

ANNA SOBCZYK, RAFAŁ WIŚNIEWSKI, SABINA LACHOWICZ,
GRAŻYNA JAWORSKA, TOMASZ PIECHOWIAK

WPLYW SERWATKI SOJOWEJ NA WŁAŚCIWOŚCI FERMENTACYJNE MĄKI PSZENNEJ I ŻYTNIEJ

Streszczenie

Celem pracy było określenie wpływu dodatku serwatki sojowej na właściwości fermentacyjne mąki pszennej typu 750 i żytniej typu 720. Serwatkę sojową stosowano jako zamiennik wody w ilości 50 i 100 % w stosunku do ilości wody używanej w próbie kontrolnej, prowadzonej bez serwatki. Zaobserwowano korzystny wpływ dodatku serwatki na właściwości fermentacyjne mąki. Pozytywne efekty uzyskano zwłaszcza w przypadku mieszaniny serwatki sojowej i wody w stosunku 1 : 1. Stwierdzono wówczas wzrost ogólnej ilości ditlenku węgla wydzielonego podczas fermentacji ciasta pszennego o 9 %, a żytniego – o 10 % oraz wzrost ilości gazu zatrzymanego przez badane ciasta odpowiednio: o 4 i 9 %. Całkowite zastąpienie wody serwatką sojową pozwoliło istotnie zmniejszyć czas fermentacji ciasta pszennego do rozrostu optymalnego o 38 %, natomiast ciasta żytniego – o 11 %. Nie zaobserwowano wyraźnych zmian pod względem jakości badanych kleików pszennych i żytnich po wprowadzeniu serwatki sojowej. Odnotowano tylko nieznaczny wzrost początkowej temperatury kleikowania w przypadku wszystkich zawiesin sporządzonych z jej udziałem. Dodatek do mąki 50-procentowego roztworu serwatki spowodował zwiększenie aktywności amylolitycznej danej próby, co znalazło wyraz w postaci obniżenia liczby opadania mąki pszennej średnio o 3 %, a mąki żytniej – o 13 %. Przeprowadzone badania wskazują, że serwatka sojowa może być stosowana jako naturalny regulator zdolności gazotwórczej mąki, zwłaszcza żytniej.

Słowa kluczowe: serwatka sojowa, mąka pszenna, mąka żytnia, właściwości fermentacyjne

Wprowadzenie

Pieczywo jest dobrym źródłem składników odżywczych. Jego znaczenie w żywieniu człowieka wynika z zawartości składników, takich jak: węglowodany, białka, sole

Dr inż. A. Sobczyk, mgr inż. R. Wiśniewski, prof. dr hab. inż. G. Jaworska, Katedra Ogólnej Technologii Żywności i Żywienia Człowieka, Wydz. Biologiczno-Rolniczy, Uniwersytet Rzeszowski, ul. Zelwerowicza 4, 35-601 Rzeszów, mgr inż. S. Lachowicz, Katedra Technologii Owoców, Warzyw i Nutraceutyków Roślinnych, Wydz. Nauk o Żywności, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, ul. Chelmońskiego 37, 51-630 Wrocław, mgr inż. T. Piechowiak, Katedra Chemii i Toksykologii Żywności, Wydz. Biologiczno-Rolniczy, Uniwersytet Rzeszowski, ul. Ćwiklińskiej 2, 35-601 Rzeszów. Kontakt: rwisniewski@ur.edu.pl

mineralne, tłuszcze, błonnik, witaminy z grupy B, a także z wielkości ich spożycia [25]. Zmniejszenie spożycia pieczywa, a przy tym różnorodność preferencji konsumenckich dotyczących tego produktu są motywacją dla piekarzy do wprowadzania nowego sortymentu pieczywa, zwykle przez stosowanie w produkcji określonych dodatków zwiększających wartość odżywczą produktu. Wzbogacanie dodatkami w postaci surowców naturalnych, takich jak: mleko i jego przetwory, suszone drożdże spożywcze, zarodki pszenne czy nasiona roślin oleistych jest racjonalne z uwagi na technologię i bardziej pożądane przez konsumentów niż wprowadzanie składników syntetycznych. Naturalne dodatki wnoszą bowiem nie tylko więcej składników odżywczych, ale często też poprawiają jakość sensoryczną wyrobu [6]. Dodatkiem zwiększającym zarówno wartość odżywczą, jak i technologiczną pieczywa może być serwatka sojowa.

Serwatkę sojową pozyskuje się w trakcie produkcji sera tofu. W celu jego otrzymania napój sojowy poddaje się koagulacji, zazwyczaj za pomocą chlorku wapnia lub magnezu, względnie kwasów organicznych. Dlatego też uzyskana serwatka cechuje się stosunkowo niskim pH, wynoszącym ok. $5 \div 6$, w zależności od ilości dodanego koagulantu i jakości surowca [8].

Celem pracy było określenie wpływu serwatki sojowej, dodawanej jako zamiennik wody, na właściwości fermentacyjne mąk chlebowych.

Material i metody badań

Material do badań stanowiły mąki chlebowe: pszenna typu 750 i żytnia typu 720, wyprodukowane w zakładzie „Młyn Frysztak” w województwie podkarpackim oraz serwatka sojowa. Serwatkę sojową otrzymano w Katedrze Ogólnej Technologii Żywności i Żywienia Człowieka UR w Rzeszowie podczas produkcji tofu z nasion soi odmiany „Aldana”.

Wpływ serwatki sojowej na właściwości fermentacyjne mąk chlebowych analizowano poprzez określenie zmian aktywności enzymów amylolitycznych, właściwości reologicznych kleików skrobiowych i zdolności mąki do wytwarzania gazów w zależności od ilości dodanej serwatki.

Badania obejmowały pomiary takich parametrów fizykochemicznych, jak: kwasowość czynna serwatki [18], zawartość białka w serwatce – metodą Bradford [3], zawartość cukrów w serwatce – metodą Millera [12], wilgotność mąki – metodą suszarkową [17], kwasowość potencjalna mąki [7], liczba opadania – metodą Hagberga-Pertena (Falling Number 1900, Perten, Niemcy) [14] w modyfikacji autorów. Do pomiaru liczby opadania prób właściwych mąki pszennej typu 750 i żytniej typu 720 wodę destylowaną zastępowano w 50 i 100 % serwatką sojową. Ponadto przeprowadzono analizy właściwości reologicznych kleików skrobiowych za pomocą wiskografu (Viscograph-E, Brabender, Niemcy) oraz siły fermentacyjnej mąki z wykorzystaniem

laserowego fermentografu (Sadkiewicz Instruments, Polska) [24]. Wszystkie oznaczenia wykonano w trzech powtórzeniach.

Tabela 1. Wyznaczone i przyjęte warunki analizy wiskograficznej mąki pszennej i żytniej
Table 1. Designated and accepted conditions of viscographic analysis of wheat and rye flour

Parametr / Parameter	Rodzaj mąki / Type of flour	
	Pszenna typu 750 Wheat of type 750	Żytnia typu 720 Rye of type 720
Próba bez udziału serwatki sojowej / Sample without addition of soy whey		
Masa mąki / Flour weight [g]	80,5	78,6
Objętość wody destylowanej Volume of distilled water [cm ³]	419,5	421,4
Próba z 50-procentowym udziałem serwatki sojowej / Sample with 50 % soy whey		
Masa mąki / Flour weight [g]	80,5	78,6
Objętość wody destylowanej Volume of distilled water [cm ³]	209,8	210,7
Objętość serwatki sojowej Volume of soy whey [cm ³]	209,7	210,7
Próba ze 100-procentowym udziałem serwatki sojowej / Sample with 100 % soy whey		
Masa mąki / Flour weight [g]	80,5	78,6
Objętość serwatki sojowej Volume of soy whey [cm ³]	419,5	421,4

Do analizy właściwości reologicznych kleików skrobiowych przygotowywano zawiesiny sporządzane z mąki oraz wody destylowanej dozowanej w ilości zgodnej ze standardową metodyką oznaczeń (próby kontrolne) oraz zawiesiny, w których 50 lub 100 % wody przewidzianej metodą zastępowano serwatką sojową. Do badań wiskograficznych odważano 80 g mąki o wilgotności 14 % i odmierzano 420 cm³ wody destylowanej (tab. 1). Analizę rozpoczynano po osiągnięciu temperatury wiskografu równej 35 °C. Temperatura wzrastała do ustalonej wartości (95 °C) z szybkością 1,5 °C/min przez 40 min. Po osiągnięciu temp. 95 °C uzyskany kleik utrzymywano w tej temperaturze przez 5 min. Następnie schładzano go przez 4 min, obniżając temperaturę układu z szybkością 5 °C/min do temp. 75 °C. Prędkość obrotu cylindra pomiarowego wynosiła 75 obr./min. Całkowity czas analizy wynosił 49 min. Wszystkie próbki miały ustalony jednakowy profil temperaturowy. Wpływ serwatki sojowej na rozpad enzymatyczny skrobi badanych mąk analizowano z uzyskanych wiskogramów, na podstawie których określano temperaturę początkową i końcową kleikowania oraz lepkość maksymalną kleików.

Pomiar zdolności fermentacyjnej mąki przeprowadzano w temp. 35 °C. Podstawowe ciasto do analizy przygotowywano według receptury: 140 g mąki, 80 cm³ wody

wodociągowej, 2,5 g drożdży, 2 g soli kuchennej. Składniki mieszano w mieszarce laboratoryjnej (JŻ, Sadkiewicz Instruments, Polska) z mieszadłami hakowymi, przy niskich obrotach. W wyniku analiz uzyskano fermentogramy, z których odczytywano takie parametry, jak: czas do punktu krytycznego, objętość gazów ogółem wytworzonych podczas fermentacji, objętość gazów wydzielonych na zewnątrz ciasta, objętość gazów zatrzymanych w cieście w punkcie krytycznym.

W analizie statystycznej wyników zastosowano jednoczynnikową analizę wariancji. Istotność różnic między wartościami średnimi weryfikowano testem Duncana ($p = 0,05$). Do obliczeń wykorzystano program Statistica 12.5 (StatSoft, Polska).

Wyniki i dyskusja

Na jakość pieczywa w głównej mierze wpływ ma jakość mąki oraz surowców dodatkowych wykorzystanych w procesie produkcji. Mąka pszenna typu 750 cechowała się wilgotnością na poziomie 14,5 % oraz kwasowością potencjalną wynoszącą 2,9 stopnia, natomiast wilgotność mąki żytniej wynosiła 12,5 %, a jej kwasowość – 4,4 stopnia (tab. 2). Hrušková i wsp. [6] używali mąki chlebowej o wilgotności 14,1 %, a jej kwasowość potencjalna kształtowała się na poziomie 3,4 stopnia. Ostasiewicz i wsp. [13] w badaniach nad jakością pieczywa żytniego wykorzystali mąkę żytnią o wilgotności 13,8 % i kwasowości na poziomie 5,2 stopnia. Obie mąki używane w niniejszych badaniach odpowiadały standardom jakościowym dla mąk chlebowych zalecanym przez Jakubczyka i wsp. [7].

Użyta w niniejszych badaniach serwatka sojowa, pełniąca rolę naturalnego dodatku technologicznego, charakteryzowała się pH wynoszącym 5,8. Zawierała 97,5 % wody, 1,3 % węglowodanów oraz 0,5 % białka (tab. 2) i była pod tym względem podobna do produktu, który badali Lay i wsp. [11].

Tabela 2. Parametry jakościowe mąki pszennej i żytniej oraz serwatki sojowej
Table 2. Quality parameters of wheat and rye flour and soy whey

Surowiec / Material	Parametr / Parameter	Wartość / Value
Mąka pszenna typu 750 Wheat flour of type 750	Zawartość wody / Water content [%]	14,5
	Kwasowość mąki [stopnie kwasowości] Acidity of flour [degree of acidity]	2,9
Mąka żytnia typu 720 Rye flour of type 720	Zawartość wody / Water content [%]	12,5
	Kwasowość mąki [stopnie kwasowości] Acidity of flour [degree of acidity]	4,4
Serwatka sojowa Soy whey	Zawartość wody / Water content [%]	97,5
	Węglowodany / Carbohydrates [%]	1,3
	Białko / Proteins [%]	0,5
	Kwasowość czynna / Active acidity [pH]	5,8

Wpływ serwatki sojowej na zmianę aktywności amylolitycznej mąki pszennej i żytniej na podstawie oznaczeń liczby opadania przedstawiono w tab. 3. Liczba opadania mąki pszennej typu 750 bez dodatku serwatki sojowej wskazuje na niską aktywność α -amylazy [22]. Mąka przeznaczona do wypieku pieczywa powinna wykazywać średnią aktywność amylolityczną mieszczącą się w zakresie 200 ÷ 280 s [5]. Hrušková i wsp. [6] podają wartość liczby opadania mąki chlebowej pszennej na poziomie 217 s. Z kolei Koca i wsp. [10] używali mąki pszennej charakteryzującej się niską aktywnością wynoszącą 377 s. W badaniach własnych dodatek serwatki sojowej istotnie wpłynął na zmianę aktywności enzymatycznej mąki pszennej. W próbach z udziałem 50-procentowego roztworu serwatki nastąpił nieznaczny wzrost aktywności α -amylazy, wyrażający się zmniejszeniem liczby opadania o 8 s. Całkowite zastąpienie wody serwatką wpłynęło na wzrost liczby opadania tylko o 13 s. Mimo że omawiane różnice były statystycznie istotne ($p \leq 0,05$), nie powinno mieć to większego znaczenia technologicznego w piekarstwie, gdyż wartości te mieszczą się w granicy powtarzalności przyjętej w oznaczaniu liczby opadania mąk pszennych [14]. Uzyskane wartości liczby opadania wszystkich próbek były zgodne z wymogami norm dla pszennej mąki chlebowej [16].

Tabela 3. Wartości liczby opadania mąki pszennej i żytniej determinowane wpływem serwatki sojowej
Table 3. Falling number values of wheat and rye flour as determined by impact of soy whey

Rodzaj mąki Type of flour	Udział serwatki / Content of soy whey		
	Próba bez udziału serwatki Sample without soy whey added	Próba z 50-proc. udziałem serwatki Sample with 50 % of soy whey added	Próba ze 100-proc. udziałem serwatki Sample with 100 % of soy whey added
	Wartość liczby opadania Value of falling number [s]		
Pszenna typu 750 Wheat flour of type 750	284 ^b ± 2,27	276 ^c ± 1,93	297 ^a ± 2,67
Żytnia typu 720 Rye flour of type 720	274 ^a ± 1,64	238 ^c ± 2,14	253 ^b ± 1,77

Objaśnienia / Explanatory notes:

W tabeli przedstawiono wartości średnie ± odchylenia standardowe / Table shows mean values ± standard deviations; n = 3; a - c – wartości w wierszach oznaczone taką samą literą nie różnią się statystycznie istotnie ($p \leq 0,05$) / values denoted by the same letter and placed in lines do not differ statistically significantly ($p \leq 0.05$).

Mąka żytnia typu 720 wykazywała wyższą aktywność enzymatyczną od mąki pszennej typu 750, co można uznać za normę w przypadku mąk dobrych jakościowo, ponieważ ziarno żyta cechuje większa podatność na porastanie niż ziarno pszenicy [21]. Mąka do wypieku pieczywa powinna charakteryzować się liczbą opadania

w przedziale 90 ÷ 240 s [15]. Podawane w literaturze wartości są zróżnicowane. W badaniach Przygodzkiej i wsp. [20] nad jakością wypiekową mąki żytniej liczba opadania wynosiła 208 s, z kolei w pracy Buksy i wsp. [1] badana mąka żytnia typu 720 charakteryzowała się liczbą opadania 276 s. Dodanie serwatki sojowej do mąki żytniej miało podobny wpływ na jej aktywność amylopolityczną jak w przypadku mąki pszennej. Zastąpienie wody w połowie serwatką spowodowało podwyższenie aktywności amylopolitycznej (obniżenie liczby opadania o 36 s). Całkowite zastąpienie wody serwatką – przeciwnie, skutkowało obniżeniem aktywności amylopolitycznej. Zmiany te, statystycznie istotne ($p \leq 0,05$) wewnątrz badanej grupy, mogą mieć wpływ na wartość wypiekową mąki. Reasumując, spośród badanych mąk, mąka żytnia cechująca się niską aktywnością α -amylazy zyskała na wartości wypiekowej dzięki zastosowaniu mieszaniny wody i serwatki sojowej w stosunku 1 : 1, gdyż jej aktywność amylopolityczna wzrosła.

Tabela 4. Wyniki analizy wiskograficznej mąki pszennej i żytniej bez udziału serwatki sojowej oraz z jej udziałem

Table 4. Results of viscographic analysis of wheat and rye flours with and without soy whey added

Parametr Parameter	Udział serwatki / Content of soy whey		
	Próba bez dodatku serwatki Sample without soy whey added	Próba z 50-proc. udziałem serwatki Sample with 50 % of soy whey added	Próba ze 100-proc. udziałem serwatki Sample with 100 % of soy whey added
Mąka pszenna typu 750 / Wheat flour of type 750			
Temperatura początkowa kleikowania Initial gelatinization temperature [°C]	60,70 ^b ± 0,36	61,92 ^{ab} ± 0,56	62,84 ^a ± 0,43
Lepkość maksymalna kleiku Maximum viscosity of gruel [BU]	345 ^c ± 2,07	366 ^b ± 3,29	478 ^a ± 3,35
Temperatura końcowa kleikowania Final gelatinization temperature [°C]	75,50 ^{bc} ± 0,45	76,61 ^{ab} ± 0,69	78,30 ^a ± 0,55
Mąka żytnia typu 720 / Rye flour of type 720			
Temperatura początkowa kleikowania Initial gelatinization temperature [°C]	55,51 ^b ± 0,33	57,42 ^{ab} ± 0,52	57,90 ^a ± 0,41
Lepkość maksymalna kleiku [BU] Maximum viscosity of gruel	649 ^b ± 3,89	483 ^c ± 4,37	661 ^a ± 4,62
Temperatura końcowa kleikowania Final gelatinization temperature [°C]	72,14 ^a ± 0,43	71,81 ^b ± 0,65	71,84 ^b ± 0,51

Objaśnienia jak pod tab. 3. / Explanatory notes as in Tab. 3.

Wyniki oznaczeń wiskograficznych mąki pszennej i żytniej przedstawiono w tab. 4. Dodatek serwatki sojowej w ilości 50 i 100 % w przypadku mąki pszennej praktycz-

nie nie miał większego znaczenia dla przebiegu procesu kleikowania skrobi. Według Szafrąńskiej i Rothkaehl [27] średnia aktywność α -amylazy mąki pszennej przeznaczonej do wypieku pieczywa, wyrażona za pomocą lepkości kleików skrobiowych, waha się w zakresie $300 \div 800$ BU. W pracy Karolini-Skaradzińskiej i wsp. [9] wartość lepkości maksymalnej kleiku z mąki pszennej typu 750 wynosiła 818 BU. W badaniach własnych wyniki analiz wiskograficznych mąki pszennej typu 750, bez względu na udział serwatki sojowej, mieszczą się w dolnej granicy podanego przedziału.

W przypadku mąki żytniej do produkcji chleba optymalna lepkość sporządzonych kleików powinna się zawierać w przedziale $400 \div 600$ BU [26]. Szafrąńska i wsp. [28] uzyskali lepkość maksymalną zawiesin z mąk żytnich w przedziale $480 \div 920$ BU. W pracy Ostasiewicz i wsp. [13] lepkość kleików z mąki żytniej typu 720 wynosiła 650 BU. Wprowadzenie do mąki żytniej typu 720 serwatki sojowej w postaci mieszaniny z wodą w stosunku 1 : 1 wpłynęło na istotne zmniejszenie lepkości maksymalnej powstałego kleiku oraz temperatury końcowej kleikowania, natomiast zwiększeniu uległa temperatura początkowa kleikowania, co wskazuje na wzrost aktywności amylolicznej tej mąki (tab. 4). Uzyskane parametry pozwoliły ostatecznie zakwalifikować badaną mąkę żytnią do średnich pod względem aktywności enzymatycznej i w związku z tym można przeznaczyć ją do wypieku każdego rodzaju chleba żytniego czy mieszanego.

Czynnikami determinującymi różnice między parametrami wiskograficznymi mąki pszennej i żytniej są: odmienny skład chemiczny, a zwłaszcza większa zawartość w mące żytniej substancji towarzyszących, przede wszystkim pentozańców oraz rozbieżności w budowie strukturalnej skrobi [4, 19]. Efektem jest m.in. znacznie większa lepkość maksymalna kleików żytnich, potwierdzona również w niniejszych badaniach. Wprowadzenie serwatki sojowej spowodowało istotny wzrost lepkości kleików pszennych. Po zastosowaniu serwatki w ilości 50 % całkowitej objętości użytego płynu w kleikach żytnich stwierdzono natomiast istotne zmniejszenie wartości tej cechy. Jak podaje Tegge [29], zwiększona obecność kwasów organicznych w zawieszynie skrobi wpływa na obniżenie temperatury początkowej kleikowania. Po wprowadzeniu do badanych prób serwatki sojowej o lekko kwaśnym odczynie, niezależnie od jej udziału ilościowego i rodzaju mąki, następowało podwyższenie temperatury początkowej kleikowania w stosunku do prób bez dodatku serwatki. W badaniach Szafrąńskiej i wsp. [27, 28] wraz ze wzrostem aktywności α -amylazy w mące żytniej następowało obniżenie temperatury. Po przeanalizowaniu wartości liczby opadania i temperatury kleikowania uzyskanych w niniejszych badaniach stwierdzono, że mimo zmian aktywności amylolicznej pod wpływem dodatku serwatki sojowej, temperatura początkowa kleikowania mąki pszennej i żytniej zawsze wzrastała.

Zdolność ciast pszennych i żytnich do wytwarzania i zatrzymywania gazów w zależności od dodatku serwatki sojowej analizowano za pomocą fermentografu. Wyniki

oznaczeń przedstawiono w tab. 5. W cieście wytworzonym z mąki pszennej bez dodatku serwatki ilość zatrzymanych gazów, równoznaczna z przyrostem objętości ciasta do punktu krytycznego, czyli do 62 min fermentacji, stanowiła 71 % gazów ogółem, zatem objętość gazów wydzielonych poza ciasto wynosiła 29 %. Dodatek 50-procentowej serwatki wpłynął na wydłużenie czasu krytycznego do 72 min i zwiększenie ogólnej ilości wytwarzanych gazów. Efekt prawdopodobnie został wywołany zwiększeniem podaży cukrów, których źródłem była serwatka. Objętość gazów zatrzymanych w cieście uległa natomiast zmniejszeniu i stanowiła 67 % gazów ogółem, a straconych – zwiększeniu do 33 %. W przypadku całkowitego zastąpienia wody serwatką sojową czas fermentacji uległ skróceniu o blisko połowę (do 38 min) zarówno w stosunku do próby kontrolnej, jak i próby z 50-procentowym roztworem serwatki. Odnotowano jednocześnie wyraźnie mniejszą, średnio o 42 %, objętość wydzielonego gazu ogółem niż w pozostałych próbach. Strata wydzielonych gazów we wszystkich ciastach pszennych i żytnich kształtowała się na zbliżonym poziomie ok. 32 %.

Tabela 5. Wartości parametrów fermentograficznych badanych ciast pszennych i żytnich
Table 5. Values of fermentographic parameters of wheat and rye doughs analysed

Parametr Parameter	Udział serwatki / Content of soy whey		
	Próba bez dodatku serwatki Sample without soy whey added	Próba z 50-proc. udziałem serwatki Sample with 50 % of soy whey added	Próba ze 100-proc. udziałem serwatki Sample with 100 % of soy whey added
Mąka pszenna typu 750 / Wheat flour of type 750			
Czas do punktu krytycznego Critical point [min]	62 ^b ± 0,43	72 ^a ± 0,31	38 ^c ± 0,23
Objętość gazów ogółem Total volume of gases [cm ³]	387 ^b ± 2,19	422 ^a ± 1,53	169 ^c ± 1,01
Objętość gazów zatrzymanych Volume of gases trapped [cm ³]	272 ^{ab} ± 0,91	284 ^a ± 0,62	114 ^c ± 0,65
Objętość gazów traconych Volume of gases released [cm ³]	115 ^b ± 0,80	138 ^a ± 0,75	55 ^c ± 0,33
Mąka żytnia typu 720 / Rye flour type 720			
Czas do punktu krytycznego Critical point [min]	36 ^a ± 0,25	36 ^a ± 0,21	32 ^{ab} ± 0,19
Objętość gazów ogółem Total volume of gases [cm ³]	136 ^b ± 0,92	150 ^a ± 0,90	126 ^c ± 0,75
Objętość gazów zatrzymanych Volume of gases trapped [cm ³]	91 ^b ± 0,64	100 ^a ± 0,60	86 ^c ± 0,51
Objętość gazów traconych Volume of gases released [cm ³]	45 ^b ± 0,32	50 ^a ± 0,3	40 ^{bc} ± 0,24

Objaśnienia jak pod tab. 3. / Explanatory notes as in Tab. 3.

Optymalny rozrost ciasta żytniego trwał średnio 35 min. Wprowadzenie serwatki sojowej do ciasta w ilości 50 % objętości płynu przewidywanego recepturą nie wpłynęło na czas fermentacji. Zaobserwowano natomiast największą spośród analizowanych prób ilość zatrzymanego przez ciasto ditlenku węgla, wynoszącą 67 % gazu wytworzonego ogółem. Częściowe zastąpienie wody serwatką sojową wpłynęło korzystnie na ilość wydzielonego ditlenku węgla ogółem, ale również na strukturę ciasta, co przełożyło się na wyraźny wzrost ilości ditlenku węgla zatrzymanego przez ciasto w stosunku do próby bez serwatki. Całkowite zastąpienie wody serwatką sojową nieznacznie skróciło czas fermentacji ciasta, a ilość ditlenku węgla wydzielonego ogółem oraz zatrzymanego przez ciasto uległa istotnemu zmniejszeniu w porównaniu z pozostałymi próbami.

Wykonane analizy potwierdzają prawidłowość podobną do przedstawionej przez Różyłę [23] pomiędzy aktywnością α -amylazy a ilością wytworzonych gazów podczas fermentacji. Zależność tę wyraźnie można zaobserwować w przypadku prób z mąki żytniej. Zastąpienie wody w połowie serwatką sojową wpłynęło na zwiększenie aktywności amylolitycznej zawiesiny, a ciasto wytworzone z taką samą ilością serwatki uzyskało największą objętość podczas fermentacji. Znaczne różnice poziomu parametrów fermentograficznych między ciastami pszennymi i żytnimi, które można zauważyć bez względu na obecność w nich serwatki sojowej, wynikały ze sposobu tworzenia struktury obu ciast, warunkowanego ich składem chemicznym [28].

Zarówno w przypadku ciasta pszenne, jak i żytniego, stosowanie 50-procentowego roztworu serwatki w ilości zgodnej z recepturą ciasta oznaczało poprawę jego właściwości fermentacyjnych. Można założyć, że składniki serwatki zoptymalizowały środowisko do działania enzymów amylolitycznych i w pewnym stopniu wpłynęły na strukturę skrobi, która stała się bardziej podatna na rozpad. Dodatkowo, ciasto wzbogacone w cukry i białka pochodzące z serwatki sojowej stanowiło korzystne warunki dla rozwoju drożdży, przyczyniając się do wzrostu objętości ciasta. Zatem serwatka sojowa może być stosowana jako naturalny regulator zdolności gazotwórczej mąki. Ustalenie zasad dawkowania wymaga kontynuacji badań na szerszym materiale doświadczalnym.

Wnioski

1. Serwatka sojowa miała wpływ na właściwości fermentacyjne badanych mąk: pszennej typu 750 i żytniej typu 720, a ostateczny efekt jej działania, w przypadku obu rodzajów mąk, zależał od wielkości dodatku.
2. Zastosowanie serwatki w ilości 50 % całkowitej objętości płynu wpłynęło korzystnie na poprawę zdolności fermentacyjnej badanych mąk z uwagi na wzrost objętości gazów wytworzonych i zatrzymanych w cieście.

3. Zastąpienie wody w 100 % serwatką sojową przy sporządzaniu ciast i zawiesin, zarówno pszennych, jak i żytnich, generalnie wpłynęło negatywnie na ich jakość. Istotnie zmniejszył się czas optymalnej fermentacji oraz ilość gazu zatrzymanego przez ciasta, a także nieznacznie zwiększyła się początkowa temperatura kleikowania ciasta pszennego i żytniego.
4. Serwatka sojowa może stanowić naturalny regulator zdolności gazotwórczej mąki pszennej i żytniej.

Badania sfinansowane w ramach dotacji Uniwersytetu Rzeszowskiego na utrzymanie potencjału badawczego, nr PB/KTiOJPR-1/2016.

Literatura

- [1] Buksa K., Ziobro R., Nowotna A., Gambuś H.: The influence of native and modified arabinoxylan preparations on baking properties of rye flour. *J. Cereal Sci.*, 2013, 58, 23-30.
- [2] Blazek J., Copeland L.: Pasting and swelling properties of wheat flour and starch in relation to amylose content. *Carbohydr. Polym.*, 2008, 71, 380-387.
- [3] Bradford M.: A rapid and sensitive method of the quantization of microgram quantities of protein utilizing the principle of dye-binding. *Anal. Biochem.*, 1976, 72, 248-254.
- [4] Dziki D., Różyło R., Gawlik-Dziki U., Świeca M.: Current trends in the enhancement of antioxidant activity of wheat bread by the addition of plant materials rich in phenolic compounds. *Trends Food Sci. Technol.*, 2014, 40, 48-61.
- [5] Gąsiorowski H.: *Pszenica – chemia i technologia*. Praca zbiorowa. Wyd. PWRiL, Poznań 2004.
- [6] Hrušková M., Machová D.: Changes of wheat flour properties during short term storage. *Czech J. Food Sci.*, 2002, 20 (4), 125-130.
- [7] Jakubczyk T., Haber T.: *Analiza zbóż i przetworów zbożowych*. Wyd. SGGW-AR, Warszawa 1983.
- [8] Karolini-Skaradzińska Z., Czubaszek A., Łuczak D., Frączak A.: Jakość ciasta i pieczywa pszennego z dodatkiem serwatki. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2010, 6 (73), 46-57.
- [9] Karolini-Skaradzińska Z., Czubaszek A., Stanisławska M., Szewców P.: Zmiany właściwości wypiekowych mąki pszennej pod wpływem dodatku maltodekstryn. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2012, 4 (83), 108-121.
- [10] Koca A.F., Anil M.: Effect of flaxseed an wheat flour blends on dough rheology and bread qauality. *J. Sci. Food Agric.*, 2007, 87, 1172-1175.
- [11] Lay C.H., Sen B., Huang S.C., Chen C.C., Lin C.Y.: Sustainable bio-energy production from tofu-processing wastewater by anaerobic hydrogen fermentation for onsite energy recovery. *Renew. Energ.*, 2013, 58, 60-67.
- [12] Miller G.L.: Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Anal. Chem.*, 1959, 31(3), 426-428.
- [13] Ostasiewicz A., Ceglińska A., Skowronek S.: Jakość pieczywa żytniego z dodatkiem zakwasów. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2009, 2 (63), 67-74.
- [14] PN-EN ISO 3093:2010. Pszenica, żyto i mąki z nich uzyskane, pszenica durum i semolina. Oznaczanie liczby opadania metodą Hagberga-Pertena.
- [15] PN-A-74032:2002. Przetwory zbożowe. Mąka żytnia.
- [16] PN-A-74022:2003. Przetwory zbożowe. Mąka pszenna.
- [17] PN-ISO 712:2012. Ziarno zbóż i przetwory zbożowe. Oznaczanie wilgotności. Metoda odwoławcza.
- [18] PN-EN 1132:1999. Soki owocowe i warzywne. Oznaczanie pH.
- [19] Popper L., Grabiński K.: Porost zbóż. Metoda poprawy jakości wypiekowej mąki. *Przegl. Zboż. Młyn.*, 2006, 11 (50), 23.

- [20] Przygodzka M., Piskula M.K., Kurkurová K., Ciesarová Z., Bedanrikova A., Zieliński H.: Factors influencing acrylamide formation in rye, wheat and spelt breads. *J. Cereal Sci.*, 2015, 65, 96-102.
- [21] Rogozińska I., Sadkiewicz J., Pobereźny J.: Określenie aktywności enzymów amylolytycznych jako wskaźnik decydujący o jakości mąk żytnich. *Inż. Apar. Chem.*, 2009, 2 (48), 122-124.
- [22] Rothkaehl J.: Liczba opadania – wyróżnik jakościowy charakteryzujący aktywność enzymatyczną ziarna pszenicy i żyta. *Przegl. Zboż. Młyn.*, 2010, 12 (54), 24-26.
- [23] Różyło R.: Właściwości fermentacyjne ciasta i cechy fizyczne chleba pszennego wypiekanego z mąki o różnej temperaturze. *Acta Agroph.*, 2011, 1 (17), 177-189.
- [24] Sadkiewicz K., Sadkiewicz J.: Urządzenia pomiarowo-badawcze dla przetwórstwa zbożowo mącznego. Wyd. Uczelniane Akademii Techniczno-Rolniczej, Bydgoszcz 1998.
- [25] Slavin J.: Whole grains and human health. *Nutr. Res. Rev.*, 2004, 1 (17), 99-110.
- [26] Słowik E.: Właściwości technologiczne i metody oceny żyta. *Przegl. Piek. Cukier.*, 2005, 53 (3), 6-9.
- [27] Szafrąńska A., Rothkaehl J.: Liczba opadania a maksymalna lepkość kleiku skrobiowego mąki pszennej. *Przegl. Zboż. Młyn.*, 2011, 10 (55), 6-7.
- [28] Szafrąńska A., Słowik E.: Zmiany właściwości wypiekowych mąki żytniej pod wpływem dodatku alfa-amylazy. *Acta Agroph.*, 2014, 2 (21), 233-245.
- [29] Tegge G.: Skrobia i jej pochodne. Oddz. Małopolski PTTŻ, Kraków 2010.

EFFECT OF SOY WHEY ON FERMENTATION PROPERTIES OF WHEAT AND RYE FLOURS

S u m m a r y

The objective of the research study was to determine the effect of soy whey on fermentation properties of wheat flour of type 750 and rye flour of type 720. Soy whey was added as a substitute of water and its amount was 50 % and 100 % by weight of water used in the control sample prepared without soy whey. It was found that the soy whey added had a favourable effect on the fermentation properties of flour. In particular, positive results were obtained for the 1: 1 mixture of soy whey and water. In the latter case, it was found that the total quantity of carbon dioxide released during fermentation of wheat flour dough increased by 9 % and that of rye flour dough by 10 %, and the quantity of gas trapped in the doughs analysed increased by 4 and 9 %, respectively. In the case of replacing 100 % of water with soy whey, it was possible to significantly reduce the fermentation time of wheat flour to the optimum growth of 38 % and that of the rye flour dough to 11 %. No apparent changes were found in the quality of the wheat and rye gruels with the soy whey added. Only a slight increase in the initial gelatinization temperature was reported for all the suspensions made with the soy whey added. A 50 % solution of whey added to the flour caused the amylolytic activity in the sample to increase, and the result thereof was a reduction in the falling number of wheat flour by 3 % on average, and that of rye flour by ca. 13 %. The research study performed suggests that the soy whey can be used as a natural regulator of the gas-generating ability of flours, especially of rye flour.

Key words: soy whey, wheat flour, rye flour, fermentation properties 