

WPŁYW KONFIGURACJI UKŁADU PLASTYFIKUJĄCEGO NA WYBRANE CECHY EKSTRUDOWANYCH MAKARONÓW PEŁNOZIARNISTYCH

Agnieszka Wójtowicz, Leszek Mościcki, Marcin Mitrus, Tomasz Oniszczyk
Katedra Inżynierii Procesowej, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki pomiarów wybranych cech pełnoziarnistych makaronów błyskawicznych wytwarzanych w ekstruderze o różnej konfiguracji układu plastyfikującego. W badaniach zastosowano układy plastyfikujące o $L/D=16$ i $L/D=18$, dodatkowo dla wersji wydłużonej przeprowadzono ekstruzję bez chłodzenia końcowej części cylindra ekstrudera. Ekstruzję prowadzono przy zróżnicowanych obrotach ślimaka w zakresie od 60 do 120 obr \cdot min $^{-1}$. Makarony błyskawiczne pełnoziarniste uzyskiwały zróżnicowane cechy w zależności od długości układu plastyfikującego oraz zastosowanych prędkości wytłaczania. Ekstruzja z zastosowaniem układu plastyfikującego $L/D=16$ umożliwiła wytworzenie dobrej jakości makaronów podgotowanych z mąki pełnoziarnistej. Zbyt intensywne chłodzenie końcowej części cylindra wpłynęło na pogorszenie ocenianych cech wyrobów makaronowych. Zwiększanie obrotów ślimaka podczas ekstruzji makaronów pełnoziarnistych zwiększało ekspandowanie wyrobów, wskaźnik WAI oraz twardość makaronów, obniżało zaś wskaźnik WSI oraz straty składników podczas hydratacji.

Słowa kluczowe: ekstruzja, makaron błyskawiczny, mąka pełnoziarnista, właściwości fizyczne, jakość

Wstęp

Technika ekstruzji może być stosowana do wytwarzania makaronów podgotowanych typu błyskawicznego, nie wymagających gotowania a jedynie hydratacji w gorącej wodzie przez kilka minut [Wójtowicz, Mościcki 2009]. Zastosowanie zróżnicowanych parametrów ekstruzji, takich jak długość układu plastyfikującego, intensywność naprężeń ścinających podczas wytłaczania, czas przebywania materiału w cylindrze czy ilość energii dostarczonej do ekstrudera może wpływać na właściwości ekstrudatów [Mercier i in. 1998, Mościcki i in. 2007]. Produkty pełnoziarniste, których popularność stale wzrasta, wpływają na poprawę przemiany materii, ograniczają wchłanianie tłuszczu przez organizm i obniżają poziom złego cholesterolu we krwi [Marquart i in. 2006]. Dieta zawierająca wiele produktów pełnoziarnistych zmniejsza ryzyko zachorowania na chorobę wieńcową. Zalecenia WHO mówią o konieczności spożywania kilku posiłków dziennie zawierających produkty pełnoziarniste w postaci przetworów zbożowych, pieczywa, makaronów, ciastek czy przekąsek [Slavin i in. 2001]. Z powodu chorób cywilizacyjnych dietę należy uzupełniać w produkty pełnoziarniste, dostarczające nie tylko cennego ze względów trawiennych błonnika, ale

również ze względu na obecność w produktach z pełnego przemiału dużej ilości witamin, szczególnie z grupy B oraz makro- i mikroelementów [Chillo i in. 2008; Singh i Smith 1997]. Makaron pełnoziarnisty może być doskonałym uzupełnieniem diety w cenne składniki odżywcze, zaś błyskawiczny charakter wyrobu umożliwia skrócenie czasu przygotowania pożywnej porcji do kilkuminutowej hydratacji we wrzątku.

Cel i zakres pracy

Celem pracy było określenie wpływu parametrów procesu ekstruzji na wybrane cechy błyskawicznych makaronów pełnoziarnistych. Jako surowiec zastosowano handlową mąkę pszenną pełnoziarnistą (Lubella S.A., Lublin). Wg analiz laboratoryjnych skład chemiczny mąki pełnoziarnistej był następujący: wilgotność 10,2% (met. suszarkowa), białko 13,7% (met. Kjeldahla), tłuszcz 2,1% (met. Soxhleta), popiół 1,37% (met. wagowa), błonnik pokarmowy 4,0% (met. Kürschnera-Hanaka). Mąkę pełnoziarnistą (jednorazowa próba 5 kg), dowlżoną do wilgotności 32%, poddawano obróbce w ekstruderze jednoślindakowym TS-45 z zastosowaniem dwóch typów układu plastyfikującego: L/D=16 ze standardowym ślimakiem o stopniu sprężania 3:1 oraz L/D=18, w którym ślimak dodatkowo posiadał element mieszający (Fot.1). Wyroby kształtowano w formie nitek w matrycy z otworami $\phi=0,8$ mm. Sekcja chłodzenia z wykorzystaniem glikolu w obiegu zamkniętym i wymiennikiem ciepła (PPH Cool, Chotomów), obniżała temperaturę produktów w końcowej części cylindra ekstrudera, ograniczając ich ekspandowanie i zmniejszając kleistość wyrobów. Dla porównania wykonano próby bez chłodzenia dla wersji L/D=18. Makarony przygotowane wytłaczano przy prędkości obrotowej ślimaka 60, 80, 100 i 120 obr·min⁻¹. Próby do badań pobierano po ustabilizowaniu prędkości przepływu surowca podczas wytłaczania przy różnych prędkościach ślimaka w dwóch powtórzeniach.



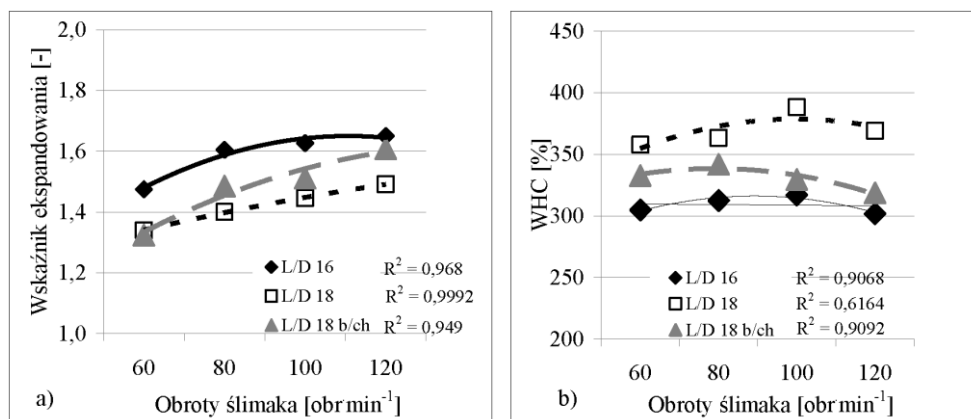
Fot. 1. Ślimak ekstrudera TS-45 w wersji L/D=16 i L/D=18 z elementem mieszającym
Photo 1. TS-45 extruder's different screw configurations systems L/D=16 and L/D=18 with mixing section

W wyrobach makaronowych w zależności od konfiguracji ślimaka i zastosowanej prędkości wytłaczania oznaczano: wskaźnik ekspandowania promieniowego (średnia z 10 pomiarów) – jako stosunek średnicy makaronu do średnicy otworu matrycy [Wójtowicz, Mościcki 2009]; wskaźniki WAI (absorpcji wody) i WSI (rozpuszczalności składników) – metodą wirówkową w 3 powtórzeniach zgodnie z AACC 56-20 w modyfikacji własnej; minimalny czas przygotowania do spożycia - jako czas niezbędny do zaniku niewodnionego rdzenia makaronu po hydratacji; wskaźnik WHC – wyznaczona w 3 powtórzeniach zdolność zatrzymywania wody po hydratacji wyrażona jako procentowa ilość wchłoniętej wody w stosunku do masy próby [Wójtowicz 2009]; straty składników – jako pozostałość po suszeniu składników wypłukanych podczas 5 min. hydratacji w 2 równoległych próbach

[Wójtowicz, Mościcki 2009]; twardość – jako siłę niezbędną do zniszczenia struktury makaronu podczas testu cięcia w 5 powtórzeniach (głowica 0,5kN, prędkość badania 100 mm·min⁻¹) [Wójtowicz 2008]; cechy sensoryczne wyrobów przed i po hydratacji w 5-punktowej skali wg PN-A-74131:1999. Otrzymane rezultaty opisano wielomianem 2-go stopnia i współczynnikami korelacji w zależności od zastosowanych obrotów ślimaka podczas ekstruzji błyskawicznych makaronów pełnoziarnistych.

Wyniki badań

Wskaźnik ekspandowania promieniowego błyskawicznych makaronów pełnoziarnistych zwiększał się wraz z zastosowaniem wyższej prędkości wytlaczenia (rys. 1a). Intensywne chłodzenie zastosowane w wydłużonej wersji układu plastyfikującego L/D=18 ograniczało ekspandowanie makaronów pełnoziarnistych. Niewielki przekrój makaronów błyskawicznych ułatwiał ich szybką hydratację w gorącej wodzie bez potrzeby gotowania.

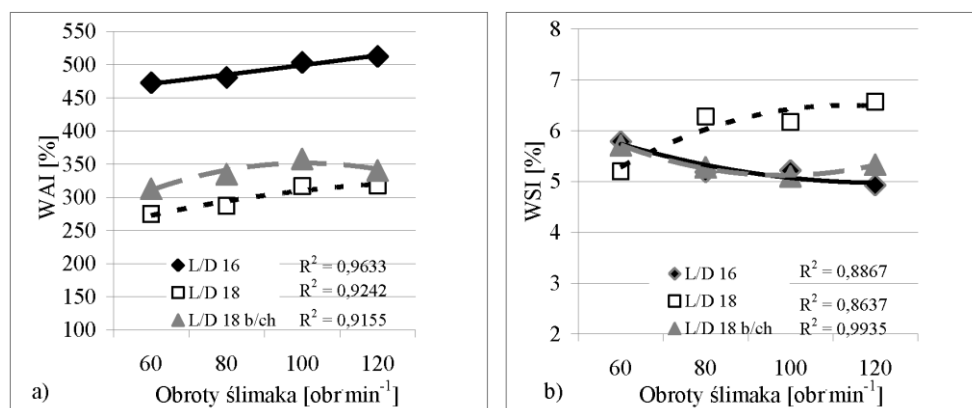


Rys. 1. Wskaźnik ekspandowania (a) i wskaźnik zdolności pochłaniania i zatrzymywania wody (b) w makaronach pszennych pełnoziarnistych wytwarzanych z zastosowaniem różnych konstrukcji układu plastyfikującego przy zróżnicowanej prędkości ślimaka

Fig. 1. The expansion ratio (a) and water holding capacity (b) of wholewheat pasta processed at different screw speed with application of different plasticizing systems.

Wartość wskaźnika WHC wskazuje na ilość wody, która jest niezbędna do uzyskania odpowiedniej konsystencji produktu podczas hydratacji w gorącej wodzie. Podczas stosowania makaronów błyskawicznych jako bazy do sałatek czy samodzielnych dań, zbyt mały dodatek wody w stosunku do masy makaronu może wpływać na zwiększoną ich twardość, niedostateczne uwodnienie i mączysty posmak. Wyższe wartości WHC uzyskano przy zastosowaniu dłuższej wersji ekstrudera (rys. 1b). Zdolność pochłaniania wody na poziomie 305-397% uzależniona była głównie od zastosowanej wersji układu plastyfikującego, nie stwierdzono istotnych zależności od prędkości ekstruzji makaronów pełnoziarnistych.

Istotną cechą, wskazującą na intensywność obróbki barotermicznej, jest wyznaczenie wskaźników WAI i WSI, często wykorzystywanych do określenia intensywności skleikowania skrobi [Camire i in. 1999; Mercier i in. 1998]. Makarony wytwarzane przy wyższych obrotach ślimaka charakteryzowały się większą absorpcją wody. Zastosowanie wydłużonego układu plastyfikującego oraz chłodzenia obniżało wskaźnik WAI (rys. 2a). Najwyższe wartości wskaźnika rozpuszczalności składników WSI wyznaczono w makaronach ekstrudowanych przedłużonym układzie plastyfikującym intensywnie chłodzonym, co świadczyło o niedostatecznym związaniu składników makaronu (rys. 2b).

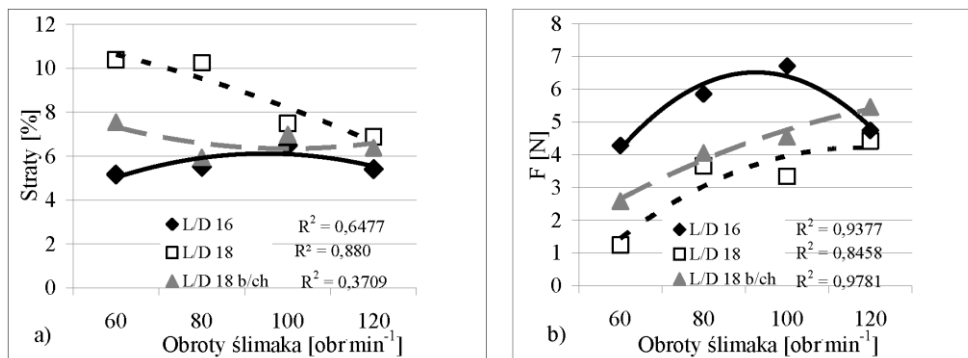


Rys. 2. Wskaźnik WAI (a) i wskaźnik WSI (b) w makaronach pszennych pełnoziarnistych wytwarzanych z zastosowaniem różnych konstrukcji układu plastyfikującego przy zróżnicowanej prędkości ślimaka

Fig. 2. WAI (a) and WSI (b) of wholewheat pasta processed at different screw speed with application of different plasticizing systems.

Ilość składników przechodzących do roztworu po 5 minutowej hydratacji w większości wyrobów nie przekraczała 10%, co świadczy o dobrej jakości wytworzonych makaronów pełnoziarnistych. Najwyższe straty składników (10,6%) określono w pełnoziarnistych makaronach wytłaczanych przy niskiej prędkości obrotowej ślimaka na długiej wersji ekstrudera z intensywnym chłodzeniem (Rys. 3a). Dla porównania zastosowanie układu plastyfikującego L/D=16 ograniczyło straty składników do 5,2-6,3%. Ilość strat składników określona w pszennych makaronach komercyjnych wynosiła 4-8% [Martinez i in. 2007], w makaronach z grochu - 20% (przy temperaturze ekstruzji 110°C), a nawet 48% przy zastosowaniu ekstruzji niskotemperaturowej [Wang i in. 1999], zaś w ekstrudowanych makaronach ryżowych 7% [Charutigon i in. 2008].

Do pomiaru twardości stosowany jest test cięcia, umożliwiający wyznaczenie maksymalnej siły niezbędnej do zniszczenia próby [Guinea i in. 2004; Martinez i in. 2007; Wójtowicz 2009]. W trakcie pomiarów stwierdzono, że twardość makaronów pełnoziarnistych zwiększała się wraz ze zwiększaniem prędkości wytłaczania (rys. 3b). Niższą twardością charakteryzowały się makarony ekstrudowane z zastosowaniem układu plastyfikującego w wersji L/D=18 z intensywnym chłodzeniem końcowej części cylindra.

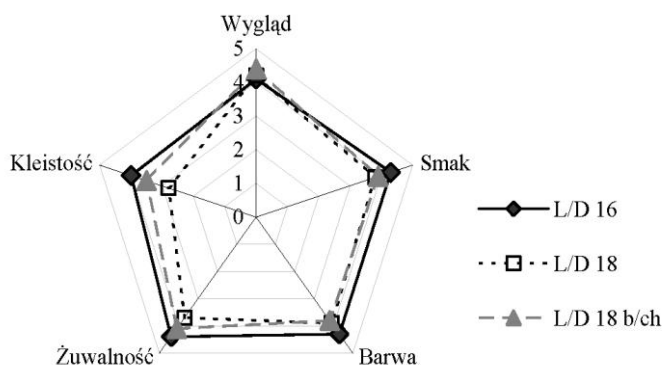


Rys. 3. Straty składników (a) i twardość (b) makaronów pszennych pełnoziarnistych wytwarzanych z zastosowaniem różnych konstrukcji układu plastyfikującego przy zróżnicowanej prędkości ślimaka

Fig. 3. Cooking losses (a) and hardness (b) of wholewheat pasta processed at different screw speed with application of different plasticizing systems.

Minimalny czas hydratacji ekstrudowanego makaronu pełnoziarnistego w gorącej wodzie wynosił od 4 do 6 minut; nie stwierdzono istotnych zależności od zastosowanego układu plastyfikującego i prędkości wytłaczania – uzyskane wyroby nie wymagały tradycyjnego gotowania.

Cechy wizualne, takie jak barwa, kształt, wygląd, oceniane przez konsumentów wpływają często na decyzję o zakupie produktu. W wyniku prowadzonej oceny sensorycznej najwyższe noty uzyskiwały pełnoziarniste makarony błyskawiczne wytworzone z zastosowaniem układu plastyfikującego L/D=16. Brak elementu mieszającego w konfiguracji ślimaka sprzyjał uzyskaniu spójnej struktury i gładkiej powierzchni makaronów oraz niewielkiej kleistości po ich hydratacji (rys. 4).



Rys. 4. Ocena sensoryczna makaronów pszennych pełnoziarnistych wytwarzanych przy prędkości ślimaka 100 obr·min⁻¹ z zastosowaniem różnych wersji układu plastyfikującego

Fig. 4. Sensory assessment of wholewheat pasta processed at 100 rpm on different plasticizing systems.

Mieszanie wstępnie uplastycznionej mąki pełnoziarnistej w końcowej części układu plastyfikującego zakłócało proces kleikowania skrobi i powodowało rozluźnienie struktury materiału bogatego w włókniste frakcje otrąb, co wpływało na gorszą konsystencję wyrobów makaronowych i ich niższą ocenę sensoryczną.

Wnioski

1. Zastosowanie zróżnicowanych rozwiązań konstrukcyjnych układu plastyfikującego wpłynęło na oceniane cechy makaronów błyskawicznych pełnoziarnistych. Ekstruzja z zastosowaniem układu plastyfikującego $L/D=16$ umożliwia wytworzenie lepszych jakościowo makaronów podgotowanych z mąki pełnoziarnistej niż przy użyciu wydłużonej wersji $L/D=18$.
2. Zbyt intensywne chłodzenie końcowej części cylindra wpływało na obniżenie jakości ekstrudowanych makaronów. Wzrost obrotów ślimaka podczas ekstruzji zwiększał podatność makaronów na ekspandowanie, absorpcję wody oraz twardość makaronów, obniżał natomiast wskaźnik WSI oraz straty składników podczas hydratacji.
3. Zastosowanie techniki ekstruzji umożliwia wytworzenie pełnoziarnistych makaronów błyskawicznych o krótkim czasie przygotowania do spożycia (4 minutowa hydratacja w gorącej wodzie) przy wilgotności surowców 32% i prędkości ślimaka 80-100 obr·min⁻¹ podczas ekstruzji.

Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2008-2010 jako projekt badawczy N N312 162334

Bibliografia

- Camire M., Camire A., Krumhar K.** 1990. Chemical and nutritional changes in foods during extrusion. *Food Science and Nutrition*. 29(1). s. 35-57.
- Charutigon C., Jitpupakdree J., Namsree P., Rungsardthong V.** 2008. Effects of processing conditions and the use of modified starch and monoglyceride on some properties of extruded rice vermicelli. *LWT - Food Science and Technology*. 41(4). s. 642-651.
- Chillo S., Laverse J., Falcone P.M., Protopapa A., Del Nobile M.A.** 2008. Influence of the addition of buckwheat flour and durum wheat bran on spaghetti quality. *Journal of Cereal Science*. 47. s. 144-152.
- Guinea G.V., Rojo F.J., Elices M.** 2004. Brittle failure of dry spaghetti. *Engineering Failure Analysis*. 11. s. 705-714.
- Marquart L., Pham A.T., Lautenschlager L., Croy M., Sobal, J.** 2006. Beliefs about whole-grain foods by food and nutrition professionals, health club members, and special supplemental nutrition program for women, infants, and children participants/state fair attendees. *Journal of American Dietetic Association*. 106. s. 1856-1860.
- Martinez C., Ribotta P., León A., Añón C.** 2007. Physical, sensory and chemical evaluation of cooked spaghetti. *Journal of Texture Studies*. 38. s. 666-683.
- Mercier C., Linko P, Harper J.M.** 1998. *Extrusion Cooking*. AACC. Minnesota. USA. ISBN 913250678.
- Mościcki L., Mitrus M., Wójtowicz A.** 2007. *Technika ekstruzji w przemyśle rolno-spożywczym*. Warszawa. PWRiL. ISBN 9788309010272.

- Singh N., Smith A.** 1997. A comparison of wheat starch, whole wheat meal and oat flour in the extrusion cooking process. *Journal of Food Engineering*. 34. s. 15-32.
- Slavin J., Jacobs D., Marquart L., Wiemer K.** 2001. The role of whole grains in disease prevention. *Journal of American Dietetic Association*. 101. s. 780-785.
- Wang N., Bhirud P., Sosulski F., Tyler R.** 1999. Pasta – like product from pea flour by twin – screw extrusion. *Journal of Food Science*. 4. s. 671-678.
- Wójtowicz A.** 2008. Wpływ dodatku kwasu askorbinowego na teksturę ekstrudowanych makaronów podgotowanych. *Acta Agrophysica*. 12(1). s. 245-254.
- Wójtowicz A.** 2009. Wpływ dodatku grochu na wybrane cechy fizyczne i kulinarne ekstrudowanych makaronów błyskawicznych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*. 3(64). s. 40-49.
- Wójtowicz A., Mościcki L.** 2009. Influence of extrusion-cooking parameters on some quality aspects of precooked pasta-like products. *Journal of Food Science*. 74(5), s. 226-233.
- PN-A-74131:1999. Makaron.

INFLUENCE OF EXTRUSION-COOKING SCREW CONFIGURATION SYSTEM ON SELECTED PROPERTIES OF PRECOOKED WHOLEWHEAT PASTA

Abstract. Results of measurements of selected features of precooked wholegrain wheat pasta processed on different extrusion-cooking screw configurations are presented in the paper. Two plasticizing systems were used L/D=16 and L/D=18. Additionally the treatment without intensive cooling of final extruder section of longer system was carried out. Extrusion-cooking was performed with various screw speed ranged from 60 to 120 rpm. Precooked wholegrain wheat pasta showed different properties depending on the screw configuration and extrusion-cooking screw speed used. Processing with the use of L/D=16 allowed to produce a good quality wholewheat precooked pasta. Too intensive cooling system of the last barrel section applied affected the lower quality of pasta products. Increasing screw rpm during the extrusion-cooking increased the wholewheat pasta expansion ratio, WAI and hardness but also decreased WSI and cooking losses after hot water hydration.

Key words: extrusion-cooking, precooked pasta, wholewheat flour, physical properties, quality

Autor do korespondencji:

Agnieszka Wójtowicz; e-mail:agnieszka.wojtowicz@up.lublin.pl
Katedra Inżynierii Procesowej
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
ul. Doświadczalna 44
20-280 Lublin