

Marta KOZAK ¹⁾, Zuzanna LEWANDOWSKA ²⁾, Agnieszka WÓJTOWICZ ²⁾, Paweł SOBCZAK ¹⁾

¹⁾ Katedra Inżynierii i Maszyn Spożywczych – Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

²⁾ Katedra Inżynierii Procesowej – Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Ocena stabilności i energochłonności ekstruzji pelletów ziemniaczanych wzbogaconych dodatkiem otrąb zbożowych

Streszczenie

W niniejszej pracy przedstawiono wyniki pomiarów wybranych parametrów procesu ekstruzji ziemniaczanych pelletów wzbogaconych dodatkiem otrąb zbożowych oraz ich wpływ na stopień ekspandowania wytwarzanych ekstrudatów. Proces ekstruzji prowadzono przy stałej prędkości obrotowej ślimaka z zastosowaniem układu plastyfikującego z instalacją intensywnego chłodzenia, ciasto formowano w matrycy szczelinowej w postaci wstęgi, którą następnie cięto do postaci pelletów. W trakcie badań obserwowano stabilność procesu, rejestrując temperatury w poszczególnych sekcjach ekstrudera, mierzono wydajność procesu w zależności od rodzaju i ilości zastosowanego dodatku otrąb zbożowych oraz wyznaczono wskaźnik ekspandowania ekstrudatu. Zaobserwowano, że zarówno ilość, jak i rodzaj użytych otrąb zbożowych w recepturze wpływały na oceniane parametry procesu ekstruzji pelletów ziemniaczanych. Zwiększenie udziału otrąb zbożowych w recepturze pelletów spowodowało obniżenie ekspandowania ekstrudatów.

Słowa kluczowe: ekstruzja, pellety ziemniaczane, żywność funkcjonalna, otręby zbożowe, ekspandowanie

Evaluation of process stability and energy consumption of potato pellets enriched with addition of cereal bran

Summary

This paper presents the results of selected processing parameters of potato pellets enriched with cereal bran addition made by extrusion-cooking and effect of type and amount of additive on expansion of products. Processing of pellets was performed with constant screw rpm with single screw extruder with modified cooling barrel section. Pellets were shaped as sheet of dough in special design forming die and cut on the same size. During the extrusion-cooking of pellets process stability was registered by the temperature measurements in all the barrel sections. Process efficiency and expansion ratio was measured according to the type and amount of used cereal bran. It was concluded both the type and amount of cereal bran used in the experiments affected on tested processing parameters. Increasing amount of cereal bran resulted in decreasing of expansion ratio of pellets.

Key words: extrusion-cooking, potato pellets, functional food, cereal bran, expansion ratio

Wykaz oznaczeń:

SME – wskaźnik specyficznego zapotrzebowania energii mechanicznej [kWh·kg⁻¹],

N_s – obroty ślimaka [obr·min⁻¹],

N_{max} – znamionowe obroty ślimaka [obr·min⁻¹],

O – obciążenie silnika [A],

P – moc [W],

Q – wydajność procesu [kg·h⁻¹].

Wprowadzenie

Zarówno w Polsce, jak i na świecie, obserwuje się wzrost spożycia żywności przekąskowej. Spowodowane jest to systematycznym pojawianiem się coraz większej liczby tego typu produktów, przyciągających klientów nowymi smakami i ciekawymi kształtami. Przekąski nie są uznawane za zasadnicze posiłki, lecz jako produkty spożywane pomiędzy nimi, dostarczające przyjemnych doznań sensorycznych. Coraz większą popularność zyskują smażone przekąski kukurydziano-zbożowe oraz ziemniaczane, charakteryzujące się kruchą teksturą. Obecne tendencje spożycia żywności pokazują, że granica między głównymi posiłkami a spożyciem przekąsek zaciera się (Krzewiński i Tokarczyk, 2011).

Jednocześnie rozwój świadomości zdrowotnej konsumentów, dążenie do utrzymania dobrego stanu zdrowia oraz zwiększenia wydolności psychofizycznej przyczyniły się do wzrostu popytu na żywność o specjalnie zaprojektowanym składzie,

zapewniającą ukierunkowany i pożądaną wpływ na organizm oraz o wysokich walorach organoleptycznych. Spowodowało to rozwój rynku nowych produktów spożywczych, określanych w literaturze, jako żywność funkcjonalna (Grajeta, 2004).

Wśród różnych składników funkcjonalnych żywności na szczególną uwagę zasługuje błonnik pokarmowy, nazywany też włóknem pokarmowym, czy też substancją balastową. Szereg różnych jego właściwości wywiera bardzo pozytywny wpływ na organizm człowieka. Żywność bogata w błonnik pomaga w profilaktyce i leczeniu wielu zaburzeń metabolicznych oraz chorób układu pokarmowego. Spożywanie włókna pokarmowego pomaga zapobiegać zaparciom, hemoroidom i nowotworom jelita grubego, a także obniża poziom złego cholesterolu we krwi. Błonnik stosowany jest również w dietoterapii otyłości oraz cukrzycy II typ (Alexandre i Miguel, 2008; Górecka, 2009; Monro i Martinet, 2005; Mościcki i Wójtowicz, 2013; Schneeman, 1998).

Istotną grupę preparatów błonnikowych stanowią otręby zbożowe, głównie pszenne, żytnie i owsiane. Otręby są wyrobem naturalnym o charakterystycznym smaku. Pozyskuje się je w wyniku obłuszczenia i przemiału oczyszczonego ziarna zbóż. Składają się z zewnętrznej części ziarna – okrywy owocowo-nasiennej i niewielkiej ilości bielma (Czerwińska, 2010). Otręby nie mają ściśle określonego składu chemicznego. Uzależniony jest on przede wszystkim od technologii oczyszczania ziarna zbóż oraz jego cech surowcowych. Otręby zbożowe są nie tylko źródłem znacznej ilości błonnika pokarmowego, ale także zawierają wiele cennych składników odżywczych, m.in. mikroelementy oraz witaminy (Obuchowski i in., 2013; Wang i in., 2002). Błonnik pokarmowy znajdujący się w otrębach jest szczególnie ceniony ze względu na swoje właściwości dietetyczne oraz zdrowotne.

Zmiany w stylu życia konsumentów wymuszają na producentach żywności ciągłe poszerzanie gamy oferowanych produktów oraz poszukiwanie nowych rozwiązań technologicznych, umożliwiających wytwarzanie produktów w pełni zaspokajających potrzeby klientów. Jedną z najbardziej obiecujących i pozwalających na kreowanie cech fizycznych i jakościowych produktów jest technika ekstruzji. Proces ten pozwala na wykorzystanie szerokiej gamy surowców, również pełnoziarnistych, uzupełnionych dodatkowymi komponentami, w tym błonnikowymi, wzbogacając rynek w wysokiej jakości produkty spożywcze należące do grupy żywności funkcjonalnej i wygodnej (Mościcki i Wójtowicz, 2013). Pomimo dużej zawartości błonnika pokarmowego w otrębach zbożowych wielu konsumentów nie akceptuje takiego źródła składników balastowych. Znacznie chętniej spożywane są ekstrudaty z otrębów zbożowych wzbogacone w odpowiednie substancje smakowe. Wyroby otrzymywane w procesie ekstruzji i zawierające dodatki funkcjonalne w porównaniu do produktów tradycyjnych (pieczonych, gotowanych) posiadają lepsze właściwości dietetyczne, obniżoną zawartość związków antyżywnościowych, większą strawność poszczególnych składników i przedłużony okres przechowywania (Christa, 2009; Gambuś i in., 2000; Jurga, 2013; Mościcki, 2011).

Cel badań

Celem prowadzonych badań było określenie wpływu rodzaju i udziału otrębów zbożowych w recepturze pelletów ziemniaczanych na stabilność, wydajność oraz energochłonność procesu ekstruzji, a także ekspandowanie otrzymanych wyrobów.

Materiał i metoda

W skład podstawowej receptury, z której wytworzono pelletey, wchodziły: płatki ziemniaczane (40%), skrobia ziemniaczana (30%) oraz grysik ziemniaczany (30%). Ta receptura została przyjęta, jako próba kontrolna. Jako dodatek zastosowano otręby pszenne, żytnie i owsiane firmy SANTE (SANTE A. Kowalski sp.j., Sobolew) w ilości 5, 10, 15, 20, 25 i 30% masy mieszanki komponentów skrobiowych. Otręby rozdrobiono na elektrycznym młynku zbożowym iG5A (TestChem, Radlin) do granulacji poniżej 1 mm. Zestawienie ich składu chemicznego przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Skład chemiczny otrębów zbożowych użytych w recepturach pelletów ziemniaczanych (dane producenta)

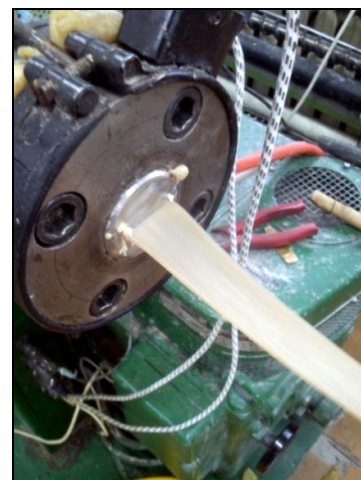
Table 1. Chemical composition of cereal bran used for pellets processing (producer's data)

Skład; Composition	Otręby pszenne; Wheat bran	Otręby żytnie; Rye bran	Otręby owsiane; Oat bran
Białko Protein [%]	16,5	15,0	17,6
Tłuszcz Fat [%]	4,7	4,3	8,7
Węglowodany Carbohydrates [%]	20,1	26,9	44,1
Błonnik Fiber [%]	43,6	39,0	19,0

Przygotowane mieszanki dowilżono do wilgotności 35% poprzez dodatek odpowiedniej ilości wody, poddano obróbce w zmodyfikowanym ekstruderze jednoślismakowym TS-45 (L/D=18), przy prędkości obrotowej ślimaka 80 obr·min⁻¹ i formowano w postaci wstęgi w matrycy szczelinowej o wymiarach 25×0,8 mm (Juško i in., 2010). Temperatura obróbki wynosiła w sekcji I ekstrudera od 76 do 90°C, zaś w sekcji II 90-96°C (tabela 2). Dodatkowo zastosowana w ekstruderze sekcja chłodzenia obniżała temperaturę wyrobów, ograniczając ich ekspandowanie i zmniejszając kleistość produktów (Juško i in., 2009; Wójtowicz i Juško, 2012).

Zmiany temperatury podczas ekstruzji badanych mieszanek surowcowych rejestrowano w poszczególnych sekcjach układu plastyfikującego oraz mierzono temperaturę produktu bezpośrednio po opuszczeniu matrycy ekstrudera z zastosowaniem termometru laserowego typu AutoPRO (Raytek, USA).

Określenie wydajności procesu ekstruzji przeprowadzono przez pobieranie wstęgi przetworzonego ciasta bezpośrednio po opuszczeniu matrycy formującej ekstrudera (rys. 1) przez 1 min ciągłej produkcji i pomiar masy pelletów wytworzonych z różnych mieszanek surowcowych. Jako wynik przyjęto średnią z trzech pomiarów (Wójtowicz i Mościcki, 2008).



Rys. 1. Proces wytłaczania pelletów w postaci wstęgi ciasta

Fig. 1. Extrusion-cooking process of pellets in the form of dough sheet

Wskaźnik energochłonności, wyrażony jako SME – jednostkowe zapotrzebowanie energii mechanicznej (ang. *specific mechanical energy*), wyznaczano przy stałych obrotach ślimaka w czasie ekstruzji pelletów z różnych receptur. Po uwzględnieniu warunków pracy ekstrudera TS-45, obciążenia silnika i wydajności w poszczególnych próbach, uzyskane wartości przeliczono na SME wg wzoru (Ryu i Ng, 2001; Wójtowicz i Juško, 2012):

$$SEM = \frac{N_s}{N_{max}} \cdot \frac{O}{100} \cdot \frac{P}{Q} \quad (1)$$

Pomiary przeprowadzono dla każdej próby w trzech powtórzeniach, za wynik przyjęto średnią arytmetyczną z pomiarów.

Oznaczono wskaźnik ekspandowania wytworzonych pelletów wg metodyki opracowanej przez Wójtowicz (2009), jako stosunek grubości ekstrudatu do szerokości otworu matrycy formującej ekstrudera. Pomiar wykonano w dziesięciu powtórzeniach dla każdej próby, a za wyniki przyjęto wartości średnie, które poddano obliczeniom statystycznym w programie *Statistica 6.0*, wyznaczając błąd standardowy i odchylenia różnic między pomiarami przy 95% przedziale ufności. Zastosowano regresję wielomianową drugiego stopnia do wyznaczenia linii trendu.

Wyniki i dyskusja

Wzbogacając żywność wysokobłonnikowymi surowcami należy stworzyć odpowiednie warunki obróbki termicznej, gdyż może ona wpływać na skład frakcji błonnika pokarmowego oraz jego zdolność oddziaływania w przewodzie pokarmowym. Dobór optymalnych parametrów obróbki cieplnej jest szczególnie ważny podczas ekstruzji, gdy w przetwarzanych materiałach zachodzą kompleksowe przemiany fizykochemiczne pod wpływem oddziaływania temperatury, ciśnienia oraz naprężeń ścinających (Mościcki, 2011). Uzyskanie odpowiedniej konsystencji pelletów było możliwe dzięki zastosowaniu zmodyfikowanego układu plastyfikującego ekstrudera wyposażonego w dodatkowy układ chłodzenia, który zapewnił utrzymanie temperatury procesu nieprzekraczającej 100°C (Juško i in., 2010). Informacje uzyskane podczas badań eksploatacyjnych są przydatne przy projektowaniu procesu i doborze optymalnych parametrów produkcji ekstrudowanych przekąsek (Wójtowicz i in., 2001).

Temperatura stanowi jeden z najważniejszych czynników ekstruzji, wpływający na przemiany składników chemicznych i kształtujący teksturę oraz cechy fizyczne wytwarzanych ekstrudatów (Mościcki i in., 2007). Rozkład temperatury w poszczególnych sekcjach grzewczych w czasie ekstruzji pelletów ziemniaczanych wzbogaconych otrębami zbożowymi zestawiono w tabeli 2. Zmierzona temperatura w poszczególnych sekcjach grzewczych ekstrudera wynosiła dla próby kontrolnej 78 - 95°C. Najwyższe temperatury rejestrowano podczas ekstruzji mieszanek z 5% udziałem otrębów zbożowych. Znaczne rozbieżności temperatury zaobserwowano w sekcji chłodzenia, gdzie wahała się ona od

58°C do 92°C. Temperatury zarejestrowane na głowicy ekstrudera dla poszczególnych prób oscylowały w przedziale od 76°C do 90°C. Najniższy rozrzut stwierdzono w drugiej sekcji, w której następuje gotowanie, zagęszczanie i sprężanie masy. Rejestrowana temperatura produktu w czasie ekstruzji pelletów różniących się recepturami wahała się w granicach od 57 do 97°C, przy czym najniższa temperatura wyrobu została wyznaczona dla pelletów wytworzonych z 15% dodatkiem otrębów pszenicznych, najwyższa natomiast dla próby kontrolnej. Receptura ekstrudatu nie miała istotnego wpływu na wyniki pomiaru temperatury procesu. Zakres temperatur na poszczególnych etapach produkcji był właściwy dla ekstruzji pelletów i mieścił się w przyjętych granicach, a rozbieżności pomiędzy próbami były stosunkowo niewielkie (Mościcki, 2011).

Tabela 2. Rozkład temperatury procesu ekstruzji pelletów ziemniaczanych wzbogaconych dodatkiem otrębów zbożowych

Table 2. Temperature distribution during extrusion-cooking process of potato pellets with addition of cereal bran

Rodzaj dodatku, Additive type	Ilość dodatku, Additive amount [%]	Temperatura ekstruzji; Extrusion-cooking temperature (°C)			
		I sekcja I Section	II sekcja II Section	Chłodzenie Cooling	Produkt Product
Nastaw temperatury Temperature settings	-	80	95	75	-
Próba kontrolna Control	0	78,0	95,0	74,0	97,0
	5	90,0	93,0	58,2	87,0
	10	78,0	93,0	85,0	57,3
Otręby pszenne Wheat bran	15	83,0	94,0	92,0	58,8
	20	80,0	95,0	58,7	87,0
	25	82,0	90,0	60,3	89,0
	30	80,0	94,0	60,2	86,0
	5	90,0	96,0	60,0	92,0
	10	85,0	91,0	58,2	85,0
Otręby żytnie Rye bran	15	82,0	96,0	58,7	89,0
	20	81,0	95,0	58,8	86,0
	25	80,0	93,0	86,0	59,4
	30	79,0	90,0	90,0	58,4
	5	80,0	93,0	60,9	88,0
	10	80,0	94,0	61,7	89,0
Otręby owsiane Oat bran	15	78,0	90,0	62,2	86,0
	20	78,0	93,0	62,9	93,0
	25	76,0	95,0	62,8	89,0
	30	78,0	92,0	61,6	85,0

Tabela 3 prezentuje wyniki pomiarów obciążenia silnika podczas ekstruzji pelletów z dodatkiem otrębów zbożowych oraz wydajność i energochłonność procesu. Na podstawie otrzymanych danych można stwierdzić, że obciążenie silnika ekstrudera wahało się od 12,0 A do 12,5 A. Wyższe obciążenie notowano dla wszystkich prób z dodatkiem otrębów owsianych. Mogło być to spowodowane większą zawartością frakcji białkowej oraz węglowodanów w otrębach owsianych w porównaniu do pozostałych rodzajów otrębów, co wpływało na zwiększone obciążenie silnika podczas przetwarzania tej mieszaniny surowcowej.

Surowce, z których wytwarzano pellety ziemniaczane, charakteryzowały się większą wilgotnością niż mieszanki, z których produkowano makaron błyskawiczny, co również mogło mieć wpływ na uzyskane różnice wyników energochłonności. Zastosowanie 80 obr·min⁻¹ ślimaka podczas

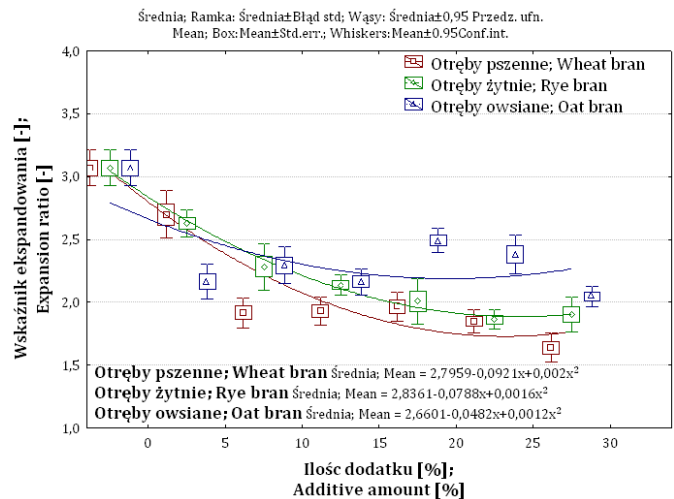
ekstruzji pelletów wzbogaconych otrębami było optymalne i pozwoliło osiągnąć niską energochłonność przy odpowiedniej wydajności procesu.

Tabela 3. Parametry procesu ekstruzji pelletów ziemniaczanych wzbogaconych dodatkiem otrąb zbożowych

Table 3. Extrusion-cooking process parameters during processing of potato pellets with addition of cereal bran

Rodzaj dodatku Additive type	Ilość dodatku Additive amount (%)	Obciążenie silnika Motor load (A)	Wydajność Efficiency (kg·h ⁻¹)	SME (kWh·kg ⁻¹)
Próba kontrolna Control		12,50	28,32	0,11
Otręby pszenne Wheat bran	5	12,50	24,00	0,12
	10	12,50	26,16	0,11
	15	12,50	24,96	0,12
	20	12,50	25,92	0,12
	25	12,50	26,64	0,11
Otręby żytnie Rye bran	30	12,50	26,88	0,11
	5	12,00	22,56	0,14
	10	12,00	25,44	0,12
	15	12,00	23,76	0,13
	20	12,00	26,88	0,11
Otręby owsiane Oat bran	25	12,00	27,84	0,11
	30	12,00	29,28	0,10
	5	12,00	26,16	0,12
	10	12,00	28,32	0,11
	15	12,00	26,64	0,12
Otręby owsiane Oat bran	20	12,00	26,16	0,12
	25	12,00	26,88	0,12
	30	12,50	22,08	0,14

Zależność wskaźnika ekspandowania wytworzonych pelletów od rodzaju i procentowego udziału dodatku otrąb zbożowych w mieszance recepturowej przedstawiono na rysunku 2. Zwiększenie ilości błonnika w ekstrudatach wpływa na ograniczenie procesu ekspandowania ekstrudatów (Mościcki i in. 2007). Wskaźnik ekspandowania pelletów ziemniaczanych wynosił od 3,1 dla próby kontrolnej do 1,6 przy zastosowaniu 30% dodatku otrąb pszennych. Różnice pomiędzy maksymalnymi i minimalnymi wartościami otrzymanymi dla pelletów z dodatkiem otrąb pszennych i żytnich były znaczne i wynosiły od 12 do nawet 46% w odniesieniu do próby kontrolnej, natomiast dla pelletów z dodatkiem otrąb owsianych różnice pomiędzy poszczególnymi pelletami były zbliżone, na poziomie około 10%. Generalnie obserwowano niższe wartości wskaźnika ekspandowania pelletów z dodatkiem otrąb zbożowych w recepturze pelletów, co związane jest z wyższą zawartością błonnika pokarmowego w składzie ekstrudatów. Podobną zależność odnotowała Wójtowicz i in. (2012) w przypadku dodatku odtłuszczonych nasion lnu o dużej zawartości włókna pokarmowego do kukurydzianych chrupiek. Zwiększenie ilości dodatku lnu do 15% w recepturze spowodowało obniżenie wskaźnika ekspandowania ekstrudatów z 5,0 do 3,3. Pellety wzbogacane otrębami zbożowymi zostały wytworzone przy wyższej wilgotności wstępnej surowców niż ekstrudaty w postaci chrupiek, co mogło mieć wpływ na ich niższy stopień ekspandowania.



Rys. 2. Wpływ rodzaju i ilości otrąb zbożowych na wskaźnik ekspandowania pelletów

Fig. 2. The influence of type and amount of cereal bran addition on the expansion ratio of pellets

Ramos Diaz i współautorzy (2013) dla ekstrudatów kukurydzianych z dodatkami surowców wysokobłonnikowych uzyskali obniżenie wartości wskaźnika ekspandowania promienowego ze względu na fakt, że błonnik pokarmowy spowodował uszkodzenie struktury wewnętrznej matrycy skrobiowo-białkowej i w efekcie ograniczył ekspandowanie ekstrudatów. Podobne wnioski uzyskali Onwulata i inni (2001) stwierdzając, że zwiększanie ilości błonnika w mące kukurydzianej wpływa na obniżenie ekspandowania wyrobów ekstrudowanych bardziej niż oddziaływanie parametrów procesu. Natomiast Nyomba i inni (2011) podczas ekstruzji fasoli przy dowlżeniu do poziomu 25 i 36% uzyskali wartości wskaźnika ekspandowania od 1,18 do 1,37, co było związane z dużą ilością wody w mieszance surowcowej, działającej jak lubrykant i zmniejszającej tarcie podczas ekstruzji, co ogranicza ekspandowanie (Mościcki i in., 2007).

Wnioski

Z przeprowadzonych badań wysunięto następujące wnioski:

1. Dodatek otrąb zbożowych do receptury pelletów spowodował obniżenie temperatury produktów opuszczających matrycę ekstrudera w porównaniu do wyrobów stanowiących próbę kontrolną.
2. Wzbogacenie pelletów ziemniaczanych otrębami zbożowymi nie wpłynęło w istotny sposób na wydajność oraz energochłonność procesu.
3. Dodanie otrąb zbożowych do mieszanek recepturowych oraz zastosowanie sekcji chłodzącej ekstrudera podczas wytwarzania pelletów spowodowało uzyskanie niższych wartości wskaźnika ekspandowania w porównaniu do pelletów ziemniaczanych. Wskaźniki ekspandowania na poziomie 1,6 - 3,1 są niskie, co zapobiega tworzeniu się porowatej struktury pelletów i umożliwia ich dalszą obróbkę termiczną.

Podsumowanie

Otrzymane produkty wzbogacone otrębami zbożowymi, ze względu na zdrowotne i dietetyczne właściwości tego dodatku, będącego źródłem błonnika i wielu witamin, mogą być polecane do stosowania w ekstrudowanych pelletach używanych jako półprodukt do wytwarzania smażonych przekąsek.

Bibliografia

- Aleixandre, A., Miguel, M. (2008). Dietary fiber in the prevention and treatment of metabolic syndrome: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 48(10), 905-912, DOI: 10.1080/10408390701761886.
- Christa, K. (2009). Ekspandowane i ekstrudowane wyroby zbożowe - definicje podstawowe i możliwości zastosowań. *Przegląd Zbożowo-Młynarski* 3, 12-13.
- Czerwińska, D. (2010). Znaczenie otrąb w żywieniu człowieka. *Przegląd Zbożowo-Młynarski*, 5, 6-7.
- Gambuś, H., Golachowski, A., Bala-Piasek, A., Nowotna, A., Surówka, K., Mikulec, A., Bania, M. (2000). Ocena jakości ekstrudowanych chrupek z otrąb zbożowych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 4, 54-63.
- Górecka, D. (2009). Błonnik pokarmowy - korzyści zdrowotne i technologiczne. *Przemysł Spożywczy*, 12, 6-20.
- Grajeta, H. (2004). Żywność funkcjonalna w profilaktyce chorób układu krążenia. *Advances in Clinical and Experimental Medicine*, 13(3), 503-510.
- Jurga, R. (2013). Modyfikacja otrąb do bezpośredniego spożycia i wtórnego przetwórstwa. *Przegląd Zbożowo-Młynarski*, 11, 7-9.
- Juško, S., Mościcki, L., Wójtowicz, A. (2009). Wzór użytkowy PL 64690 Y1: Sekcja chłodząco-formująca. WUP, 12, 3035.
- Juško, S., Mościcki, L., Wójtowicz, A. (2010). Wzór użytkowy PL 64861 Y1: Głowica formująca. WUP, 03, 601.
- Krzywiński, T., Tokarczyk, G. (2011). Słone i pikantne przekąski na rynkach Polski i świata. *Przemysł Spożywczy*, 65(5), 47-50.
- Monro, J., Martinet, E. (2005). Functional food design based on a virtual food component: wheat bran equivalents for faecal bulk. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85, 902-908, DOI: 10.1002/jsfa.2079.
- Mościcki, L. (Ed.) (2011). *Extrusion-cooking techniques. Applications, theory and sustainability*. Wiley - VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, Niemcy, 45-63, ISBN: 978-3-527-31455-3.
- Mościcki, L., Mitrus, M., Wójtowicz, A. (2007). *Technika ekstruzji w przemyśle rolno-spożywczym*. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa, ISBN: 9788309010272.
- Mościcki, L., Wójtowicz, A. (2013). *Produkty pełnoziarniste - właściwości, znaczenie, zastosowanie w wyrobach ekstrudowanych*, w: Współczesna inżynieria rolnicza - osiągnięcia i nowe wyzwania, Tom 1, red. Hołownicki R, Kuboń M., Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej, Kraków, 275-308, ISBN: 978-83-935020-2-8.
- Nyomba, G., Siddiq, M., Dolan, K.D. (2011). Physico-chemical and sensory quality of extruded light red kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.) porridge. *LWT - Food Science and Technology*, 44, 1597-1602, DOI:10.1016/j.lwt.2011.02.016.
- Obuchowski, W., Makowska, A., Łuczak, M. (2013). Potencjalne możliwości wykorzystania otrąb pszennych nie tylko na cele paszowe. *Przegląd Zbożowo-Młynarski*, 7, 12-13.
- Onwulata, C.I., Konstance, R.P., Smith, P.W., Holsinger, V.H. (2001). Co-extrusion of dietary fiber and milk protein in expanded corn products. *Food Science and Technology*, 34, 424-429, DOI:10.1006/food.2000.0742.
- Ramos Diaz, J.M., Kirjoranta, S., Tenitz, S., Penttilä, P.A., Serimaa, R., Lampi, A.M., Kirsi Jouppila, K. (2013). Use of amaranth, quinoa and kañiwa in extruded corn-based snacks. *Journal of Cereal Science*, 58, 59-67, DOI:10.1016/j.jcs.2013.04.003.
- Ryu, G.H., Ng, P.K. (2001). Effect of selected process parameters on expansion and mechanical properties of wheat flour and whole cornmeal extrudates. *Starch/Stärke*, 53, 147-154, DOI: 10.1002/1521-379X(200104)53:3/4<147::AID-STAR147>3.0.CO;2-V.
- Schneeman, B. (1998). Dietary fiber and gastrointestinal function. *Nutrition Research*, 18(4), 625-632, DOI:10.1016/S0271-5317(98)00049-9.
- Wang, R., Pandiella, S.S., Webb, C. (2002). Application of cereals and cereal components in functional foods: a review. *International Journal of Food Microbiology*, 79, 131-141, DOI:10.1016/S0168-1605(02)00187-3.
- Wójtowicz, A. (2008). Influence of legumes addition on proceeding of extrusion-cooking process of precooked pasta. *Teka Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa*, 8, 209-216.
- Wójtowicz, A. (2009). Wpływ dodatku fasoli na wybrane cechy ekstrudowanych makaronów podgotowanych. *Acta Agrophysica*, 13(2), 533-542.
- Wójtowicz, A., Dobosz, R., Hodara, K. (2001). Ocena cech użytkowych pelletów ziemniaczanych. *Inżynieria Rolnicza*, 10, 405-412.
- Wójtowicz, A., Juško, S. (2012). Wpływ typu mąki oraz prędkości wytłaczania na wydajność i energochłonność procesu oraz ekspandowanie ekstrudowanych makaronów błyskawicznych. *Acta Scientiarum Polonorum. Technica Agraria*, 11(3-4), 35-45.
- Wójtowicz, A., Mościcki, L., (2008). Energy consumption during extrusion-cooking of precooked pasta. *Teka Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa*, 8, 311-318.
- Wójtowicz, A., Pasternak, E., Juško, S., Hodara, K., Kozłowicz, K. (2012). Wybrane cechy jakościowe chrupek kukurydzianych z dodatkiem odtłuszczonych nasion lnu. *Acta Scientiarum Polonorum, Technica Agraria*, 11(3-4), 25-33.

Marta Kozak

Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
Katedra Inżynierii i Maszyn Spożywczych
ul. Doświadczalna 44, 20 280- Lublin
kozak-marta@wp.pl