

Krzysztof Siemianowski, Jerzy Szpendowski

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

krzysztof.siemianowski@uwm.edu.pl

MOŻLIWOŚCI ZWIĘKSZANIA ZAWARTOŚCI WAPNIA W SERACH TWAROGOWYCH W ŚWIETLE DOTYCHCZASOWYCH BADAŃ

Streszczenie: Wapń to składnik niezbędny do funkcjonowania organizmu ludzkiego. Za jego najlepsze źródło uznaje się produkty mleczarskie, w tym szczególnie mleko spożywcze, napoje fermentowane i sery dojrzewające. Podczas produkcji serów twarogowych do 80% wapnia zawartego w mleku tracone jest z serwatką. Wzbogacanie mleka solami wapnia po pasteryzacji i/lub do skrzepu pozwala na uzyskiwanie akceptowalnych sensorycznie twarogów zawierających do 300 mg Ca/100 g. W przypadku serków ziarnistych istnieje również możliwość zwiększenia jego zawartości przez wykorzystywanie do natłuszczenia śmietanki wzbogaconej w sole wapnia. Pomimo, że analizowane sposoby umożliwiają znaczące zwiększenie zawartości wapnia, to żaden z nich nie pozwala obecnie na uzyskiwanie serów twarogowych mogących stanowić źródło tego składnika porównywalne z serami dojrzewającymi.

Słowa kluczowe: sery twarogowe, wapń, wzbogacanie.

1. Wstęp

Sery twarogowe to bogaty asortyment produktów w grupie przetworów mleczarskich. Otrzymuje się je w wyniku odwodnienia, w drodze odpowiedniej obróbki, skrzepu mleka, czasem maślanki lub jej mieszaniny z mlekiem, skoagulowanego wyłącznie przez zakwaszenie (koagulacja kwasowa) lub jednocześnie zakwaszenie i działanie preparatu enzymatycznego (koagulacja kwasowo-enzymatyczna). Mając na względzie sposób koagulacji, sery twarogowe dzieli się na kwasowe i kwasowo-enzymatyczne [Bohdziewicz 2009; Holanowski 1986; Kolanowski 2003; Obrusiewicz 1995; Śmietana i in. 1994a; Ziajka (red.) 1997]. Do kwasowych zalicza się produkty o zwartej strukturze uzyskiwane w wyniku prasowania wydzielonej masy białkowej (np. klinek, krajanka) lub samoprasowane z wykorzystaniem odpowiednich perforowanych form, a wyroby tego typu określane są jako twarogi. Z kwasowo-enzymatycznego koagulatu w praktyce przemysłowej otrzymuje się serki twarogowe o różnej postaci, np. formowane, ziarniste, homogenizowane, kremowe, z dodatkami lub bez, przy czym mogą one stanowić również efekt przetwórstwa masy twarogowej uzyska-

nej z surowca skoagulowanego kwasowo [Holanowski 1986; Kolanowski 2003; Obrusiewicz 1995; Śmietana i in. 1998, 1994a; Ziajka (red.) 1997]. Znaczną część oferowanego asortymentu serków twarogowych stanowią produkty o smarownej, pastowanej konsystencji, tzw. twarożki i kremy twarożkowe, dostępne jako naturalne oraz z dodatkami smakowymi, najczęściej takimi jak zioła, chrzan, czosnek, cebula, szczypiorek, papryka, pomidor, ogórek, koper, pieprz, orzechy, ale również grzyby, szynka lub łosoś [Górska-Warsewicz 2007].

Obecnie spotykane na krajowym rynku sery twarogowe to w zasadzie niemal wyłącznie produkty niedojrzewające, określane również jako „świeże”. Twarogi kwasowe mogą stanowić również półprodukt do wytwarzania licznych serów twarogowych dojrzewających, jednak na chwilę obecną produkty tego typu mają znaczenie wyłącznie regionalne [Bohdziewicz 2009; Kolanowski 2003]. Warto wspomnieć, że jeszcze pół wieku temu twarogi dojrzewające stanowiły w Polsce połowę ilości produkowanych serów miękkich, jednak stopniowa rezygnacja z ich przemysłowej produkcji doprowadziła do jej zaniechania [Bohdziewicz, Śmietana 2007].

Ostatnio obserwuje się systematyczny wzrost krajowej produkcji twarogów i serków twarogowych ogółem. Potwierdzeniem tej tendencji może być wzrost wielkości produkcji z 302,4 tys. t w 2006 r. [Smoleński, Zdziarska 2009] do 371,0 tys. t w 2010 r. [Seremak-Bulge 2011]. Wartość odnotowana w 2010 r. stanowi historyczne maksimum, jeśli chodzi o wielkość krajowej produkcji serów twarogowych ogółem. Prawie 80% zakładów mleczarskich w Polsce w 2006 r. deklaruowało produkcję serów twarogowych [Bohdziewicz, Śmietana 2007], na które przeznaczają się corocznie ok. 20% skupowanego mleka [Szpendowski i in. 2007]. Wskazuje to na dużą atrakcyjność i znaczne zapotrzebowanie rynku na ten asortyment mleczarski.

Twarogi i serki twarogowe to bardzo lubiane przez krajowych konsumentów produkty. Świadczą o tym szacunki ekonomiczne wskazujące na to, że koszt ich zakupu stanowi prawie 1/5 wydatków ponoszonych na artykuły mleczarskie w przeciętnych gospodarstwach domowych [Bohdziewicz 2009; Bohdziewicz, Śmietana 2007] oraz struktura spożycia serów ogółem, w której ich spożycie wyraźnie przewyższa konsumpcję serów dojrzewających oraz topionych. Statystyczny Polak w 2010 r. spożył 11,28 kg serów ogółem, przy czym sery twarogowe stanowiły 58,5% tej wartości [Świetlik 2011].

Duża atrakcyjność serów twarogowych wynika z wielopokoleniowej tradycji ich konsumpcji, ukształtowanych przyzwyczajęń żywieniowych oraz dużej dostępności w bogatym asortymencie i stosunkowo niskiej cenie [Górska-Warsewicz 2005]. Ważna w tym aspekcie jest również ich duża wartość odżywcza, co wynika ze znacznej zawartości pełnowartościowego białka, obecności lekkostrawnego tłuszczu, witamin (głównie z grupy B) oraz licznych składników mineralnych [Kłobukowski, Cichon 1999; Kłobukowski, Cichon 2000; Kolanowski 2003; Śmietana i in. 1994a].

Powszechnie wiadomo, że najlepszym źródłem wapnia dla człowieka są artykuły mleczarskie, a bez ich obecności w codziennej racji pokarmowej zapotrzebowanie na ten składnik nie jest praktycznie możliwe do pokrycia [Guéguen, Pointillart 2000;

Jabłoński 2001; Jakubczyk, Skarżyńska 1997; Kozikowski, Przybyłowicz 1994; Żelazna, Popielarska 2003]. Idealnymi źródłami wapnia, pod względem zarówno ilości, jak i biodostępności, są mleko spożywcze, fermentowane napoje mleczne oraz sery dojrzewające, potocznie określane przez konsumentów jako „żółte” [Zmarlicki 2006, 2009].

Duża biodostępność wapnia w wymienionych produktach wynika przede wszystkim z korzystnego stosunku jego zawartości do zawartości fosforu ($\text{Ca:P} > 1$) oraz obecności licznych składników zwiększających przyswajalność (witamina D, fosfopeptydy uwalniane podczas hydrolizy kazeiny, L-lizyna, L-arginina, laktoza) przy jednoczesnym braku składników utrudniających przyswajanie [Guéguen, Pointillart 2000; Jakubczyk, Skarżyńska 1997; Kusiuk i in. 2009; Śmigiel-Papińska 2002; Zmarlicki 2006, 2009; Żelazna, Popielarska 2003]. Należy również zaznaczyć, że w tak dużych ilościach i w tak łatwo przyswajalnej formie wapń nie występuje w żadnej innej grupie produktów spożywczych [Ziemiański 1996]. Przyswajalność wapnia z mleka, mlecznych napojów fermentowanych oraz podpuszczkowych serów dojrzewających może sięgać nawet 45%, podczas gdy z licznych produktów pochodzenia roślinnego zwykle nie przekracza 10% [Zmarlicki 2009].

Jednym z czynników mających istotny wpływ na bilans wapniowy organizmu jest ilość spożywanego białka, gdyż nadmierna jego podaż w codziennej diecie wiąże się ze wzrostem strat wapnia w moczu. Uważa się, że niekorzystny wpływ białka na wykorzystanie wapnia ujawnia się wtedy, gdy stosunek ilości spożytego wapnia do białka wynosi poniżej 20. Analizując skład mleka spożywczego, fermentowanych napojów mlecznych oraz serów dojrzewających, stwierdza się, że stosunek zawartości wapnia do białka jest zdecydowanie większy od 20, natomiast w przypadku serów twarogowych wynosi tylko od 7 do 12 [Zmarlicki 2006, 2009]. J. Kłobukowski i R. Cichon [1999] podają, że stosunek zawartości wapnia do azotu w mleku i napojach mlecznych wynosi przeciętnie 0,242, natomiast w serach twarogowych kwasowych i kwasowo-enzymatycznych odpowiednio 0,027 oraz 0,065. Dodatkowo twarogi i serki twarogowe charakteryzuje mniejsza zawartość wapnia w stosunku do zawartości fosforu, co również pogarsza jego przyswajalność z tej grupy produktów mleczarskich [Jabłoński 2001; Kłobukowski, Cichon 1999; Kunałowicz i in. 2007].

Niekorzystny stosunek zawartości wapnia względem fosforu i białka w serach twarogowych, w porównaniu z mlekiem, z którego się je otrzymuje, jest konsekwencją specyfiki procesu ich produkcji [Jakubczyk, Skarżyńska 1997; Kłobukowski, Cichon 1999; Zmarlicki 2006]. Zawartość wapnia w mleku wynosi przeciętnie $1,1\text{--}1,2\text{ g/dm}^3$, z czego ok. $\frac{2}{3}$ całkowitej jego ilości występuje w postaci koloidalnej, wchodząc w skład struktur micel kazeinowych, ok. 20% w formie niezdysoncjowanych związków rozpuszczalnych, takich jak cytryniany, wodorofosforany i wodorowęglany, a pozostałe ok. 10% w formie jonowej [Jakubczyk, Skarżyńska 1997; Ziajka (red.) 2008].

W celu skoagulowania białka mleko zaprawiane jest kulturami startowymi zawierającymi bakterie mlekowe, które, wytwarzając kwas mlekowy, zakwaszają śro-

dowisko. Przyrost kwasowości mleka powoduje przekształcanie wapnia z formy koloidalnej w związki rozpuszczalne. Po obniżeniu wartości kwasowości czynnej do poziomu odpowiadającego punktowi izoelektrycznemu kazeiny (pH 4,6) mleko krzepnie i jednocześnie następuje uwolnienie części jonów wapnia biorących udział w budowie substruktury miceli do fazy wodnej. Wraz z oddzieloną od masy twarogowej serwatką, stanowiącą produkt uboczny uzyskiwany po przeprowadzeniu obróbki skrzepu, traconych jest do 80% ilości wapnia zawartego w mleku przerobowym [Jakubczyk, Skarżyńska 1997; Kłobukowski, Cichon 1999; Oziemkowski, Caris-Sokolińska 1994; Zmarlicki 2006; Ziajka (red.) 2008]. Zawartość wapnia w serach twarogowych jest przeciętnie od 6 do nawet 10 razy mniejsza w porównaniu z serami podpuszczkowymi dojrzewającymi [Jabłoński 2001; Jakubczyk, Skarżyńska 1997; Kłobukowski, Cichon 1999; Zmarlicki 2006].

Celem niniejszego opracowania jest scharakteryzowanie podstawowej roli wapnia w organizmie człowieka oraz omówienie możliwości zwiększania jego zawartości w serach twarogowych.

2. Rola wapnia w organizmie człowieka

Wapń stanowi integralny składnik organizmu ludzkiego, a o jego ważności najlepiej świadczy to, że jest nazywany „osią życia”. Szacuje się, że całkowita zawartość tego makroelementu w organizmie dorosłego człowieka wynosi przeciętnie ok. 1200 g [Brzozowska (red.) 2002; Jabłoński 2001; Krześniak, Rutkowska 1995; Zmarlicki 2006, 2009], co stanowi 1,4–1,6% ogólnej masy ciała [Śmigiel-Papińska 2002]. W kościach, zębach i paznokciach zdeponowanych jest, głównie w postaci hydroksyapatytu, prawie 99% wymienionej ilości wapnia, a 1% znajduje się w płynach ustrojowych i tkankach miękkich [Bolanowski, Bolanowski 2005; Brzozowska (red.) 2002; Kunachowicz i in. 2007; Śmigiel-Papińska 2002; Zmarlicki 2009]. Poza funkcją budulcową wapń pełni też funkcję aktywatora wielu enzymów (m.in. biorących udział w glikogenezie), uczestniczy w kurczliwości mięśni (m.in. reguluje bicie serca), krzepnięciu krwi, przewodzeniu bodźców nerwowych i regulacji pobudliwości nerwów [Bolanowski, Bolanowski 2005; Brzozowska (red.) 2002; Kozikowski, Przybyłowicz 1994; Śmigiel-Papińska 2002; Zmarlicki 2009]. Odgrywa również bardzo ważną rolę w utrzymaniu równowagi kwasowo-zasadowej organizmu, wykazując, podobnie jak sód, potas i magnez, działanie alkalizujące [Brzozowska (red.) 2002; Kozikowski, Przybyłowicz 1994].

Uważa się, że odpowiednia podaż wapnia w diecie, zapewniająca pokrycie dziennego zapotrzebowania, zmniejsza ryzyko rozwoju nadciśnienia tętniczego oraz nowotworów jelita grubego [Jacqmain i in. 2003; Krześniak, Rutkowska 1995; Wolf i in. 2000; Żelazna, Popielarska 2003]. Wapń korzystnie wpływa również na profil lipidowy krwi. Potwierdzają to wyniki badań M. Jacqmain i in. [2003], z których wynika, że wzrost spożycia wapnia redukuje poziom cholesterolu ogółem we krwi oraz jego frakcji LDL, przy jednoczesnym wzroście udziału korzystnej frakcji HDL.

Wapń jest również składnikiem zapobiegającym otyłości, gdyż wpływa ograniczająco na przyrost komórek tłuszczowych [Zemel 2004]. Zmniejszając przepuszczalność ścian komórkowych, składnik ten odgrywa ważną rolę w łagodzeniu stanów alergicznych oraz wykazuje działanie przeciwwysiękowe, przeciwobrzękowe i przeciwzapalne [Bolanowski, Bolanowski 2005; Kozikowski, Przybyłowicz 1994; Śmigiel-Papińska 2002]. Odpowiednia podaż wapnia zapobiega wbudowywaniu w struktury kości toksycznych metali (np. ołowiu, kadmu), a także zmniejsza podatność na niektóre choroby zakaźne (np. gruźlicę) [Krześniak, Rutkowska 1995; Żelazna, Popielarska 2003].

Zapotrzebowanie organizmu na wapń jest różne dla osób z różnych przedziałów wiekowych. Zalecane dzienne normy dla niemowląt w wieku do 0,5 roku przewidują 600 mg Ca/osobę, 0,5–1,0 roku – 800 mg Ca/osobę, natomiast dla dzieci w wieku 1–9 lat 800–1000 mg Ca/osobę. Normy żywienia na poziomie bezpiecznym, niezależnie od płci, w przypadku dzieci w wieku 10–18 lat sugerują spożycie 1100 mg Ca/osobę. Zapotrzebowanie u dorosłych kobiet i mężczyzn mieści się w zakresie 800–1100 mg Ca/osobę [Kunachowicz i in. 2007; Ziemiański (red.) 2001].

Prawidłowe stężenie wapnia w surowicy krwi wynosi 2,25–2,65 mmol/dm³, przy czym prawie połowa tego pierwiastka występuje w postaci zjonizowanej. Homeostaza wapniowa w organizmie utrzymywana jest dzięki działaniu regulatorów hormonalnych. Przy spadku ilości wapnia pobieranego z pożywienia następuje stymulacja przynależna do wydzielania parathormonu (PTH), który zmniejsza wydalanie wapnia z moczem, mobilizuje wapń zawarty w tkance kostnej oraz pobudza syntezę kalcytriolu – hormonu 1,25(OH)₂D₃ w nerkach. Kalcytriol to aktywna forma witaminy D, odpowiedzialna za stymulowanie wchłaniania wapnia z przewodu pokarmowego oraz jego resorpcję z kości. W przypadku wzrostu stężenia wapnia w osoczu wydzielana jest przez tarczycę kalcytonina, która hamuje uwalnianie wapnia z kości i jednocześnie nasila jego wydalanie z moczem [Bolanowski, Bolanowski 2005; Brzozowska (red.) 2002; Lorenc, Karczmarewicz 2001; Lorenc, Kłocińska 1997; Śmigiel-Papińska 2002; Wolf i in. 2000; Zmarlicki 2009].

Skutkiem utrzymującego się niedoboru wapnia w diecie lub upośledzonej jego gospodarki w organizmie jest obniżenie stężenia tego składnika we krwi, a bezpośrednio następstwo takiego stanu to ciężka objawiająca się mrowieniem warg, języka, palców oraz bólami i kurczami mięśni. Przy jednoczesnym deficycie wapnia i witaminy D dochodzi do nieprawidłowego uwapnienia kości i występowania zmian krzywiczych [Śmigiel-Papińska 2002]. Konsekwencją długotrwałego niedoboru wapnia, i tym samym wzmożonej jego resorpcji z kości, jest ubytek masy kostnej i osteopenia, a następnie przy dalszym odwapnianiu osteoporoza, zaliczana przez Światową Organizację Zdrowia do grupy chorób cywilizacyjnych [Dobrzańska i in. 2000; Lorenc, Karczmarewicz 2001; Lorenc, Kłocińska 1997; Zmarlicki 2009].

3. Koncepcje zwiększania zawartości wapnia w serach twarogowych

Produkcja serów twarogowych metodą tradycyjną obejmuje takie etapy, jak: przygotowanie surowca, zaprawianie i koagulacja, obróbka skrzepu, separacja masy twarogowej, formowanie i prasowanie, porcjowanie, chłodzenie oraz pakowanie [Holanowski 1986; Obrusiewicz 1995; Siemianowski i in. 2011; Śmietana i in. 1998, 1994a; Ziajka (red.) 1997]. Surowiec jest normalizowany pod względem zawartości tłuszczu, pasteryzowany zwykle w temperaturze 80–85 °C/15 sekund, a następnie ochładzany do temperatury zaprawiania kulturami startowymi zawierającymi bakterie mlekowe, celem koagulacji [Holanowski 1986; Obrusiewicz 1995; Siemianowski i in. 2011; Ziajka (red.) 1997].

W technologii tradycyjnych twarogów kwasowych praktyczne zastosowanie może mieć metoda koagulacji długo- lub krótkotrwałej. Koagulacja metodą długotrwałą przewiduje zaprawianie surowca o temperaturze 20–28 °C i pozostawienie w tych warunkach do uzyskania skrzepu, co trwa zwykle 12–16 godzin [Obrusiewicz 1995]. W metodzie krótkotrwałej surowiec o temperaturze 32–35 °C jest zaprawiany zwiększoną ilością kultur startowych, tak aby skrzep uzyskać po 6–8 godzinach ukwaszania [Siemianowski i in. 2011; Śmietana i in. 1994a; Ziajka (red.) 1997]. Dojrzały skrzep kwasowy mleka powinien charakteryzować się kwasowością miareczkową 30–34 °SH (pH ok. 4,6), konsystencją delikatnej galarety, jednolitym wyglądem, bez pęknięć i szczelin oraz wydzielania serwatki, a przy załamaniu dawać przełom o gładkiej powierzchni ścianek [Holanowski 1986; Obrusiewicz 1995; Siemianowski i in. 2011; Ziajka (red.) 1997]. Obróbka skrzepu obejmuje krojenie na prostopadłością i delikatne mieszanie z jednoczesnym podgrzewaniem celem stopniowego osuszenia powstałego ziarna twarogowego. Kwasowość serwatki po dogrzewaniu nie powinna przekraczać 30 °SH, a czas dogrzewania 2 godzin. Ociekanie masy twarogowej może być realizowane z wykorzystaniem tkanin filtracyjnych lub form, po czym poddaje się ją prasowaniu i ewentualnemu porcjowaniu. W opisany sposób wytwarza się bardzo lubiane i cenione przez konsumentów twarogi kwasowe prasowane chude, półtłuste i tłuste, tzw. krajanekę i klinki, oraz samoprasowane o analogicznym lub innym kształcie zależnym od stosowanych form [Holanowski 1986; Obrusiewicz 1995; Siemianowski i in. 2011; Śmietana i in. 1998, 1994a; Ziajka (red.) 1997].

Stopień retencji wapnia w twarogach kwasowych produkowanych metodą tradycyjną wynosi ok. 20% jego zawartości w przetworzonym surowcu [Jakubczyk, Skarżyńska 1997; Kłobukowski, Cichon 1999; Zmarlicki 2006]. Przeciętna zawartość wapnia w 100 g twarogu chudego o zawartości wody 75,3% to 96 mg, półtłustego o zawartości wody 72,1% to 94 mg, a w tłustym 88 mg przy 67,9% udziale wody [Kolanowski 2003].

Zwiększanie zawartości wapnia w serach twarogowych w praktyce może być osiągnięte przez modyfikację procesu technologicznego ich produkcji lub/i zastoso-

wanie dodatku preparatów wzbogacających [Kitlas, Ziarno 2002; Siemianowski i in. 2011; Ziarno, Kitlas 2002].

A. Surażyński [1989] badał zależność między zawartością wapnia w twarogach a zastosowaną metodą koagulacji kwasowej. Rezultaty jego badań wykazały, że zawartość wapnia w 100 g twarogu uzyskanego przy zastosowaniu koagulacji metodą długotrwałą (ukwaszanie przez 12–16 godzin w temperaturze 22–25 °C) wynosiła 122 mg, natomiast wykorzystanie metody krótkotrwałej (ukwaszanie przez 5–8 godzin w temperaturze do 32–35 °C) skutkowało wzrostem zawartości wapnia do 189 mg [Surażyński 1989].

Podczas produkcji serów twarogowych tradycyjnymi metodami wraz z serwatką traconych może być nawet do 60% składników suchej masy przetwarzanego mleka [Bednarski 2001]. Z myślą o lepszym wykorzystaniu białek surowca w serze, a ściślej – włączeniu w masę produktu białek serwatkowych, opracowano metodę serwitową, nazywaną również metodą wapniowo-termiczną. Zastosowanie tej metody pozwala na zwiększenie stopnia wykorzystania białkowych związków azotowych mleka, ale otrzymywane produkty charakteryzuje również większa zawartość wapnia w porównaniu do tradycyjnych twarogów [Szpendowski, Kłobukowski, Bohdziewicz 2005; Szpendowski, Kłobukowski, Prokop 2005; Szpendowski i in. 2007; Śmietana i in. 1994b]. Istotą metody serwitowej jest ukierunkowana modyfikacja białek mleka, której zasadniczy cel to zintegrowanie kazeiny z białkami serwatkowymi [Szpendowski i in. 2007]. Metoda ta przewiduje wzbogacenie surowca w jony wapnia przez dodatek chlorku wapniowego, zwykle w ilości 0,04%, oraz jego pasteryzację w temperaturze powyżej 90 °C przez 15 sekund [Siemianowski i in. 2011; Śmietana i in. 1994b].

J. Szpendowski, J. Kłobukowski i E. Prokop [2005] badali wpływ dodatku do mleka odtłuszczonego chlorku wapnia oraz parametrów jego pasteryzacji na zawartość m.in. wapnia i fosforu w twarogu kwasowym typu kliniek produkowanym metodą tradycyjną (tab. 1). Badania te wykazały, że zastosowanie dodatku chlorku wapnia w ilości 0,05% oraz pasteryzacji w temperaturze 90 °C przez 15 sekund wiąże się ze zwiększeniem zawartości wapnia przeciętnie o 46,7% oraz fosforu o 59,5%, w przeliczeniu na 100 g suchej masy uzyskiwanych produktów. Większy wzrost zawartości fosforu niż wapnia w twarogach z mleka wzbogaconego i pasteryzowanego w wyższej temperaturze skutkował jednak nieznacznym pogorszeniem ilościowego stosunku między tymi makroelementami (0,6 wobec 0,5). Zastosowanie dodatku chlorku wapnia oraz podwyższenie temperatury pasteryzacji mleka wpływało natomiast w niewielkim stopniu korzystnie na stosunek zawartości wapnia do białka w 100 g produktu (4,5 wobec 6,4).

Prowadzono również badania dotyczące wpływu dodatku do mleka chlorku wapnia oraz parametrów jego pasteryzacji na wartość odżywczą serków twarogowych produkowanych metodą wirówkową ze skrzepu kwasowego. Wymieniona metoda polega na oddzieleniu masy białkowej od serwatki przy wykorzystaniu działania siły odśrodkowej w bąku odpowiedniej konstrukcji wirówki. Uzyskiwane tą

Tabela 1. Przeciętny skład chemiczny twarogów kwasowych typu klinek zależnie od parametrów pasteryzacji i dodatku chlorku wapnia

| Wariant technologiczny | | Skład chemiczny twarogów | | | | | |
|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------|------------|----------------|------------------|------|-----------|
| dodatek CaCl ₂ (%) | parametry pasteryzacji (°C/s) | woda (%) | białko (%) | wapń (mg/100g) | fosfor (mg/100g) | Ca:P | Ca:białko |
| brak | 75/15 | 72,8 | 22,4 | 101,5 | 182,8 | 0,6 | 4,5 |
| 0,05 | 90/15 | 74,3 | 22,1 | 140,6 | 275,5 | 0,5 | 6,4 |

Źródło: opracowano na podstawie [Szpendowski, Kłobukowski, Prokop 2005].

metodą produkty charakteryzują się jednolitą, homogenną konsystencją [Holanowski 1986; Kolanowski 2003; Obrusiewicz 1995; Śmietana i in. 1994b; Ziajka (red.) 1997].

Wyniki badań J. Szpendowskiego, J. Kłobukowskiego i K. Bohdziewicza [2005] wykazały, że zastosowanie obróbki wapniowo-termicznej mleka pozwala na zwiększenie zawartości wapnia i fosforu w kwasowych serkach twarogowych odpowiednio o 21,2 i 29,5%, w przeliczeniu na 100 g ich suchej masy (tab. 2). Uzyskane w doświadczeniu produkty, bez względu na dodatek chlorku wapnia i temperaturę pasteryzacji, charakteryzowały się bardzo korzystnym z żywieniowego punktu widzenia stosunkiem zawartości wapnia do fosforu (1,2 oraz 1,1). Wzbogacenie surowca w wapń i jednocześnie podniesienie temperatury pasteryzacji, podobnie jak w przypadku twarogów, nieznacznie poprawiało stosunek zawartości wapnia do białka w doświadczalnych serkach twarogowych (4,5 wobec 5,5).

Tabela 2. Przeciętny skład chemiczny serków twarogowych kwasowych produkowanych metodą wirówkową zależnie od parametrów pasteryzacji i dodatku chlorku wapnia

| Wariant technologiczny | | Skład chemiczny serków twarogowych | | | | | |
|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|------------|----------------|------------------|------|-----------|
| dodatek CaCl ₂ (%) | parametry pasteryzacji (°C/s) | woda (%) | białko (%) | wapń (mg/100g) | fosfor (mg/100g) | Ca:P | Ca:białko |
| brak | 75/15 | 71,8 | 23,4 | 105,2 | 91,0 | 1,2 | 4,5 |
| 0,04 | 92/15 | 71,9 | 23,0 | 126,7 | 117,4 | 1,1 | 5,5 |

Źródło: opracowano na podstawie [Szpendowski, Kłobukowski, Bohdziewicz 2005].

Zastosowanie metody wapniowo-termicznej wiąże się z podwyższeniem zawartości wapnia w twarogach i serkach twarogowych uzyskiwanych z mleka koagulowanego kwasowo, lecz również ze wzrostem zawartości fosforu. W czasie obróbki cieplnej mleka następuje tworzenie się kompleksów między β -laktoglobuliną i α -laktoalbuminą a kazeiną za pośrednictwem wiązań disiarczkowych, wodorowych oraz jonowych przy uczestnictwie wapnia i fosforu. Zwiększenie ilości jonów wap-

nia w mleku przed pasteryzacją powoduje wzrost powierzchni micel kazeinowych oraz intensyfikuje ich agregację i efektywność interakcji z białkami serwatkowymi, a powstające wiązania jonowe pomiędzy resztami kwasu fosforowego, za pośrednictwem jonów wapniowych, warunkują stabilność powstających kompleksów białkowych. Zwiększenie zawartości wapnia jonowego w mleku skutkuje powstawaniem większej ilości koloidalnego fosforanu wapnia, który jest wbudowywany w strukturę skrzepu mleka [Szpendowski, Kłobukowski, Bohdziewicz 2005; Szpendowski, Kłobukowski, Prokop 2005; Szpendowski i in. 2007].

M. Ziarno i M. Kitlas [2002] podjęły próbę zwiększenia zawartości wapnia w twarogu kwasowym produkowanym metodą tradycyjną poprzez wzbogacenie mleka chlorkiem wapnia (tab. 3). W przeprowadzonym doświadczeniu mleko o zawartości 2% tłuszczu wzbogacano przed pasteryzacją 0,02% dodatkiem CaCl_2 oraz jego roztworem po pasteryzacji dodawanym w ilości od 0,1 do 0,8%. Każdy z wariantów surowca pasteryzowano w temperaturze 74 °C oraz 90 °C przez 10 minut [Ziarno, Kitlas 2002]. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że twarogi otrzymywane z mleka poddawanego pasteryzacji w temperaturze 74 °C, bez względu na wielkość dodatku roztworu chlorku wapnia, charakteryzowały się nieistotnie statystycznie większą zawartością wapnia niż produkty otrzymane z mleka pasteryzowanego w wyższej temperaturze [Ziarno, Kitlas 2002]. Wraz ze wzrostem ilości wprowadzonego chlorku wapnia do mleka wzrastała zawartość wapnia w uzyskiwanych twarogach, ale jednocześnie pogarszały się jego smak i konsystencja. Najwyższa zawartość wapnia, przy której nie stwierdzono zmian sensorycznych na pozio-

Tabela 3. Przeciętna zawartość wapnia w twarogach kwasowych produkowanych metodą tradycyjną zależnie od parametrów pasteryzacji i dodatku chlorku wapnia

| parametry pasteryzacji (°C/min) | Wariant technologiczny | | Zawartość wapnia w twarogu (mg/100 g) |
|------------------------------------|---|---|---|
| | dodatek CaCl_2 po pasteryzacji (%) | ilość wapnia dodanego do mleka (mg/100 ml) | |
| 74/10 | brak | 0,0 | 71,0 |
| | 0,1 | 36,0 | 175,0 |
| | 0,4 | 145,0 | 238,0 |
| | 0,6 | 217,0 | 286,0 |
| | 0,8 | 290,0 | 335,0 |
| 90/10 | brak | 0,0 | 71,0 |
| | 0,1 | 36,0 | 167,0 |
| | 0,4 | 145,0 | 230,0 |
| | 0,6 | 217,0 | 256,0 |
| | 0,8 | 290,0 | 321,0 |

Źródło: opracowano na podstawie [Ziarno, Kitlas 2002].

nie dyskwalifikującym produkt, to 286 mg (4-krotnie więcej niż w twarogu kontrolnym), uzyskana przy 0,6-procentowym dodatku roztworu chlorku wapnia. Twarogi doświadczalne zawierające ponad 300 mg Ca/100 g charakteryzowały się wyraźnie wyczuwalną goryczką, a skrzep, z którego je uzyskiwano, miał słabą zwięzłość i był bardzo podatny na rozpylenie [Ziarno, Kitlas 2002].

M. Kitlas i M. Ziarno [2002] badały również możliwość zastosowania dodatku roztworu mleczanu wapnia oraz jego mieszaniny z chlorkiem wapnia do mleka po pasteryzacji oraz do skrzepu w celu zwiększenia zawartości wapnia w twarogach (tab. 4). W przypadku wzbogacania mleka bezpośrednio po pasteryzacji we wszystkich otrzymanych produktach doświadczalnych zawartość wapnia przekraczała wyraźnie wartość 200 mg%. Stwierdzono, że na zawartość wapnia w otrzymywanych twarogach wpływ ma proporcja mleczanu i chlorku w stosowanym roztworze. Największa zawartość wapnia, jaką uzyskano, to 346 mg% i była efektem wzbogacenia mleka dodatkiem mieszaniny mleczanu wapnia i chlorku wapnia, przy czym propor-

Tabela 4. Zawartość wapnia w twarogach kwasowych produkowanych metodą tradycyjną zależnie od dodatku chlorku wapnia i mleczanu wapnia do mleka i skrzepu

| Wariant technologiczny | Ilość wapnia wprowadzonego z CaCl ₂ (mg%) | Ilość wapnia wprowadzonego z mleczanem wapnia (mg%) | Zawartość wapnia w twarogu (mg%) |
|--|--|---|----------------------------------|
| Dodatek roztworu chlorku wapnia oraz jego mieszaniny z mleczanem wapnia do mleka po pasteryzacji | 0,0 | 0,0 | 71,0 |
| | 0,0 | 150,0 | 239,0 |
| | 50,0 | 100,0 | 229,0 |
| | 100,0 | 50,0 | 216,0 |
| | 75,0 | 75,0 | 226,0 |
| | 0,0 | 225,0 | 266,0 |
| | 150,0 | 75,0 | 223,0 |
| | 75,0 | 150,0 | 244,0 |
| | 112,5 | 112,5 | 228,0 |
| | 100,0 | 200,0 | 346,0 |
| | 200,0 | 100,0 | 313,0 |
| | 150,0 | 150,0 | 287,0 |
| Dodatek roztworu chlorku wapnia do mleka po pasteryzacji, a mleczanu wapnia do skrzepu | 75,0 | 150,0 | 206,0 |
| | 150,0 | 75,0 | 143,0 |
| | 100,0 | 200,0 | 299,0 |
| | 200,0 | 100,0 | 185,0 |
| | 75,0 | 1000,0 | 992,0 |
| | 150,0 | 500,0 | 583,0 |
| | 100,0 | 750,0 | 748,0 |
| | 0,0 | 150,0 | 210,0 |

Źródło: opracowano na podstawie [Kitlas, Ziarno 2002].

cja ilości wapnia pochodzącego z mleczanu i chlorku wynosiła 2:1 [Kitlas, Ziarno 2002]. Sugeruje to, że podczas równoczesnego stosowania do wzbogacania mleka chlorku i mleczanu wapnia w masie twarogu pozostaje więcej wapnia pochodzącego z mleczanu. Największa zawartość wapnia w twarogu, przy której nie stwierdzono niekorzystnych zmian smaku, wynosiła 244 mg%. Dodatek do mleka wapnia w ilości 300 mg% wiązał się z otrzymywaniem produktów o najwyższej zawartości wapnia, ale nieakceptowalnych sensorycznie [Kitlas, Ziarno 2002].

Rezultaty badań wykazały również, że w przypadku wzbogacania skrzepu stosowanie chlorku wapnia nie ma uzasadnienia, gdyż wapń z niego pochodzący pozostawał w twarogu w znikomych ilościach, w odróżnieniu od mleczanu wapnia, z którego stopień zatrzymania wapnia był bardzo wysoki. Przy takim sposobie wzbogacania najwyższa zawartość wapnia, przy której twarogi były akceptowalne sensorycznie, wynosiła 210 mg% i była to ilość 3-krotnie większa niż oznaczona w produkcie uzyskanym z mleka niewzbogaconego [Kitlas, Ziarno 2002]. Wykazano również, że twarogi, w których zawartość wapnia zwiększono do poziomu zbliżonego do poziomu w serach dojrzewających (dodatek mleczanu wapnia do skrzepu w ilości 7,7; 5,75 i 3,85%) były bardzo gorzkie i kwaśne oraz miały wyraźny posmak wprowadzonego dodatku, a więc były nie do przyjęcia od względem smakowym [Kitlas, Ziarno 2002].

Ważną częścią asortymentu serów twarogowych są serki ziarniste (*cottage cheese*). W praktyce przemysłowej produkuje się je z pasteryzowanego mleka odtłuszczonego, koagulowanego kwasowo-enzymatycznie, ale możliwa jest również ich produkcja wyłącznie z koagulatu kwasowego. Skrzep kroi się po osiągnięciu pH 4,65–4,85, następnie stopniowo podgrzewa gęstwą, jednocześnie łagodnie mieszając do temperatury 50–54 °C, celem intensyfikacji synerezy oraz termizacji. Po oddzieleniu serwatki ziarno twarogowe chłodzi się, płucze wodą i kieruje do natłuszczenia śmietanką oraz ewentualnego wprowadzenia innych dodatków, np. przypraw, owoców, warzyw [Holanowski 1986; Kolanowski 2003; Obrusiewicz 1995; Ziajka (red.) 1997].

W czasie produkcji serków ziarnistych wapń zawarty w przerabianym mleku jest tracony z serwatką oraz na etapie płukania wodą [Martin, Zullo 1991; Ziarno 2009; Ziarno i in. 2004]. Ważnym czynnikiem technologicznym wpływającym na zawartość wapnia w produkcie jest również sposób obróbki skrzepu mleka, a ściślej krojenia i osuszania, im większe bowiem ziarna twarogowe, tym mniejsza powierzchnia, przez którą tracone są składniki mineralne na etapie osuszania i płukania [Wong i in. 1976]. Przeciętna zawartość wapnia w serkach *cottage cheese* to ok. 80 mg/100 g produktu zawierającego 79,2% wody, a stosunek jego zawartości do zawartości fosforu wynosi 0,6 i jest niekorzystny [Jabłoński 2001; Kolanowski 2003].

Zwiększanie zawartości wapnia w technologii serków ziarnistych może być realizowane przez dodatek jego soli do mleka przed pasteryzacją lub/i po niej do skrzepu oraz do śmietanki wykorzystywanej do natłuszczenia produktu przed lub po jej pasteryzacji [Martin, Zullo 1991; Shelef, Ryan 1988; Ziarno 2009; Ziarno

i in. 2004]. Przy wzbogacaniu mleka lub śmietanki w wapń na etapie przed obróbką cieplną należy mieć na uwadze, że wzrost zawartości wapnia obniża stabilność termiczną surowca [Kitlas, Ziarno 2002; Martin, Zullo 1991; Ziarno 2009; Ziarno, Kitlas 2002; Ziarno i in. 2004].

J.H. Martin i P.A. Zullo [1991] badali możliwość zwiększenia zawartości wapnia w *cottage cheese* przez dodatek do mleka po pasteryzacji glukonianu wapnia. Stosując 7-procentowy dodatek nasyconego roztworu glukonianu uzyskali akceptowalny sensorycznie produkt zawierający prawie 98 mg% wapnia w ziarnie serowym, wobec zawartości 40 mg% wapnia w serku otrzymanym z mleka niewzbogaconego [Martin, Zullo 1991].

Zwiększenie zawartości wapnia w mleku przed koagulacją kwasowo-enzymatyczną korzystnie wpływa na jej czas. M. Ziarno [2009] wykazała, że dodatek 5-wodnego mleczanu wapnia skraca czas krzepnięcia mleka oraz stwarza możliwości zmniejszenia dodatku stosowanego preparatu koagulującego w produkcji serka ziarnistego. Niezależnie od stężenia enzymu wraz ze zwiększaniem dodatku wapnia w formie 5-wodnego mleczanu obserwowano skrócenie czasu koagulacji mleka, przy czym efekt ten zachodził najszybciej przy wprowadzaniu niewielkich ilości wapnia (30–70 mg%) [Ziarno 2009].

L.A. Shelefa i R.J. Ryan [1988] próbowali zwiększyć zawartość wapnia w serkach *cottage cheese* poprzez dodatek chlorku, mleczanu oraz fosforanu wapnia do skrzepu mleka w ilości, która w przeliczeniu wprowadzała ok. 70 mg tego pierwiastka. Serki uzyskane z zastosowaniem dodatku chlorku wapnia (dodatek 260 mg/100g produktu) zawierały średnio 150,5 mg Ca/100g, mleczanu wapnia (dodatek 540 mg/100g) 128,0 mg/100g, natomiast diwodorofosforanu wapnia (dodatek 440 mg/100g) – 134,6 mg/100g. Produkt uzyskany bez dodatku soli wapnia zawierał 75,7 mg Ca/100g. Ocena cech sensorycznych otrzymanych w doświadczeniu serków ziarnistych nie wykazała istotnego wpływu dodatku soli wapnia na zapach, a w przypadku smaku i preferencji występowały różnice, ale nie dyskwalifikowały one produktów [Shelef, Ryan 1988].

Bardzo interesująca wydaje się możliwość zwiększenia zawartości wapnia w *cottage cheese* przez wykorzystanie do natłuszczenia ziarna śmietanki wzbogaconej w wapń. M. Ziarno, A. Nowak i A. Pluta [2004] wykazali, że wzbogacanie śmietanki solami wapnia rozpuszczalnymi w wodzie obniża pH i zmniejsza jej stabilność termiczną. Spośród branych w doświadczeniu pod uwagę soli rozpuszczalnych (mleczanu, glukonianu, laktoglukonianu i chlorku wapnia) największa ilość wapnia, po której wprowadzeniu nie obserwowano negatywnego wpływu na stabilność termiczną śmietanki, to 45 mg/100 g i uzyskano ją, stosując glukonian wapnia. W przypadku pozostałych rozpuszczalnych soli śmietankę można było wzbogacać maksymalnie o 35–40 mg wapnia. Zastosowanie natomiast nierozpuszczalnych w wodzie soli wapnia (cytrynianu lub węglanu) nawet w ilości wagowo większej niż 5% (351 mg% wapnia) nie wpływało destabilizująco na białka śmietanki [Ziarno i in. 2004]. Bez względu na poziom wzbogacenia w wapń (7–200 mg Ca) oraz rodzaj

zastosowanej soli uzyskane serki charakteryzowały się wysokimi notami w ocenie sensorycznej. Wprowadzenie wraz ze śmietanką nawet do 200 mg% wapnia dodanego do niej w postaci węglanu nie obniżało wyniku oceny sensorycznej serków w porównaniu z produktem kontrolnym, który zawierał średnio 63 mg Ca/100g [Ziarno i in. 2004].

Bardzo ważna z punktu widzenia wzbogacania żywności w wapń jest wiedza dotycząca jego dostępności z różnych soli. J. Krześniak i U. Rutkowska [1995] podają, że absorpcja wapnia pochodzącego z węglanu, octanu, mleczanu, glukonianu, cytrynianu lub chlorku nie różni się istotnie. Z. Krejpcio i in. [2000] wykazali w badaniach z wykorzystaniem szczurów, że bioprzyswajalność wapnia z soli mleczanowej jest porównywalna do jego bioprzyswajalności z cytrynianu oraz węglanu.

Najtańszym i najczęściej stosowanym suplementem wapnia jest węglan, ale jego słaba rozpuszczalność ogranicza wykorzystanie tego związku niemal wyłącznie do wzbogacania produktów stałych. Duży dodatek nierozpuszczalnych soli wapnia może skutkować mydlastym posmakiem oraz uczuciem piaszczystości produktów [Kressel i in. 2010]. Wydaje się więc, że śmietanka może być bardzo dobrym nośnikiem różnych soli wapnia stosowanych celem wzbogacania serków ziarnistych, gdyż jej konsystencja umożliwia równomierne rozprowadzenie komponentu w całej objętości bez powstawania nieakceptowanych posmaków oraz uczucia piaszczystości [Ziarno i in. 2004].

4. Podsumowanie

Dotychczas realizowane prace badawcze pokazują, że istnieją możliwości znacznego zwiększenia zawartości wapnia w produktach z asortymentu serów twarogowych, ale nie do takiego poziomu, aby mogły one konkurować pod względem źródła tego makroelementu z mlekiem spożywczym, fermentowanymi napojami mlecznymi oraz dojrzewającymi serami podpuszczkowymi [Kitlas, Ziarno 2002; Martin, Zullo 1991; Surazyński 1989; Shelef, Ryan 1988; Szpendowski, Kłobukowski, Bohdziewicz 2005; Szpendowski, Kłobukowski, Prokop 2005; Ziarno, Kitlas 2002].

Optymalne z punktu widzenia zawartości białka wydaje się zwiększenie zawartości wapnia w twarogach do poziomu powyżej 400 mg/100 g, natomiast w serkach twarogowych do ok. 250–300 mg/100 g. Wyniki badań dowodzą, że w przypadku twarogów kwasowych wzbogacanie w wapń do zawartości powyżej 300 mg/100 g wiąże się ze znacznym pogorszeniem atrakcyjności sensorycznej produktu [Kitlas, Ziarno 2002]. Bardzo perspektywiczne natomiast może być wzbogacanie w wapń serków ziarnistych poprzez natłuszczenie wzbogaconą w sole wapnia śmietanką, a sposób ten pozwala na zwiększenie zawartości wapnia w produkcie nawet powyżej 250 mg/100 g bez negatywnych zmian cech sensorycznych [Ziarno i in. 2004].

Niekorzystny wpływ nadmiaru białka na gospodarkę wapniową ujawnia się, gdy w diecie spożywamy więcej niż 1 g białka na 20 mg spożytego wapnia. Bez udziału

artykułów mleczarskich pod tym względem zbilansowanie codziennej diety wydaje się niemożliwe, ponieważ w pozostałych grupach produktów żywnościowych bardzo często stosunek wapnia do białka jest jeszcze mniej korzystny niż w przypadku serów twarogowych (np. pieczywo 2–4, wieprzowina 0,7) [Zmarlicki 2006, 2009].

Mając na względzie dużą popularność twarogów i serków twarogowych w warunkach krajowych oraz to, że są to produkty z asortymentu przetworów mleczarskich, zawierające wiele cennych żywieniowo składników, dążenie do zwiększenia w nich zawartości wapnia jest w pełni uzasadnione.

Literatura

- Bednarski W., *Doskonalenie technologii oraz organizacji przetwarzania serwatki w Polsce*, „Przemysł Spożywczy” 2001, nr 2, s. 32–34 i 44.
- Bohdziewicz K., *Twaróg – pierwszy świeży ser świata*, „Przegląd Mleczarski” 2009, nr 2, s. 4–8.
- Bohdziewicz K., Śmietana Z., *Twarogi – teraźniejszość i przyszłość*, „Kalejdoskop Mleczarski” 2007, nr 2, s. 32–35.
- Bolanowski J., Bolanowski M., *Znaczenie wapnia i witaminy D w profilaktyce i leczeniu osteoporozy*, „Advances in Clinical and Experimental Medicine” 2005, vol. 14, no. 5, s. 1057–1062.
- Brzozowska A. (red.), *Składniki mineralne w żywieniu człowieka*, Wydawnictwo Akademii Rolniczej w Poznaniu, Poznań 2002.
- Dobrzańska A., Tymolewska-Niebuda B., Lesińska K., *Rola żywienia w zapobieganiu osteoporozie*, „Nowa Medycyna” 2000, nr 12, s. 60–62.
- Górska-Warszewicz H., *Rozwój rynku produktów mleczarskich*, „Przemysł Spożywczy” 2005, nr 10, s. 20–23.
- Górska-Warszewicz H., *Marki na rynku serków twardych i do smarowania*, „Przegląd Mleczarski” 2007, nr 8, s. 36–37.
- Guéguen L., Pointillart A., *The bioavailability of dietary calcium*, „Journal of the American College of Nutrition” 2000, vol. 19, no. 2, s. 119S–136S.
- Holanowski A., *Twarogi i serki twarogowe*, Wydawnictwo Spółdzielcze, Warszawa 1986.
- Jabłoński E., *Mleko i jego przetwory niezastąpionym źródłem wapnia w racjonalnym żywieniu*, „Przegląd Mleczarski” 2001, nr 2, s. 62–64.
- Jacqmain M., Doucet E., Despres J.P., Bouchard C., Tremblay A., *Calcium intake, body composition, and lipoprotein-lipid concentrations in adults*, „The American Journal of Clinical Nutrition” 2003, vol. 77, no. 6, s. 1448–1452.
- Jakubczyk E., Skarżyńska M., *Wapń w mleku i produktach mlecznych*, „Nowa Medycyna” 1997, nr 9, s. 25–28.
- Kitlas M., Ziarno M., *Próba wzbogacenia serów twarogowych w wapń*, „Żywność. Nauka. Technologia. Jakość” 2002, nr 3 (32) Supl., s. 79–88.
- Kłobukowski J., Cichon R., *Wartość odżywcza wybranych produktów mleczarskich. Część I: Wartość odżywcza twarogów*, „Przemysł Spożywczy” 1999, nr 12, s. 26–29.
- Kłobukowski J., Cichon R., *Wartość odżywcza wybranych produktów mleczarskich. Część II: Wartość odżywcza serków twarogowych homogenizowanych i innych serów twarogowych niedojrzewających*, „Przemysł Spożywczy” 2000, nr 3, s. 40–41 i 56.
- Kolanowski W., *Twaróg. Od śniadania, po desery*, „Przegląd Gastronomiczny” 2003, nr 10, s. 22–23.
- Kozikowski W., Przybyłowicz K., *Wartość żywieniowa składników mleka krowiego*, „Przegląd Mleczarski” 1994, nr 10, s. 256–261.

- Krejpcio Z., Czarnocińska J., Kolanko M., Gawęcki J., Wójciak R.W., Filipowski P., Wiśniewska J., *Ocena bioprzywajalności wapnia z soli mleczanowej w warunkach jego zróżnicowanej podaży z diety*, „Żywnienie Człowieka i Metabolizm” 2000, nr 2, s. 184–193.
- Kressel G., Wolters M., Hahn A., *Bioavailability and solubility of different calcium-salts as a basis for calcium enrichment of beverages*, „Food and Nutrition Sciences” 2010, vol. 1, no. 2, s. 53–58.
- Krześniak J., Rutkowska U., *Współczesne poglądy na wzbogacanie produktów spożywczych w wapń*, „Żywnienie Człowieka i Metabolizm” 1995, nr 2, s. 192–203.
- Kunachowicz H., Nadolna I., Wojtasik A., Przygoda B., Iwanow K., *Liczmy wapń w diecie*, Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 2007.
- Kusiuk A., Grembecka M., Szefer P., *Wzajemne relacje stężeń Ca i P w serach źródłem prawidłowo zbilansowanej diety*, „Bromatologia i Chemia Toksykologiczna” 2009, nr 3, s. 798–802.
- Lorenc R.S., Karczmarewicz E., *Znaczenie wapnia i witaminy D w optymalizacji masy kostnej oraz zapobieganiu i leczeniu osteoporozy u dzieci*, „Pediatria Współczesna. Gastroenterologia, Hepatologia i Żywnienie Dziecka” 2001, nr 3 (2), s. 105–109.
- Lorenc R.S., Kłocińska K., *Rola wapnia w etiopatogenezie i profilaktyce osteoporozy*, „Kosmos” 1997, nr 4 (237), s. 549–554.
- Martin J.H., Zullo P.A., *Methods for increasing calcium in cottage cheese*, „Cultured Dairy Products Journal” 1991, vol. 26, no. 3, s. 11–18.
- Obrusiewicz T., *Technologia mleczarstwa*, cz. 2, Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa 1995.
- Oziemkowski P., Caris-Sokolińska D., *Kwas mlekowy w wybranych technologiach mleczarskich*, „Przegląd Mleczarski” 1994, nr 11, s. 276–279.
- Seremak-Bulge J., *Przetwórstwo mleka*, [w:] *Rynek mleka: stan i perspektywy* nr 41, IERiGŻ – PIB, Warszawa 2011, s. 10–12.
- Shelef L.A., Ryan R.J., *Calcium supplementation of cottage cheese*, „Journal of Dairy Science” 1988, vol. 71, no. 10, s. 2618–2621.
- Siemianowski K., Szpendowski J., Bohdziewicz K., *Postęp w produkcji twarogów kwasowych*, „Przegląd Mleczarski” 2011, nr 11, s. 4–12.
- Smoleński Z., Zdziarska T., *Przetwórstwo mleka*, [w:] *Rynek mleka: stan i perspektywy* nr 37, IERiGŻ – PIB, Warszawa 2009, s. 9–11.
- Surazyński A., *Poziom wapnia w serach twarogowych w zależności od metody produkcji*, materiały XX Sesji Naukowej PAN w Krakowie, 1989, s. 50.
- Szpendowski J., Kłobukowski J., Bohdziewicz K., *Charakterystyka serków twarogowych o podwyższonej wartości odżywczej*, „Folia Universitatis Agriculturae Stetinensis, Scientia Alimentaria” 2005, nr 246 (4), s. 279–288.
- Szpendowski J., Kłobukowski J., Prokop E., *Wpływ dodatku chlorku wapnia i ogrzewania mleka na skład chemiczny serów twarogowych*, „Żywność. Nauka. Technologia. Jakość” 2005, nr 3 (44), s. 36–45.
- Szpendowski J., Śmietana Z., Płodzień T., Lewandowski K., Owczarzak A., Buczma E., *Technologia serów twarogowych o podwyższonej wartości odżywczej*, „Przegląd Mleczarski” 2007, nr 1, s. 4–9.
- Śmietana Z., Derengiewicz W., Jankowski A., Wojdyński T., *Nowa technika i technologia produkcji twarogów*, „Przegląd Mleczarski” 1998, nr 9, s. 210–214.
- Śmietana Z., Szpendowski J., Bohdziewicz K., Świigoń J., *Ogólne zasady produkcji twarogu i serków twarogowych. Część I: Metoda tradycyjna*, „Przegląd Mleczarski” 1994a, nr 1, s. 7–9.
- Śmietana Z., Szpendowski J., Bohdziewicz K., Świigoń J., *Ogólne zasady produkcji twarogu i serków twarogowych. Część II: Ze wszystkich białek mleka*, „Przegląd Mleczarski” 1994b, nr 2, s. 41–43.
- Śmigiel-Papińska D., *Znaczenie prawidłowego żywienia dzieci i młodzieży ze środowisk zagrożonych ekologicznie w aspekcie profilaktyki osteoporozy*, „Medycyna Rodzinna” 2002, nr 1, s. 42–44.
- Świątlik K., *Spożycie mleka i jego przetworów*, [w:] *Rynek mleka: stan i perspektywy* nr 41, IERiGŻ – PIB, Warszawa 2011, s. 13–15.

- Wolf R.L., Cauley J.A., Baker C.E., Ferrell R.E., Charon M., Caggiola A.W., *Factors associated with calcium absorption efficiency in pre-and perimenopausal women*, „The American Journal of Clinical Nutrition” 2000, vol. 72, no. 2, s. 466–471.
- Wong N.P., la Croix D.E., Mattingly W.A., Vestal J.H., Alford J.A., *The effect of manufacturing variables on the mineral content of cottage cheese*, „Journal of Dairy Science” 1976, vol. 59, no. 1, s. 41–44.
- Zemel M.B., *Role of calcium and dairy products in energy partitioning and weight management*, „The American Journal of Clinical Nutrition” 2004, vol. 79, no. 5, s. 907S–912S.
- Ziajka S. (red.), *Mleczarstwo – zagadnienia wybrane*, t. 2, Wydawnictwo Akademii Rolniczo-Technicznej w Olsztynie, Olsztyn 1997.
- Ziajka S. (red.), *Mleczarstwo*, t. 1, Wydawnictwo Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie, Olsztyn 2008.
- Ziarno M., *Możliwości zastosowania mleczanu wapnia do wzbogacania serów typu cottage w wapń*, „Przegląd Mleczarski” 2009, nr 8, s. 4–8.
- Ziarno M., Kitlas M., *Badania nad wzbogacaniem serów twarogowych w wapń z użyciem chlorku wapnia*, „Przegląd Mleczarski” 2002, nr 7, s. 323–325.
- Ziarno M., Nowak A., Pluta A., *Możliwości zastosowania soli wapniowych do wzbogacania cottage cheese w wapń*, „Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria” 2004, nr 3 (1), s. 103–112.
- Ziemlański Ś., *Wartość żywieniowo-biologiczna mleka i jego przetworów*, „Przemysł Spożywczy” 1996, nr 4, s. 5–6.
- Ziemlański Ś. (red.), *Normy żywienia człowieka, Fizjologiczne podstawy*, Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 2001.
- Zmarlicki S., *Zdrowotne aspekty mleka i przetworów mlecznych*, „Zdrowie Publiczne” 2006, nr 116 (1), s. 142–146.
- Zmarlicki S., *Mleko i przetwory mleczne jako źródło wapnia*, „Przemysł Spożywczy” 2009, nr 10, s. 42–46.
- Żelazna K., Popielarska A., *Mleko i produkty mleczarskie w żywieniu człowieka*, „Przemysł Spożywczy” 2003, nr 10, s. 26–31.

POSSIBILITIES OF TVAROG CHEESES ENRICHMENT WITH CALCIUM IN THE LIGHT OF HITHERTO EXISTING RESEARCH

Summary: Calcium is an element essential for regular functioning of the human body. Its best source are dairy products, including consumer milk, dairy fermented beverages and ripening cheeses. However, during tvarog cheeses production, approximately 80% of the calcium contained in milk are lost with whey. Both milk enrichment with calcium salts following pasteurisation and enrichment directly to the curd produce tvarog cheeses with acceptable sensory properties and content below 300 mg Ca/100 g. Cottage cheeses can also be enriched with calcium by the use of calcium-enriched cream. Although the analysed methods offer a significant enrichment in calcium, none of them can yet produce tvarog cheeses that can become a calcium source comparable to ripening cheeses.

Keywords: tvarog cheeses, calcium, enrichment.