

## WPLYW DODATKU KWASU ASKORBINOWEGO NA TEKSTURĘ EKSTRUDOWANYCH MAKARONÓW PODGOTOWANYCH

*Agnieszka Wójtowicz*

Katedra Inżynierii Procesowej, Uniwersytet Przyrodniczy  
ul. Doświadczalna 44, 20-236 Lublin  
e-mail: [agnieszka.wojtowicz@ar.lublin.pl](mailto:agnieszka.wojtowicz@ar.lublin.pl)

**Streszczenie.** W niniejszym opracowaniu przedstawiono wyniki pomiarów wybranych cech tekstury makaronów błyskawicznych wytwarzanych z mąki pszennej typ 500 z różnym dodatkiem kwasu l-askorbinowego. Badaniom poddawano makarony ekstrudowane z użyciem zmodyfikowanego ekstrudera jednoślimakowego TS-45 przy zastosowaniu zróżnicowanej prędkości obrotowej ślimaka ekstrudera podczas wytłaczania. Twardość określono na podstawie pomiarów siły cięcia makaronów surowych oraz poddanych hydratacji w gorącej wodzie, zaś jędrność przez oznaczenie pracy cięcia makaronów uwodnionych. Stwierdzono wpływ ilości dodanego kwasu askorbinowego oraz parametrów wytłaczania na twardość oraz jędrność wyrobów makaronowych. Twardość makaronów surowych wynosiła od 16 do 32 N, przy czym nie określono jednoznacznego wpływu prędkości obrotowej zastosowanej podczas ekstruzji na ten parametr. Twardość oraz jędrność wyrobów hydratowanych ulegała zmniejszeniu w miarę wydłużania czasu hydratacji w gorącej wodzie. Odnotowano wpływ zarówno parametrów ekstruzji, jak i ilości dodatku na teksturę makaronów poddanych hydratacji. Najbardziej jędrną teksturą charakteryzowały się makarony wytwarzane przy 100 oraz 120 obr·min<sup>-1</sup> i zastosowaniu dodatku kwasu w ilości 0,08 oraz 0,1%.

**Słowa kluczowe:** ekstruzja, makaron błyskawiczny, mąka pszenna, kwas askorbinowy, tekstura, twardość

### WSTĘP

Technika ekstruzji, którą zastosować można do wytworzenia makaronów podgotowanych, dzięki modyfikacji parametrów procesu, umożliwia i kształtowanie cech jakościowych produktów ekstrudowanych. Największy wpływ na właściwości produktu finalnego mają zastosowane surowce, ich wilgotność oraz parametry wytłaczania, tj. prędkość obrotowa ślimaka plastyfikującego, temperatura i ciśnienie ekstruzji. Makarony ekstrudowane z zastosowaniem jednoślimakowego ekstrudera TS-45 uzyskują cechy pełnej przydatności do spożycia przez

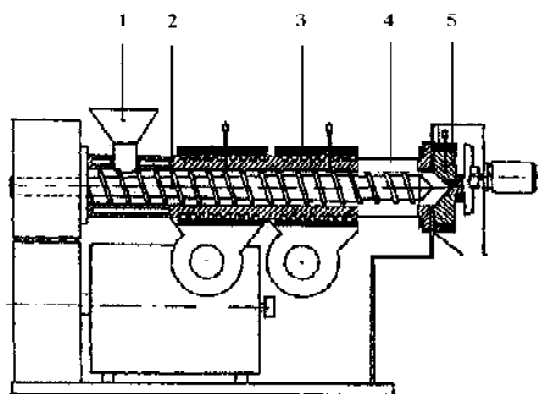
hydratację w gorącej wodzie, dzięki wysokiemu wskaźnikowi skleikowanej skrobi oraz nadaniu im w procesie ekstruzji odpowiednich cech użytkowych, tj. odpowiedniej tekstury, wysokiej wodochłonności, stabilnej konsystencji po hydratacji i pożądaných cech sensorycznych (Wójtowicz 2005, 2006, 2007). Zastosowanie różnorodnej kompozycji surowców i dodatków funkcjonalnych nadaje wyrobom określone właściwości fizykochemiczne i umożliwia wytworzenie produktów, które mogą być zakwalifikowane do grupy żywności wygodnej. Jednym z dodatków, możliwym do zastosowania w produkcji makaronów ekstrudowanych, jest kwas l-askorbinowy.

Kwas l-askorbinowy, dodawany do produktów spożywczych w celu wzbogacenia ich w witaminę C oraz jako przeciwutleniacz, występuje najczęściej w postaci białego proszku, łatwo rozpuszczalnego w wodzie. Jest substancją silnie redukującą, mającą istotny udział w utrwalaniu naturalnej barwy wielu surowców i produktów. Wykazuje działanie przeciwutleniające, dzięki czemu chroni produkty przed oksydacyjnym brunatnieniem, rozkładem tłuszczów i substancji smakowych. Stosowanie kwasu l-askorbinowego polepsza jakość mąki poprzez wzmocnienie glutenu i poprawę wartości wypiekowej mąki (Larsson i Eliasson 1996, Rutkowski i in. 1997) oraz objętości pieczywa o około 20% (Every i in. 1999). Dodatek ten wpływa na polepszenie formowania matrycy białkowej w cieście i zmniejsza utratę koloru podczas gotowania oraz, szczególnie przy zastosowaniu mąki z pszenic miękkich do wyrobu makaronu, ogranicza ilość pozostałości po gotowaniu w wodzie (Jurga 2001, Wójtowicz 2004). Kwas askorbinowy (pod handlową nazwą *Glutin A*) jest stosowany np. w Niemczech od ponad 30 lat jako domieszka do mąki chlebowej w celu stabilizacji struktury glutenu oraz jednolitej jakości uzyskiwanego pieczywa (Jurga 1999). Jak podaje Baik i in. (1995) oraz Feillet i in. (2000) kwas askorbinowy w ilości 500 ppm opóźnia odbarwienie w kluskach azjatyckich, inhibując lipooksygenazy występujące w mące pszennej. Jednakże kwas askorbinowy wykazuje stosunkowo duże straty zarówno podczas obróbki termicznej, jak i przechowywania. Jak podają Camire i in. (1990) po dwuminutowym gotowaniu straty kwasu askorbinowego w mieszance kukurydziano-sojowej wyniosły ponad 78%, natomiast poddanie tej samej mieszanki procesowi ekstruzji obniżyło straty do poziomu około 33%. W przypadku ekstruzji mąki pszennej wzbogaconej kwasem askorbinowym w ilości  $71,8 \text{ mg} \cdot (100\text{g})^{-1}$  mąki odnotowano straty na poziomie 8,2%, jednak w trakcie dwunastomiesięcznego przechowywania straty w wyrobie gotowym sięgały nawet 46%. Jednakże straty w zawartości witaminy C zależą też od charakterystyki samego wyrobu. W ekstrudowanych snackach stwierdzono 55% straty w ilości dodanej witaminy C po trzymiesięcznym przechowywaniu, natomiast po 1 miesiącu przechowywania karmy dla ryb odnotowano nawet 87% redukcję witaminy C. Wzbogacanie wyrobów ekstrudowanych w kwas l-askorbinowy przy ich konfekcjonowaniu nie wydaje się dobrym rozwiązaniem, ze względu na zwiększone straty podczas przechowywania.

Celem pracy było określenie wpływu dodatku kwasu l-askorbinowego na teksturę ekstrudowanych makaronów podgotowanych. W ramach badań oznaczono twardość makaronów suchych oraz twardość i jędrność wyrobów makaronowych poddanych hydratacji, wytworzonych w jednoślindakowym zmodyfikowanym ekstruderze TS-45 produkcji polskiej (Metalchem, Gliwice).

#### MATERIAŁY I METODY BADAŃ

Do wytworzenia makaronów podgotowanych wykorzystano zmodyfikowany ekstruder TS-45, którego schemat przedstawiono na rysunku 1.



**Rys. 1.** Schemat modyfikacji ekstrudera jednoślindakowego TS-45,  $L/D = 16$ , stopień sprężania 3:1. Opis: 1 – lej zasypowy, 2 – ślimak, 3 – układ grzewczy ekstrudera, 4 – modyfikacja obejmująca wydłużenie ślimaka, wydłużenie cylindra i płaszcz chłodzący, 5 – głowica z matrycą formującą

**Fig. 1.** Schematic of single screw extrusion-cooker TS-45, modification  $L/D = 16$ , compression index 3:1. Description: 1-dumping hopper, 2-screw, 3-heating section, 4-modified section including screw and barrel extension and cooling section, 5-head with shaping die

Podczas wytwarzania zastosowano następujące parametry pracy ekstrudera: zakres temperatur  $68-88^{\circ}\text{C}$  w sekcji I oraz  $80-94^{\circ}\text{C}$  w II sekcji ekstrudera, wystarczający do skleikowania skrobi w mące pszennej, wilgotność surowców w mieszance poddawanej ekstruzji wynosiła 30%, obroty ślimaka ekstrudera ustalono na 4 poziomach, tj. 60, 80, 100, 120 obrotów na minutę dla wszystkich receptur surowcowych. Wyrobom nadawano w czasie ekstruzji kształt spaghetti w matrycy z 12 otworami o średnicy 0,8 mm. Skład chemiczny mąki pszennej poznańskiej typ 500 (Młyn w Płońsku) był następujący: białko – 11,98%, gluten mokry – 37%, wskaźnik sedymentacji – 24 ml, rozpywalność – 8 mm, co wskazuje na dobrą jakość mąki (Wójtowicz, 2005). Jako dodatek zastosowano kwas l-askorbinowy – E 300, w ilości 0,02, 0,04, 0,06, 0,08 oraz 0,1% s.m. mąki. Otrzymane makarony poddawano podsuszaniu w temperaturze  $40^{\circ}\text{C}$  przez 2 godz. i przechowywano w zamkniętych opakowaniach.

Ocenę cech tekstury makaronów o wilgotności 12-13% przeprowadzono w aparacie Zwick Z020/TN2S przy zastosowaniu testu cięcia, określając maksymalną siłę cięcia. W badaniach wykorzystano głowicę o sile nominalnej  $F_{nom} = 2$  kN przy prędkości badania  $10 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ . Pojedynczą nitkę makaronu układano na stoliku pomiarowym urządzenia, gdzie następowało cięcie próbki makaronu ekstrudowanego. Wartość siły cięcia wyznaczano w momencie pęknięcia próby. Siłę cięcia interpretowano jako twardość wyrobów. Pomiary siły cięcia wykonano w pięciu powtórzeniach. Analizę istotności różnic pomiędzy średnimi przeprowadzono przy poziomie istotności  $\alpha = 0,05$  testem Duncana.

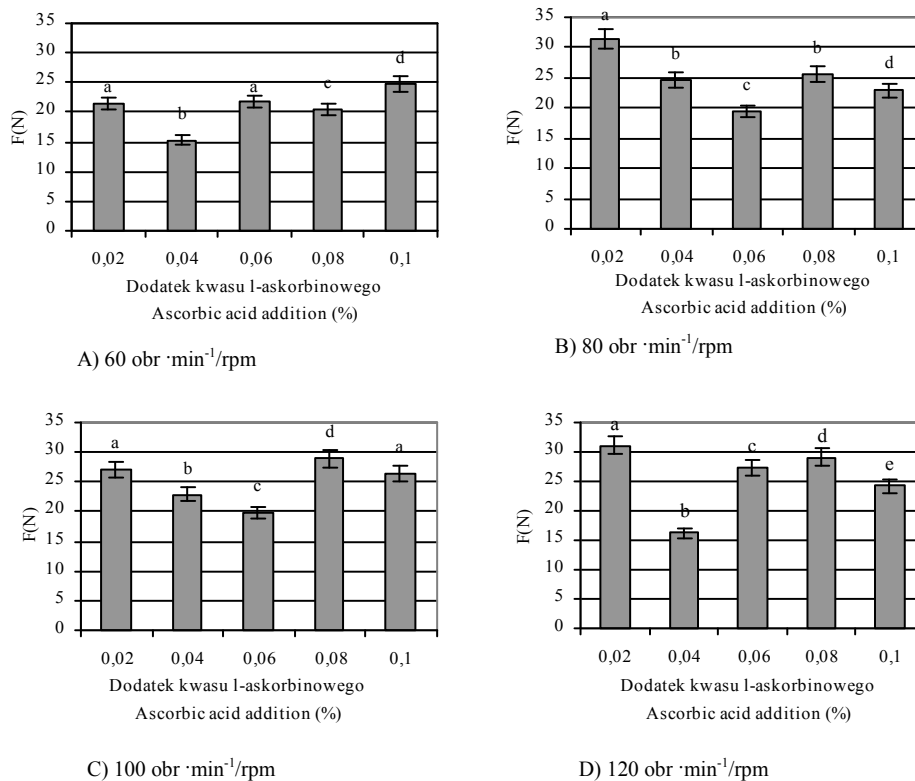
Badania cech tekstury wyrobów hydratowanych przeprowadzono przy tych samych parametrach testu cięcia, określając maksymalną siłę cięcia oraz pracę cięcia dla pojedynczej nitki makaronu ekstrudowanego pobieranej co 1 minutę po każdej minucie hydratacji do czasu pełnego uwodnienia wyrobów. Wartość siły (twardość) i pracy (jędrność) cięcia wyznaczano w momencie przecięcia nitki makaronu (D'Egidio i Nardi, 1996). Pomiary wykonano w pięciu powtórzeniach, jako wynik przyjmowano średnią z pomiarów, wyznaczano równania regresji wielomianowej średnich wartości siły cięcia w zależności od czasu hydratacji i wartości ich współczynników determinacji. Istotność różnic pomiędzy średnimi wyznaczono testem Duncana ( $\alpha = 0,05$ ).

#### WYNIKI BADAŃ

Na podstawie wcześniejszych badań (Wójtowicz 2004) stwierdzono, że zastosowanie dodatku kwasu l-askorbinowego podczas wytwarzania makaronu ekstrudowanego pozwoliło na uzyskanie wysokiego wskaźnika skleikowania skrobi na poziomie 83-87%, przy czym im większy był udział kwasu w mieszance surowcowej, tym niższy odnotowano poziom skleikowanej skrobi.

Wyniki oznaczania siły cięcia makaronów przedstawione zostały w programie komputerowym obsługującym aparat firmy Zwick w postaci wykresów w układzie współrzędnych siła niszcząca – droga. Dla wszystkich wyrobów surowych otrzymano jeden pik charakteryzujący moment pęknięcia próbki poddanej procesowi cięcia, z którego odczytywano wartości niezbędne do wyznaczenia siły cięcia.

Podczas określania siły cięcia dla wyrobów makaronowych z dodatkiem kwasu l-askorbinowego wyznaczano wartości siły cięcia, w zależności od ilości dodatku, przy zastosowaniu różnych obrotów ślimaka w trakcie wytłaczania. Wzrost prędkości obrotowej ślimaka powodował w większości wyrobów wzrost ich twardości (rys. 2). Najwyższą twardość określono przy zastosowaniu 0,02%, 0,08% oraz 0,1% dodatku, przy czym różnice były istotne statystycznie przy zastosowaniu podczas ekstruzji makaronów różnej prędkości wytłaczania.



**Rys. 2.** Siła cięcia makaronu ekstrudowanego z mąki pszennej typ 500 z dodatkiem kwasu askorbinowego przy różnych prędkościach obrotowych ślimaka ekstrudera. ab - jednakowe litery oznaczają brak istotnych różnic pomiędzy średnimi przy założonym poziomie istotności  $\alpha = 0,05$

**Fig. 2.** Cutting force of precooked pasta processed from wheat flour type 500 with addition of ascorbic acid at different screw rotational speed. ab – the same letters indicate insignificant differences of means at significance level  $\alpha = 0.05$

Minimalny czas przygotowania do spożycia wytworzonych makaronów z dodatkiem kwasu l-askorbinowego był zbliżony do czasu hydratacji podczas przeprowadzania oceny tekstury w aparacie Zwick. Zakończenie pomiaru przyjmowano w momencie całkowitego uwodnienia pojedynczej nitki makaronu przy zerowej wartości siły cięcia, kiedy to zastosowany do cięcia nóż nie przecinał, lecz zgniatał całkowicie uwodniony wyrób. Makarony produkowane przy zastosowaniu wyższych obrotów ślimaka i ilości dodatku kwasu l-askorbinowego, nie przekraczającego 0,08%, charakteryzowały się bardzo dobrą strukturą, ich czas hydratacji nie przekraczał 5 minut (Wójtowicz 2004).

Zaobserwowano, że dla wszystkich badanych wyrobów największe siły cięcia i najmniejsze wartości odkształcenia występowały po pierwszej minucie hydratacji,

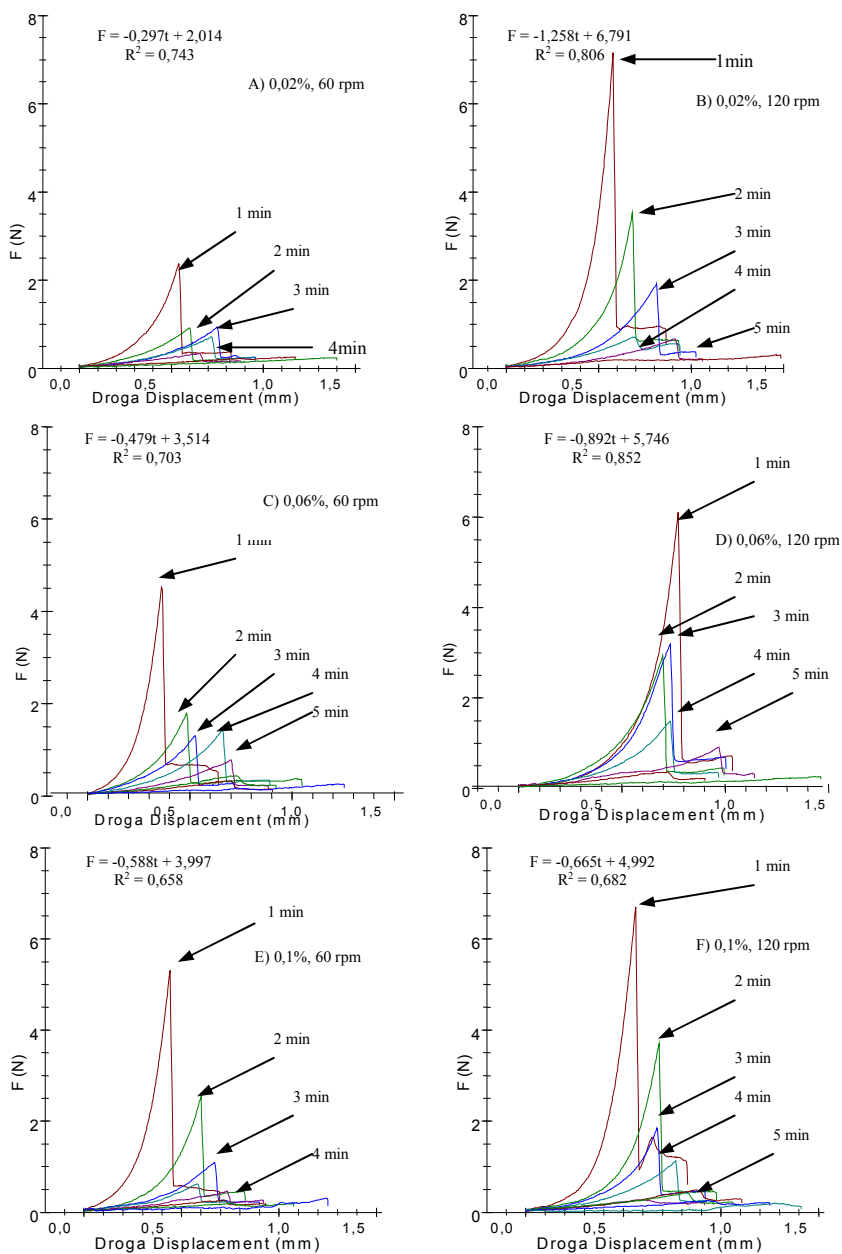
a zależność ta ulegała zmianie wraz z wydłużeniem czasu uwadniania makaronu (rys. 3). Po kilkuminutowej hydratacji siła cięcia była najmniejsza, zaś wartości odkształcenia największe. Niezależnie od zastosowanej ilości dodatku oraz prędkości obrotowej ślimaka podczas ekstruzji zależności siły cięcia od czasu hydratacji są podobne, co ilustrują równania, o wysokim współczynniku determinacji ( $R^2$  od 0,65 do 0,89). Na rysunku 4 przedstawiono zmiany wartości siły cięcia dla wyrobów makaronowych z mąki typu 500 z dodatkiem kwasu askorbinowego. Zaobserwowano, iż największe różnice wartości siły ścinania występowały pomiędzy pierwszą i drugą minutą czasu hydratacji makaronu. Największą twardość oznaczono podczas cięcia makaronów wytwarzanych przy najwyższej prędkości obrotowej ślimaka z 0,08 i 0,1% udziałem dodatku w recepturze (rys. 4D). Zauważono, że różnica wartości sił ścinania dla makaronu ekstrudowanego z mąki typu 500 z różnym dodatkiem kwasu askorbinowego jest istotna jedynie w pierwszych minutach hydratacji, co może być związane z mocną strukturą wewnętrzną uformowaną poprzez interakcje kwasu l-askorbinowego z układem gluten-skrobia (Larsson i Eliasson 1996). Dłuższy czas hydratacji minimalizował te różnice.

Praca cięcia, interpretowana jako cecha tekstury, określana jest w literaturze międzynarodowej jako *firmness* – jędrność (Edwards i in. 1993). Tendencje zmian wartości tego parametru były podobne, jak podczas badania twardości makaronów, jędrność była niższa, im dłuższy stosowano czas hydratacji.

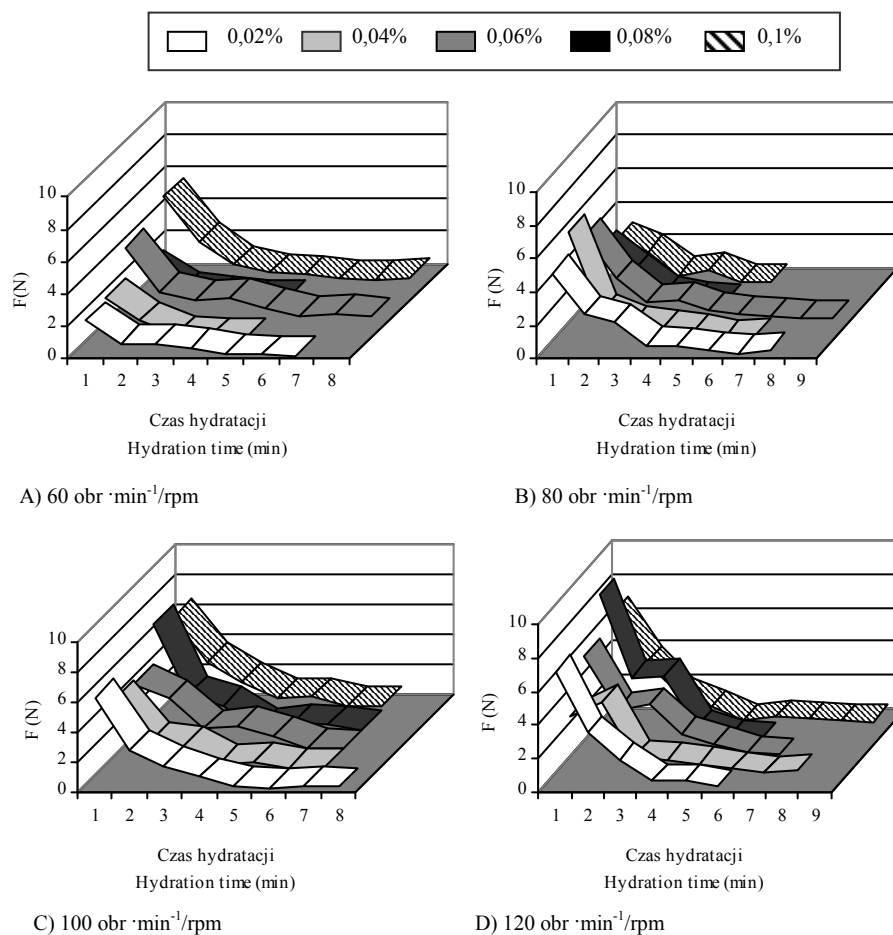
Najbardziej jędrne po hydratacji pozostawały makarony, dla których Wójtowicz (2004) we wcześniejszych badaniach określiła wysoki wskaźnik ekspandowania, dobrą konsystencję, bardzo małą ilość wypłukanych składników (ok. 5%) oraz dużą ilość skleikowanej skrobi (92%). Jędrność obniżała się wraz ze zwiększaniem udziału kwasu askorbinowego w recepturze surowcowej.

Najwyższe wartości pracy cięcia po 1 min. hydratacji określono podczas badania makaronów z dodatkiem 0,08% kwasu wytworzonych przy 100 oraz 120 obr·min<sup>-1</sup>, odpowiednio 0,96 i 1,01 N·mm. Wartości pracy cięcia dla wyrobów wytworzonych przy niższych obrotach wynosiły od 0,28 do 0,87 N·mm po 1 minucie hydratacji. Najszybciej jędrność traciły wyroby wytwarzane przy zastosowaniu 60 obr·min<sup>-1</sup>, dla których wyznaczono jędrność poniżej 0,2 N·mm już po 2 minucie hydratacji, niezależnie od zastosowanego udziału dodatku.

Wartości zarówno siły, jak i pracy cięcia były wyższe, niż te określone podczas pomiarów tekstury makaronów błyskawicznych ekstrudowanych z semoliny. Pomimo wyższej zawartości białka w semolinie, a tym samym glutenu, podczas procesu ekstruzji makaronów z mąki pszennej typ 500 z dodatkiem kwasu askorbinowego uzyskano produkty bardziej jędrne, o konsystencji *al dente*, utrzymującej się do 6 minut podczas hydratacji. Makarony błyskawiczne z semoliny, niezależnie od zastosowanych podczas ekstruzji obrotów ślimaka, uzyskiwały wartości pracy cięcia poniżej 0,2 N·mm już w 2 oraz 3 minucie hydratacji (Wójtowicz 2006).



**Rys. 3.** Przykłady pomiaru tekstury makaronów po różnym czasie hydratacji (min)  
**Fig. 3.** Examples of pasta texture measurement after different hydration times (min)



**Rys. 4.** Zmiany siły cięcia makaronów ekstrudowanych z mąki pszennej typu 500 z dodatkiem kwasu askorbinowego w zależności od zastosowanej prędkości obrotowej ślimaka ekstrudera po różnym czasie hydratacji

**Fig. 4.** Cutting force values of extruded pasta made from wheat flour type 500 with ascorbic acid addition depending on the screw rpm used, after different hydration times

#### WNIOSKI

1. Największą twardością charakteryzowały się makarony ekstrudowane przy zastosowaniu najwyższej prędkości obrotowej ślimaka ekstrudera.

2. Wysokie wartości twardości wyznaczono podczas cięcia makaronów z udziałem 0,02%, 0,08% oraz 0,1% kwasu askorbinowego w recepturze surow-



cowej. Niższą twardość uzyskano podczas testów wyrobów z 0,04 oraz 0,06% dodatkiem tego kwasu.

3. Twardość makaronów uwodnionych zmniejszała się w miarę wydłużania czasu hydratacji wyrobów w gorącej wodzie. Największe obniżanie twardości i jędrności zaobserwowano po 1-2 minutach hydratacji, niezależnie od ilości zastosowanego dodatku. Makarony wytworzone przy 100 i 120 obr·min<sup>-1</sup> charakteryzowały się teksturą *al dente*, która zanikała po dłuższej hydratacji wyrobów.

#### PIŚMIENNICTWO

- Baik B., Czuchajowska Z., Pomeranz Y., 1995. Discoloration of dough for oriental noodles. *Cereal Chemistry*, 72, 198-205.
- Camire M.E., Camire A., Krumhar K., 1990. Chemical and nutritional changes in foods during extrusion. *Food Science and Nutrition*, 29, 1, 35-57.
- D'Egidio M., Nardi S., 1996. Textural measurement of cooked spaghetti. w: Kruger J.E., Matsuo R., Dick J: *Pasta and noodle technology*, American Association of Cereal Chemistry, Inc., USA, 133-156.
- Edwards N., Izydorczyk M., Dexter J.E., Biliaderis C., 1993. Cooked pasta texture: comparison of dynamic viscoelastic properties to instrumental assessment of firmness. *Cereal Chemistry*, 70(2), 122-126.
- Every D., Simmons L., Sutton K., Ross M., 1999. Studies on the mechanism of the ascorbic acid improver effect on bread using flour fractionation and reconstruction methods. *Journal of Cereal Science*, 30, 147-158.
- Feillet P., Autran J.C., Icard-Verniere C., 2000. Pasta brownness: an assessment. *Journal of Cereal Science*, 32, 215-233.
- Jurga P., 2001. Od czego zależy jakość makaronu? *Przegląd Zbożowo-Młynarski*, 9, 17-18.
- Jurga R., 1999. Polepszanie jakości mąki pszennej – oferta niemieckiej firmy Muhlenchemie. *Przegląd Zbożowo-Młynarski*, 12, 52-53.
- Larsson H., Eliasson A., 1996. Phase separation of wheat flour dough studied by ultra-centrifugation and stress relaxation. II. Influence of mixing time, ascorbic acid and lipids. *Cereal Chemistry*, vol. 73, 1, 25-31.
- Rutkowski A., Gwiazda S., Dąbrowski K., 1997. Substancje dodatkowe i składniki funkcjonalne żywności. *Agro & Food Technology*, Czeladź.
- Wójtowicz A., 2004. Wpływ dodatku kwasu askorbinowego na wybrane cechy jakościowe makaronów ekstrudowanych. *Acta Agrophysica*, 4 (2), 589-599.
- Wójtowicz A., 2005. Influence of some functional components addition on the microstructure of precooked pasta. *Polish Journal of Food and Nutrition Science*, 14/55, 4, 417-422.
- Wójtowicz A., 2006. Wpływ parametrów ekstruzji na wybrane cechy tekstury makaronów błyskawicznych z semoliny. *Acta Agrophysica*, 8 (4), 1049-1060.
- Wójtowicz A., 2007. Effect of monoglyceride and lecithin addition on cooking quality of precooked pasta. *Polish Journal of Food and Nutrition Science*, 57, 3A, 157-162.

## INFLUENCE OF ASCORBIC ACID ADDITION ON TEXTURE OF EXTRUDED PRECOOKED PASTA

*Agnieszka Wójtowicz*

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

**Abstract.** The results of chosen texture characteristics of precooked pasta products made from common wheat flour type 500 with various levels of addition of ascorbic acid are presented in the paper. Tests were performed on pasta processed on modified TS-45 extrusion-cooker at different screw rotation speeds (rpm) during extrusion. Hardness was defined as cutting force of dry and hydrated in hot water, and firmness as cutting work of hydrated pasta products. The influence of both ascorbic acid addition and the extrusion-cooking rpm on pasta hardness and firmness was observed. Hardness of dry pasta ranged from 16 to 32 N, but no explicit influence of rpm on pasta hardness was observed. Addition 0.02%, 0.08% and 0.1% of ascorbic acid to pasta recipe caused higher hardness of dry and hydrated products. Hardness and firmness decreased with extensional hot water hydration time. The firmest texture was noted for pasta with 0.08-0.1% addition of ascorbic acid processed at 100 and 120 rpm.

**Key words:** extrusion-cooking, precooked pasta, wheat flour, ascorbic acid, texture, hardness