

MAŁGORZATA WRONKOWSKA, MARIA SORAL-ŚMIETANA,
LIDIA ZANDER, ZYGMUNT ZANDER, MONIKA JADACKA

KSZTAŁTOWANIE CECH TECHNOLOGICZNYCH I JAKOŚCI CHLEBA POPRZEZ UDZIAŁ PRZEMYSŁOWEGO KONCENTRATU SERWATKI POTWAROGOWEJ

S t r e s z c z e n i e

Celem pracy było określenie wpływu dodatku otrzymanego przemysłowo koncentratu serwatki kwasowej (potwarogowej) na cechy technologiczne i jakość chleba. Produkty wypiekowe pszenne otrzymano z mąki pszennej typu 500 lub 750, natomiast chleb pszenno-żytni (tzw. baltonowski) uzyskano z mąki pszennej typu 750 i mąki żytniej typu 720. Suszony rozpyłowo koncentrat serwatkowy dodano w ilości 20 lub 30 % na etapie przygotowania ciasta chlebowego. Stwierdzono istotne zwiększenie wydajności ciasta oraz pieczywa pod wpływem zastosowanego koncentratu serwatki. Odnotowano zmniejszenie jednostkowej objętości doświadczalnych bochenków w porównaniu z próbami kontrolnymi. Na skutek udziału koncentratu serwatkowego w pieczywie wystąpiło wyraźne rozjaśnienie barwy miększu oraz intensywniejsze skolorowanie skórki. W pieczywie doświadczalnym stwierdzono statystycznie istotne zwiększenie zawartości składników pełniących funkcje odżywcze, białka oraz składników mineralnych ogółem.

Słowa kluczowe: przemysłowy koncentrat serwatki kwasowej, mąka pszenna, mąka żytnia, pieczywo

Wprowadzenie

Nowoczesne technologie w przemyśle mleczarskim umożliwiają otrzymywanie ze składników mleka funkcjonalnych produktów, które następnie mogą znaleźć zastosowanie m.in. w przemyśle piekarskim. Wprowadza się je do pieczywa ze względu na ich wysoką wartość odżywczą i funkcjonalną [3, 10, 12, 24, 28].

Serwatka jest produktem powstającym w technologicznych procesach wytwarzania serów dojrzewających oraz twarogów. W procesie otrzymywania serów dojrzewających na etapie podpuszczkowej koagulacji mleka otrzymuje się tzw. serwatkę słodką,

Dr inż. M. Wronkowska, prof. dr hab. inż. M. Soral-Śmietana, mgr M. Jadacka, Zakład Chemii i Bioteknologii Żywności, Instytut Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności PAN, ul. J. Tuwima 10, 10-719 Olsztyn, dr hab. inż. L. Zander, prof. UWM, dr hab. inż. Z. Zander, prof. UWM, Katedra Inżynierii i Aparatury Procesowej, Wydz. Nauki o Żywności, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, ul. Oczapowskiego 7, 10-957 Olsztyn

której pH waha się od 6,2 do 6,6. Z kolei tzw. serwatka kwasowa o pH od 4,5 do 4,7 powstaje w trakcie kwasowej koagulacji mleka podczas produkcji twarogów. Przemysłowo uzyskiwane serwatki z odmiennych procesów technologicznych różnią się zarówno składem chemicznym, jak i właściwościami fizykochemicznymi. Serwatka kwasowa zawiera więcej kwasu mlekowego (do 0,7 %), związków mineralnych w postaci popiołu surowego oraz mniej białek w porównaniu z serwatką słodką [2, 29]. Niskie pH oraz duża zawartość soli ograniczają dalsze przetwarzanie serwatki kwasowej [7]. Trudności w jej utylizacji dotyczą szczególnie dużych zakładów produkcyjnych, które w procesie wytwarzania twarogu otrzymują przy jednym kilogramie tego produktu około dziewięciu litrów serwatki [9].

Pod względem technologicznym i żywieniowym serwatka jest fazą wodną mleka, z którego wydzielono tylko część białek – kazeinę, a więc zawiera większość cennych składników obecnych w mleku. Są to głównie [w 1 l mleka]: białka serwatkowe (6 g), laktoza (48 g), substancje mineralne (7 g) i tłuszcz (37 g) [4, 6]. Według Román i wsp. [23] w serwatce kwasowej pozostaje 45 - 50 % suchej masy mleka. Składniki te odzyskuje się obecnie z płynnej serwatki dzięki upowszechnieniu technik separacji membranowej. W zależności od rodzaju użytej membrany stosowane są procesy: odwróconej osmozy, nanofiltracji, ultrafiltracji lub mikrofiltracji. Polscy producenci oferują kilka typów serwatki w proszku o wysokiej zawartości laktozy i niskiej zawartości białka oraz koncentraty białek serwatkowych o zawartości białka dochodzącej do 80 % [27].

Biologiczne funkcje białek mleka związane są z wielkością i kształtem ich molekuł. Dominującym białkiem mleka jest kazeina (około 80 %) oraz białka serwatkowe w ilości 20 % [4, 14]. Białka serwatkowe są często nośnikami ligandów i pierwiastków śladowych [4], używane są jako suplementy diety stanowiące bogate źródło aminokwasów niezbędnych dla organizmu człowieka. Pod względem żywieniowym preparaty serwatkowe w porównaniu z produktami pszennymi charakteryzują się znacznie wyższym wskaźnikiem wydajności wzrostowej białka (PER) oraz mogą stanowić uzupełnienie niektórych niezbędnych aminokwasów, a szczególnie lizyny, która w przypadku zbóż jest aminokwasem ograniczającym [26]. Białka pszenicy wykazują niższą wartość odżywczą w porównaniu z białkami mleka, są zatrzymywane w organizmie w mniejszym stopniu (66 %) niż białka mleka (74 %) [13]. Wartość odżywcza produktów wypiekowych wzrasta po wprowadzeniu do nich serwatki, również dzięki zwiększeniu zawartości wapnia [12]. Badania Kosikowskiego [11] wykazały, że serwatka kwasowa w proszku korzystnie wpływa na barwę skórki oraz smak chleba, herbatników, krakersów oraz przekąsek. Serwatka kwasowa, zawierająca cenne dla zdrowia składniki, w tym białka (albuminy i globuliny) oraz makro- i mikropierwiastki, może stanowić wartościowy produkt funkcjonalny do zastosowania w przemyśle piekarskim [24].

Celem pracy było określenie wpływu dodatku przemysłowo otrzymywanego koncentratu serwatki kwasowej na właściwości technologiczne oraz jakość pieczywa pszennego i pszenno-żytniego.

Materiał i metody badań

Podstawowy materiał stosowany w doświadczeniach stanowiła serwatka kwasowa, uzyskana w warunkach przemysłowych przy produkcji twarogu. Po pasteryzacji poddawano ją procesowi nanofiltracji, otrzymany koncentrat neutralizowano, a następnie suszono rozpyłowo uzyskując koncentrat serwatki kwasowej w postaci proszku. W doświadczeniu laboratoryjnym wykorzystywano taki koncentrat jako odżywczy i funkcjonalny składnik pieczywa. Przygotowując ciasto chlebowe z mąki pszennej typu 500 (T-500), typu 750 (T-750) lub ciasto typu baltonowskiego z mąki mieszanej (pszenna typu 750 : żytnia typu 720, jak 3:2) dodawano 20 lub 30 % koncentratu serwatki kwasowej. Mąki zakupiono w firmie „Młynomag” w Grodzkim Młynie. Dodatkowo stosowano: handlowe drożdże (3 %), sól spożywczą (1 %) oraz wodę wodociągową. Według ustalonej wodochłonności [30] na 1000 g mąki do przygotowania ciasta użyto: mąka pszenna typu 500 – 535 ml wody; mąka pszenna typu 750 – 520 ml wody; mąka pszenna typu 750 : mąka żytnia typu 720, jak 3:2 – 596 ml wody. Próbę kontrolną stanowiło pieczywo bez dodatku koncentratu serwatki kwasowej.

Wypiek laboratoryjny

Wypiek chleba prowadzono metodą bezpośrednią, jednofazową [8]. Ciasto uzyskano przez mieszanie składników w mieszarce laboratoryjnej GM-2 (ZBPP, Bydgoszcz). Fermentacja w temp. 37 °C przy wilgotności względnej 80 % trwała 1 h (z przebicciem po 30 min). Ciasto pszenno-żytnie fermentowano w taki sposób, jak ciasto pszenne, bez stosowania zakwasu, aby ograniczyć ilość zmiennych wpływających na tworzenie nowej struktury miękiszu z udziałem koncentratu serwatki kwasowej. Kęsy ciasta o masie 250 g umieszczano w komorze fermentacyjnej do optymalnego rozrostu (temp. 37 °C, wilgotność względna 80 %). Wypiek prowadzono 30 min w temp. 210 °C w piecu laboratoryjnym SVEBA DAHLEN (AB model DC-21, Szwecja).

Metody badań

Badania obejmowały podstawową charakterystykę technologiczną i chemiczną przemysłowej serwatki kwasowej oraz użytych sortymentów mąki. W serwatce kwasowej analizowano: wilgotność, zawartość popiołu [18] i białka [1] oraz laktozy metodą enzymatyczną przy użyciu odczynnika Lactose/D-Glucose (nr kat. 10 986 119 035, R-BIOPHARM, Niemcy). Zawartość białka ogółem w serwatce i badanych mąkach analizowano metodą Kjeldahla, stosując współczynniki przeliczeniowe: $N \times 6,38$ –

serwatka kwasowa; $N \times 5,7$ – mąki pszenne; $N \times 6,25$ – mąka żytnia [1]. W mąkach oznaczano wilgotność [21], zawartość skrobi ogółem metodą polarymetryczną wg Ewersa [19], zawartość popiołu [22] i białka ogółem [1], a w mące pszennej oznaczano ilość glutenu mokrego [20].

Oznaczenie objętości bochenków [17] i masy właściwej miększu [8] wykonywano na świeżym, lecz ostudzonym pieczywie. Masa pieczywa po wyjęciu z pieca oraz po 24 h od wypieku posłużyła do obliczenia straty piecowej (upiek) i wydajności pieczywa [8]. Barwę miększu i skórki produktów wypiekowych analizowano stosując spektrofotometr ColorFlex (HunterLab, Stany Zjednoczone). Pomiar prowadzono zgodnie z system CIE Lab (L^* , a^* , b^*), stosując typ obserwatora 10° oraz iluminat D65. Pomiar prowadzono przy zastosowaniu membrany o średnicy 30 mm. W zastosowanym systemie pomiarowym L^* oznacza jasność (L^* równe zero oznacza czerni, L^* równe 100 – biel), która jest wektorem przestrzennym; natomiast a^* ($-a^*$ = zieleń; $+a^*$ = czerwień) oraz b^* ($-b^*$ = niebieski, $+b^*$ = żółty) są współrzędnymi trójkromatycznymi.

Wykonywano także odwzorowanie przekrojów miększu badanych rodzajów pieczywa przy użyciu skanera (90 pikseli/cm^2 , Epson Perfection V200 Photo) zarządzanego oprogramowaniem Epson Creativity Suite Software.

Próbki chleba liofilizowano, a następnie oznaczano w nich zawartość: suchej masy, popiołu [8] i białka ogółem, stosując współczynnik przeliczeniowy $N \times 5,7$ [1].

Wszystkie wyniki badań są średnimi arytmetycznymi przynajmniej z trzech powtórzeń, natomiast wyniki oceny barwy są średnimi z 10 powtórzeń. Opracowanie statystyczne wyników przeprowadzono przy użyciu programu Statgraphics Centurion XV (StatPoint Inc., USA). Istotność różnic między wartościami średnimi weryfikowano testem Fishera przy poziomie istotności $p < 0,05$.

Wyniki i dyskusja

Cechy jakościowe chleba kształtowane są poprzez użyte do produkcji surowce, zarówno podstawowe, jak i te dodawane w niewielkich ilościach [3]. W tab. 1. przedstawiono charakterystykę chemiczną mąki pszennej typu 500 i typu 750 oraz mąki żytniej typu 720, a także stosowanego przemysłowego koncentratu serwatki kwasowej. Jednym z podstawowych parametrów jakości mąki jest jej wilgotność, przewidziana wymaganiami Polskich Norm [15, 16] w zakresie do 15 %. Wilgotność użytych w doświadczeniu sortymentów mąki pszennej oraz żytniej odpowiadała tym zaleceniom. Wskaźnikiem jakości mąki pszennej jest zawartość glutenu mokrego, kompleksu białkowego nadającego ciastu elastyczność i odpowiedzialnego za zdolność zatrzymywania gazów fermentacyjnych, a w pieczywie tworzącego strukturę miększu [8]. Zawartość glutenu mokrego w mąkach pszennych wynosiła około 32 % (tab. 1). Z charakterystyki chemicznej badanych mąk wynika, że mąka pszenna typu 500 wyróżniała

się zawartością skrobi (tab. 1). Natomiast w mące żytniej stwierdzono największą zawartość składników mineralnych. Analiza koncentratu serwatki (SK) wskazała, że przed jego zastosowaniem w doświadczeniu wilgotność była zbliżona do produktów mącznych. Jednak koncentrat w porównaniu z produktami mącznymi zawierał statystycznie istotnie więcej białka i składników mineralnych, a także cukier mlekowy – laktozę w ilości około 64 %.

Tabela 1

Charakterystyka chemiczna materiału badawczego.

Chemical profile of research material.

Materiał badań Research material	Wilgotność Moisture [%]	Gluten mokry Wet gluten [%]	Zawartość białka [% s.m.] Protein content [% d.m.]	Zawartość popiołu [% s.m.] Ash content [% d.m.]	Skrobia ogółem [% s.m.] Total starch [% d.m.]
SK	12,14 ± 0,31	-	19,7 ± 0,9a	6,66 ± 0,03a	-
T- 500	14,57 ± 0,07	32,8 ± 1,1	13,4 ± 0,0b	0,48 ± 0,00d	88,9 ± 0,1a
T- 750	13,99 ± 0,09	31,8 ± 0,0	13,5 ± 0,0b	0,67 ± 0,01c	86,1 ± 1,4b
T- 720	13,62 ± 0,19	-	11,7 ± 0,0c	0,78 ± 0,00b	81,3 ± 0,5c

Objaśnienia: / Explanatory notes:

SK – przemysłowy koncentrat serwatki kwasowej / industrially produced acid-whey preparation; T- 500 – mąka pszenna typu 500 / wheat flour of type 500; T-750 – mąka pszenna typu 750 / wheat flour of type 750; T-720 – mąka żytnia typu 720 / rye flour of type 720; Wartości średnie (n = 3) ± odchylenie standardowe / Mean values (n = 3) ± standard deviation; a, b, c – wartości w kolumnach oznaczone tymi samymi literami nie różnią się statystycznie istotnie przy poziomie istotności $p < 0,05$ / values in the columns denoted by the same letters do not differ statistically significantly at $p < 0.05$.

W tab. 2. podano właściwości technologiczne doświadczalnych produktów wypiekowych i ich kształtowanie pod wpływem udziału koncentratu serwatki kwasowej. Odnotowano wzrost wydajności ciasta i wydajności pieczywa ze wzrostem udziału koncentratu serwatki kwasowej. Największą statystycznie istotną wydajność ciasta oraz pieczywa stwierdzono w przypadku chleba typu baltonowskiego z 30 % dodatkiem koncentratu serwatki kwasowej. Wpływ koncentratu serwatkowego stwierdzono w produktach doświadczalnych, gdy analizowano stratę piecową tzw. upiek i uzyskano wyniki istotnie niższe w porównaniu z próbami kontrolnymi. Nie wystąpiły natomiast statystycznie istotne różnice pomiędzy upiekem pieczywa z 20 a 30 % dodatkiem koncentratu serwatki kwasowej. Na skutek zwiększenia udziału koncentratu w pieczywie wyraźnie zmniejszała się objętość bochenków. Jednostkowa objętość chleba z obu sortymentów mąki pszennej była mniejsza o 22 - 46 cm³, a chleba z mąki mieszanej odpowiednio o 7 i 12 cm³ w przeliczeniu na 100 g pieczywa doświadczalnego w po-

równaniu z próbami kontrolnymi (tab. 2). Kenny i wsp. [10] wykazali zmniejszenie objętości chleba pszenne po włączeniu w jego skład komponentów mleka, m.in. koncentratów białek serwatkowych. Natomiast Erdogdu-Arnoczky i wsp. [5] nie obserwowali w swoich badaniach negatywnego wpływu 4 % dodatku preparatu serwatki kwasowej na objętość pieczywa.

Aby poznać możliwość włączenia koncentratu serwatkowego do struktury ciasta pszenne tworzonego przez kompleks glutenowy oraz porównać taką możliwość w cieście pszenno-żytnim, zawierającym obok glutenu zróżnicowane składniki strukturotwórcze (pentozany, substancje śluzowe, skrobie dwojakiego pochodzenia) postanowiono do chleba z mąk mieszanych nie wprowadzać fermentacji na zakwasie, ograniczając w ten sposób ilość zmiennych funkcjonujących w tym doświadczeniu. Analiza uzyskanych wyników może sugerować, że włączenie koncentratu serwatki kwasowej, zawierającego białka o wielkości cząstek pomiędzy $(6,5 - 20) \cdot 10^3$ Da oraz $(66 - 84) \cdot 10^3$ Da [25] z jednej strony powoduje efekt rozcieńczenia ilości białek pszennych tworzących strukturę glutenu poprzez kompleksy białko-białko, a z drugiej strony obniża wytrzymałość membran pęcherzyków bądź wywołuje ich porowatość tak, że stanowią one słabszą barierę dla wytworzonych gazów fermentacyjnych. Mniej intensywne oddziaływanie na strukturę wystąpiło w przypadku ciasta tworzonego przez dwa rodzaje mąki: pszenną w połączeniu z żytnią. Mając na uwadze fakt, że w takim chlebie za strukturę odpowiedzialne są, obok białek glutenowych takie składniki, jak: pentozany, substancje śluzowe oraz skrobie z obu źródeł botanicznych, stąd włączenie białek z innego źródła nie wywołało niekorzystnych zmian w strukturze ciasta. Tłumaczyć to można pojawieniem się interakcji pośredniczących podczas tworzenia struktury zbudowanej z wielorakich składników, a kwas mlekowy z koncentratu serwatki sprzyjał bezpośredniej fermentacji drożdżowej zastosowanej w chlebie mieszanym. Jednocześnie stwierdzono, że kompozycja składników w tzw. chlebie baltonowskim wzmoogła sorpcję substancji rozpuszczalnych, powodując zwiększenie masy właściwej miększu (tab. 2).

Wyniki zawartości białka i składników mineralnych ogółem w doświadczalnych produktach wypiekowych przedstawiono w tab. 3. Stwierdzono, że w pieczywie z włączonym koncentratem serwatki kwasowej zwiększyła się ilość białka w odniesieniu do pieczywa kontrolnego. Największą zawartość białka spośród wypieków w omawianym doświadczeniu stwierdzono w pieczywie typu baltonowskiego. Włączenie koncentratu serwatkowego do ciasta chlebowego spowodowało także statystycznie istotne zwiększenie ilości składników mineralnych ogółem w pieczywie (tab. 3). Na zawartość białka oraz składniki mineralne ogółem wpływ miał zarówno udział koncentratu

T a b e l a 2

Charakterystyka właściwości technologicznych pieczywa pszennego i pszenno-żytniego z udziałem koncentratu serwatkii kwasowej.
 Characteristics of technological properties of wheat bread and wheat – rye bread containing acid-whey preparation.

Materiał badań Research Material	Wydajność ciasta Yield of dough [%]	Upiek Baking Loss [%]	Wydajność pieczywa Yield of bread [%]	Objętość pieczywa Volume of bread [cm ³ /100g]	Masa właściwa miększu Specific weight of bread crumb [g/cm ³]
T-500 kontrolny/control	159,8 ± 0,1	7,3 ± 2,4bc	144,1 ± 1,1e	276,1 ± 3,3a	0,73 ± 0,01a
T-500 + 20 % SK	175,3 ± 0,5	5,0 ± 0,2de	161,6 ± 0,4d	253,8 ± 4,7bc	0,72 ± 0,02ab
T-500 + 30 % SK	186,0 ± 0,6	4,3 ± 0,4e	172,4 ± 0,4b	244,9 ± 1,6d	0,66 ± 0,03cd
T-750 kontrolny / control	160,2 ± 0,5	8,5 ± 0,8ab	141,8 ± 1,0f	261,0 ± 2,0b	0,70 ± 0,01ab
T-750 + 20 % SK	176,1 ± 1,0	5,3 ± 0,4de	162,0 ± 1,0d	237,0 ± 4,6e	0,69 ± 0,01bc
T-750 + 30 % SK	172,9 ± 0,9	4,0 ± 0,0e	162,0 ± 0,4d	214,5 ± 1,7f	0,70 ± 0,01ab
Baltonowski kontrolny / control	162,4 ± 1,1	8,8 ± 0,3a	142,9 ± 1,1ef	260,2 ± 3,0ab	0,62 ± 0,03d
Baltonowski + 20 % SK	182,2 ± 0,5	5,9 ± 1,0d	168,2 ± 1,2c	253,0 ± 8,3c	0,70 ± 0,03ab
Baltonowski + 30 % SK	191,8 ± 0,1	6,3 ± 0,7cd	178,2 ± 1,8a	247,6 ± 5,5bc	0,71 ± 0,04ab

Objaśnienia jak pod tab. 1. / Explanatory notes as in Tab. 1.

serwatkowego w mieszance, jak i jego stężenie. Wyniki badań Ceglińskiej i wsp. [3] dowodzą, że dodatek składników mineralnych (2 - 4 %) otrzymanych po nanofiltracji serwatki oraz ich mieszanek z solą kuchenną nie miał istotnego wpływu na zawartość białka ogółem i tłuszczu w pieczywie pszennym, natomiast spowodował zwiększenie zawartości składników mineralnych (popiół ogółem).

Tabela 3

Charakterystyka chemiczna pieczywa pszennego i pszenno-żytniego z udziałem koncentratu serwatki kwasowej.

Chemical profile of wheat bread and wheat – rye bread containing acid-whey preparation.

Materiał badań Research Material	Zawartość białka [% s.m.] Proteins content [% d.m.]	Zawartość popiołu [% s.m.] Ash content [% d.m.]
T- 500 kontrolny / control	13,84 ± 0,09c	1,04 ± 0,05g
T- 500 + 20 % SK	14,15 ± 0,12b	1,88 ± 0,03e
T-500 + 30 % SK	14,36 ± 0,44ab	2,24 ± 0,05c
T- 750 kontrolny / control	13,91 ± 0,18c	1,24 ± 0,04f
T-750 + 20 % SK	14,41 ± 0,16ab	2,08 ± 0,05d
T-750 + 30 % SK	14,67 ± 0,26ab	2,34 ± 0,02b
Baltonowski kontrolny / control	15,32 ± 0,03a	1,28 ± 0,04f
Baltonowski + 20 % SK	15,47 ± 0,02a	2,20 ± 0,11c
Baltonowski + 30 % SK	15,55 ± 0,13a	2,46 ± 0,04a

Objaśnienia jak pod tab. 1. / Explanatory notes as in Tab. 1.

Podkreślić należy, że w wypiekach doświadczalnych wystąpiły znaczące zmiany wybarwienia skórki i miękisz. Wartości parametrów barwy (L^* , a^* , b^*) miękisz i skórki pieczywa pszennego i pszenno-żytniego zarówno bez, jak i z udziałem koncentratu serwatki kwasowej przedstawiono w tab. 4. Analizując parametr L^* stwierdzono, że włączenie do pieczywa przemysłowego koncentratu serwatki kwasowej spowodowało wyraźnie jaśniejszą barwę miękisz (fot. 1) oraz wykazano pociemnienie (statystycznie istotne) skórki pieczywa doświadczalnego w porównaniu z próbami kontrolnymi. Wartości parametrów a^* i b^* próbek miękisz pieczywa z koncentratem serwatkowym wzrosły statystycznie istotnie w porównaniu z wartościami uzyskanymi w pieczywie kontrolnym. Z kolei wartości parametru a^* barwy skórki pieczywa z udziałem koncentratu serwatki kwasowej uległy statystycznie istotnemu zwiększeniu, zaś wartości parametru b^* zmniejszeniu w porównaniu z próbami kontrolnymi.

Pieczywo pszenne oraz pszenno-żytnie bez i z dodatkiem koncentratu serwatkowego charakteryzowało się odmienną porowatością miękisz (fot. 1). Odwzorowanie przekroju miękiszu badanych rodzajów pieczywa przedstawia obraz wypieczonego

produktu z licznymi porami powietrznymi rozmieszczonymi dość nierównomiernie, wykazującymi różną wielkość i kształt. W chlebie pszennym zazwyczaj tworzą się większe pory niż w chlebie żytnim [8].

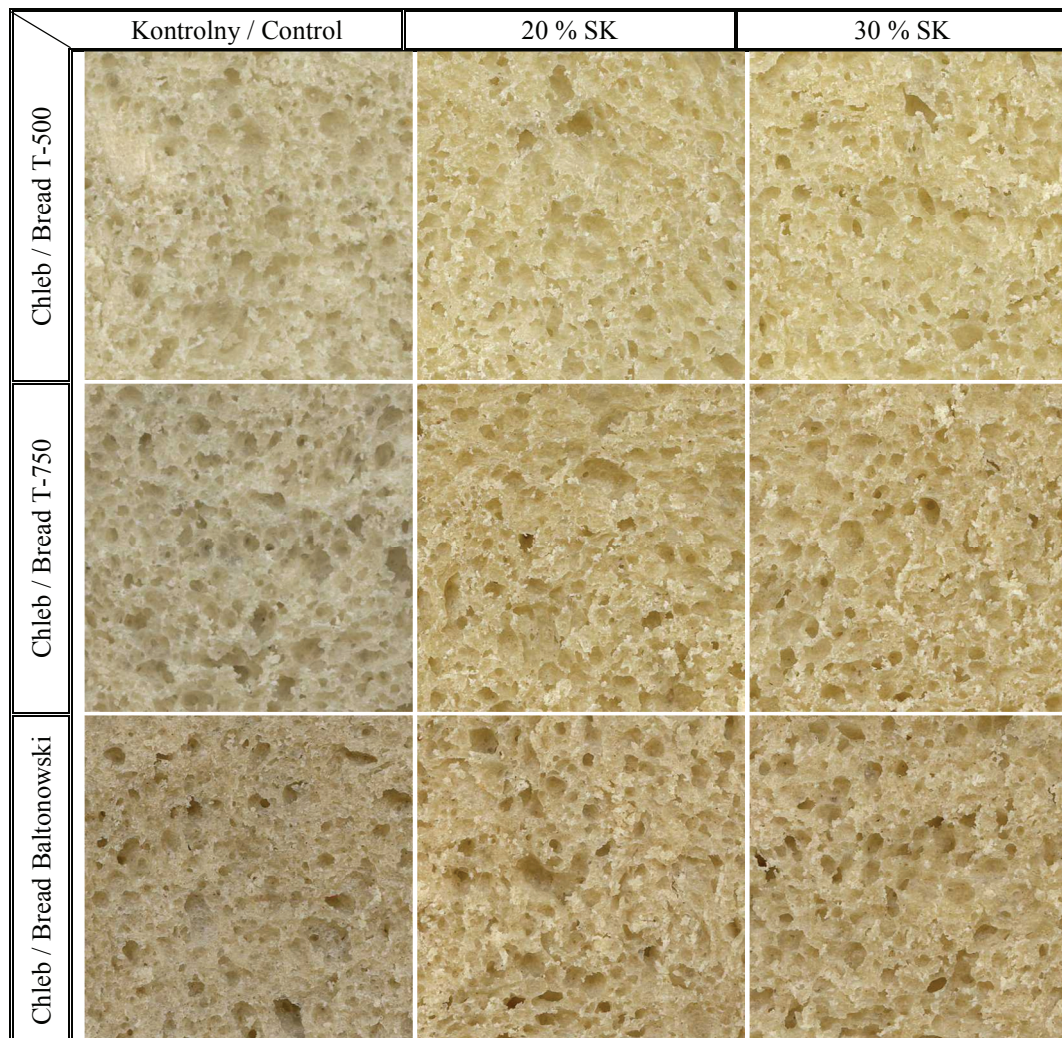
Tabela 4

Barwa mięszu i skórki pieczywa pszenne i pszenno-żytnie z udziałem serwatki kwasowej
Colour of crumb and crust of wheat and wheat – rye breads containing acid-whey preparation

Materiał badań Research Material	L*	a*	b*
Mięsz / Crumb			
T-500 kontrolny / control	69,73 ± 1,64c	1,29 ± 0,13i	21,28 ± 0,58e
T-500 + 20 % SK	70,52 ± 0,95b	2,03 ± 0,23h	23,45 ± 0,44d
T-500 + 30 % SK	71,14 ± 0,89a	2,29 ± 0,08g	24,43 ± 0,74ab
T-750 kontrolny / control	64,93 ± 0,87e	2,73 ± 0,11f	20,95 ± 0,49f
T-750 + 20 % SK	65,16 ± 1,18e	3,47 ± 0,21e	24,52 ± 0,45a
T-750 + 30 % SK	66,99 ± 1,39d	3,59 ± 0,16d	24,21 ± 0,44b
Baltonowski kontrolny / control	59,42 ± 0,88h	3,97 ± 0,13c	19,89 ± 0,37g
Baltonowski + 20 % SK	61,23 ± 1,30g	4,56 ± 0,16a	23,64 ± 0,45cd
Baltonowski + 30 % SK	62,16 ± 1,21f	4,48 ± 0,13b	23,73 ± 0,57c
Skórka / Crust			
T-500 kontrolny / control	67,16 ± 3,88a	9,89 ± 1,32f	33,39 ± 1,14a
T-500 + 20 % SK	38,62 ± 2,06d	18,22 ± 1,52a	22,71 ± 3,10c
T-500 + 30 % SK	34,81 ± 1,82e	17,11 ± 1,29b	18,07 ± 2,58d
T-750 kontrolny / control	63,85 ± 1,51b	11,69 ± 0,59e	32,94 ± 0,54a
T-750 + 20 % SK	33,16 ± 2,07f	14,30 ± 1,76cd	14,72 ± 2,86e
T-750 + 30 % SK	38,84 ± 4,53d	18,09 ± 1,99a	22,82 ± 5,82c
Baltonowski kontrolny / control	57,10 ± 1,35c	9,71 ± 0,67f	29,35 ± 1,04b
Baltonowski + 20 % SK	33,08 ± 2,48f	14,76 ± 2,04c	15,86 ± 3,49e
Baltonowski + 30 % SK	32,62 ± 5,59f	13,88 ± 3,24d	15,32 ± 6,23e

Wartości średnie (n = 10) ± odchylenie standardowe / Mean values (n = 10) ± standard deviation

Pozostałe objaśnienia jak pod tab. 1. / Other explanatory notes as in Tab. 1.



Fot. 1. Obraz miękiszu chleba pszennego i pszenno-żytniego z 20 lub 30 % udziałem koncentratu serwatki kwasowej (SK)

Phot. 1. Image of crumb of wheat and wheat – rye bread containing 20 % or 30 % of acid-whey preparation (SK)

Pozostałe objaśnienia jak pod tab. 1 / Other explanatory notes as in Tab. 1

Wnioski

1. Analizowany przemysłowy koncentrat serwatki kwasowej jest bogatym źródłem białka, laktozy i składników mineralnych ogółem, a jako komponent ciasta w tech-

- nologicznym procesie wypieku powoduje istotne zwiększenie wydajności zarówno ciasta, jak i pieczywa.
2. Koncentrat serwatki kwasowej w składzie ciasta powoduje statystycznie istotne zmniejszenie objętości bochenków, wywołuje rozjaśnienie barwy miękiszu i jednocześnie sprzyja bardziej intensywnemu wybarwieniu skórki.
 3. W produktach wypieczonych z udziałem przemysłowego koncentratu serwatki kwasowej stwierdzono statystycznie istotne zwiększenie zawartości składników odżywczych: białka i składników mineralnych.

Badania były współfinansowane z projektu rozwojowego N R12 0086 06/2009 z Narodowego Centrum Badań i Rozwoju.

Literatura

- [1] AOAC. Official Methods of Analysis, 15th ed., 1990, Arlington, Virginia, USA.
- [2] Bednarski W.: Zagospodarowanie produktów ubocznych. W: Mleczarstwo – zagadnienia wybrane. Red. S. Ziajka. Wyd. ART Olsztyn, 1997, ss. 319-344.
- [3] Ceglińska A., Pluta A., Skrzypek J., Krawczyk P.: Badania nad zastosowaniem do produkcji pieczywa składników mineralnych otrzymanych po nanofiltracji serwatki. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2007, **6 (55)**, 234-241.
- [4] de Wit J. N.: Nutritional and functional characteristics of whey proteins in food products. *J. Dairy Sci.*, 1998, **81**, 597-608.
- [5] Erdogdu-Arnoczky N., Czuchajowska Z., Pomeranz Y.: Functionality of whey and casein in fermentation and in breadbaking by fixed and optimized procedures. *Cereal Chem.*, 1996, **73 (3)**, 309-316.
- [6] Fox P.F., Gaiene T.P., Cogan T.M., McSweeney P.L. H.: Chemistry of milk constituents. In: *Fundamentals of Cheese Science*. MD: Aspen Publishers, Gaithersburg 2000, pp. 19-44.
- [7] Glibowski P.: Zastosowanie białek serwatkowych w przemyśle spożywczym. *Przegl. Mlecz.*, 2004, **9**, 10-13.
- [8] Jakubczyk T., Haber T.: Analiza zbóż i przetworów zbożowych. Wyd. SGGW-AR, Warszawa 1983.
- [9] Jelen P.: Whey processing: utilization and products. In: *Encyclopedia of Dairy Sciences*. H. Roginski, J.W.Fuquay, P.F. Fox Eds. Academic Press, New York 2003, pp. 2739-2745.
- [10] 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.
- [11] Kosikowski F.V.: Whey utilization and whey products. *J. Dairy Sci.*, 1979, **62**, 1149-1160.
- [12] Mannie E., Asp E.H.: Dairy ingredients for bread baking. *Cereal Food World*, 1999, **44 (3)**, 143-146.
- [13] Morens C., Bos C., Pueyo M.E., Benamouzig R., Gausseres N., Luengo C., Tome D., Gaudichon C.: Increasing habitual protein intake accentuates differences in postprandial dietary nitrogen utilization between protein sources in humans. *J. Nutr.*, 2003, **133**, 2733-2740.
- [14] Pal S., Ellis V., Ho S.: Acute effects of whey protein isolate on cardiovascular risk factors in overweight, post-menopausal women. *Atherosclerosis*, 2010, **212**, 339-344.
- [15] PN-A-74022:2003. Przetwory zbożowe. Mąka pszenna.
- [16] PN-A-74032:2002. Przetwory zbożowe. Mąka żytnia.
- [17] PN-A-74108:1996. Pieczywo. Metody badań.
- [18] PN-A-86364:1996. Mleko i przetwory mleczne. Serwatka. Metody badań.

- [19] PN-EN ISO 10520:2002. Skrobia naturalna. Oznaczanie zawartości skrobi. Metoda polarymetryczna Ewersa.
- [20] PN-EN ISO 21415-1:2007. Pszenica i mąka pszenna. Zawartość glutenu. Część 1: Oznaczanie ilości glutenu mokrego metodą ręcznego wymywania.
- [21] PN-EN ISO 712:2009. Ziarno zbóż i przetwory zbożowe. Oznaczanie wilgotności. Metoda odwoławcza.
- [22] PN-ISO 2171:1994. Ziarno zbóż i przetwory zbożowe. Oznaczenie popiołu całkowitego.
- [23] Román A., Wang J., Csanadi J., Hodur C., Vatai G.: Partial demineralization and concentration of acid whey by nanofiltration combined with diafiltration. *Desalination*, 2009, **241 (1-3)**, 288-295.
- [24] Soral-Śmietana M., Wronkowska M., Śmietana Z.: Preparat składników mleka – funkcjonalny dodatek do produktów piekarskich. *Bromat. Chem. Toksykol. (supl)*, 2005, 429-432.
- [25] Soral-Śmietana M., Wronkowska M., Zander L., Dajnowiec F., Banaszczyk P., Bączek N.: Ultra- and nanofiltration of acid-whey - changes in whey proteins profile. *Proc. Euro Food Chem XVI "Translating food chemistry into health benefits"*, 6 – 8 lipca 2011, Gdańsk, s. 81
- [26] Stahel N.: Dairy proteins for the cereal food industry: functions, selection, and usage. *Cereal Food World*, 1983, **28**, 453-455.
- [27] Szczurek W.: Produkty przetwarzania serwatki i ich zastosowanie w paszy dla kurcząt brojlerów – aspekt żywieniowy i fizjologiczny. *Wiad. Zootech.*, 2008, **XLVI (4)**, 41-52.
- [28] Śmietana Z., Soral-Śmietana M.: Milk components in whey preparations – characteristics and utilisation polish journal of food and nutrition sciences. *Pol. J Food Sci.*, 2006, **15/56**, special issue, 237-241.
- [29] Tunick M. H.: Whey protein production and utilization: a brief history. In: *Whey processing, functionality and health benefits*. C.I. Onwulata, P.J. Huth Eds., Wiley Blackwell/IFT Press, USA 2008, pp. 1-13.
- [30] Zapotoczny P., Markowski M., Majewska K., Ratajski A., Konopko H.: Effect of temperature on the physical, functional, and mechanical characteristics of hot-air puffed amaranth seeds. *J. Food Eng.*, 2006, **76**, 469-476.

**THE MOULDING OF TECHNOLOGICAL PROPERTIES AND QUALITY OF BREAD
BY ADDING INDUSTRIALLY PRODUCED CONCENTRATE OF ACID-WHEY OBTAINED
DURING THE MAKING OF COTTAGE CHEESE**

S u m m a r y

The objective of the paper was to determine the effect of industrially produced concentrate of acid-whey (obtained during the making of cottage cheese) on technological properties and quality of bread. Baking wheat products were made using a wheat flour of type 500 or 750, whereas wheat-rye breads (known as the Baltonowski bread) were made from mixed wheat and rye flours: wheat flour of type 750 and rye flour of type 720. In the phase of making dough for bread, a spray-dried acid-whey concentrate was added into it in the amount of 20 or 30%. A significant increase in the dough and bread yield was found to be the effect of the acid-whey addition. Compared to control samples, the experimental bread loaves showed a decrease in their unit volume. Owing to the content of acid-whey concentrate in the breads, the colour of their crumbs was evidently brighter, and the crust colouration was more intense. In the experimental breads, statistically significant increases in the content of nutritive components, proteins, and total mineral components were reported.

Key words: acid-whey concentrate, wheat flour, rye flour, bread 