

WPLYW CZASU GOTOWANIA I DODATKU MĄKI Z PSZENICY  
ZWYCZAJNEJ DO SEMOLINY NA WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNE  
SPAGHETTI

*Dariusz Dzik<sup>1</sup>, Beata Biernacka<sup>1</sup>, Janusz Laskowski<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Katedra Techniki Ciepłej, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie  
ul. Doświadczalna 44, 20-280 Lublin  
e-mail: [dariusz.dziki@up.lublin.pl](mailto:dariusz.dziki@up.lublin.pl)

<sup>2</sup>Katedra Eksploatacji Maszyn Przemysłu Spożywczego, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie  
ul. Doświadczalna 44, 20-280 Lublin

**Streszczenie.** Celem pracy było określenie wpływu czasu gotowania i dodatku mąki z pszenicy zwyczajnej do semoliny na właściwości mechaniczne makaronów formy spaghetti. Materiał badawczy stanowił makaron wyprodukowany z mieszaniny semoliny z mąką z pszenicy zwyczajnej w udziale: 0, 2, 4, 6, 8, 10 i 100 (%). Badania przeprowadzono po różnym czasie gotowania makaronu: 7,5; 10; 12,5; 15; 17,5 oraz 20 min. Do badania cech mechanicznych makaronów wykorzystano maszynę wytrzymałościową Zwick ZWICK Z020/TN2S. Przeprowadzono test podwójnego ściskania oraz test cięcia makaronu. Dodatek do semoliny mąki z pszenicy zwyczajnej w udziale do 10% w większości przypadków nie miał istotnego wpływu na właściwości mechaniczne spaghetti określone przy wykorzystaniu testu podwójnego ściskania. Makaron, którego głównym składnikiem była semolina, w porównaniu do spaghetti wytworzonego z pszenicy zwyczajnej charakteryzował się kilkukrotnie wyższymi wartościami twardości, żuwalności oraz siły i pracy cięcia. Największy wpływ na wyznaczone cechy mechaniczne makaronu miał czas gotowania. Dłuższe gotowanie tych wyrobów spowodowało znaczące spadki wartości określanych parametrów. Przy 10% udziale mąki z pszenicy zwyczajnej w semolinie uzyskano istotnie niższe wartości siły i pracy cięcia makaronu w porównaniu do surowca otrzymanego z semoliny. Stwierdzono istotne zależności liniowe między siłą cięcia makaronu a twardością, spoistością, sprężystością i żuwalnością. Współczynniki korelacji liniowej odpowiednio wyniosły 0,91, 0,81, 0,83 i 0,92. Podobne zależności wystąpiły między pracą cięcia makaronu a tymi parametrami ( $r$  równe odpowiednio 0,92, 0,77, 0,83 i 0,90). Spośród wyznaczonych parametrów, jako najbardziej czułe wskaźniki do określania zmian właściwości makaronu w wyniku dodatku mąki z pszenicy zwyczajnej okazały się siła i praca cięcia makaronu.

**Słowa kluczowa:** makaron, gotowanie, właściwości mechaniczne

## WSTĘP

Makaron należy do jednych z bardziej popularnych produktów zbożowych. Dzięki swojej charakterystyce żywieniowej, a w szczególności niskiemu indeksowi glikemicznemu (Monge i in. 1990), może być spożywany zarówno przez ludzi zdrowych, jak i osoby cierpiące na różne schorzenia takie jak cukrzyca, arterioskleroza, czy niektóre choroby układu krążenia. Duża zawartość węglowodanów predysponuje te wyroby do wykorzystania w diecie sportowców, gdyż podnoszą one zawartość glikogenu w mięśniach (Obuchowski 1996).

Powszechnym surowcem do produkcji makaronu jest semolina otrzymywana z przemiału ziarna pszenicy *amber durum* (Feillet i Dexter 1996). Ilość i jakość białka zawarta w semolinie pozwala na uzyskanie najlepszych jakościowo wyrobów (D'Egidio i in. 1990, Guller i in. 2002). W porównaniu do makaronów otrzymanych z mąki pochodzącej z przemiału pszenicy zwyczajnej makarony wytworzone z semoliny charakteryzują się bardziej żółtą barwą wynikającą z wyższej zawartości barwników karotenoidowych, większą odpornością na rozgotowanie oraz wyższą jędrnością. Również straty suchej substancji podczas gotowania są przeważnie niższe w przypadku wyrobów uzyskanych z semoliny (Dziki i in. 2010). Jednak ze względów ekonomicznych do produkcji makaronów często używana jest mąka z pszenicy zwyczajnej. Pomimo gorszej jakości wyrobów otrzymanych z tego surowca spełnienie odpowiednich wymagań jakościowych odnośnie mąki lub wzbogacenie makaronów różnymi dodatkami, jak jaja (Obuchowski), suchy gluten (Spychaj i Gil 2005) czy kwas askorbinowy (Wójtowicz 2004) pozwala na uzyskanie produktów o akceptowalnych właściwościach kulinarnych. Stosowanym rozwiązaniem jest również dodatek mąki z pszenicy zwyczajnej do semoliny. Jednak producenci często wykorzystują taką możliwość do zafałszowania wyrobów podając, że makaron został wyprodukowany jedynie z semoliny.

W dotychczasowych opracowaniach niewiele jest prac dotyczących określenia wpływu dodatku mąki z pszenicy zwyczajnej do semoliny na właściwości mechaniczne makaronu. Właściwości te są wyróżnikiem ich jakości, a w szczególności charakteryzują teksturę wyrobów (Nouviaire i in. 2008., Zardetto i Dalla Rosa 2009). Instrumentalne metody pomiaru tekstury przyczyniają się do obiektywizacji analizy jakościowej.

Celem pracy było określenie wpływu dodatku mąki z pszenicy zwyczajnej do semoliny na właściwości mechaniczne makaronów formy spaghetti. Badania przeprowadzono po różnym czasie obróbki hydrotermicznej makaronu.

## METODYKA BADAŃ

Materiał badawczy stanowił makaron wyprodukowany z mieszaniny semoliny z pszenicy *durum* i mąki z pszenicy zwyczajnej w udziale: 0, 2, 4, 6, 8, 10 i 100%. Makarony zostały wytworzone w laboratorium INRA Montpellier we Francji zgodnie z metodyką przedstawioną przez Cuq i in. (2003).

Wyznaczono podstawowe właściwości makaronów: wilgotność (metodą suszarkową), średnicę (wykorzystując suwmiarkę o dokładności pomiaru do  $10^{-2}$  mm) oraz minimalny czas gotowania (zgodnie z PN-93/A-74130). Za minimalny czas gotowania przyjęto czas niezbędny do zaniku białego rdzenia wewnątrz makaronu obserwowanego przez zgniatanie wyrobu między dwoma płytkami z bezbarwnego tworzywa sztucznego.

Próbki makaronu gotowano zgodnie z zaleceniami normy PNA-74130:1993. Czas tego rodzaju obróbki hydrotermicznej wynosił: 7,5; 10; 12,5; 15; 17,5 oraz 20 min. Badania cech mechanicznych makaronów przeprowadzono, wykorzystując maszynę wytrzymałościową ZWICK Z020/TN2S. Do badania cech mechanicznych makaronów zastosowano dwa testy: test podwójnego ściskania TPA (Texture Profile Analysis) (Bourne 1978) oraz test cięcia (Dziki i Laskowski 2005). W obu testach zastosowano głowicę pomiarową o zakresie siły obciążającej od 0 do 100 N. Test TPA przeprowadzono na próbkach ugotowanego makaronu pociętych na kawałki o długości 25 mm. Makaron ściskano dwukrotnie trzpieniem o średnicy 30 mm do 50% średnicy. Prędkość przesuwu trzpienia wynosiła  $20 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ . Podczas pomiarów otrzymano wykresy w układzie siła – przemieszczenie trzpienia, na podstawie których, przy pomocy programu testXpert Simulation V 7.1. określono według Gámbaro i in. (2006) następujące parametry: twardość, spoistość, sprężystość i żuwalność. Twardość (N) stanowi wielkość siły odpowiadającej wysokości pierwszego z pików. Spoistość (–) określono jako iloraz pola powierzchni A2/A1, gdzie A1 i A2 są to pola powierzchni odpowiednio pod pierwszym i drugim pikiem. Sprężystość (–) stanowił iloraz szerokości podstawy pola A2 i pola A1. Żuwalność (N) wyliczono jako iloczyn twardości, spoistości i sprężystości.

W teście cięcia próbę spaghetti układano na dolnej płycie urządzenia i przecinano nożem o grubości 1 mm w płaszczyźnie prostopadłej do długości makaronu. Prędkość przesuwu noża wynosiła  $10 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ . Na podstawie uzyskanych charakterystyk określono maksymalną siłę i pracę cięcia makaronu. Dokładny opis metodyki badań został przedstawiony przez Dzikiego i Laskowskiego (2005).

Pomiary cech mechanicznych w obu testach przeprowadzono w 10 powtórzeniach dla każdej próby makaronu. Analizę statystyczną wyników przeprowadzo-

no, wykorzystując program Ststistica 6.0. PL firmy StatSoft. Obejmowała ona analizę wariancji. Istotność różnic między średnimi określono, wykorzystując test Tukey'a. Wyznaczono również współczynniki korelacji liniowej Pearsona pomiędzy określanymi cechami. Wszystkie obliczenia wykonano przyjmując poziom istotności  $\alpha = 0,05$ .

#### WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Minimalny czas gotowania poszczególnych prób makaronu był zbliżony i wynosił średnio  $10 \pm 0,27$  min, natomiast średnica spaghetti była średnio równa  $1,51 \pm 0,23$  mm. Wilgotność badanych makaronów kształtowała się na podobnym poziomie (od 11,21 do 11,45%). Makaron wytworzony wyłącznie z pszenicy zwyczajnej miał wyraźniej jaśniejszą i mniej bursztynową barwę od wyrobów, których głównym składnikiem była kaszka makaronowa z pszenicy *durum*.

Wyniki pomiarów twardości makaronu po ugotowaniu przedstawiono w tabeli 1. Można zaobserwować, że dodatek mąki z pszenicy zwyczajnej do semoliny w udziale do 10% przeważnie nie miał istotnego wpływu na ten parametr. Jedynie przy nieco dłuższym czasie obróbki hydrotermicznej nieznacznie wyższe wartości twardości uzyskiwano dla makaronu wytworzonego wyłącznie z semoliny. Przy każdym z rozpatrywanych czasów obróbki hydrotermicznej twardość makaronu otrzymanego z pszenicy zwyczajnej była około dwukrotnie niższa, Twardość, wyraża pośrednio jędrność makaronu (Sozer i in. 2006) i zależy w dużej mierze od wydajności i jakości glutenu. Jędrność wyrobów o większej wydajności glutenu jest wyższa (Matsuo i Irvine 1970).

Czas gotowania istotnie wpłynął na spadek twardości wyrobów. W przypadku makaronów, których głównym składnikiem była semolina parametr ten zmniejszył się średnio od 20,9 do 13,8 N, zaś w przypadku spaghetti wytworzonego wyłącznie z pszenicy zwyczajnej 12,3 do 6,5 N.

Dodatek mąki z pszenicy zwyczajnej do semoliny w udziale do 10% nie miał znaczącego wpływu na spoistość makaronu. Natomiast dłuższy czas obróbki hydrotermicznej powodował istotne spadki tego parametru, przy czym największe zmiany spoistości następowały po 12,5 min gotowania. Spoistość makaronów, których głównym składnikiem była semolina zmieniała się średnio od 0,64 do 0,29 odpowiednio po 7,5 min i 20 min obróbki hydrotermicznej, zaś wartości tego parametru uzyskane dla wyrobu z pszenicy zwyczajnej zawierały się od 0,30 do 0,37. Największe różnice pomiędzy spoistością makaronu wytworzonego z pszenicy zwyczajnej, a wyrobami których głównym składnikiem była semolina wystąpiły po 7,5 min gotowania. Przy dłuższym czasie obróbki hydrotermicznej, wartości te kształtowały się przeważnie na zbliżonym poziomie (tab. 2).

**Tabela 1.** Twardość makaronu (N) w zależności od czasu gotowania i dodatku mąki z pszenicy zwyczajnej**Table 1.** Pasta hardness (N) in relation to cooking time and common wheat flour addition

Czas gotowania Cooking time (min)	Dodatek mąki z pszenicy zwyczajnej – Common wheat flour addition (%)						
	0	2	4	6	8	10	100
7,5	21,1 <sup>A*a**</sup>	20,9 <sup>Aa</sup>	20,6 <sup>Aa</sup>	21,0 <sup>Aa</sup>	20,9 <sup>Aa</sup>	20,2 <sup>Aa</sup>	12,3 <sup>Ab</sup>
10,0	21,0 <sup>Aa</sup>	20,1 <sup>Aa</sup>	20,3 <sup>Aa</sup>	19,9 <sup>Aa</sup>	20,1 <sup>Aa</sup>	19,3 <sup>Ba</sup>	11,2 <sup>Bb</sup>
12,5	18,7 <sup>Ba</sup>	18,9 <sup>Ba</sup>	18,1 <sup>Ba</sup>	18,5 <sup>Ba</sup>	18, <sup>Ba</sup>	18,0 <sup>Ca</sup>	9,9 <sup>Cb</sup>
15,0	18,0 <sup>BCa</sup>	18,5 <sup>Bab</sup>	17,3 <sup>BCab</sup>	16,9 <sup>Cab</sup>	17,3 <sup>Cab</sup>	17,0 <sup>Db</sup>	9,6 <sup>CDc</sup>
17,5	17,3 <sup>Ca</sup>	15,3 <sup>Cab</sup>	15,1 <sup>Cab</sup>	14,4 <sup>Db</sup>	14,6 <sup>Db</sup>	14,0 <sup>Eb</sup>	6,7 <sup>CDc</sup>
20,0	14,9 <sup>Da</sup>	12,6 <sup>Db</sup>	13,2 <sup>Db</sup>	13,1 <sup>Db</sup>	13,0 <sup>Eb</sup>	12,5 <sup>Fb</sup>	6,5 <sup>Dc</sup>

\*wartości średnie oznaczone w poszczególnych kolumnach tabeli tymi samymi wielkimi literami nie różnią się istotnie ( $\alpha = 0,05$ ) – values designated by the same capital letters in the columns of the table are not significantly different ( $\alpha = 0.05$ ).

\*\*wartości średnie oznaczone w poszczególnych wierszach tabeli tymi samymi małymi literami nie różnią się istotnie ( $\alpha = 0,05$ ) – values designated by the same small letters in the lines of the table are not significantly different  $\alpha = 0.05$ ).

**Tabela 2.** Spoistość makaronu w zależności od czasu gotowania i dodatku mąki z pszenicy zwyczajnej**Table 2.** Pasta cohesiveness in relation to cooking time and common wheat flour addition

Czas gotowania Cooking time (min)	Dodatek mąki z pszenicy zwyczajnej – Common wheat flour addition (%)						
	0	2	4	6	8	10	100
7,5	0,67 <sup>A*ab**</sup>	0,71 <sup>Aa</sup>	0,61 <sup>Aab</sup>	0,60 <sup>Aab</sup>	0,56 <sup>Ab</sup>	0,67 <sup>Aa</sup>	0,37 <sup>Ac</sup>
10,0	0,45 <sup>Ba</sup>	0,50 <sup>Ba</sup>	0,51 <sup>Ba</sup>	0,35 <sup>Bbc</sup>	0,36 <sup>Bbc</sup>	0,47 <sup>Bab</sup>	0,34 <sup>ABc</sup>
12,5	0,35 <sup>Ca</sup>	0,34 <sup>Ca</sup>	0,39 <sup>Ca</sup>	0,36 <sup>Bab</sup>	0,31 <sup>B<sup>Cab</sup></sup>	0,35 <sup>Cab</sup>	0,32 <sup>AB</sup>
15,0	0,37 <sup>Ca</sup>	0,28 <sup>Cb</sup>	0,30 <sup>Dab</sup>	0,24 <sup>Cb</sup>	0,26 <sup>Cb</sup>	0,31 <sup>Cab</sup>	0,33 <sup>ABab</sup>
17,5	0,33 <sup>CDa</sup>	0,28 <sup>Ca</sup>	0,34 <sup>Da</sup>	0,32 <sup>B<sup>Ca</sup></sup>	0,29 <sup>Ca</sup>	0,33 <sup>Ca</sup>	0,36 <sup>ABa</sup>
20,0	0,31 <sup>Da</sup>	0,29 <sup>Ca</sup>	0,31 <sup>Da</sup>	0,28 <sup>B<sup>Ca</sup></sup>	0,25 <sup>Ca</sup>	0,29 <sup>Ca</sup>	0,30 <sup>Ba</sup>

\*wartości średnie oznaczone w poszczególnych kolumnach tabeli tymi samymi wielkimi literami nie różnią się istotnie ( $\alpha = 0,05$ ) / values designated by the same capital letters in the columns of the table are not significantly different ( $\alpha = 0.05$ ).

\*\*wartości średnie oznaczone w poszczególnych wierszach tabeli tymi samymi małymi literami nie różnią się istotnie ( $\alpha = 0,05$ ) / values designated by the same small letters in the lines of the table are not significantly different  $\alpha = 0.05$ ).

Spoistość jest dobrym wskaźnikiem charakteryzującym odporność makaronu na zachowanie formy na skutek gotowania. Sozer i in. (2006) wykazali, że dodatek do semoliny skrobi opornej miał nieznaczny wpływ na ten parametr, natomiast wzbogacenie makaronu otrębami powodowało spadek spoistości tych wyrobów.

Analizując wyniki pomiarów sprężystości makaronu (tab. 3) stwierdzono, podobnie jak w przypadku twardości i spoistości, że dodatek mąki z pszenicy zwyczajnej do semoliny miał przeważnie nieistotny wpływ na ten parametr. Natomiast wartości sprężystości uzyskane dla makaronu wyprodukowanego z pszenicy zwyczajnej były z reguły niższe. Dłuższy czas obróbki hydrotermicznej powodował niewielki spadek tego parametru. Jednak zmienność tej właściwości w porównaniu z twardością i spoistością była znacznie mniejsza. Średnie wartości sprężystości w przypadku makaronów, których główny składnik stanowiła semolina zawierały się od 0,68 do 0,84. Natomiast w odniesieniu do wyrobu z pszenicy zwyczajnej obejmowały zakres od 0,52 do 0,60.

**Tabela 3.** Sprężystość makaronu w zależności od czasu gotowania i dodatku mąki z pszenicy zwyczajnej

**Table 3.** Pasta elasticity in relation to cooking time and common wheat flour addition

Czas gotowania Cooking time (min)	Dodatek mąki z pszenicy zwyczajnej – Common wheat flour addition (%)						
	0	2	4	6	8	10	100
7,5	0,81 <sup>A*a**</sup>	0,90 <sup>Aa</sup>	0,83 <sup>Aa</sup>	0,88 <sup>Aa</sup>	0,82 <sup>Aa</sup>	0,82 <sup>Aa</sup>	0,60 <sup>Ab</sup>
10,0	0,77 <sup>Aa</sup>	0,84 <sup>Aa</sup>	0,80 <sup>ABa</sup>	0,74 <sup>Ba</sup>	0,70 <sup>Ba</sup>	0,79 <sup>Aa</sup>	0,64 <sup>Ab</sup>
12,5	0,69 <sup>Ba</sup>	0,65 <sup>Bab</sup>	0,74 <sup>Ba</sup>	0,74 <sup>Ba</sup>	0,64 <sup>Bab</sup>	0,79 <sup>Aa</sup>	0,60 <sup>Ab</sup>
15,0	0,71 <sup>Ba</sup>	0,67 <sup>Bab</sup>	0,73 <sup>Ba</sup>	0,61 <sup>Cb</sup>	0,64 <sup>Bab</sup>	0,63 <sup>Bab</sup>	0,61 <sup>Ab</sup>
17,5	0,67 <sup>Ba</sup>	0,73 <sup>Ba</sup>	0,74 <sup>Ba</sup>	0,68 <sup>BCa</sup>	0,70 <sup>Ba</sup>	0,68 <sup>Bab</sup>	0,63 <sup>Aab</sup>
20,0	0,70 <sup>Ba</sup>	0,66 <sup>Ba</sup>	0,71 <sup>Ba</sup>	0,65 <sup>Ca</sup>	0,66 <sup>Ba</sup>	0,68 <sup>Ba</sup>	0,52 <sup>Bb</sup>

\*wartości średnie oznaczone w poszczególnych kolumnach tabeli tymi samymi wielkimi literami nie różnią się istotnie ( $\alpha = 0,05$ ) – values designated by the same capital letters in the columns of the table are not significantly different ( $\alpha = 0.05$ ).

\*\*wartości średnie oznaczone w poszczególnych wierszach tabeli tymi samymi małymi literami nie różnią się istotnie ( $\alpha = 0,05$ ) – values designated by the same small letters in the lines of the table are not significantly different  $\alpha = 0.05$ ).

Wyniki badań żuwalności makaronu zestawiono w tabeli 4. Parametr ten stanowi wypadkową twardości, spoistości oraz sprężystości i wyraża pośrednio energię potrzebną do rozdrobnienia (żucia) produktu. Analizując uzyskane dane stwierdzono, że dodatek do makaronu mąki z pszenicy zwyczajnej nie miał większego wpływu na żuwalność. Jedynie po dłuższym czasie obróbki hydrotermicznej makaronu (powyżej 12,5 min) dla wyrobów, do których dodano mąkę z pszenicy zwyczajnej uzyskiwano nieznacznie niższe wartości żuwalności w porównaniu do wartości tego parametru otrzymanych dla produktów z udziałem semoliny. Natomiast żuwalność makaronu otrzymanego z pszenicy zwyczajnej była od około 2 do około 4 razy niższa od w porównaniu do żuwalności pozostałych prób (przy tym samym czasie gotowania). Dłuższy czas gotowania powodował spadek

wartości tego parametru, przy czym w przypadku wyrobów z udziałem semoliny największe zmiany następowały przez w ciągu 15 min gotowania makaronu. Żuwalność tych prób zawierała się w zakresie 2,7 do 11,3 N, podczas gdy wartości tego parametru otrzymane dla makaronu z pszenicy zwyczajnej kształtowały się w przedziale od 1,0 do 2,7 N.

**Tabela 4.** Żuwalność makaronu (N) w zależności od czasu gotowania i dodatku mąki z pszenicy zwyczajnej

**Table 4.** Pasta chewiness (N) in relation to cooking time and common wheat flour addition

Czas gotowania Cooking time (min)	Dodatek mąki z pszenicy zwyczajnej – Common wheat flour addition (%)						
	0	2	4	6	8	10	100
7,5	11,5 <sup>A*ba**</sup>	13,3 <sup>Aa</sup>	10,4 <sup>Aa</sup>	11,1 <sup>Aa</sup>	9,6 <sup>Ab</sup>	11,1 <sup>Aab</sup>	2,7 <sup>Ac</sup>
10,0	7,3 <sup>Ba</sup>	8,4 <sup>Ba</sup>	8,3 <sup>Ba</sup>	5,2 <sup>Bb</sup>	5,1 <sup>Bb</sup>	7,2 <sup>Ba</sup>	2,4 <sup>Ac</sup>
12,5	4,5 <sup>Ca</sup>	4,7 <sup>Ca</sup>	5,3 <sup>Ca</sup>	4,9 <sup>Ba</sup>	3,6 <sup>Ca</sup>	4,9 <sup>Ca</sup>	1,9 <sup>Bb</sup>
15,0	4,7 <sup>Ca</sup>	3,5 <sup>Db</sup>	3,8 <sup>Db</sup>	2,5 <sup>CDc</sup>	2,9 <sup>Dc</sup>	3,3 <sup>Db</sup>	2,0 <sup>Bd</sup>
17,5	3,8 <sup>Da</sup>	3,1 <sup>Dab</sup>	3,8 <sup>Da</sup>	3,1 <sup>Cab</sup>	3,0 <sup>Dab</sup>	3,1 <sup>Db</sup>	1,5 <sup>Cc</sup>
20,0	3,3 <sup>Da</sup>	2,4 <sup>Eab</sup>	2,9 <sup>Ea</sup>	2,4 <sup>Dab</sup>	2,1 <sup>Eb</sup>	2,5 <sup>Da</sup>	1,0 <sup>Cc</sup>

\*wartości średnie oznaczone w poszczególnych kolumnach tabeli tymi samymi wielkimi literami nie różnią się istotnie ( $\alpha = 0,05$ ) – values designated by the same capital letters in the columns of the table are not significantly different ( $\alpha = 0.05$ ).

\*\*wartości średnie oznaczone w poszczególnych wierszach tabeli tymi samymi małymi literami nie różnią się istotnie ( $\alpha = 0,05$ ) – values designated by the same small letters in the lines of the table are not significantly different  $\alpha = 0.05$ ).

Rozpatrując siłę i pracę cięcia poszczególnych prób makaronu stwierdzono, że największe wartości tych parametrów otrzymano w przypadku wyrobów, których głównym składnikiem była semolina. Dodatek mąki z pszenicy zwyczajnej do semoliny w udziale do 8% w większości przypadków nie wpływał istotnie na wartości tych parametrów. Natomiast wartości siły i pracy cięcia uzyskane dla makaronu z 10% dodatkiem mąki z pszenicy zwyczajnej były nieznacznie, aczkolwiek statystycznie istotnie niższe, do wartości tych parametrów uzyskanych dla makaronu wytworzonego z semoliny (tab. 5 i 6). Wartości siły i pracy cięcia otrzymane dla makaronu wytworzonego z pszenicy zwyczajnej było od około 2 do około 3 razy niższe od wartości uzyskanych dla wyrobów z przewagą semoliny. Dłuższy czas gotowania makaronu powodował spadek wartości tych parametrów. Średnie wartości siły cięcia zawierały się od 0,59 do 1,39 N w przypadku makaronów, których głównym składnikiem była semolina oraz od 0,27 do 0,54 N w odniesieniu do produktu wytworzonego z pszenicy zwyczajnej, zaś praca cięcia kształtowała się odpowiednio od 0,46 do 0,90 mJ i od 0,19 do 0,32 mJ.

**Tabela 5.** Siła cięcia makaronu (N) w zależności od czasu gotowania i dodatku do semoliny mąki z pszenicy zwyczajnej**Table 5.** Pasta cutting force (N) in relation to cooking time and common wheat flour addition

Czas gotowania Cooking time (min)	Dodatek mąki z pszenicy zwyczajnej – Common wheat flour addition (%)						
	0	2	4	6	8	10	100
7,5	1,49 <sup>A*a**</sup>	1,48 <sup>Aa</sup>	1,55 <sup>Aa</sup>	1,39 <sup>Aa</sup>	1,37 <sup>Aab</sup>	1,23 <sup>Ab</sup>	0,57 <sup>Ac</sup>
10,0	1,14 <sup>Bba</sup>	1,01 <sup>Bab</sup>	1,16 <sup>Bab</sup>	1,02 <sup>Bab</sup>	1,12 <sup>Bab</sup>	0,98 <sup>Bb</sup>	0,54 <sup>Ac</sup>
12,5	0,92 <sup>Ca</sup>	0,93 <sup>Ca</sup>	0,94 <sup>Cab</sup>	0,89 <sup>BCab</sup>	0,90 <sup>Cab</sup>	0,83 <sup>Cb</sup>	0,41 <sup>Bc</sup>
15,0	0,83 <sup>Ca</sup>	0,78 <sup>Dab</sup>	0,78 <sup>Dab</sup>	0,74 <sup>Cab</sup>	0,81 <sup>Ca</sup>	0,71 <sup>Db</sup>	0,41 <sup>Bc</sup>
17,5	0,75 <sup>Da</sup>	0,67 <sup>Dab</sup>	0,68 <sup>Eab</sup>	0,66 <sup>Cab</sup>	0,70 <sup>Dab</sup>	0,62 <sup>Eb</sup>	0,34 <sup>Cc</sup>
20,0	0,64 <sup>Da</sup>	0,58 <sup>Ea</sup>	0,62 <sup>Ea</sup>	0,55 <sup>Da</sup>	0,60 <sup>Ea</sup>	0,57 <sup>Ea</sup>	0,27 <sup>Cb</sup>

\*wartości średnie oznaczone w poszczególnych kolumnach tabeli tymi samymi wielkimi literami nie różnią się istotnie ( $\alpha = 0,05$ ) – values designated by the same capital letters in the columns of the table are not significantly different ( $\alpha = 0.05$ ).

\*\*wartości średnie oznaczone w poszczególnych wierszach tabeli tymi samymi małymi literami nie różnią się istotnie ( $\alpha = 0,05$ ) – values designated by the same small letters in the lines of the table are not significantly different  $\alpha = 0.05$ ).

**Tabela 6.** Praca cięcia makaronu (mJ) w zależności od czasu gotowania i dodatku do semoliny mąki z pszenicy zwyczajnej**Table 6.** Pasta cutting work (mJ) in relation to cooking time and common wheat flour addition

Czas gotowania Cooking time (min)	Dodatek mąki z pszenicy zwyczajnej – Common wheat flour addition (%)						
	0	2	4	6	8	10	100
7,5	0,96 <sup>A*a**</sup>	0,91 <sup>Aab</sup>	0,99 <sup>Aa</sup>	0,84 <sup>Aab</sup>	0,90 <sup>Aab</sup>	0,79 <sup>Ab</sup>	0,33 <sup>Ac</sup>
10,0	0,77 <sup>Ba</sup>	0,65 <sup>Bb</sup>	0,79 <sup>Ba</sup>	0,65 <sup>Bab</sup>	0,72 <sup>Bab</sup>	0,66 <sup>Bb</sup>	0,35 <sup>Ac</sup>
12,5	0,64 <sup>Ca</sup>	0,64 <sup>Ba</sup>	0,65 <sup>Ca</sup>	0,61 <sup>Bab</sup>	0,60 <sup>Cab</sup>	0,55 <sup>Cb</sup>	0,25 <sup>Bc</sup>
15,0	0,60 <sup>Ca</sup>	0,54 <sup>Cab</sup>	0,55 <sup>Dab</sup>	0,54 <sup>Cab</sup>	0,53 <sup>Dab</sup>	0,49 <sup>CDb</sup>	0,26 <sup>Bc</sup>
17,5	0,59 <sup>Ca</sup>	0,49 <sup>CDab</sup>	0,48 <sup>Eab</sup>	0,50 <sup>Cab</sup>	0,49 <sup>Eab</sup>	0,46 <sup>Db</sup>	0,23 <sup>BCc</sup>
20,0	0,50 <sup>Da</sup>	0,47 <sup>Dab</sup>	0,48 <sup>Eab</sup>	0,43 <sup>Db</sup>	0,48 <sup>Eab</sup>	0,44 <sup>Db</sup>	0,19 <sup>C</sup>

\*wartości średnie oznaczone w poszczególnych kolumnach tabeli tymi samymi wielkimi literami nie różnią się istotnie ( $\alpha = 0,05$ ) – values designated by the same capital letters in the columns of the table are not significantly different ( $\alpha = 0.05$ ).

\*\*wartości średnie oznaczone w poszczególnych wierszach tabeli tymi samymi małymi literami nie różnią się istotnie ( $\alpha = 0,05$ ) – values designated by the same small letters in the lines of the table are not significantly different  $\alpha = 0.05$ ).

Stwierdzono istotne zależności liniowe między siłą cięcia makaronu a twardością, spoistością, sprężystością i żuwalnością. Współczynniki korelacji odpowiednio wyniosły 0,91, 0,81, 0,83 i 0,92. Podobne zależności wystąpiły między pracą cięcia makaronu a tymi parametrami ( $r$  równe odpowiednio 0,92, 0,77, 0,83 i 0,90).



Wyższe wartości twardości oraz siły i pracy cięcia makaronów, których głównym składnikiem jest semolina, wynikają głównie z różnicy w wydajności i właściwości glutenu. Semolina charakteryzuje się przeważnie wyższą wydajnością mocniejszego glutenu w porównaniu do mąki otrzymanej z przemiału pszenicy zwyczajnej, co z kolei powoduje, że makaron z pszenicy *durum* ma niższe straty substancji podczas gotowania (Dziki i in. 2010), a tym samym większą jędrność (Matsuo i Irvine 1970). Na podstawie przeprowadzonych badań można zaobserwować, że dodatek do semoliny mąki z pszenicy zwyczajnej w udziale do 10% ma niewielki wpływ na właściwości mechaniczne makaronu będące wyróżnikiem jego tekstury. Jedynie w przypadku siły cięcia i pracy cięcia makaronu z 10% udziałem pszenicy zwyczajnej wartości tych parametrów były statystycznie istotnie różne od wartości uzyskanych dla wyrobu wytworzonego z semoliny, aczkolwiek różnice były niewielkie. Również w przypadku metody chromatografii cienkowarstwowej (PN-A-74131:1999) wykrycie mąki z pszenicy zwyczajnej w makaronie, jest możliwe przy minimum 10% jej udziale.

#### WNIOSKI

1. Dodatek do semoliny mąki z pszenicy zwyczajnej w udziale do 10% w większości przypadków nie miał istotnego wpływu na właściwości mechaniczne makaronu określone przy wykorzystaniu testu TPA.

2. Makaron, którego głównym składnikiem była semolina, w porównaniu do spaghetti wytworzonego z pszenicy zwyczajnej charakteryzował się kilkukrotnie wyższymi wartościami twardości, żuwalności oraz siły i pracy cięcia.

3. Największy wpływ na wyznaczone cechy mechaniczne makaronu miał czas gotowania. Dłuższe gotowanie tych wyrobów spowodowało znaczące spadki wartości określanych parametrów, poza sprężystością makaronów, która zmieniała się w niewielkim zakresie.

4. Przy 10% udziale mąki z pszenicy zwyczajnej w semolinie uzyskano istotnie niższe wartości siły i pracy cięcia makaronu. Natomiast mniejszy dodatek tej mąki przeważnie nie miał istotnego wpływu na wartości tych parametrów.

5. Spośród wyznaczonych parametrów, jako najbardziej czułe wskaźniki do określania zmian właściwości spaghetti pod wpływem dodatku mąki z pszenicy zwyczajnej okazały się siła i praca cięcia.

*Podziękowanie.*

*Autorzy dziękują Panu dr Joel Abecassis, z INRA Montpellier we Francji, za udostępnienie próbek do badań.*

## PIŚMIENNICTWO

- Bourne M.C., 1978. Texture profile analysis. *Food Technology*, 7, 62-66.
- Cuq B., Gonçalves F., Mas J., F., Vareille L., Abecassis J., 2003. Effects of moisture content and temperature of spaghetti on their mechanical properties. *J. Food Eng.*, 59, 51-60.
- D'Egidio M.G., Mariani B.M., Nardi S., Novaro P., Cubadda R., 1990. Chemical and technological variables and their relationships: A predictive equation for pasta cooking quality. *Cereal Chem.*, 67, 275-281.
- Dziki D., Laskowski J., 2005. Evaluation of the cooking quality of spaghetti. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 14, 153-158.
- Dziki D., Różyło R., Biernacka B., 2010. Wpływ czasu gotowania na właściwości fizyczne makaronów formy spaghetti. *Acta Agrophysica*, 2010, 16(1), 35-48
- Feillet, P., Dexter, J.E., 1996. Quality requirements of *durum* wheat for semolina milling and pasta production. Pasta and noodle technology. In: Kruger, J.E., Matsuo, R.R., Dick, J.W. (Eds.). AACC, St Paul, MN, 95-111.
- Gámbaro A., Giménez A., Ares G. and Gilardi V., 2006. Influence of enzymes on the texture of brown pan bread. *Journal of Texture Studies*, 37(3), 300-314.
- Guller S., Koxsel H., Ng P.K.W. 2002. Effects of industrial pasta drying temperatures on starch properties and pasta quality. *Food Research Int.*, 3, 421-427.
- Matsuo R.R., Irvine G.N., 1970. Effect of gluten addition on the cooking quality of spaghetti. *Cereal Chemistry*, 47, 173-180.
- Matsuo R.R., Irvine G.N., 1970. Effect of gluten on the cooking quality of spaghetti. *Cereal Chem.*, 47, 173-180.
- Monge L., Cortassa G., Fiocchi F., Mussino G., Carta Q. 1990. Glycoinsulinaemic response, digestion and intestinal absorption of the starch contained in two types of spaghetti. *Diabetes, Nutrition and Metabolism*, 3, 239-246.
- Nouviaire A., Lancien R., Maache-Rezzoug Z., 2008. Influence of hydrothermal treatment on rheological of fresh egg pasta. *J. Cereal Sci.*, 47, 283-291.
- Obuchowski W., 1996. Charakterystyka żywieniowa makaronów. *Przegl. Zboż.-Młyn.*, 2, 28-30.
- PN-93/A-74130 Makaron. Pobieranie próbek i metody badań.
- PN-A-74131:1999 Załącznik A. Makaron Obecność mąki z pszenicy zwyczajnej. Wykrywalność od 10% dodatku mąki z pszenicy zwyczajnej. Metoda chromatografii cienkowarstwowej. Metoda jakościowa.
- Sozer N., Dalgıç A.C., Kaya A., 2006. Thermal, textural and cooking properties of spaghetti enriched with resistant starch. *J. Food Eng.*, 81, 476-484.
- Spychaj R., Gil Z., 2005. Effects of adding dry gluten powder to common wheat flour on the quality of pasta. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities*, 8, 6.
- Wójtowicz A., 2004. Wpływ dodatku kwasu askorbinowego na wybrane cechy jakościowe makaronów ekstrudowanych. *Acta Agrophysica*, 4(2), 589-599.
- Zardetto S., Dalla Rosa M., 2009. Effect of extrusion process on properties of cooked, fresh egg pasta. *J. Food Eng.*, 92, 70-77.

**INFLUENCE OF COOKING TIME AND COMMON WHEAT FLOUR  
ADDITION TO SEMOLINA ON SPAGHETTI MECHANICAL PROPERTIES***Dariusz Dziki<sup>1</sup>, Beata Biernacka<sup>1</sup>, Janusz Laskowski<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Department of Thermal Technology, University of Life Sciences  
ul. Doświadczalna 44, 20-280 Lublin  
e-mail:dariusz.dziki@up.lublin.pl

<sup>2</sup>Department of Machine Operation in the Food Industry, University of Life Sciences  
ul. Doświadczalna 44, 20-280 Lublin

**Abstract.** The aim of the present work was to evaluate the influence of cooking time and common wheat flour addition on spaghetti mechanical properties. The material for investigation was produced with semolina mixed with common wheat flour in the following mass fraction: 0, 2, 4, 6, 8, 10 and 100%. The studies were carried out after different time of pasta cooking: 7.5; 10; 12.5; 15; 17.5 and 20 min. For the evaluation of the mechanical properties of spaghetti the universal testing machine ZWICK Z020/TN2S was used. The mechanical properties of pasta were evaluated on the basis of double-compression test and shear test. In most of the cases common wheat flour addition to semolina (up to 10%) had not significant influence on pasta mechanical properties determined on the basis of double-compression test. Pasta made mainly from semolina was characterised by several-fold higher values of hardness, chewiness, shear force and shear work in comparison to spaghetti made from common wheat flour. The highest influence on pasta mechanical properties was that of the time of cooking. Overcooking caused a significant decrease of these properties. When 10% of common wheat flour was added to semolina the significantly lower values of pasta shear force and shear work were obtained in comparison to pasta produced from semolina. The significant correlations were found between pasta shear force and hardness, cohesiveness, elasticity, and pasta chewiness ( $r = 0.91, 0.81, 0.83$  and  $0.92$ , respectively). Similar relations were found between shear force and these parameters ( $r = 0.92, 0.77, 0.83$  i  $0.90$ , respectively). Among the determined parameters the shear force and shear work were the most sensitive indices to evaluate the changes of pasta mechanical properties caused by common wheat flour addition.

**Key words:** pasta, cooking, mechanical properties