

WPLÝW NAWILŻENIA SEMOLINY ORAZ PARAMETRÓW EKSTRUZJI
NA WYBRANE CECHY JAKOŚCIOWE MAKARONÓW
BŁYSKAWICZNYCH

Agnieszka Wójtowicz

Katedra Inżynierii Procesowej, Akademia Rolnicza, ul. Doświadczalna 44, 20-236 Lublin
e-mail: agnieszka.wojtowicz@ar.lublin.pl

Streszczenie. W niniejszej pracy przedstawiono wyniki pomiaru wybranych cech jakościowych i kulinarnych makaronów błyskawicznych wytworzonych przy zastosowaniu procesu ekstruzji. Jako surowca użyto semolinę z pszenicy twardej. Makaron wytworzono w określonym zakresie temperatur na jednoślismakowym zmodyfikowanym ekstruderze TS-45 przy różnym poziomie nawilżenia semoliny z zastosowaniem zróżnicowanej prędkości obrotowej układu plastyfikującego ekstrudera. W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono zwiększenie ilości skleikowanej skrobi wraz ze wzrostem poziomu nawilżenia semoliny oraz zwiększaniem prędkości obrotowej podczas wytłaczania makaronu. Wzrost ten wynosił od 75 do 86%, co świadczy o znacznym przetworzeniu semoliny podczas obróbki termicznej w zaproponowanym zakresie temperatur podczas ekstruzji. Makarony wytłaczane przy wyższej prędkości obrotowej ślimaka charakteryzowały się mniejszą ilością składników przechodzących do roztworu w czasie hydratacji. Przy zastosowaniu 100 oraz 120 obr·min⁻¹ dla wszystkich wyrobów makaronowych straty składników wynosiły poniżej 10%, co świadczy o dobrej jakości otrzymanych w tych warunkach produktów i wysokim stopniu przetworzenia semoliny. Minimalny czas przygotowania makaronu do spożycia przez hydratację w gorącej wodzie wynosił 4 minuty i zwiększał się w miarę zwiększania poziomu nawilżenia semoliny.

Słowa kluczowe: semolina, makaron błyskawiczny, ekstruzja, ekstruder jednoślismakowy, skleikowana skrobia, hydratacja

WSTĘP

Niemal wszystkie produkty żywnościowe, oprócz świeżych warzyw i owoców są poddawane obróbce termicznej przed spożyciem. Podczas procesów termicznych ma miejsce wiele fizycznych, chemicznych i strukturalnych przemian składników żywności, jak np. skleikowanie skrobi, denaturacja białek, formowanie substancji aromatycznych i wiele innych [2,21,30]. Zjawiska te mają wpływ na wyznaczniki i charak-

terystykę jakościową wyrobów gotowych. Jednym ze składników żywności umożliwiających zainicjowanie przemian jest woda zawarta w produktach lub dodawana w celach technologicznych, której ilość i dostępność wpływa na formowanie strukturalnych i teksturalnych cech produktów w czasie procesu ogrzewania [30].

Jednym z produktów poddawanych obróbce termicznej są wyroby makaronowe, w przypadku których ilość i dostępność wody jest czynnikiem warunkującym uzyskanie stabilnej struktury podczas wyłaczania i suszenia, ale także podczas obróbki kulinarnej umożliwiającej przygotowanie ich do spożycia. W procesie wytwarzania tradycyjnych makaronów z zastosowaniem tłoczni makaronowej (temperatura cylindra 40-50°C) i tradycyjnego procesu suszenia (w granicach 70-80°C), ilość wody dodawanej podczas mieszania w celu uwodnienia semoliny wynosi od 29% [13] do nawet 45% [3], przy czym jako optymalny poziom dla uzyskania ciasta o średnio twardej konsystencji podaje się 30-31% [5,8]. W przypadku zastąpienia wyłaczania procesem ekstruzji ilość wody pozostaje na podobnym poziomie, lecz zmienia się zakres temperatury procesu umożliwiający uzyskanie wysokiego poziomu skleikowanej skrobi już w ekstruderze w zakresie temperatur 70-90°C bez konieczności długotrwałego suszenia w wysokich temperaturach [10,11,27,31,32].

Intensywność i zakres przemian spowodowanych obróbką termiczną mogą być określane przez różne wyznaczniki jakościowe produktów spożywczych [1,5,7,16,18]. Przy ocenie wyrobów makaronowych w licznych badaniach określeniu podlegają takie parametry, jak minimalny czas przygotowania do spożycia, wskaźnik absorpcji wody, wskaźnik rozpuszczalności, wskaźnik skleikowania skrobi, waga po ugotowaniu, ilość składników organicznych przechodzących do wody podczas gotowania, struktura wyrobów makaronowych oraz cechy sensoryczne makaronów oceniane za pomocą metod instrumentalnych (barwa, jędrność, kleistość, cechy lepkosprężyste) oraz organoleptyczne (wygląd, barwa, smak i zapach, konsystencja) [4,6,8,19,28].

Celem pracy było przeprowadzenie pomiarów wybranych cech jakościowych i kulinarnych makaronów błyskawicznych wytworzonych przy zastosowaniu procesu ekstruzji z semoliny o różnym stopniu nawilżenia. W trakcie badań oceniano wpływ nawilżenia surowca i parametrów ekstruzji na intensywność przemian zachodzących w trakcie obróbki termicznej oraz cechy kulinarne wyrobów gotowych do spożycia.

MATERIAŁY I METODY

Jako surowiec do badań zastosowano semolinę z pszenicy twardej durum otrzymanej z firmy Lubella S.A. Określono wybrane cechy surowca tj. wilgotność odwoławczą metodą suszarkową wg PN-91/A-74010 [26], zawartość białka [17] na stanowisku do mineralizacji kwasem siarkowym firmy Tecator (współczynnik

przeliczeniowy – Nx6,25), zawartość glutenu metodą mechaniczną zgodnie z PN-A-74043-3 [24], jakość glutenu w jedn. Sadkiewicza z przeliczeniem na rozpuszczalność wg instrukcji Zakładu Badawczego Przemysłu Piekarskiego w Bydgoszczy oraz wskaźnik sedymentacji [12]. Jako wynik przyjęto średnią z dwóch równoległych pomiarów.

Nawilżenie semoliny do poziomu 28%, 30% oraz 32% odpowiednio wyliczoną ilością wody [13] o temperaturze 20°C przeprowadzono z zastosowaniem mieszarki wstępowej i dyszy dozującej, aby uniknąć nierównomiernego uwodnienia cząstek semoliny. Czas mieszania ustalono na 20 minut do uzyskania luźnej, gruzłkowatej struktury, zaś mieszaninę poddawano leżakowaniu przez 0,5h w celu ujednorodnienia nawilżenia całej masy. Tak przygotowane mieszanki podawano do leja zasypowego ekstrudera. Makaron wytworzono w zakresie temperatur 70-95°C z zastosowaniem jednoślimakowego zmodyfikowanego ekstrudera TS-45 (L/D=16:1) [33,34], przy różnym poziomie nawilżenia i zróżnicowanej prędkości obrotowej układu plastyfikującego ekstrudera w zakresie od 60 do 120 obr·min⁻¹. Zastosowano matrycę formującą z 12 otworami o średnicy 0,8 mm. Po wytworzeniu makaron ochładzano strumieniem powietrza w celu uniknięcia sklejania nitki makaronowych, podsuszano przez 1h w temperaturze 40°C w suszarce z wymuszonym obiegiem powietrza i przechowywano w zamkniętych opakowaniach.

W wyrobach makaronowych oceniono wskaźnik skleikowania skrobi metodą enzymatyczną z zastosowaniem β -amylazy do hydrolizy skrobi, jodometrycznym oznaczeniu cukrów redukujących i procentowym określeniu ich ilości wyrażonym jako wskaźnik skleikowania skrobi wg PN-A-79011-11 [23]. Minimalny czas przygotowania do spożycia określono wg PN-93/A-74130 [25] dla wyrobów poddanych uwodnieniu w gorącej wodzie po czasie niezbędnym do zaniku białego rdzenia wewnątrz makaronu obserwowanego przez zginięcie pojedynczej nitki makaronu pomiędzy dwoma płytkami z bezbarwnego tworzywa sztucznego. Jako wskaźnik przydatności kulinarnej określono ilość składników przechodzących do roztworu po hydratacji w gorącej wodzie przez czas wymagany do uzyskania pełnej przydatności kulinarnej. Badanie przeprowadzono na podstawie metody przedstawionej przez Kima i in. [16] w modyfikacji własnej dostosowanej do charakteru produktu błyskawicznego, tj. tradycyjne gotowanie zastąpiono hydratacją w gorącej wodzie. Ilość składników pozostałych w roztworze po hydratacji oraz po przepłukiwaniu zimną wodą (całkowita ilość wody ok. 400 ml) określano przez jej odparowanie w temp. 110°C do uzyskania suchej pozostałości składników w odniesieniu do masy próby przed hydratacją. Pomiarów wykonano w 2 powtórzeniach, jako wynik przyjmując średnią arytmetyczną z uzyskanych pomiarów. Przeprowadzono analizę wariancji przy zakładanym poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Istotność różnic między średnimi wyznaczono testem Duncana.

WYNIKI

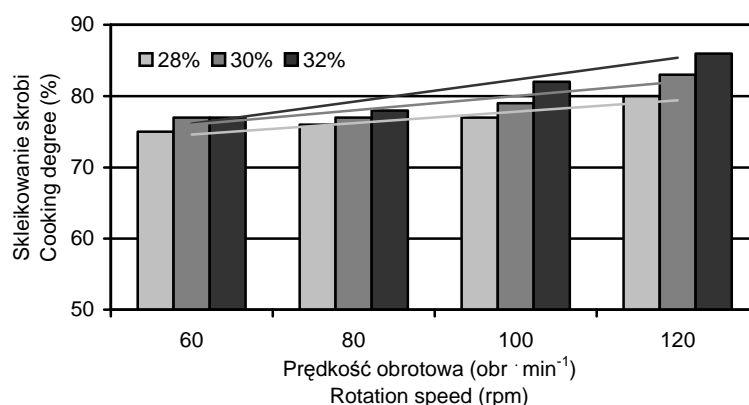
Prawidłowy dobór surowców przy wytwarzaniu wyrobów makaronowych jest istotny, gdyż cechy fizykochemiczne mąki warunkują zarówno przebieg procesu wytwarzania, jak też cechy jakościowe uzyskanych wyrobów. Granulacja badanej semoliny była równomierna, 98% frakcji semoliny przesiewało się przez sito o wymiarach oczek 330 μm , co w świetle wymogów podawanych w literaturze [14] należy uznać za prawidłowe. Wilgotność semoliny określono na 14%, więcej niż deklarowana przez producenta (11%) i uwzględniając rzeczywistą wilgotność surowca dowlżano mieszanki do założonej wilgotności. Po leżakowaniu przeprowadzono kontrolny pomiar wilgotności i nie stwierdzono istotnych różnic pomiędzy założonym a rzeczywistym poziomem nawilżenia mieszanki. Wyróżniki strukturotwórcze semoliny wykazały wartości zadowalające i dobre. Ilość białka w semolinie określono na 12,42%. Wyniki te są zgodne z wymaganiami stawianymi surowcom stosowanym do wytwarzania ekstrudowanych makaronów błyskawicznych [11]. Zawartość glutenu mokrego określono dla semoliny na poziomie 42%, zaś suchego 37%. Rozpływalność semoliny 5 mm określono jako bardzo dobrą. Ślaska-Grzywna [29] uzyskała podobne wyniki w zakresie od 5,4 do 9,5 mm dla różnych typów mąki. Oceniając jakość glutenu z wykorzystaniem aparatu Sadkiewicza określono dobrą jakość glutenu z semoliny na poziomie 144 j.S. oraz wskaźnik sedymentacji 32 ml, świadczący o dobrej jakości pszenic użytych do wytworzenia semoliny (35-50 ml – jakość dobra) [29].

W trakcie wytwarzania wyrobów makaronowych z semoliny kontrolowano zakres temperatury procesu poprzez regulację przepływu wody chłodzącej końcową część cylindra (250-370 $\text{l}\cdot\text{h}^{-1}$), temperatura procesu była stabilna w założonych granicach 70-95°C w poszczególnych sekcjach ekstrudera. Temperatura wyrobów gotowych bezpośrednio po opuszczeniu matrycy formującej wahała się w zależności od zastosowanej prędkości obrotowej układu plastyfikującego ekstrudera, którego oddziaływanie na produkt niedostatecznie uwodniony, jakim jest surowiec makaronowy, powoduje zamianę energii mechanicznej w ciepłą w wyniku tarcia wewnątrz cylindra ekstrudera. Najwyższą temperaturę wyrobu gotowego 89°C odnotowano dla makaronu wytworzonego z semoliny o wilgotności 32% przy zastosowaniu prędkości obrotowej ślimaka ekstrudera na poziomie 120 $\text{obr}\cdot\text{min}^{-1}$.

Wskaźnik skleikowania skrobi oznacza intensywność obróbki termicznej w danym materiale. W produktach spożywczych ekstrudowanych nie notuje się 100% poziomu skleikowanej skrobi, gdyż część z niej wchodzi w reakcje z innymi składnikami żywności i tworzy nierozpuszczalne, nieprzyswajalne kompleksy, które mogą być traktowane jako substancje balastowe w organizmie [9,20]. Stopień skleikowania skrobi w wyrobach ekstrudowanych może dochodzić, przy zastosowaniu odpowiednio zaprojektowanych parametrów procesu oraz zawartości wody i rozdrobnienia

składników, do poziomu 80-96%, dzięki czemu można uzyskać takie produkty jak np. skrobie instant rozpuszczalne w zimnej wodzie czy produkty nie wymagające gotowania przed spożyciem [9,20,27].

W przeprowadzonych badaniach wskaźnik skleikowania skrobi oznaczany enzymatycznie wynosił od 75 do 86% w zależności od zastosowanych parametrów procesu (rys. 1).



Rys. 1. Wskaźnik skleikowania skrobi w makaronach wytworzonych z semoliny w zależności od jej nawilżenia

Fig. 1. Starch gelatinization degree in semolina pasta processed at different moisture levels of raw materials

Analiza wariancji przeprowadzona dla tego parametru wykazała istotne statystycznie różnice przy założonym poziomie istotności 0,05. Odnotowano wzrost wskaźnika skleikowania skrobi w miarę zwiększania prędkości obrotowej ślimaka ekstrudera przy zwiększaniu nawilżenia semoliny. Zależności te zostały opisane za pomocą regresji liniowej i charakteryzowały się wysokimi współczynnikami determinacji R^2 , które dobrze ilustrują przebieg określanych zależności (tab. 1).

Dla tradycyjnych makaronów tłoczonych w niskich temperaturach (poniżej 50°C) i poddawanych procesowi suszenia ilość skleikowanej skrobi nie przekracza 50%, dlatego makarony tradycyjne przed spożyciem poddaje się gotowaniu, które umożliwia pełne skleikowanie skrobi pszennej. Wyroby makaronowe podane dodatkowej krótkotrwałej obróbce termicznej przez parowanie, podgotowanie, smażenie lub hydratację wykazują wyższy wskaźnik skleikowanej skrobi [15]. Obuchowski [22] w makaronach ekstrudowanych uzyskał skleikowanie na poziomie 95% po zastosowaniu dodatkowej kąpieli w gorącej wodzie i suszenia. W ekstrudatach wytwarzanych z różnych rodzajów mąki w temperaturze poniżej 100°C obserwowano 82-88% wskaźnik skleikowania skrobi, przy czym także zwiększenie zawartości

wody wpłynęło na wyższy poziom skleikowanej skrobi [27]. W wyrobach makaronowych typu instant parowanych i smażonych określono ilość skleikowanej skrobi na poziomie 84-88% w zależności od parametrów procesu smażenia [15].

Tabela 1. Wartości współczynników determinacji dla poszczególnych pomiarów w zależności od poziomu nawilżenia semoliny

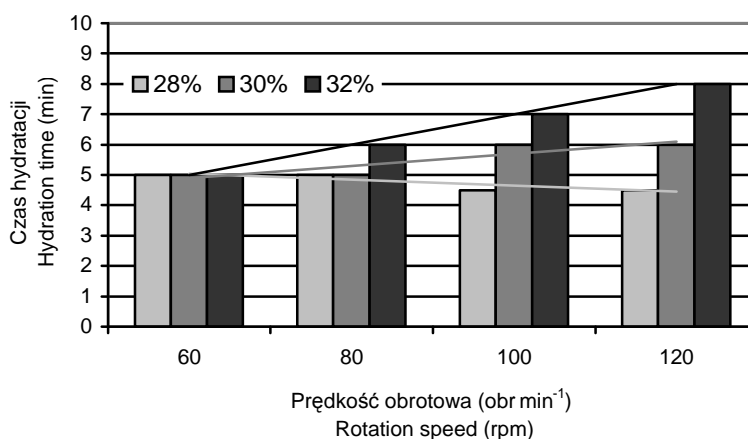
Table 1. Values of determination coefficients for measurement results in dependence on the moisture level of semolina

Cecha określana Parameter	Wilgotność Moisture level (%)	Równanie regresji liniowej Linear regression equation	Współczynnik deter- minacji Determination coefficient
Skleikowanie skrobi Cooking degree (%)	28	$y = 1,6x + 73$	$R^2 = 0,91$
	30	$y = 2x + 74$	$R^2 = 0,83$
	32	$y = 3,1x + 73$	$R^2 = 0,95$
Czas hydratacji Hydration time (min)	28	$y = -0,2x + 5,25$	$R^2 = 0,81$
	30	$y = 0,4x + 4,5$	$R^2 = 0,82$
	32	$y = x + 4$	$R^2 = 0,99$
Straty składników Cooking losses (%)	28	$y = -21,75x + 86,1$	$R^2 = 0,95$
	30	$y = -14,491x + 58,33$	$R^2 = 0,87$
	32	$y = -4,08x + 20,8$	$R^2 = 0,98$

Minimalny czas przygotowania do spożycia był wyznaczany na podstawie obserwacji wyglądu pojedynczej nitki makaronu poddawanej zgniataniu po poszczególnych minutach hydratacji w gorącej wodzie w naczyniu pod przykryciem. Makarony błyskawiczne są wyrobami wymagającymi gotowania nie dłuższego niż 2 minuty [11,15,27]. Jednakże po odpowiednich zabiegach technologicznych, mających na celu skleikowanie skrobi w wysokich temperaturach, można uzyskać wyroby gotowe do spożycia bez gotowania a jedynie poddane uwodnieniu w gorącej wodzie przez kilka minut.

W porównaniu do tradycyjnych makaronów, których czas gotowania sięga 8-10 a nawet 20 minut, oceniane wyroby charakteryzowały się krótkim czasem przygotowania do spożycia, nie wymagając gotowania, a czas hydratacji w gorącej wodzie wynosił od 4 do 8 minut (rys. 2).

Najczęściej ocenianymi parametrami jakości kulinarnej makaronu są waga makaronu po ugotowaniu (*ang. cooking weight*) oraz ilość składników przechodzących do wody po obróbce termicznej (*ang. cooking loss*). Wielkość tych parametrów wskazuje na prawidłowość zastosowanych metod wytwarzania oraz prawidłowy dobór

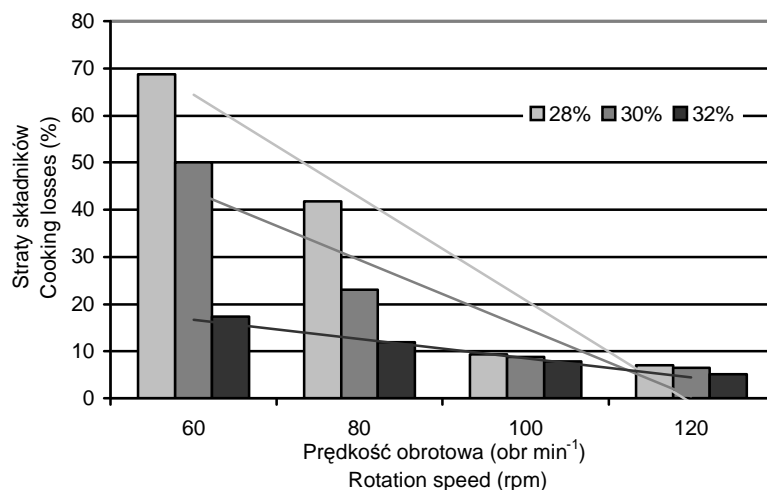


Rys. 2. Wpływ nawilżenia semoliny i prędkości obrotowej ślimaka ekstrudera na minimalny czas przygotowania makaronów do spożycia przez hydratację

Fig. 2. Influence of moisture content and extrusion screw rotation speed on minimal preparation time during hydration of pasta

surowców do produkcji makaronu. Im mniej składników przedostaje się do roztworu po gotowaniu, tym lepsze cechy kulinarne posiada makaron. Dla wyrobów typu błyskawicznego nie wymagających gotowania, lub gdy czas gotowania jest bardzo krótki, ilość składników wypłukiwanych z makaronu lub klusek z surowców skrobiowych nie powinna przekraczać 10% [5,16].

Głównym czynnikiem wpływającym na ilość składników oznaczanych w przesączu po hydratacji była zastosowana prędkość obrotowa oraz wskaźnik skleikowania skrobi. Dla wyrobów makaronowych wytworzonych z semoliny nawilżonej do 28% przy zastosowaniu najniższej prędkości obrotowej ślimaka zaobserwowano największą, znacznie przekraczającą przyjęty za dopuszczalny poziom, ilość substancji w wodzie po hydratacji. Świadczy to o niedostatecznie intensywnej obróbce termicznej, przy której zbyt mała ilość wody w połączeniu z niewystarczającym oddziaływaniem mechanicznym nie umożliwiła uzyskania odpowiednio stabilnej wewnętrznej struktury ciasta makaronowego, a niski poziom skleikowania skrobi nie pozwolił na utrzymanie niezwiązanych w strukturę glutenową składników skrobi i ich wypłukiwanie z nitek makaronowych. Przy zastosowaniu intensywniejszego oddziaływania mechanicznego, przy wyższym poziomie nawilżenia semoliny i większej ilości skleikowanej skrobi dla większości wyrobów uzyskano poziom substancji przechodzących do roztworu nie przekraczający 10% (rys. 3).



Rys. 3. Ilość składników przechodzących do roztworu podczas hydratacji makaronów z semoliny wytwarzanych z zastosowaniem różnej prędkości obrotowej ślimaka

Fig. 3. Cooking losses during hydration of semolina pasta processed at different extrusion screw rotation speeds

Istotnie statystycznie różnice wykazała analiza wariancji w zależności od zastosowanej prędkości obrotowej, zaś współczynniki determinacji dla regresji liniowej dobrze opisują uzyskane zależności dla badanych cech (tab.1).

Ilość składników przechodzących do roztworu była określana w wielu pracach badawczych. Wartość tego parametru wynosiła w zależności od składu surowcowego i parametrów procesu 5,2-7,5% [8] dla spaghetti wytworzonego z rozdrobnionej pszenicy durum, od 3,8 do 5,6% [31] dla wyrobów otrzymanych z pszenicy twardej i zwyczajnej, dla makaronu otrzymanego z różnych odmian pszenic miękkich od 6,8 do 10,7% [28], zaś dla makaronu wytworzonego ze skrobi ziemniaczanej i z roślin strączkowych odnotowano straty na poziomie 0,9-3,4% [16]. Dla wyrobów makaronowych w zależności od wyciągu mąki i sposobu obróbki termicznej określono ilość składników w przesączu na poziomie 3,69-11,66% [7]. Edwards i in. [6] w zależności od ilości białka w mące otrzymali straty składników od 7,1 do 15,5%, zaś Debuoz i Doekott [5] w zależności od parametrów wytlaczania od 5,6 do 6,1%.

Największe różnice w uzyskiwanych pomiarach określili Abecassis i in. [1], którzy ocenili straty składników na poziomie od 9,6 do 51,5% dla makaronów wytworzonych z zastosowaniem różnych parametrów procesu, przy czym stwierdzili, że za przydatność kulinarną makaronów odpowiadają zintegrowane oddziaływania tem-

peratury wytlaczania, nawilżenia surowców oraz prędkości wytlaczania makaronu. Zastosowanie wysokiej temperatury wytlaczania sprzyja powstawaniu większej ilości niezwiązanych składników przechodzących do wody w czasie gotowania, podczas gdy zwiększanie wilgotności surowców oraz większa prędkość wytlaczania wpływają na ograniczenie strat składników podczas gotowania [1].

WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonej oceny wybranych wyróżników jakościowych makaronów ekstrudowanych z semoliny sformułowano następujące wnioski:

1. Zastosowanie zróżnicowanego nawilżenia semoliny oraz prędkości obrotowej w czasie ekstruzji wpłynęło zarówno na wybrane cechy jakościowe makaronu, jak również na czas przygotowania do spożycia podczas hydratacji w gorącej wodzie.

2. Przeprowadzone badania wykazały, iż najlepsze wyroby makaronowe uzyskano przy zastosowaniu minimalnie 30%-owego nawilżenia semoliny oraz wyższej niż 80 obr·min⁻¹ prędkości obrotowej ślimaka plastyfikującego podczas wytwarzania makaronów ekstrudowanych.

3. Wraz ze wzrostem poziomu nawilżenia semoliny oraz zwiększaniem prędkości obrotowej podczas wytlaczania makaronu odnotowano zwiększenie poziomu skleikowanej skrobi. Ilość skleikowanej skrobi wynosiła od 75 do 86%, co świadczy o prawidłowym doborze zakresu temperatur ekstruzji podczas obróbki termicznej semoliny.

4. Ilość składników przechodzących do roztworu podczas hydratacji zmniejszała się, im wyższą prędkość obrotową wytlaczania zastosowano w czasie wytwarzania makaronów. Przy zastosowaniu 100 oraz 120 obr·min⁻¹ dla otrzymanych wyrobów makaronowych straty składników wynosiły poniżej 10%, co świadczy o dobrej jakości wytworzonych w tych warunkach produktów i wysokim stopniu przetworzenia semoliny.

5. Minimalny czas przygotowania makaronu do spożycia przez hydratację w gorącej wodzie wynosił 4 minuty i zwiększał się w miarę zwiększania poziomu nawilżenia semoliny.

PIŚMIENNICTWO

1. **Abecassis J., Abbou R., Chaurand M., Morel M.H., Vernoux P.:** Influence of extrusion conditions on extrusion speed, temperature, and pressure in the extruder and on pasta quality. *Cereal Chemistry*, 71, 247-253, 1994.
2. **Camire M.E., Camire A., Krumhar K.:** Chemical and nutritional changes in foods during extrusion. *Food Science and Nutrition*, 29, 1, 35-57, 1990.

3. **Cunin C., Handachin S., Walther P., Escher F.:** Structural changes of starch during cooking of durum wheat pasta. *Lebensm.-Wiss. U Technol.*, 28, 323-328, 1995.
4. **D'Egidio M., Nardi S.:** Textural measurement of cooked spaghetti. W: Kruger J.E., Matsuo R., Dick J.: *Pasta and noodle technology*, American Association of Cereal Chemistry Inc, USA, 133-166, 1996.
5. **Debouz A., Doetkott C.:** Effect of process variables on spaghetti quality. *Cereal Chemistry*, 73, 672-676, 1996.
6. **Edwards N., Izydorczyk M., Dexter J.E., Biliaderis C.:** Cooked pasta texture: comparison of dynamic viscoelastic properties to instrumental assesment of firmness. *Cereal Chemistry*, 70, 2, 122-126, 1993.
7. **Fardet A., Abecassis J., Hoebler C., Baldwin P., Buleon A., Berot S., Barry J.:** Influence of technological modifications of the protein network from pasta on in vitro starch degradation. *Journal of Cereal Science*, 30, 133-145, 1999.
8. **Grant L., Dick J., Shelton D.:** Effect oof drying temperature, starch damage, sprouting, and additives on spaghetti quality characteristics, *Cereal Chemistry*. 70, 6, 676-684, 1993.
9. **Harper J.M.:** *Extrusion of foods*. Vol. 1 i 2, CRC Press Inc, Florida, USA, 1981
10. **Hills B., Babonneau F., Wuantin V., Gaudet F., Belton P.:** Radial NMR microimaging studies of the rehydration of extruded pasta. *Journal of Food Engineering*, 27, 71-86, 1996.
11. **Huber G.:** *Extrusion cooking applications for precooked pasta production*. Northern Crops Institute Fargo, Południowa Dakota, USA, 1988.
12. **Jakubczyk T., Haber T.:** *Analiza zbóż i przetworów zbożowych*. SGGW-AR, Warszawa, 1983.
13. **Jurga R.:** *Przetwórstwo zbóż*. Cz. III, WSiP, Warszawa, 1985.
14. **Jurga R.:** Granulacja surowców makaronowych z pszenicy durum. *Przegląd Zbożowo – Młynarski*, 8, 11-12, 2001.
15. **Kim S.:** Instant noodle technology. *Cereal Foods World*, 41, 4, 213-218, 1996.
16. **Kim Y., Wiesenborn D., Lorenzen J., Berglund P.:** Suitability of edible bean and potato starches for starch noodles. *Cereal Chemistry*, 73, 3, 302-307, 1996.
17. **Klepacka M.:** *Analiza żywności*. Fundacja Rozwój SGGW, Warszawa, 1997.
18. **Malcolmson L., Matsuo R.:** Effect of cooking water composition on stickiness and cooking loss of spaghetti. *Cereal Chemistry*, 70, 3, 272-275, 1993.
19. **Matsuo R., Malcolmson L., Edwards N., Dexter J.E.:** A colorimetric method for estimating spaghetti cooking losses. *Cereal Chemistry*, 69, 1, 27-29, 1992.
20. **Mercier C., Linko P., Harper J.M.:** *Extrusion Cooking*. American Association of Cereal Chemists Inc., St. Paul, USA, 1998.
21. **Mościcki L.:** Zmiany właściwości fizykochemicznych surowców roślinnych poddawanych procesowi ekstruzji. *Przegląd Zbożowo-Młynarski*, 6, 27-29, 2002.
22. **Obuchowski W.:** Makarony szybkogotujące. *Przegląd Zbożowo-Młynarski*, 3, 9-10, 1997.
23. PN-A-79011-11:1998 Koncentraty spożywcze. Metody badań. Oznaczanie stopnia skleikowania skrobi.
24. PN-A-74043-3:1994 Oznaczanie glutenu mokrego. Mąka pszenna.
25. PN-93/A-74130 Makaron. Pobieranie próbek i metody badań.
26. PN-91/A-74010 Ziarno zbóż i przetwory zbożowe. Oznaczanie wilgotności (rutynowa metoda odwoławcza).
27. **Quaglia G, Paoletti F.:** Extrusion-cooking for the exploitation of local staple foods in developing countries. w: Mercier C., Cantarelli Ch.: *Pasta and Extrusion Cooked Foods*, Proceedings

- of an international symposium in Milan, Elsevier Applied Science Publishers Ltd., Anglia, 182-192, 1986.
28. **Rho K., Seib P., Chung O., Deyoe C.:** Noodles. VII. Investigating the surface firmness of cooked oriental dry noodles made from hard wheat flours. *Cereal Chemistry*, 65, 4, 320-326, 1988.
 29. **Ślaska-Grzywna B.:** Badania właściwości fizycznych mąk z różnych surowców roślinnych. *Inżynieria Rolnicza*, 5, 221-232, 2000.
 30. **Thorvaldsson K., Stading M., Nilsson K., Kidman S., Langton M.:** Rheology and structure of heat-treated pasta dough: influence of water content and heating rate. *Lebensm.-Wiss. U. Technol.*, 32, 3, 154-161, 1999.
 31. **Walsh D., Gilles K.:** The influence of protein composition on spaghetti quality. *Cereal Chemistry*, 48, 544-554, 1971.
 32. **Wójtowicz A., Mościcki L.:** Zastosowanie techniki ekstruzji do produkcji makaronów błyskawicznych. *Zeszyty Naukowe Politechniki Opolskiej, seria: Mechanika*, 60, 254, 387-394, 2000.
 33. **Wójtowicz A.:** Wpływ typu oraz wilgotności mąki na wydajność ekstrudera przy wytwarzaniu makaronów błyskawicznych. *Inżynieria Rolnicza*, 10, 397-404, 2001.
 34. **Wójtowicz A.:** Wpływ dodatku kwasu askorbinowego na wybrane cechy jakościowe makaronów ekstrudowanych. *Acta Agrophysica*, 4(2), 589-599, 2004.

INFLUENCE OF SEMOLINA MOISTURE CONTENT AND PROCESS PARAMETERS ON SOME QUALITY PARAMETERS OF PRECOOKED PASTA

Agnieszka Wójtowicz

Department of Food Process Engineering, Agricultural University
ul. Doświadczalna 44, 20-236 Lublin
e-mail: agnieszka.wojtowicz@ar.lublin.pl

Abstract. The results of selected quality parameters of precooked pasta processed with extrusion-cooking technique are presented in the paper. The raw material used was durum semolina. Pasta was processed with single screw modified extrusion-cooker TS-45 (Polish design) with different moisture levels of the raw material and different rpm of the screw. Higher level of starch gelatinization degree was observed with a higher semolina moisture level and higher screw rpm during pasta extrusion. Values of this parameter ranged from 75 to 86%, which was associated with high processing of semolina during the thermal treatment under proposed temperature profile of extrusion. The amount of cooking losses during hydration process of pasta was lower when the higher screw rpm was used. At 100 and 120 rotations per min (rpm) for all obtained products the cooking losses were noted below 10%; it means that the quality of the products was correct as well as quality of the process itself. The minimal hydration time for pasta preparing was 4 minutes and increased with the higher moisture level of semolina used.

Key words: semolina, precooked pasta, extrusion-cooking, single screw extruder, starch gelatinization, cooking loss