Badania właściwości mechanicznych i akustycznych prowadzono w 20 powtórzeniach zgodnie z metodyką opisaną w pracy Gondek i in. [2013b].

Na podstawie krzywych penetracji wyznaczono: pracę jako pole pod krzywą penetracji (czas–siła) pomnożone przez prędkość przesuwu głowicy, siłę maksymalną oraz liczbę pików siły. Obliczono parametry pojedynczego impulsu akustycznego: amplitudę, średnią energię pojedynczego zdarzenia, czas trwania pojedynczego zdarzenia oraz całkowitą liczbę zdarzeń zarejestrowanej emisji akustycznej. Dla sygnału dźwiękowego rejestrowanego poprzez system detektora AED wyznaczono maksymalny i średni poziom ciśnienia akustycznego (SPL) oraz liczbę pików akustycznych przy wartości progowej 10 dB.

Współczynnik chrupkości wyznaczono jako iloraz liczby zdarzeń akustycznych i pracy penetracji [Marzec i in., 2005].

Metody statystyczne

Średnie wartości wilgotności, gęstości oraz współczynnika ekspansji porównano za pomocą testu Tukeya. Do porównania wartości średnich uzyskanych deskryptorów akustycznych i mechanicznych, wobec stwierdzenia niejednorodności wariancji, zastosowano test Kruskala-Wallisa, wnioskowanie statystyczne prowadzono przy $\alpha=0,05$.

Wyniki i dyskusja

Zawartość wody w uzyskanym pieczywie chrupkim wynosiła 6,15–6,94%, co odpowiadało aktywności wody z zakresu 0,325–0,317. Zbliżone zawartości i aktywności wody w pieczywie chrupkim stwierdzono w pracy Gondek i in. [2013a], Marzec i Lewicki [2007]

i Jakubczyk i in. [2015]. Według Marzec i Lewickiego [2007] takie wartości zawartości i aktywności wody gwarantują wysoką stabilność przechowalniczą produktu, pod warunkiem zastosowania opakowania o odpowiedniej barierowości dla pary wodnej. Dodatek mąki z żółdzi do ekstrudowanej mieszanki spowodował nieznaczny wzrost zawartości wody w ekstrudacie, ale nie wpłynął istotnie na jego aktywność wody (tabela 1), podobnie zastosowane w pracy Gondek i in. (2013a) dodatki mąki gryczanej i amarantusowej nie zmieniły istotnie zawartości wody i aktywności wody produktu gotowego.

Tabela 1. Właściwości fizyczne pieczywa chrupkiego

Table 1. Physical properties of extruded crisp bread

Rodzaj pieczywa	Zawartość wody [%]	Aktywność wody	Gęstość geometryczna [g·cm ⁻³]	Gęstość piknometryczna [g·cm ⁻³]	Porowatość [%]	Współczynnik ekspansji
Pieczywo ryżowe	6,15±0,18 ^a	0,325±0,13 ^a	0,131±0,06 ^a	1,301±0,004 ^a	89,93	153,55±2,63 ^b
Pieczywo ryżowe z dodatkiem mąki z żółdzi	6,94±0,23 ^b	0,317±0,24 ^a	0,189±0,01 ^b	1,533±0,010 ^a	87,67	144,22±4,93 ^a

Wartości średnie oznaczone tymi samymi literami w kolumnach nie różnią się istotnie przy $\alpha=0,05$. Mean values followed by the same letter do not differ significantly at $\alpha=0,05$.

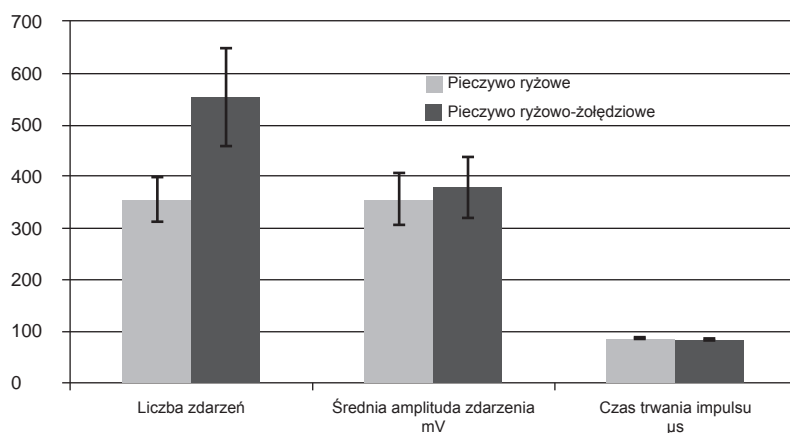
Współczynnik ekspansji wyznaczony na podstawie stosunku wymiarów porzecznych ekstrudatu i pola powierzchni szczeliny matrycy ekstrudera był w obu przypadkach wysoki i wskazywał, że uzyskany produkt cechuje silnie porowata, wyekspandowana struktura (tabela 1). Na stopień ekspandowania, poza parametrami procesu ekstruzji, wpływa istotnie skład przetwarzanej mieszanki, zwłaszcza jakość skrobi (stosunek amylozy do amylopektyny), obecność białka, tłuszczu, błonnika, a także niektórych składników mineralnych [Ding i in., 2005; Pęksa, 2007]. Dodatek mąki z żółdzi spowodował niewielki, ale istotny statystycznie spadek stopnia wyekspandowania, wzrost gęstości geometrycznej oraz piknometrycznej produktu. Pieczywo z dodatkiem mąki z żółdzi cechowało się ponadto niższą niż ryżowe porowatością otwartą. Efekt taki ma z pewnością związek z dość dużą zawartością błonnika oraz substancji mineralnych i tłuszczu w mące z żółdzi. W pracy Gondek i in. [2013a] badano wpływ dodatku substancji bioaktywnych wzbogacających wartość odżywczą pieczywa kukurydzianego na jego właściwości fizyczne. Stwierdzono, że dodatek mąki z gryki i amarantusa również istotnie wpływał na stopień ekspandowania, porowatość i gęstość pieczywa kukurydzianego.

Uzyskane w pracy krzywe penetracji obu badanych rodzajów pieczywa charakteryzowały się nieregularnym przebiegiem, typowym dla produktów kruchych i chrupkich z licznymi pikami (tabela 1). Duża liczba pików rejestrowanych podczas penetracji lub ściskania zdaniem wielu badaczy świadczy o chrupkiej teksturze, co jest wysoce pożądane przez konsumentów [Roudaut i in., 2002; Arimi i in., 2010; Saeleaw i Schleinig, 2011; Gondek i in., 2013ab; Jakubczyk i in., 2015].

Badane produkty nie różniły się istotnie wartością siły maksymalnej, która wynosiła średnio 359,15 N dla pieczywa ryżowego bez dodatków i 319,74 N dla pieczywa ryżowego z dodatkiem mąki z żółdzi. Według danych literaturowych siła maksymalna jest często

skorelowana z sensorycznie ocenianą twardością materiału [Primo Martin i in., 2010; Saeleaw i Schleining, 2011]. Pieczywo z dodatkiem mąki z żołądźi cechowało się istotnie niższą od ryżowego wartością pracy penetracji, w innych badaniach nie stwierdzono wpływu dodatku mąki gryczanej i ryżowej na pracę penetracji [Marzec i in., 2005; Gondek i in., 2013a]. Dodatek mąki z żołądźi pomimo spadku wartości pracy penetracji spowodował istotny, 75-procentowy, wzrost liczby pików siły. Efekt ten należy uznać za pozytywny z uwagi na pogląd, że ich powstawanie łączy się z pękaniem pojedynczych elementów strukturalnych odkształcanego materiału, a duża liczba pików siły i towarzyszących im zdarzeń akustycznych oznacza na ogół chrupką, lubianą przez konsumenta teksturę [Arimi i in., 2010; Saeleaw i Schleining, 2011].

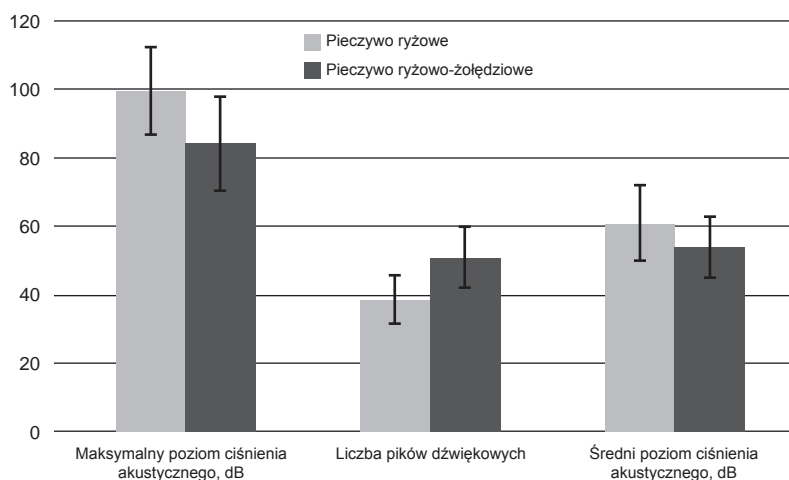
Liczba prac, w których do oceny właściwości teksturalnych zastosowano metody akustyczne w ostatnich latach istotnie się zwiększyła. Metody te dostarczają wielu cennych informacji na temat struktury i tekstury żywności. Wykazano, że w przypadku niektórych produktów, do których zalicza się pieczywo chrupkie, właściwości akustyczne mają większy udział w ogólnej percepcji tekstury niż cechy mechaniczne. Na rysunku 1 przedstawiono deskryptory emisji akustycznej zarejestrowane za pomocą czujnika piezoelektrycznego. Sygnał zarejestrowany podczas odkształcania badanych próbek pieczywa miał postać dyskretną szeregu krótkich impulsów akustycznych o zmiennej amplitudzie i czasie trwania 83–85 μ s.



Rysunek 1. Deskryptory emisji akustycznej towarzyszącej penetracji pieczywa chrupkiego

Figure 1. Acoustic emission descriptors of investigated bread sample

Dodatek mąki z żołądźi nie wpływał na amplitudę emitowanego sygnału, na średnią energię pojedynczych impulsów ani na czas ich trwania. Istotnie statystycznie różniła się jedynie liczba generowanych zdarzeń akustycznych. Analogiczne zależności stwierdzono podczas obróbki cyfrowej sygnału uzyskanego z detektora obwiedni akustycznej. Choć średni i maksymalny poziom energii akustycznej w przypadku pieczywa z dodatkiem zmielonych żołądźi był niższy, to całkowita liczba zarejestrowanych zdarzeń istotnie wyższa (rys. 2). Współczynnik chrupkości określony według zależności zaproponowanej przez Marzec i in. [2005] wyznaczony w oparciu o zastosowane metody pomiaru cech akustycznych przedstawiono w tabeli 2. Obie zastosowane w pracy metody pomiarowe wykazały poprawę tekstury pieczywa ryżowego poprzez wprowadzenie do niego mąki z żołądźi.



Rysunek 2. Deskryptory dźwięku wyznaczone za pomocą detektora obwiedni akustycznej AED
Figure 2. Sound descriptors determined with application of the acoustic envelope detector (AED)

Tabela 2. Właściwości teksturalne pieczywa chrupkiego uzyskane na podstawie testu penetracji

Table 2. Textural properties of extruded crisp bread obtained during penetration test

Rodzaj pieczywa	Siła maksymalna [N]	Praca penetracji [mJ]	Liczba pików siły	Współczynnik chrupkości (liczba zdarzeń EA)	Współczynnik chrupkości (liczba zdarzeń AED)
Pieczywo ryżowe	359,15±100,22 ^a	588,55±47,23 ^a	38,21±18,79 ^a	0,596±0,21 ^a	0,063±0,011 ^a
Pieczywo ryżowe z dodatkiem mąki z żółdzi	319,74±43,46 ^a	532,74±129,87 ^b	51,24±14,28 ^b	1,056±0,23 ^b	0,094±0,023 ^b

Wartości średnie oznaczone tymi samymi literami w kolumnach nie różnią się istotnie przy $\alpha=0,05$. Mean values followed by the same letter do not differ significantly at $\alpha=0,05$.

Podsumowanie i wnioski

Uzyskane w pracy wyniki potwierdzają możliwość zastosowania mąki z żółdzi jako składnika wzbogacającego wartość odżywczą pieczywa dla osób na diecie bezglutenowej. Dodatek mąki z żółdzi powodował nieznaczny wzrost zawartości wody w ekstrudacie, nie powodując jednocześnie zmiany jego aktywności wody, która była na poziomie bezpiecznym z punktu widzenia stabilności mikrobiologicznej oraz przemian fizycznych i chemicznych powodujących psucie się żywności. Wzbogacenie wartości odżywczej pieczywa

ryżowego o dodatek mąki z żołądźci powodowało istotny statystycznie wzrost jego gęstości oraz spadek współczynnika ekspansji i porowatości otwartej, jednak pomiary właściwości mechanicznych i akustycznych wykazały, że dodatek mąki z żołądźci nie spowodował niekorzystnych zmian w teksturze pieczywa. Co więcej, wzrost liczby pików siły oraz aktywności akustycznej mierzonej liczbą generowanych zdarzeń akustycznych, niezależnie od zastosowanej metody rejestracji dźwięku, wskazuje, że pieczywo ryżowe z dodatkiem mąki z żołądźci cechowało się bardziej delikatną, chrupką teksturą w porównaniu do pieczywa ryżowego bez dodatków.

Bibliografia

- Arimi J.M., Duggan E., O'Sullivan M., Lyng J.G., O'Riordan E.D., 2010, *Development of an acoustic measurement system for analyzing crispiness during mechanical and sensory testing*, Journal of Texture Studies, 41, 320–340.
- Camire M.E., Dougherty M.P., Briggs J.L., 2007, *Functionality of fruit powders in extruded corn breakfast cereals*, Food Chemistry, 10 (12), 765–770.
- Darewicz M., Dziuba J., Jaszczak L., 2011, *Celiakia – aspekty molekularne, technologiczne, dietetyczne*, Przemysł Spożywczy, (1) 2, 19–22.
- Dehghan-Shoar Z., Hardacre A.K., Charles S., Brennan Ch. S., 2010, *The physico-chemical characteristics of extruded snacks enriched with tomato lycopene*, Food Chemistry, 123(4), 1117–1122.
- Ding Q.-B., Ainsworth P., Tucker G., Marson H., 2005, *The effect of extrusion conditions on the physicochemical properties and sensory characteristics of rice-based expanded snacks*, Journal of Food Engineering, 66, 283–289.
- Ekielski A., Majewski Z., Żelaziński T., 2006, *Wpływ dodatku gryki na własności ekstrudatu kukurydzianego*, Inżynieria Rolnicza, 7(82), 155–161.
- Gondek E., Jakubczyk E., Herremans E., Verlinden B., Hertog M., Vandendriessche T., Verboven P., Antoniuk A., Bongaers E., Estrade P., Nicolai B., 2013b, *Acoustic, mechanical and structural properties of extruded crisp bread*, Journal of Cereal Science, 58, 132–139.
- Gondek E., Jakubczyk E., Wieczorek B., 2013a, *Właściwości fizyczne bezglutenowego pieczywa chrupkiego*, Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, 574, 29–38.
- Gondek E., Jakubczyk E., Stasiak M., Królikowski K., 2014, *Wpływ dodatków wzbogacających wartość odżywczą na teksturę bezglutenowego pieczywa chrupkiego*, Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, 578, 49–60.
- Internet 1, <http://celiakia.net.pl>
- Internet 2, <http://www.incola.com.pl/produkty/pieczywo-chrupkie-ryzowo-kasztanowe-bezglutenowe>
- Internet 3, http://darynatury.pl/Produkt/Maka_z_zoledzi___bez_glutenu_421#path
- Jakubczyk E., Linde M., Gondek E., Kamińska-Dwórznicza A., Samborska, Antoniuk A., 2015, *The effect of phytosterols addition on the textural properties of extruded crisp bread*. Journal of Food Engineering, 167, 156–161.

- Lohi K., Mustalahti K., Kaukinen K., 2007, *Increasing prevalence of coeliac disease over time*, *Alimentary Pharmacology Therapeutic*, 1:26(9), 1217–25.
- Łuczaj Ł., Adamczak A., Duda M., 2014, *Tannin content in acorns (*Quercus* spp.) from Poland*, *Dendrobiology*, 72.
- Łuczaj Ł., 2011, *Dziko rosnące rośliny jadalne użytkowane w Polsce od połowy XIX w. do czasów współczesnych*, *Etnobiologia Polska*, 1, 57–125.
- Marzec A., Lewicki P.P., Ranachowski Z., 2005, *Właściwości mechaniczne i akustyczne suchych produktów zbożowych*, *Inżynieria Rolnicza*, 9 (69), 207–214
- Marzec A., Lewicki P.P., Ranachowski Z., 2007, *Influence of water activity on acoustic properties of flat extruded bread*, *Journal of Food Engineering*, 79, 410–422.
- Nayak B., Berrios J.D.J., Powers J.R., Tang J., 2011, *Effect of extrusion on the antioxidant capacity and color attributes of expanded extrudates prepared from purple potato and yellow pea flour mixes*, *Journal of Food Science* 76(6), 874–883.
- Pęksa A., 2007, *Ekstruzja jako metoda produkcji wyrobów ekspandowanych*, *Seminaria Naukowe Wrocławskiego Towarzystwa Naukowego* 6(57).
- Pinna C., 2013, *Acorn bread: A traditional food of the past in Sardinia (Italy)*, *Journal of Cultural Heritage*, 14, 71–74
- Primo-Martín C., van Dalen G., Meinders M.B.J., Don A., Hamer R.H., Vliet van T., 2010, *Bread crispness and morphology can be controlled by proving conditions*, *Food Research International*, 43, 207–217.
- Roudaut G., Dacremont C., Pamies B.V., Colas B., Le Meste M., 2002, *Crispness: A critical review on sensory and material science approaches*, *Trends in Food Science and Technology*, 13, 217–227.
- Saeleaw M., Schleining G., 2011, *A review. Crispness in dry foods and quality measurements based on acoustic-mechanical destructive techniques*, *Journal of Food Engineering*, 105, 387–399.
- Wójtowicz A., Kolasa A., Mościcki L., 2013, *Influence of buckwheat addition on physical properties, texture and sensory characteristics of extruded corn snacks*, *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 63 (4), 239–244.
- Wójtowicz A., Pasternak E., Juško S., Hodara K., Kozłowicz K., 2012, *Wybrane cechy jakościowe chrupek kukurydzianych z dodatkiem odłuszczonych nasion Inu*, *Acta Scientiarum Polonorum. Technica Agraria*, 11, 25–33.

SUMMARY

Ewa Gondek, Dorota Nowak, Ewa Jakubczyk, Anna Kamińska-Dwórzniczka, Katarzyna Samborska,

Physical properties of extruded gluten-free bread enriched with acorn flour

The effect of acorn flour addition on the selected physical properties of gluten-free bread was investigated. The density and porosity of bread were tested as well as the mechanical and acoustic properties during penetration test were determined. It was shown that addition of acorn flour deteriorated the expansion index, caused an increase in apparent

density and a slight decrease in porosity. This addition did not affect hardness of material determined by maximal force. The measurement of acoustic activity showed that the investigated samples of bread were characterised by the considerable crispness. The addition of acorn flour did not affect the amplitude and duration of acoustic emission event but it led to a statistically significant increase of number of acoustic events which was registered using the contact as well as microphone method.

Key words: texture, gluten-free bread, physical properties, acorn flour.

Data wpływu artykułu: 02.06.2016 r.

Data akceptacji artykułu: 14.07.2016 r.