

MAŁGORZATA ZIARNO, DOROTA ZARĘBA, JOLANTA PISKORZ

WZBOGACANIE MAŚLANKI W WAPŃ, MAGNEZ ORAZ BIAŁKA SERWATKOWE

Streszczenie

Celem pracy było otrzymanie maślanki wzbogaconej w wapń, magnez i białka serwatkowe za pomocą dodatku wybranych soli wapniowych, magnezowych i koncentratu białek serwatkowych (WPC 68) do mleka przerobowego przed jego repasteryzacją.

W pierwszym etapie badań do próbek mleka dodano różne naważki soli wapniowych (mleczan wapnia, cytrynian wapnia), magnezowych (glukonian magnezu, wodorooasparaginian magnezu) i białek serwatkowych (WPC 68) lub ich mieszanek i zbadano ich wpływ na stabilność cieplną mleka przerobowego podczas jego repasteryzacji w temperaturze 74 °C przez 15 s. W mleku po obróbce termicznej mierzono pH oraz obserwowano powstanie skrzepu białek. Wykazano, że stosując mieszanekę cytrynianu wapnia z wodorooasparaginianem magnezu oraz glukonianem magnezu można wzbogacić mleko przerobowe o co najmniej 72 mg% wapnia i około 30 mg% magnezu. Dodatek takich ilości wymienionych soli nie spowodował koagulacji białek podczas repasteryzacji mleka, a kwasowość czynna mleka wyniosła ponad 6,52. W drugiej części pracy z mleka wzbogaconego w wybrane składniki, według receptury opracowanej w pierwszym etapie pracy, otrzymywano maślanki w warunkach laboratoryjnych. Dodatki wprowadzano przed repasteryzacją mleka (74°C/15 s). W czasie chłodniczego przechowywania maślanek cechy sensoryczne i cechy fizykochemiczne uległy pogorszeniu. Największe zmiany zaobserwowano w próbkach maślanek wzbogacanych cytrynianem wapnia, glukonianem magnezu i białkami serwatkowymi. Wykazano, że najkorzystniejszym rozwiązaniem jest produkcja maślanki wzbogaconej solami wapniowymi, wodorooasparaginianem magnezu i białkami serwatkowymi.

Słowa kluczowe: maślanka, wzbogacanie, mleczan wapnia, cytrynian wapnia, glukonian magnezu, wodorooasparaginian magnezu, koncentrat białek serwatkowych

Wprowadzenie

Prawidłowe odżywianie w znacznym stopniu warunkuje dobry stan zdrowia. Niestety, przeciętna dieta jest zazwyczaj deficytowa w wiele substancji niezbędnych do prawidłowego funkcjonowania organizmu. Wzrost zainteresowania konsumentów

Dr inż. M. Ziarno, mgr inż. D. Zaręba, mgr inż. J. Piskorz, Katedra Biotechnologii, Mikrobiologii i Oceny Żywności, Wydz. Nauk o Żywności, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, ul. Nowoursynowska 159 C, 02-776 Warszawa

odżywianiem i żywnością funkcjonalną spowodował wzrost liczby oferowanych produktów wzbogaconych w składniki deficytowe, w tym w składniki mineralne.

Bardzo ważnym zagadnieniem wzbogacania żywności w wapń i magnez jest dobór odpowiedniego związku jako ich nośnika, zarówno pod względem bioprzyswajalności, jak i wymogów technologicznych. Idealne źródło wapnia lub magnezu stosowane do wzbogacania produktów mleczarskich powinno być wysoko przyswajalne przez organizm, niedrogie i bezpieczne w stosowaniu, wykazywać pożądaną rozpuszczalność, stabilność chemiczną i cieplną, nie wchodzić w interakcje z innymi składnikami, nie zmieniać cech sensorycznych i nie skracać czasu przydatności do spożycia wyrobów finalnych [5, 10, 11, 16, 17]. Sole wapniowe i magnezowe wykazują znaczące różnice pod względem praktycznego ich zastosowania w technologii mleczarskiej. Sole wapniowe lub magnezowe rozpuszczalne w wodzie stosowane w nadmiarze mogą przyczyniać się do zmiany cech sensorycznych, np. nadawać posmak słony, gorzki lub kredowy, upłynniać konsystencję [4, 14]. Najistotniejszym niekorzystnym aspektem stosowania tych soli jest pojawienie się form jonowych wapnia lub magnezu, co znacznie zwiększa podatność miceli kazeinowych na agregację i w efekcie precypitację z mleka [15]. Istotną zaletą soli nierozpuszczalnych w wodzie jest obojętność wobec białka mleka, nawet w podwyższonej temperaturze, a więc można je dodawać do mleka jeszcze przed jego pasteryzacją bez obawy o obniżenie stabilności cieplnej białek i ich wytrącenie [12, 13, 15].

Zwiększenie ilości jonów magnezu, podobnie jak zwiększenie ilości jonów wapnia, wpływa na obniżenie stabilności cieplnej białek mlecznych, co może powodować ich termiczną koagulację [3, 16, 17]. Parametry termicznej koagulacji białek zależą od temperatury obróbki termicznej i czasu jej trwania. Oznacza to, że przy zachwianiu układu jonów w mleku, białka będą bardziej podatne na koagulację w trakcie pasteryzacji niż w procesie UHT. W przypadku produktów płynnych, takich jak mleko spożywcze wysoko pasteryzowane, obniżenie stabilności białek mleka może wręcz uniemożliwić przeprowadzenie pasteryzacji. Z tego względu konieczne jest ustalenie maksymalnego poziomu dodatku związku wapnia i/lub magnezu, który nie wywoła tak znaczącej destabilizacji termicznej białek mleka lub znalezienie sposobu na uniknięcie tego efektu.

W przypadku mlecznych napojów fermentowanych, związki wapnia lub magnezu mogą być dodawane do mleka przerobowego (już po jego obróbce termicznej), bez wpływu na stabilność cieplną białek mleka, lub do produktu końcowego (mleka fermentowanego). Inną możliwością stwarza produkcja smakowych mlecznych napojów fermentowanych, do których związki wapnia lub magnezu, a nawet premiksy kilku minerałów (i/lub witamin) można wprowadzać wraz z dodatkiem smakowym. Firmy produkujące takie dodatki smakowe chętnie przygotowują gotowe mieszanki mogące zawierać m.in. związki wapnia lub magnezu [15, 16, 17].

W porównaniu z innymi mlecznymi napojami fermentowanymi, maślanka jest produktem dostarczającym wielu cennych składników odżywczych, jednak zawierającym dość niewielką ilość pełnowartościowych białek. Dobrym źródłem takich białek mogą być koncentraty białek serwatkowych zawierające wszystkie aminokwasy egzogenne, których organizm nie umie sam syntetyzować, a które są niezbędne do jego rozwoju. Dzięki wzbogacaniu produktów spożywczych w białka serwatkowe konsumenci spożywają artykuły z pełnowartościowym białkiem. Komercyjne preparaty białek serwatkowych dostępne na rynku zawierają od 35 do 95% białek. W zależności od procentowej zawartości białek rozróżnia się koncentraty białek serwatkowych (WPC) zawierające od 30 do 80 % białka i izolaty białek serwatkowych (WPI) zawierające ponad 80 % białka. Białka serwatkowe ze względu na swoją globularną budowę są dobrze rozpuszczalnymi białkami, a więc z technologicznego punktu widzenia dodawanie ich do produktów płynnych nie powinno stanowić problemu.

Celem pracy było otrzymanie maślanki wzbogaconej w wapń, magnez i białka serwatkowe za pomocą dodatku wybranych soli wapniowych, magnezowych i koncentratu białek serwatkowych (WPC 68) do mleka przerobowego przed jego repasteryzacją.

Material i metody badań

Doświadczenia prowadzono w dwóch etapach. Zakres badań pierwszego etapu pracy obejmował określenie dodatków soli wapniowych, soli magnezowych i koncentratu białek serwatkowych do mleka przeznaczonego do produkcji maślanki niepowodujących termicznej denaturacji białek mleka podczas jego repasteryzacji. Zakres drugiego etapu pracy dotyczył laboratoryjnego otrzymywania maślanki z mleka wzbogaconego solami wapnia, magnezu i WPC oraz określenia jej trwałości przechowalniczej w temperaturze 6 °C przez 14 dni.

W pierwszym etapie badań do próbek mleka dodawano różne naważki niżej wymienionych soli wapniowych, magnezowych i białek serwatkowych lub ich mieszanek i badano ich wpływ na stabilność termiczną mleka przerobowego podczas jego repasteryzacji w temp. 74 °C przez 15 s. Stosowano różne dodatki soli wapniowych i magnezowych oraz koncentratu białek serwatkowych WPC 68:

- pięciowodny mlecyan wapnia $C_6H_{10}O_6Ca \cdot 5H_2O$ (Polfarmex) – o procentowym udziale wapnia w cząsteczce równym 13,0 %; sól wapniowa rozpuszczalna w wodzie;
- czterowodny cytrynian wapnia $Ca_3(C_6H_5O_7)_2 \cdot 4H_2O$ (Polfarmex) – o procentowym udziale wapnia w cząsteczce równym 7,2 %; sól wapniowa nierozpuszczalna w wodzie;
- bezwodny glukonian magnezu $C_{12}H_{22}O_{14}Mg$ (Polfarmex) – o procentowym udziale magnezu w cząsteczce równym 5,86 %; sól magnezowa rozpuszczalna w wodzie;

- czterowodny wodorooasparaginian magnezu $C_8H_{12}MgN_2O_8 \cdot 4HO_2$ (Xenon) – o procentowym udziale magnezu w cząsteczce równym 4,47 %; sól magnezowa rozpuszczalna w wodzie;
- koncentrat białek serwatkowych WPC 68 (Kowpol) – zawierający 68 % białek mleka, 3 % tłuszczu i 5 % wody.

W mleku po obróbce termicznej mierzono pH oraz obserwowano powstanie skrzepu białek [18]. Do drugiej części pracy wybrano te dawki, które nie wpływały negatywnie na cieplną stabilność mleka.

W drugiej części pracy w warunkach laboratoryjnych otrzymywano maślanki z mleka wzbogaconego w wybrane składniki, według receptury opracowanej w etapie pierwszym. Dodatki wprowadzano przed repasteryzacją mleka (74 °C/15 s). Fermentację mleka prowadzono w temp. 22 - 24 °C przez 12 -14 h z użyciem szczepionki mezofilnej CHN-11 (Chr. Hansen) typu LD, zawierającej *Lc. lactis* subsp. *cremoris*, *Lc. lactis* subsp. *lactis*, *Leuc. mesenteroides* subsp. *cremoris* i *Lc. lactis* subsp. *diacetilactis*. Otrzymane próbki maślanki przechowywano w temp. 6 °C przez 14 dni i badano w 0., 7. i 14. dniu przechowywania. Badania polegały na oznaczeniu pH, kwasowości miareczkowej, oznaczeniu zawartości białka (metodą Kjeldahla) i ocenie sensorycznej (metodą 5-punktową). Analizy fizykochemiczne wykonano zgodnie z powszechnie przyjętymi metodami [18].

Wyniki i dyskusja

W niniejszej pracy zajęto się wzbogacaniem maślanki w sole wapniowe i magnezowe wprowadzane do mleka przerobowego przed jego pasteryzacją. Wprowadzanie soli na tym etapie produkcji zmniejsza ryzyko popasteryzacyjnego zanieczyszczenia mleka przerobowego i produktu. Pasteryzacja zniszczy bowiem drobnoustroje, które mogłyby ewentualnie dostać się wraz z używanymi solami. Jednak w przypadku takiego technologicznego rozwiązania produkcji maślanki wzbogaconej w wapń i magnez, konieczne jest określenie wpływu dodawanych soli na stabilność cieplną białek mleka przerobowego i wyznaczenie maksymalnego poziomu dawek.

W pierwszym etapie badań określano stabilność cieplną białek mleka przeznaczonego do produkcji maślanki. Do mleka, przed jego pasteryzacją, dodawano różne naważki soli wapnia, magnezu i koncentratu białek serwatkowych, pojedynczo lub w mieszankach. Po pasteryzacji mierzono pH mleka oraz obserwowano powstanie skrzepu w wyniku cieplnego strącenia białek mleka. Wyniki przedstawiono w tab. 1. i 2. oraz na rys. 1. i 2.

Wiadomo, że ilości soli wapniowych, magnezowych i białek serwatkowych, które nie spowodują ścięcia białek mleka podczas repasteryzacji są różne i zależą m.in. od rodzaju soli, procentowej zawartości wapnia lub magnezu w ich masie cząsteczkowej, rozpuszczalności tych soli w wodzie, a także od zmian w składzie chemicznym mleka

(np. zawartości białek) i zmienności stabilności cieplnej mleka w ciągu roku. Przeprowadzone badania dowiodły, że wprowadzenie do mleka przerobowego nadmiernych ilości soli wapniowych lub magnezowych rozpuszczalnych w wodzie powodowało zmniejszenie pH mleka i w rezultacie precypitację białek. Znajduje to potwierdzenie także w badaniach innych badaczy [2, 4, 9, 12, 13].

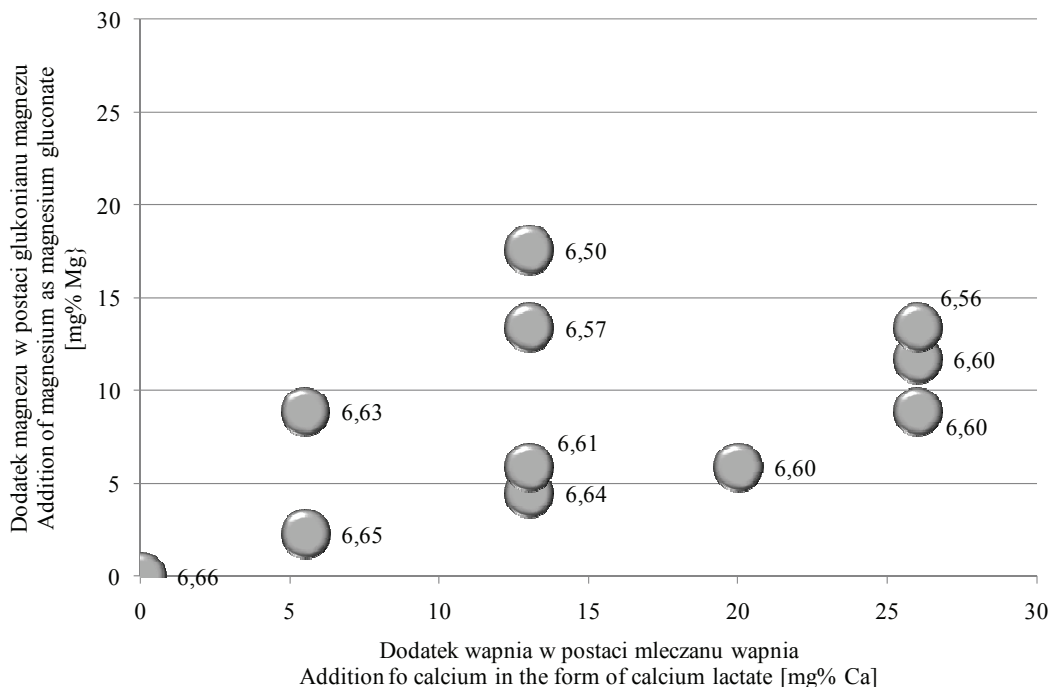
W niniejszej pracy największy dodatek mleczanu wapnia, który nie powodował ścięcia białek mleka pozwolił na wzbogacenie mleka przerobowego w wapń o 26 mg% (tab. 1). Stosując sole magnezowe rozpuszczalne w wodzie, zwiększono zawartość magnezu w mleku przerobowym maksymalnie o ok. 20 mg%. Wyższe dodatki glukonianu lub wodorooasparagianu magnezu powodowały zwiększoną wrażliwość na temperaturę repasteryzacji i w rezultacie ścięcie białek (tab. 1).

Tabela 1

Wpływ dodatku soli wapnia lub soli magnezu na wartość pH mleka i powstanie skrzepu białek.
Effect of additions of calcium or magnesium salts on pH value and clots formation of proteins.

Dodatek wapnia lub magnezu Addition of calcium or magnesium		Wartość pH pH value	Obecność skrzepu białek Presence of clots of proteins
mleko bez dodatków / pure milk		6,63	brak skrzepu / no clots
+ 13 mg% Ca	jako mleczan wapnia in the form of calcium lactate	6,59	brak skrzepu / no clots
+ 26 mg% Ca		6,52	
+ 39 mg% Ca		6,46	skrzep / clots
+ 1,5 mg% Mg	jako wodorooasparagian magnezu in the form of magnesium hydroasparaginate	6,60	brak skrzepu / no clots
+ 4,5 mg% Mg		6,58	
+ 9,0 mg% Mg		6,54	
+ 13,4 mg% Mg		6,54	
+ 18,0 mg% Mg		6,52	
+ 22,5 mg% Mg		6,48	skrzep / clots
+ 1,8 mg% Mg	jako glukonian magnezu in the form of magnesium gluconate	6,62	brak skrzepu / no clots
+ 5,9 mg% Mg		6,58	
+ 11,7 mg% Mg		6,52	
+ 17,6 mg% Mg		6,52	
+ 23,4 mg% Mg		6,49	skrzep / clots

Wcześniej prowadzone badania w Zakładzie Biotechnologii Mleka SGGW dowiodły, że w przypadku soli wapniowych nierozpuszczalnych w wodzie, jak np. cytrynianu wapnia, nawet 5 % dodatek nie powoduje cieplnej destabilizacji białek mleka [6, 12, 13]. Dlatego w niniejszej pracy nie badano w osobnych doświadczeniach wpływu cytrynianu wapnia na stabilność cieplną białek mleka, wykorzystując do drugiej części badań wyniki wcześniejszych analiz.



Rys. 1. Zmiana wartości pH próbek mleka w zależności od dodatku soli wapnia i soli magnezu (wartości średnie).

Fig. 1. Change in pH value of milk samples depending on addition of calcium and magnesium salts (mean values).

W niniejszej pracy przeprowadzono również próbę wzbogacenia mleka przerebowego, stosując mieszanki soli wapniowych i magnezowych (tab. 2).

Korzystne wyniki uzyskano w przypadku mieszanek cytrynianu wapnia z wodorooasparaginianem magnezu oraz glukonianem magnezu. Wykazano, że stosując wyżej wymienioną mieszankę soli można wzbogacić mleko przerebowe o co najmniej 72 mg% wapnia i około 30 mg% magnezu. Dodatek takich ilości wymienionych soli nie spowodował koagulacji białek podczas repasteryzacji mleka, a kwasowość czynna mleka wyniosła ponad 6,52.

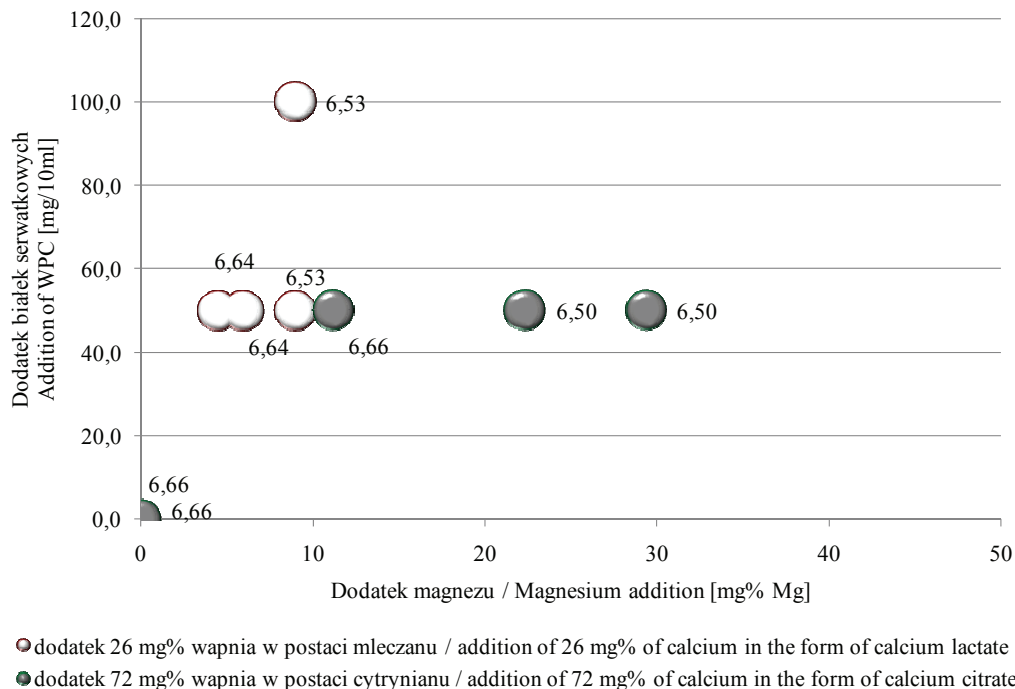
Jeszcze mniejsze wzbogacenie w wapń i magnez uzyskano przy zastosowaniu mieszanek soli rozpuszczalnych w wodzie (mleczanu wapnia i jednej z dwóch stosowanych soli magnezowych). Połączenie mleczanu wapnia i glukonianu magnezu umożliwiło równoczesne wzbogacenie mleka przerebowego o 26 mg% wapnia i około 13 mg% magnezu lub, alternatywnie, o 13 mg% wapnia i około 18 mg% magnezu (rys. 1). Wynika z tego, że podczas wzbogacania mleka przerebowego, istotna jest nie tylko ilość poszczególnych minerałów dodawanych do mleka, ale również suma ich ilości.

Prawdopodobnie można to uzasadnić podobieństwem właściwości chemicznych jonów wapnia i magnezu.

T a b e l a 2

Wpływ dodatku soli wapnia i magnezu na wartość pH mleka i powstanie skrzepu białek.
Effect of the addition of calcium and magnesium salts on pH value and clots formation of proteins.

Dodatek wapnia lub magnezu Addition of calcium or magnesium addition	Wartość pH pH value	Obecność skrzepu białek Presence of clots of proteins
mleko bez dodatków / milk with no additives	6,65	brak skrzepu no clots
+ 72 mg% Ca (jako cytrynian wapnia / in the form of calcium citrate)	6,64	brak skrzepu no clots
+ 72 mg% Ca (jako cytrynian wapnia / in the form of calcium citrate) + 4,5 mg% Mg (jako wodorooasparaginian magnezu / in the form of magnesium hydrooasparaginate)	6,63	brak skrzepu no clots
+ 72 mg% Ca (jako cytrynian wapnia / in the form of calcium citrate) + 8,9 mg% Mg (jako wodorooasparaginian magnezu / in the form of magnesium hydrooasparaginate)	6,61	brak skrzepu no clots
+ 72 mg% Ca (jako cytrynian wapnia / in the form of calcium citrate) + 26,8 mg% Mg (jako wodorooasparaginian magnezu / in the form of magnesium hydrooasparaginate)	6,53	brak skrzepu no clots
+ 72 mg% Ca (jako cytrynian wapnia / in the form of calcium citrate) + 31,2 mg% Mg (jako wodorooasparaginian magnezu / in the form of magnesium hydrooasparaginate)	6,52	brak skrzepu no clots
+ 72 mg% Ca (jako cytrynian wapnia / in the form of calcium citrate) + 35,2 mg% Mg (jako wodorooasparaginian magnezu / in the form of magnesium hydrooasparaginate)	6,50	skrzep / clots
+ 72 mg% Ca (jako cytrynian wapnia / in the form of calcium citrate) + 5,9 mg% Mg (jako glukonian magnezu / in the form of magnesium gluconate)	6,60	brak skrzepu no clots
+ 72 mg% Ca (jako cytrynian wapnia / in the form of calcium citrate) + 11,7 mg% Mg (jako glukonian magnezu / in the form of magnesium gluconate)	6,63	brak skrzepu no clots
+ 72 mg% Ca (jako cytrynian wapnia / in the form of calcium citrate) + 29,3 mg% Mg (jako glukonian magnezu / in the form of magnesium gluconate)	6,53	brak skrzepu no clots
+ 72 mg% Ca (jako cytrynian wapnia / in the form of calcium citrate) + 41,0 mg% Mg (jako glukonian magnezu / in the form of magnesium gluconate)	6,49	skrzep / clots



Rys. 2. Zmiana wartości pH próbek mleka w zależności od dodatku soli magnezu i WPC (wartości średnie).

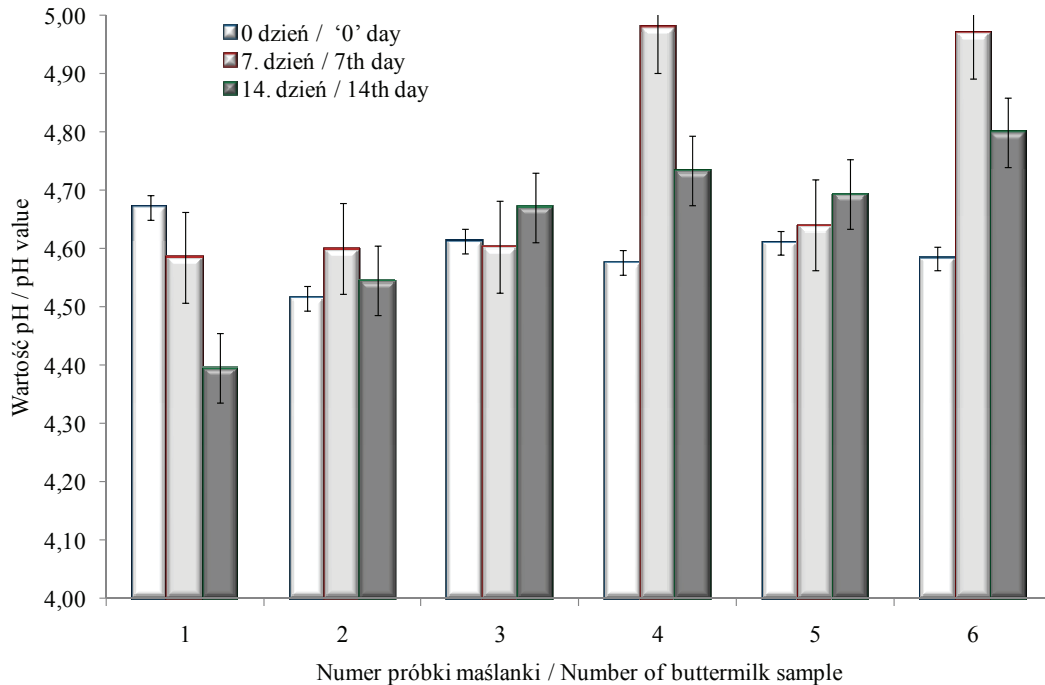
Fig. 2. Change in pH value of milk samples depending on addition of magnesium salt and WPC (mean values).

W niniejszej pracy zbadano również wpływ mieszanki stosowanych soli wapniowych i magnezowych na termiczną stabilność mleka zawierającego podwyższoną ilość białek serwatkowych. Okazało się, że obecność większych ilości białek serwatkowych, dodanych w postaci koncentratu białek serwatkowych (WPC 68), znacznie ograniczyła możliwość wzbogacania mleka w wapń i magnez (rys. 2).

Podsumowując, w pierwszym etapie badań najlepsze rezultaty uzyskano stosując następujące mieszanki złożone z:

- 72 mg% Ca w postaci cytrynianu wapnia, 29,3 mg% Mg w postaci glukonianu lub wodorooasparaginianu magnezu, 1% WPC,
- 26 mg% Ca w postaci mleczanu wapnia, 8,9 mg% Mg w postaci glukonianu lub wodorooasparaginianu magnezu, 1% WPC.

W drugiej części pracy otrzymywano maślanke z mleka wzbogaconego w wybrane składniki według receptury opracowanej w etapie pierwszym. Dodatki wprowadzano przed repasteryzacją mleka. Wyniki przedstawiono na rys. 3 - 5.



Objaśnienia: Explanatory notes:

1 - maślanka bez dodatków / buttermilk with no additions.

2 - maślanka z 1% WPC / buttermilk with 1% WPC.

3 - maślanka z 26 mg% Ca w postaci mlecyanu wapnia, 8,9 mg% Mg w postaci glukonianu magnezu i 1% WPC / buttermilk with 26 mg% Ca in the form of calcium lactate, 8,9 mg% Mg in the form of magnesium gluconate, and 1% WPC.

4 - maślanka z 72 mg% Ca w postaci cytrynianu wapnia, 29,3 mg% Mg w postaci glukonianu magnezu i 1% WPC / buttermilk with 72 mg% Ca in the form of calcium citrate, 29,3 mg% Mg in the form of magnesium gluconate, and 1% WPC.

5 - maślanka z 26 mg% Ca w postaci mlecyanu wapnia, 8,9 mg% Mg w postaci wodorooasparagianu magnezu i 1% WPC / buttermilk with 26 mg% Ca in the form of calcium lactate, 8,9 mg% Mg in the form of magnesium hydroasparaginate, and 1% WPC.

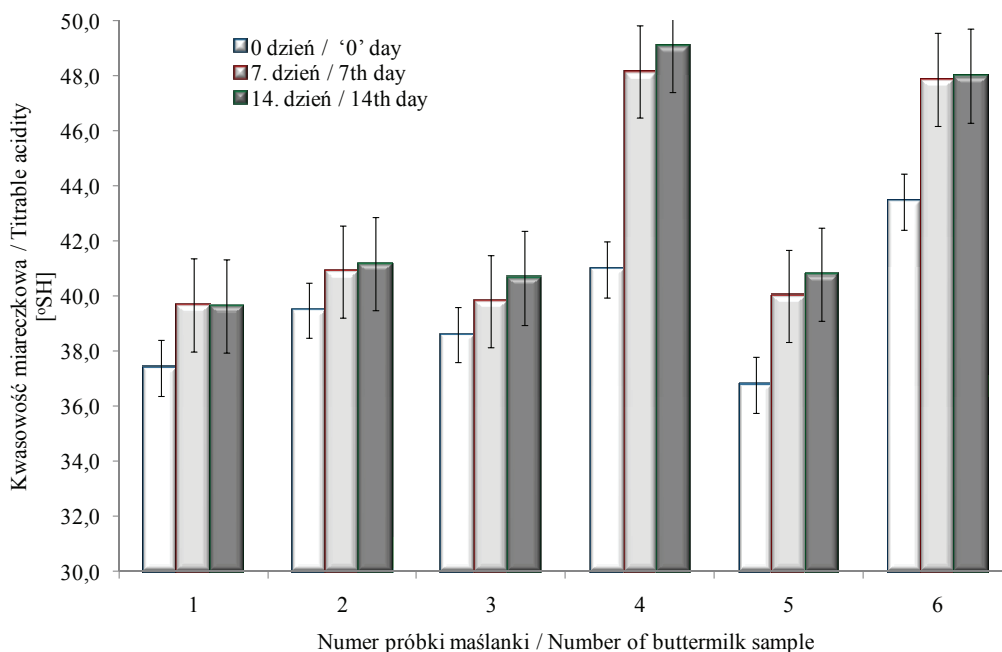
6 - maślanka z 72 mg% Ca w postaci cytrynianu wapnia, 29,3 mg% Mg w postaci wodorooasparagianu magnezu i 1% WPC / buttermilk with 72 mg% Ca in the form of calcium citrate, 29,3 mg% Mg in the form of magnesium hydroasparaginate, and 1% WPC.

Rys. 3. Zmiana wartości pH próbek maślanki w zależności od wariantu wzbogacenia podczas 14-dniowego chłodniczego przechowywania (wartości średnie i SD).

Fig. 3. Change in pH value of buttermilk samples depending on the fortification option during 14-day refrigerated storage (mean values and SD).

Maślanka kontrolna bez dodatku mieszanki soli mineralnych i białek serwatkowych odznaczała się w czasie przechowywania zmniejszeniem wartości pH i wzrostem wartości kwasowości miareczkowej (rys. 3 i 4). Do analogicznych wniosków doszli Cais-Sokolińska i Pikul [1], badając trwałość biośmietany w zależności od warunków przechowywania. Podobne tendencje obserwuje się w trakcie przechowywania innych mlecznych napojów fermentowanych [7, 19].

W oznaczeniach fizykochemicznych wykazano, że próbki maślanek wzbogaczonych cytrynianem wapnia, glukonianem lub wodorooasparaginianem magnezu i białkami serwatkowymi cechowały się zmiennymi wartościami pH w okresie 14 dni chłodniczego przechowywania (rys. 3). Dla porównania, próbki maślanek wzbogaczonych mleczanem wapnia, glukonianem lub wodorooasparaginianem magnezu i białkami serwatkowymi praktycznie nie zmieniały wartości pH w tym samym czasie.



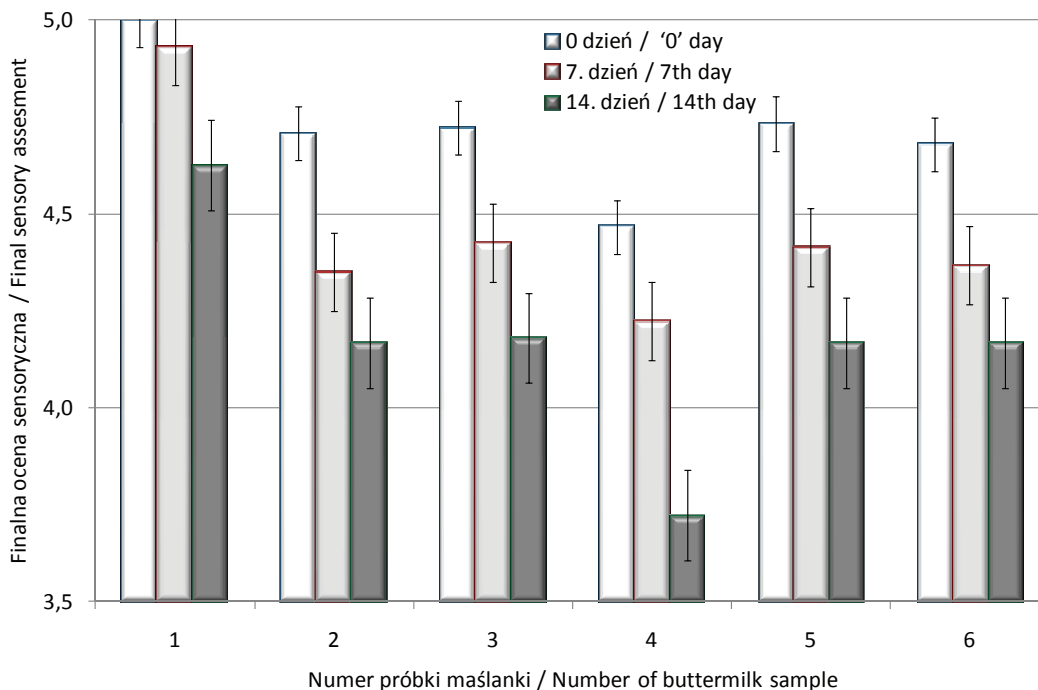
Objaśnienia jak na rys. 3 / Explanatory notes as in Fig. 3.

Rys. 4. Zmiana kwasowości miareczkowej próbek maślanki w zależności od wariantu wzbogacenia podczas 14-dniowego chłodniczego przechowywania (wartości średnie i SD).

Fig. 4. Change in titratable acidity of buttermilk samples depending on fortification option during 14-day refrigerated storage (mean values and SD).

Podobnych obserwacji dokonano podczas pomiaru kwasowości miareczkowej próbek maślanki (rys. 4). W próbkach wzbogaczonych mleczanem wapnia, glukonianem

lub wodorooasparaginianem magnezu i białkami serwatkowymi zmiany kwasowości miareczkowej były nie większe niż w próbce maślanki kontrolnej. Natomiast próbki maślanek wzbogacanych cytrynianem wapnia, glukonianem lub wodorooasparaginianem magnezu i białkami serwatkowymi wykazały się największymi wahaniami kwasowości miareczkowej.



Objaśnienia jak na rys. 3 / Explanatory notes as in Fig. 3.

Rys. 5. Zmiana oceny sensorycznej próbek maślanki w zależności od wariantu wzbogacenia podczas 14-dniowego chłodniczego przechowywania (wartości średnie i SD).

Fig. 5. Change in the sensory assessment of buttermilk samples depending on fortification option during 14-day refrigerated storage (mean values and SD).

Zawartość białka w maślanke kontrolnej wynosiła średnio 3,0 %. W niniejszej pracy, zawartość białka w maślanke wzbogaconej tylko białkami serwatkowymi wynosiła 3,3 - 3,4 %, czego należało się spodziewać.

W ocenie sensorycznej maślanka kontrolna (nie zawierająca dodatku wapnia, magnezu i WPC) była wyżej oceniana (4,70 - 5,0 pkt) niż maślanki wzbogacane mieszankami soli wapniowych i magnezowych oraz koncentratem białek serwatkowych (rys. 5). Maślanka wzbogacona białkami serwatkowymi, ale bez dodatku soli wapniowych i magnezowych, otrzymała noty od 4,10 do 4,70 pkt. Podobne rezultaty osiągnęli She-

lef i Ryan [8], którzy uzyskali wyższą ocenę punktową próbki kontrolnej niż próbek wzbogacanych w sole mineralne.

Substancje będące nośnikami wapnia lub magnezu nie powinny wpływać niekorzystnie na zmianę barwy, smaku i zapachu produktu, skracać okresu jego przydatności do spożycia, jak również powodować zmiany produktu podczas transportu i magazynowania. Badania niniejszej pracy wykazały, że mieszanka cytrynianu wapnia z wodorooasparaginianem magnezu i białkami serwatkowymi nadaje maślance korzystniejsze cechy sensoryczne niż mieszanka cytrynianu wapnia, glukonianu magnezu i białek serwatkowych (rys. 5). Porównując maślanki wzbogacane mleczanem wapnia i solami magnezowymi z dodatkiem białek serwatkowych można zauważyć, że wyższe oceny sensoryczne otrzymywała maślanka z dodatkiem wodorooasparagianu magnezu i ona prawdopodobnie będzie bardziej pożądana przez konsumenta. Wynika z tego, że najkorzystniejszym rozwiązaniem dla technologii przemysłowej jest produkcja maślanki wzbogaconej solami wapniowymi, wodorooasparaginianem magnezu i białkami serwatkowymi. Istnieje duże prawdopodobieństwo, że to właśnie ta maślanka będzie najchętniej kupowana przez konsumentów.

Na podstawie przeprowadzonych badań wykazano, że zwiększenie zawartości wapnia, magnezu oraz białek serwatkowych w maślance jest możliwe przed procesem pasteryzacji mleka przerobowego, jednak wpływa niekorzystnie na cechy sensoryczne i fizykochemiczne końcowego produktu, co szczególnie uwidacznia się podczas jego chłodniczego przechowywania.

Jak już wspomniano we wstępie, w przypadku mlecznych napojów fermentowanych związki wapnia lub magnezu mogą być dodawane do mleka przerobowego już po jego obróbce termicznej, bez wpływu na stabilność białek mleka i dynamikę fermentacji lub ewentualnie do odfermentowanego mleka [14]. Inną możliwość stwarza produkcja smakowych mlecznych napojów fermentowanych, do których związki wapnia lub magnezu można wprowadzać wraz z dodatkiem smakowym.

Wnioski

1. Dodawanie soli wapniowych lub magnezowych, rozpuszczalnych w wodzie, do mleka przerobowego przed jego repasteryzacją, jest ograniczone ich wpływem na stabilność termiczną białek mleka.
2. Najkorzystniejsze wyniki wzbogacania uzyskano w przypadku mieszanek cytrynianu wapnia z wodorooasparaginianem magnezu oraz glukonianem magnezu. Stosując wyżej wymienioną mieszankę soli można wzbogacić mleko przerobowe o co najmniej 72 mg% wapnia i około 30 mg% magnezu. Był to maksymalny dodatek wymienionych soli, który nie powodował koagulacji białek podczas repasteryzacji mleka.

3. W czasie chłodniczego przechowywania wzbogaconych maślanek cechy sensoryczne i cechy fizykochemiczne ulegają pogorszeniu. Największe zmiany zaobserwowano w próbkach maślanek wzbogacanych cytrynianem wapnia, glukonianem magnezu i białkami serwatkowymi.

Literatura

- [1] Cais-Sokolińska D., Pikul J.: Trwałość biośmietany w zależności od warunków temperaturowych przechowywania. *Chłodnictwo*, 2001, **36** (10), 42-45.
- [2] Flinger K., Linda Mood J.B., Hansen P.M.T.: Fortification of low - fat plain yogurt with calcium gluconate. *Cult. Dairy Prod. J.*, 1998, **23** (1), 5-9.
- [3] Gorski D.B.: With extra calcium. *Fortified dairy foods*. *Dairy Foods*, 1998, **8**, 39-40.
- [4] Kitlas M., Ziarno M.: Próba wzbogacenia serów twarogowych w wapń. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2002, **3** (32) Supl., 79-88.
- [5] Krześniak J., Rutkowska U.: Współczesne poglądy na wzbogacanie produktów spożywczych w wapń. *Żyw. Człow. Met.*, 1995, **2**, 192-203.
- [6] Labin-Goldscher R., Edelstein S.: Calcium citrate: a revised look at calcium fortification. *Food Technol.*, 1996, **50** (6), 96-98.
- [7] Salji J.P., Ismail A.A.: Effect of initial acidity changes during refrigerated storage. *J. Food Sci.*, 1983, **48**, 258.
- [8] Shelef L.A., Ryan R.J.: Calcium supplementation of cottage cheese. *J. Dairy Sci.*, 1988, **71**, (10), 2618-2621.
- [9] Vyas H. K., Tong P. S.: Effect of calcium source and level on the heat stability of reconstituted skim milk powder. *Annual Meeting and Food Expo - Anaheim, California 2002*.
- [10] Watzke H.J.: Impact of processing on bioavailability examples of minerals in foods. *Trends Food Sci. Technol.*, 1998, **9**, 320-327.
- [11] Weaver C.M., Evans G.H.: Nutrient interactions and hipertension. *Food Technol.*, 1986, **40**, 99.
- [12] Ziarno M., Nowak A., Pluta A.: Możliwości zastosowania soli wapniowych do wzbogacania cottage cheese w wapń. *Acta Scientiarum Polonorum. Technologia Alimentaria*, 2004, **3** (1), 103-112.
- [13] Ziarno M., Semeniuk E., Kycia K.: Wpływ dodatku soli wapnia na stabilność mleka przeznaczonego do produkcji sera typu cottage cheese. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2004, **2** (39), 81-91.
- [14] Ziarno M., Więclawski S.: Wpływ dodatku mleczanu wapnia na rozwój bakterii fermentacji mlekowej w bulionie MRS i mleku. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2006, **4** (49), 110-119.
- [15] Ziarno M.: Wzbogacanie mleka spożywczego solami wapnia i magnezu. *Przeł. Mlecz.*, 2008, **2**, 4-10.
- [16] Ziarno M.: Wzbogacanie produktów mleczarskich w magnez. *Przem. Spoż.*, 2004, **12**, 38-41.
- [17] Ziarno M.: Wzbogacanie produktów mleczarskich w wapń. *Przeł. Mlecz.*, 2004, **9**, 4-9.
- [18] Zmarlicki S. (pod red.): *Ćwiczenia z analizy mleka i produktów mlecznych*. Wyd. SGGW, Warszawa 1981.
- [19] Żbikowski Z.: Badania nad zastosowaniem *Bifidobacterium bifidum* i *Lbc. acidophilus* do produkcji jogurtu. *Zesz. Nauk. ART w Olsztynie. Technologia Żywności*, 1981, **16**, 3.

FORTIFYING BUTTERMILK WITH CALCIUM, MAGNESIUM, AND WHEY PROTEINS**S u m m a r y**

The objective of this study was to produce buttermilk fortified with calcium, magnesium, and whey protein by adding some selected calcium and magnesium salts, and a whey protein concentrate (WPC 68) into the milk being processed prior to its re-pasteurization.

At the first stage of the study, various amounts of calcium salts (calcium lactate, calcium citrate), magnesium salts (magnesium gluconate, magnesium hydroasparaginate), and WPC, or their mixtures, were added into the milk samples. Their impact on the thermal stability of milk during the 15 second re-pasteurization at 74°C was determined. After the thermal processing of milk, its pH value was measured and it was found that clots of proteins were formed. It was proved that when a mixture made of calcium citrate, magnesium hydroasparaginate, and magnesium gluconate was applied, it was possible to fortify the milk being processed with, at least, 72 mg% of calcium and with about 30 mg% of magnesium. The addition of the indicated amounts of the two above mentioned salts did not cause the milk proteins to coagulate during the milk re-pasteurization, and the active acidity of milk was higher than 6.52. At the second stage of the study, under the laboratory conditions, buttermilk was produced from the milk fortified with the selected elements according to the formula developed at the first stage. The additives were added into the milk before its re-pasteurization (74 °C/15 s). During the refrigerated storage of the buttermilk produced, its sensory and physicochemical properties deteriorated. The strongest changes were found in the buttermilk samples fortified with calcium citrate, magnesium gluconate, and WPC. It was proved that the most favourable solution was to produce buttermilk fortified with calcium salts, magnesium hydroasparaginate, and WPC.

Key words: buttermilk, fortification, calcium lactate, calcium citrate, magnesium gluconate, magnesium hydroasparaginate, whey protein concentrate ☒