

ALICJA CEGLIŃSKA, ANTONI PLUTA, JÓZEF SKRZYPEK,
PRZEMYSŁAW KRAWCZYK

BADANIA NAD ZASTOSOWANIEM DO PRODUKCJI PIECZYWA SKŁADNIKÓW MINERALNYCH OTRZYMANÝCH PO NANOFILTRACJI SERWATKI

Streszczenie

W pracy badano wpływ dodatku składników mineralnych otrzymanych po nanofiltracji serwatki na jakość pieczywa pszennego.

Oceniano właściwości wypiekowe mąki oraz jakość uzyskanego pieczywa. W mące oznaczono wilgotność i granulację, przeprowadzono test sedimentacji Zeleny'ego oraz określono ilość i jakość glutenu, a także właściwości amylograficzne i farinograficzne. Obliczono upiek i wydajność pieczywa. Jakość pieczywa określono na podstawie pomiarów: objętości, masy właściwej, kwasowości i twardości miękiszu. Oznaczono także podstawowy skład chemiczny pieczywa: zawartość wody, białka ogółem, tłuszczu, składników mineralnych (Ca, K, Zn). Stwierdzono, że pieczywo z 2% dodatkiem składników mineralnych, pochodzących z serwatki, charakteryzowało się największą objętością i najmniejszą twardością miękiszu. Dodatek samych składników mineralnych z serwatki oraz ich mieszanek nie miał istotnego wpływu na zawartość białka ogółem i tłuszczu w pieczywie. Zwiększenie dodatku składników mineralnych z serwatki powodowało wzrost zawartości składników mineralnych (Ca, K, Zn) w pieczywie.

Składniki mineralne z serwatki dodawane w ilości 2-3% mogą zastąpić dodatek soli spożywczej (NaCl) w produkcji pieczywa z mąki pszennej typu 750 o słabych właściwościach wypiekowych, bez pogorszenia jego jakości w porównaniu z próbą kontrolną.

Słowa kluczowe: mąka pszenna, składniki mineralne, nanofiltracja serwatki, jakość pieczywa

Wstęp

Przetwory z mleka są od dawna wysoko cenionymi dodatkami w piekarstwie [1, 6]. Dodatek mleka odtłuszczonego w proszku podnosi wartość odżywczą białek zbóż, a także smakowitość pieczywa, jednocześnie opóźniając jego czerstwienie. Jednak

większe dodatki niż 4% w stosunku do masy mąki zmniejszają objętość pieczywa i elastyczność miększu [1].

Przy produkcji serów powstaje nawet 5-10-krotnie więcej serwatki niż sera. W zależności od rodzaju produkowanego sera wykazuje ona różny stopień kwaśności i słoności. Ze względu na te właściwości nie może być bezpośrednio odprowadzana do ścieków, co stwarza dodatkowe problemy producentom serów. Serwatka zawiera 6,0–8,4 g/dcm³ białka, 40–50 g/dcm³ laktozy i znaczne ilości soli mineralnych 5,6–8,4 g/dcm³ [14, 15]. Powinna być zatem także wykorzystywana do produkcji innych przetworów spożywczych, np. lodów jako źródła pełnowartościowego białka i składników mineralnych. Techniki stosowane wspólnie w przetwórnictwie mleka, np. nanofiltracja [2, 7, 14], pozwalają na otrzymanie z serwatki składników mineralnych, które w postaci proszku mogłyby być dodawane w produkcji pieczywa. To nie tylko możliwość wzbogacenia składu chemicznego pieczywa, ale nowy sposób wykorzystania składników serwatki jako zamiennika stosowanej soli spożywczej. Dobór optymalnej ilości dodawanych składników mineralnych z serwatki powinien być jednak ustalony doświadczalnie.

Celem pracy było określenie wpływu składników mineralnych otrzymanych po nanofiltracji serwatki na proces technologiczny i jakość pieczywa pszennego.

Material i metody badań

Do badań użyto mąki pszennej typu 750 wyprodukowanej przez „Polskie Młyny” S.A. w Szymanowie. Składniki mineralne pochodziły z serwatki będącej produktem ubocznym przy wytwarzaniu serów typu holenderskiego. Otrzymany permeat po nanofiltracji serwatki zagęszczono stosując kolejno metody: odwróconej osmozy (do 3% s.s.), zagęszczania w wyparce próżniowej (do 35% s.s.) i suszenia rozpyłowego. Tak otrzymany preparat z serwatki w postaci proszku zawierał składniki mineralne, takie jak: 13,6% sodu, 18,7% potasu, 0,8% wapnia, 0,2% magnezu, 0,4% fosforu, 0,02% żelaza, 0,07% cynku oraz chlorki, azot niebiałkowy, wodę i inne składniki występujące w mleku.

Metodą jednofazową przygotowano ciasto z mąki pszennej typu 750 z dodatkiem 2% soli spożywczej (NaCl) – próba kontrolna [5] lub z dodatkiem składników mineralnych z serwatki w postaci proszku. Składniki mineralne z serwatki dodawano w ilości 2, 3 i 4% oraz w mieszankach z solą spożywczą w stosunku 1,5:1,5 i 3,0:1,0 w odniesieniu do masy mąki. Ciasto dzielono na kęsy o masie 250 g i umieszczano w foremkach. Wypiek prowadzono w modułowym piecu piekarskim z zaparowaniem firmy Sveba Dahlen.

Analiza fizykochemiczna mąki obejmowała następujące oznaczenia: wilgotność, granulację, test sedymentacji Zeleny’ego [5], ilość i jakość glutenu [10] oraz liczbę opadania [11]. Przeprowadzono również analizę mąki w amylografie [13] i farinografie

firmy Brabender [12]. Masa pieczywa zaraz po wyjęciu z pieca i po 24 h stygnięcia posłużyła do wyliczenia upieku i wydajności [5]. Po ostygnięciu pieczywa wykonano także pomiary: objętości, masy właściwej, kwasowości [5] oraz twardości miękiszu za pomocą analizatora tekstury TA.XT2 [4]. Oceniano także smak i zapach pieczywa. Oznaczenie składu chemicznego pieczywa obejmowało określenie w miękiszu zawartości: wody, białka ogółem, tłuszczu, składników mineralnych ogółem (popiół) [5] oraz zawartości wapnia (Ca), cynku (Zn) i potasu (K). Zawartość Ca i Zn wykonano metodą emisyjnej spektrometrii atomowej z plazmą wzbudzoną indukcyjnie ICP-AES, a zawartość K płomieniową absorpcyjną spektrometrią atomową FAAS w Centrum Analitycznym SGGW. Uzyskane wyniki opracowano statystycznie metodą analizy wariancji, oceniając istotność różnic testem Tukey'a w programie komputerowym Statgraphics Plus 4.1.

Wyniki i dyskusja

Na jakość pieczywa wywierają wpływ użyte do produkcji surowce, zarówno te podstawowe, jak i te dodawane w niewielkich ilościach. Duże znaczenie, z racji największego udziału w produkcji pieczywa, przypisywane jest mące, która może wykazywać różnice w wartości wypiekowej. Wyniki analizy fizykochemicznej mąki przedstawiono w tab. 1.

Wilgotność mąki użytej do wypieku pieczywa była zgodna z zaleceniami określonymi w PN-91/A-74022 [8]. Liczba opadania, wynosząca 206 s, wskazywała na jej średnią aktywność amyloolityczną. Mąki o średniej aktywności amyloolitycznej mogą mieć zastosowanie do każdego wypieku pszennego lub mieszanego żytnio-pszennego [3]. Średnia aktywność amyloolityczna została potwierdzona także w analizie amylograficznej przez małą lepkość zawiesiny wodnej mąki. Niska temperatura kleikowania wskazuje na podatność skrobi na działanie enzymów, co może być przyczyną szybszego jej rozkładu. Użyta do wypieku mąka charakteryzowała się dużym stopniem rozdrobnienia bielma. Zawierała średnio 77,9% cząstek o wymiarach poniżej 150 μm . W czasie przemiału mogło zatem dojść do większego uszkodzenia ziaren skrobiowych, które są podatniejsze na działanie enzymów amyloolitycznych w procesie wytwarzania ciasta. Ciasto z mąki pszennej uzyskuje swoje właściwości sprężysto-plastyczne dzięki glutenowi. Ilość i jakość glutenu w dużym stopniu wpływają na jakość pieczywa. Użyta mąka charakteryzowała się małą zawartością glutenu, jakkolwiek była to ilość zgodna z zaleceniami PN-91/A-74022 [8]. Gluten natomiast wykazywał dużą sprężystość, na co wskazuje wartość indeksu glutenu wynosząca 89. Wartość wypiekowa mąki użytej do wypieku, określona pośrednio testem sedymentacji Zeleny'ego, wskazywała jedynie na dostateczną jej jakość. Mała wodochłonność użytej mąki wynikać mogła z małej zawartości w niej białek glutenowych, pomimo że wykazywały one dobre właściwości fizyczne. Użyta mąka charakteryzowała się także krótkim czasem rozwoju

i stałości ciasta. Cechy te są uzależnione w dużym stopniu od zawartości glutenu. Z mąki pszennej typu 750 wymyto małą ilość (25,1%) glutenu. Suma czasu rozwoju i stałości wyznacza tolerancję na mieszenie ciasta. Ciasto z użytej mąki nie powinno być dłużej mieszane niż 4,7 min, aby nie utraciło sprężysto-plastycznych właściwości mających wpływ na wygląd pieczywa. Efektem krótkiego czasu rozwoju i stałości ciasta oraz dość dużego jego rozmięczenia była mała liczba jakości mąki (43). Liczba jakości znacznie poniżej 100 wskazuje na co najwyżej dostateczną wartość wypiekową użytej mąki.

Tabela 1

Charakterystyka jakości mąki pszennej typu 750.
Quality profile of the wheat flour type 750.

Cecha / Property		Jednostka Unit	Średnia wartość Mean value
Wilgotność / Moisture Content		[%]	10,9
Liczba opadania / Falling Number		[s]	206
Amylogram Amylogram	Temperatura kleikowania Gelatinization temperature	[°C]	65,50
	Maksymalna lepkość zawiesiny Maximum viscosity of gelatinized matter	[j.A.]	230
Granulacja Granulation	262 µm	[%]	99,8
	150 µm	[%]	77,9
Gluten Gluten	Ilość Quantity	[%]	25,1
	Indeks glutenu Gluten Index	-	89
Wskaźnik sedymentacji Sedimentation Factors		[cm ³]	28
Farinogram Farinogram	Wodochłonność Water Absorbtion	[%]	54,8
	Czas rozwoju ciasta Dough Development Time	[min]	2,7
	Czas stałości ciasta Dough Stability Time	[min]	2,0
	Rozmięczenie ciasta Degree of Dough Softening	[j.B].	51
	Liczba jakości mąki Quality Number of Flour	-	43

T a b e l a 2

Wyróżniki jakości charakteryzujące proces wypieku i mięksiz pieczywa z dodatkiem NaCl i/lub składników mineralnych z serwatki.

Quality Characteristics characterizing the baking process and bread crumb with NaCl and/or with whey-derived mineral components added.

Dodatek * Addition	Upiek pieczywa Baking loss [%]	Wydajność pieczywa Yield of bread [%]	Objętość pieczywa Bread volume [cm ³]	Masa właściwa Absolute weight [g/cm ³]	Twardość Hardness [N]		Kwasowość Acidity [° kwasowo- ści] [° acidity]
					24 h	72 h	
1	11,5 b	138,6 ab	213,9 b	0,289 ab	5,35 bc	8,10 b	1,87 a
2	11,7 b	137,6 a	297,5 c	0,252 a	3,21 a	5,37 a	1,95 ab
3	10,4 ab	141,0 bc	223,6 b	0,287 ab	6,15 cd	9,77 c	2,08 bc
4	9,6 a	141,4 c	184,4 a	0,332 b	6,38 d	10,22 c	2,13 c
5	9,5 a	142,2 c	213,8 b	0,295 ab	4,99 b	10,58 c	1,98 ab
6	9,7 a	142,0 c	187,7 a	0,315 b	7,59 e	10,45 c	2,08 bc
NIR / LSD ($\alpha=0,05$)	1,5	2,73	24,1	0,049	1,00	0,97	0,13

*1 – 2,0% soli spożywczej (NaCl) / kitchen salt (NaCl),

2 – 2,0% składników mineralnych z serwatki w proszku / 2.0% of the powdered whey-derived mineral components

3 – 3,0% składników mineralnych z serwatki w proszku / 3.0% of the powdered whey-derived mineral components

4 – 4,0% składników mineralnych z serwatki w proszku / 4.0% of the powdered whey-derived mineral components

5 – 1,5% soli spożywczej + 1,5% składników mineralnych z serwatki w proszku / 1.5% of kitchen salt + 1.5% of the powdered whey-derived mineral components

6 – 1,0 % soli spożywczej + 3,0% składników mineralnych z serwatki w proszku / 1,0% salt + 3,0% whey mineral component

Proces wypieku pieczywa kontrolnego (z 2% dodatkiem soli spożywczej) charakteryzował się małym upiekem i dobrą wydajnością (tab. 2). Dodatek składników mineralnych z serwatki w ilości 2–4% nie miał istotnego wpływu na upiek pieczywa. Pieczywo z dodatkiem mieszanek wykazywało mniejszy upiek w porównaniu z pieczywem kontrolnym. Z dodatkiem 3 i 4% składników mineralnych z serwatki oraz z mieszankami ich z solą spożywczą wystąpił istotny wzrost wydajności pieczywa. Objętość pieczywa kontrolnego wynosiła 213,9 cm³ i była zgodna z zaleceniami PN 92/A-74105 [9]. Jednak pieczywo to uzyskałoby zaledwie dostateczną ocenę w klasyfikacji 4-poziomej według Jakubczyka i Habera [5]. Pieczywo z dodatkiem 2% składników mineralnych z serwatki osiągnęło największą objętość, kwalifikując się do oceny dobrej. Dalsze zwiększanie dodatku składników mineralnych z serwatki, jak też stosowanie mieszanek z ich udziałem, nie miało wpływu na wzrost objętości a nawet ją zmniejszało (4% składników mineralnych i mieszanka 3,0:1,0). Masa właściwa mięksizu, podobnie jak objętość zależy

od przebiegu procesu technologicznego. Prawidłowo przeprowadzona fermentacja ciasta pozwala na uzyskanie dobrze spulchnionego miększu pieczywa. W zależności od typu użytej mąki do produkcji pieczywa pszennego, masa właściwa zawiera się w przedziale 0,24–0,37 g/cm³ [5]. Masa właściwa miększu pieczywa z dodatkiem składników mineralnych z serwatki oraz ich mieszanek z solą spożywczą nie różniła się istotnie od tej cechy pieczywa kontrolnego. Wskazuje to, że w procesie produkcji pieczywa rola tych składników jest porównywalna. Jednak miększ pieczywa był bardziej spulchniony z 2% dodatkiem składników mineralnych z serwatki niż z ich 4-procentowym dodatkiem. Mniejsza twardość miększu wskazuje na większą jego elastyczność, co także ma związek z jego masą właściwą i objętością pieczywa. Pieczywo z 2% dodatkiem składników mineralnych z serwatki wykazywało najmniejszą twardość miększu, była ona także istotnie mniejsza od twardości miększu pieczywa kontrolnego. Dodatek powyżej 3% zarówno składników mineralnych z serwatki, jak i mieszanek, powodował istotny wzrost twardości miększu badanego po 24 h od wypieku. Po 72 h przechowywania twardość

Tabela 3

Skład chemiczny pieczywa z dodatkiem NaCl i/lub składników mineralnych z serwatki.
Chemical composition of the bread with NaCl and/or whey-derived mineral components added

Dodatek * Addition	Woda Water [%]	Białko Protein [%]	Tłuszcz Fat [%]	Popiół całkowity Total ash [%]	Wybrane składniki mineralne Selected mineral components [mg/100 g dry matter]		
					Ca	K	Zn
1	44,9 a	12,3	2,02	0,87 a	36,87a	218,83 a	15,25 c
2	45,5 b	11,9	2,05	1,00 b	37,52a	785,23 b	13,00 b
3	44,7 a	11,8	1,96	1,10 bc	55,55b	1069,05 c	14,64 c
4	44,8 a	11,7	1,86	1,28 d	57,32b	1402,67 d	31,48 e
5	44,9 a	12,0	2,00	1,02 b	35,69a	664,95 b	9,61 a
6	44,8 a	11,7	1,86	1,16 c	57,05b	1064,34 c	18,40 d
NIR / LSD ($\alpha=0,05$)	0,4	s.i.d.	s.i.d.	0,12	2,95	179,35	3,21

*1 – 2,0% soli spożywczej (NaCl) / kitchen salt (NaCl),

2 – 2,0% składników mineralnych z serwatki w proszku / 2.0% of the powdered whey-derived mineral components

3 – 3,0% składników mineralnych z serwatki w proszku / 3.0% of the powdered whey-derived mineral components

4 – 4,0% składników mineralnych z serwatki w proszku / 4.0% of the powdered whey-derived mineral components

5 – 1,5% soli spożywczej + 1,5% składników mineralnych z serwatki w proszku / 1.5% of kitchen salt + 1.5% of the powdered whey-derived mineral components

6 – 1,0 % soli spożywczej + 3,0% składników mineralnych z serwatki w proszku / 1.0% salt + 3.0% of the powdered whey-derived mineral components

r.n./ s.i.d – różnice nieistotne statystycznie / statistically insignificant differences

miększu pieczywa wzrosła nawet dwukrotnie, przy czym pieczywo z 2% dodatkiem składników mineralnych z serwatki charakteryzowało się najmniej twardym miększem. W pieczywie z dodatkiem powyżej 2% składników mineralnych z serwatki występował także wzrost kwasowości miększu.

Dodatek 2% składników mineralnych z serwatki wpływał na zwiększenie ilości zatrzymanej wody w miększu (największa wilgotność miększu) w porównaniu z miększem pieczywa kontrolnego, jak też i z pozostałymi dodatkami (tab. 3). Natomiast dodatek samych składników mineralnych z serwatki oraz ich mieszanek nie miał istotnego wpływu na zawartość białka ogółem i tłuszczu. Wraz ze wzrostem dodatku składników mineralnych z serwatki rosła natomiast zawartość składników mineralnych (popiół ogółem) w pieczywie. Statystycznie istotny wzrost zawartości wapnia w pieczywie był obserwowany dopiero od 3% dodatku składników mineralnych z serwatki. Zawartość potasu w pieczywie wzrosła trzy- (mieszanka 1,5:1,5) do sześciokrotnie (4% składników mineralnych z serwatki). Przy dodatku 4% składników mineralnych z serwatki oraz mieszanki w stosunku 3,0:1,0 wzrosła zawartość cynku. Z pozostałymi dodatkami składników mineralnych z serwatki zawartość cynku była mniejsza lub pozostawała na poziomie pieczywa kontrolnego. Smak pieczywa z dodatkiem do 3% składników mineralnych z serwatki lub mieszanki w stosunku 1,5:1,5 był akceptowany przez zespół oceniający. Pieczywo z dodatkiem 4% składników mineralnych z serwatki oprócz zbyt słonego smaku było także bardziej kwaśne. Zapach pieczywa z dodatkami składników mineralnych był porównywalny z pieczywem kontrolnym.

Przedstawione badania są wstępnymi próbami stosowania składników mineralnych z serwatki w produkcji pieczywa i wymagają potwierdzenia także z użyciem do produkcji mąki o innej wartości wypiekowej.

Wnioski

1. Pieczywo z dodatkiem 2% składników mineralnych z serwatki uzyskało największą objętość, a także najmniejszą twardość miększu.
2. Składniki mineralne z serwatki mogą zastąpić dodatek soli spożywczej do produkcji pieczywa z mąki pszennej typu 750, o słabych właściwościach wypiekowych, jednak w ilości nie większej niż 2–3%.

Praca była prezentowana podczas VIII Konferencji Naukowej nt. „Żywność XXI wieku – Żywność a choroby cywilizacyjne”, Kraków, 21–22 czerwca 2007 r.

Literatura

- [1] Ambroziak Z.: Produkcja piekarsko-ciastkarska. Cz. 1. WSP, Warszawa 1999.
- [2] Atră R., Vatai G., Bekassy-Molnar E., Balint A.: Investigation of ultra- and nanofiltration for utilization of whey protein and lactose. J. Food Engineering. 2005, **67**, 325-332.

- [3] Horubałowa A., Haber T.: Analiza techniczna w piekarstwie. WSP, Warszawa 1975.
- [4] Instrukcja obsługi: Analizator tekstury TA.XT2. Stable Micro System 1997.
- [5] Jakubczyk T., Haber T.: Analiza zbóż i przetworów zbożowych. Wyd. SGGW-AR, Warszawa 1983.
- [6] Kenny S., Wehrle K., Stanton C., Arendt E.K.: Incorporation of dairy ingredients into wheat bread: effects on dough rheology and bread quality. *Eur. Food Res. Technol.* 2000, **210**, 391-396.
- [7] Nguyen M., Reynolds N., Vigneswaran S.: By-product recovery from cottage cheese production by nanofiltration. *J. Cleaner Production.* 2003, **11**, 803-807.
- [8] PN-91/A-74022:1992. Przetwory zbożowe. Mąka pszenna.
- [9] PN-92/A-74105:1993. Pieczywo pszenne zwykłe i wyborowe.
- [10] PN-93/A-74042.03. Ziarno zbóż i przetwory zbożowe. Oznaczanie glutenu mokrego za pomocą urządzeń mechanicznych. Mąka pszenna.
- [11] PN-ISO 3093:1996/AZ1:2000. Zboża. Oznaczanie liczby opadania.
- [12] PN-ISO 5530-1:1999. Mąka pszenna. Fizyczne właściwości ciasta. Oznaczanie wodochłonności i właściwości reologicznych za pomocą farinografu.
- [13] PN-ISO 7973:2001. Ziarno zbóż i przetwory zbożowe. Oznaczanie lepkości mąki. Metoda z zastosowaniem amylografu.
- [14] Suarez E., Lobo A., Alvarez-Blanco S., Riera F.A., Alvarez R.: Utilization of nanofiltration membranes for whey and milk ultrafiltration permeate demineralization. *Desalination.* 2006, **199**, 345-347.
- [15] Ziajka S. (red.): Mleczarstwo – zagadnienia wybrane. T. 2. Zagospodarowanie produktów ubocznych. Wyd. ART, Olsztyn 1997, s. 323-329.

STUDY ON THE APPLICATION OF NANOFILTRATED WHEY-DERIVED MINERAL COMPONENTS IN THE PRODUCTION OF BREAD

S u m m a r y

In the paper, the effect of mineral components obtained after the nanofiltration process of whey on the wheat bread quality was studied.

The baking properties of flour and the quality of bread produced were assessed. The moisture and granulation of flour were determined, a Zeleny sedimentation test was performed, and the quantity and quality of gluten were defined, as were amylographic and farinographic properties of the flour. Also, the baking loss and yield of bread were computed. The bread quality was assessed on the basis of the following measurements taken: bread volume, absolute weight, acidity, and crumb hardness. Furthermore, the basic chemical composition of the bread studied was determined, i.e.: water content, total protein, fat, and mineral components (Ca, K, Zn). It was found that the bread with 2% of whey-derived mineral components added was characterized by the highest volume and by the lowest hardness of the bread crumb. It was proved that when nothing but whey-derived mineral components and their mixtures were added, this had no significant effect on the content of total protein and fat in the bread. With the increasing amount of whey-derived mineral components added, the content of the mineral components (Ca, K, Zn) in the bread also raised.

It is possible to replace kitchen salt (NaCl) with 2 to 3% of the whey-derived mineral components when producing bread from a wheat flour type 750 showing weak baking properties; and this replacement will not deteriorate the bread quality.

Key words: wheat flour, mineral components, nanofiltration of whey, bread quality 