

KRZYSZTOF GODULA, IZABELA DMYTRÓW,
ANNA MITUNIEWICZ-MAŁEK, ELŻBIETA MULA WKA

STABILNOŚĆ PRZECHOWALNICZA TWAROGÓW TRADYCYJNYCH I BEZLAKTOZOWYCH

Streszczenie

Zaobserwowane trendy żywieniowe oraz brak wystarczających informacji w literaturze przedmiotu odnoszących się do stabilności przechowalniczej produktów bezlaktozowych były inspiracją do podjęcia badań dotyczących stabilności przechowalniczej bezlaktozowego sera twarogowego kwasowego. Celem pracy była ocena wybranych cech jakościowych serów twarogowych kwasowych: tradycyjnego i bezlaktozowego, zakupionych w handlu detalicznym na terenie Szczecina i przechowywanych w warunkach chłodniczych (5 ± 1 °C) bez dostępu światła przez 21 dni. W pracy założono, że twarogi pochodzące od tego samego producenta: tradycyjny (zawierający laktozę) oraz bez laktozy będą charakteryzowały się odmiennymi wybranymi cechami jakościowymi w czasie chłodniczego przechowywania. Analizowano cechy fizykochemiczne, reologiczne i sensoryczne serów bezpośrednio po zakupie oraz podczas chłodniczego przechowywania. W serach oznaczono: kwasowość czynną i miareczkową, zawartość wody i tłuszczu, aktywność wody, synerżę serwatki, twardość oraz przeprowadzono ocenę sensoryczną. Badane sery twarogowe charakteryzowały się odpowiednią stabilnością przechowalniczą w ciągu 21 dni przechowywania w temp. 5 ± 1 °C. Czas przechowywania wpłynął istotnie na zmiany kwasowości, twardości, synerży serwatki i zawartości wody serów twarogowych kwasowych. Stwierdzono statystycznie istotny przyrost wymienionych wskaźników. Sery twarogowe kwasowe charakteryzowały się stabilną zawartością tłuszczu oraz stabilną aktywnością wody w całym cyklu badawczym. Twaróg bezlaktozowy odznaczał się większą kwasowością miareczkową i większą twardością oraz korzystniejszymi cechami sensorycznymi.

Słowa kluczowe: twaróg kwasowy, twaróg bezlaktozowy, wyróżniki fizykochemiczne, ocena sensoryczna

Wprowadzenie

Mleko jest źródłem wielu składników odżywczych, m.in. laktozy. Z powodu wrodzonego braku lub niedoboru laktazy część konsumentów przejawia nietolerancję

Mgr inż. K. Godula, dr hab. inż. I. Dmytrów, dr hab. inż. A. Mituniewicz-Malek, mgr inż. E. Mulawka, Zakład Technologii Mleczarskiej i Przechowalnictwa Żywności, Wydz. Nauk o Żywności i Rybactwa, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, ul. Papieża Pawła VI 3, 71-459 Szczecin. Kontakt: krzysztof.godula@zut.edu.pl

swoistego cukru mlekowego. Zjawisko hipolaktazji dotyczy ok. 70 % dorosłej populacji świata (ok. 4 mld osób) i jest najczęstszym niedoborem enzymatycznym spotykanym u ludzi [18]. Dla takich konsumentów, którzy mimo upośledzonego trawienia nie chcą rezygnować z przetworów mleczarskich, opracowano technologię produkcji wyrobów pozbawionych laktozy, wśród których wymienić można mleko, jogurty, czy też twarogi. Bednarski i wsp. [3] podają, że produkcję mleka bezlaktozowego rozpoczęto w Polsce ponad trzydzieści lat temu. Obecnie skład produktów niezawierających laktozy regulowany jest prawem unijnym, które określa dozwoloną jej zawartość [24, 27].

Trendy żywieniowe oraz brak wystarczających informacji w literaturze przedmiotu odnoszących się do stabilności przechowalniczej tego rodzaju produktów, w tym serów twarogowych: tradycyjnego i bezlaktozowego, były inspiracją do podjęcia badań z tego zakresu. W pracy założono, że twarogi pochodzące od tego samego producenta, tradycyjne (zawierające laktozę) lub bez laktozy w czasie chłodniczego przechowywania będą charakteryzowały się odmiennymi cechami jakościowymi, takimi jak: kwasowość czynna, kwasowość miareczkowa, aktywność wody, synereza, zawartość tłuszczu i wody, twardość oraz cechy sensoryczne.

Celem pracy była ocena wybranych cech jakościowych serów twarogowych: tradycyjnego i bezlaktozowego, przechowywanych w warunkach chłodniczych.

Material i metody badań

Przedmiotem badań były dwa warianty sera twarogowego kwasowego, tj. tradycyjny i bezlaktozowy, pochodzące od jednego producenta, zakupione w handlu detalicznym na terenie Szczecina w lutym 2018 r. Sery twarogowe bezpośrednio po zakupie przetransportowano w warunkach chłodniczych do laboratorium, gdzie poddano je chłodniczemu przechowywaniu (w temp. 5 ± 1 °C) przez 21 dni bez dostępu światła. Próbkę składowano w oryginalnych opakowaniach, którymi były pergamin i folia PA/PE.

Warianty doświadczalne stanowiły:

1. Ser twarogowy kwasowy półtłusty wyprodukowany zgodnie z tradycyjną technologią – oznaczony symbolem T.
2. Ser twarogowy kwasowy półtłusty niezawierający laktozy zgodnie z deklaracją producenta – oznaczony symbolem BL.

Przechowywaniu poddano łącznie 40 próbek serów. Analizy wykonywano w 4 powtórzeniach pięciokrotnie, tj. w dniu zakupu oraz po upływie 3, 7, 14 i 21 dni przechowywania. Fizykochemiczna analiza serów twarogowych obejmowała oznaczenia: aktywność wody za pomocą sondy pomiarowej HygroLab C1 (Rotronic AG, Szwajcaria) – odważano 5 g próbki, oznaczenie prowadzono w temp. 20 ± 1 °C, kwasowość miareczkowa w stopniach Soxhleta-Henkla [°SH] [21], kwasowość czynna (pH) przy użyciu pH-metru CP-411 (Elmetron, Polska) [21] – oznaczenie prowadzono

w emulsji przygotowanej z sera i wody w stosunku 1 : 1 [7], zdolność synerezy serwatki – każdorazowo twaróg ważono w opakowaniu oraz po jego rozpakowaniu. Z opakowania usuwano serwatkę i osuszano je papierowym ręcznikiem. Ilość serwatki ustalano na podstawie różnicy mas, tj. twarogu w opakowaniu, bez opakowania i samego opakowania [7]. Ocenę sensoryczną przeprowadzał przeszkolony zespół składający się z pięciu osób. Oceniano wygląd, smak, zapach i konsystencję napojów w skali 5-punktowej [7]. Dodatkowo trzykrotnie na początku, w środku i na końcu okresu przechowywania, w celu potwierdzenia stałości składu chemicznego, oznaczano w czterech powtórzeniach zawartość tłuszczu metodą butyrometryczną Gerbera [22] oraz zawartość wody metodą techniczną [21]. Na podstawie przeglądu literatury [6] w pracy ograniczono się do oznaczenia twardości jako głównego parametru tekstury. Pomiar wykonywano przy użyciu analizatora tekstury TA.XT plus (Stable Micro System, Anglia) z zestawem komputerowym. Próbkę twarogu penetrowano trzpieniem aluminiowym o średnicy 6 mm z szybkością $5 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$ i siłą nacisku 1 G na głębokość 20 mm.

Wyniki analiz fizykochemicznych opracowano statystycznie. Przeprowadzono test na istotność różnic między dwiema wartościami średnimi dla prób niezależnych i zależnych. Do oszacowania różnic między dwiema wartościami średnimi zależnymi i niezależnymi zastosowano testy t-Studenta i Cochran-Coxa przy $p = 0,05$.

Wyniki i dyskusja

Na podstawie wyników uzyskanych podczas 21 dni chłodniczego przechowywania serów twarogowych kwasowych wykazano, że pH wszystkich próbek doświadczalnych mieściło się w zakresie $3,98 \div 4,33$ (tab. 1).

Po porównaniu kwasowości czynnej twarogów kwasowych stwierdzono, że zdecydowanie wyższym pH, już od dnia zakupu, charakteryzował się ser tradycyjny. Analiza wykonana w ostatnim dniu cyklu badawczego potwierdziła statystycznie istotny przyrost pH obu badanych próbek. Wyniki uzyskane podczas pomiaru pH znajdują potwierdzenie w danych literaturowych, zgodnie z którymi pH twarogów osiąga wartości zbliżone do punktu izoelektrycznego kazeiny, czyli $4,4 \div 4,6$. Jak podaje Dmytrów [7], kwasowość czynna twarogów zawierająca się w tym przedziale dowodzi poprawności procesu ukwaszania mleka do momentu, gdy zewnętrzny ładunek elektryczny miceli wynosi zero i tworzy się żel kazeinowy o odpowiedniej zwężłości. Niektórzy autorzy podają jednak, że składowanie twarogów w warunkach chłodniczych wiąże się z obniżeniem ich pH. Spostrzeżenia takie poczynili m.in. Pluta i wsp. [20], którzy analizowali wpływ systemu pakowania na jakość twarogu. Zaobserwowali niewielkie zmniejszenie kwasowości czynnej, które według nich zależało od systemu wytwarzania tego sera. Na tej podstawie można przypuszczać, że to właśnie różnice

Tabela 1. Wybrane cechy jakościowe serów twarogowych kwasowych

Table 1. Selected quality characteristics of acid curd cheeses (tvarogs)

Cecha Feature	T					BL				
	Czas przechowywania [dni] / Storage period [days]									
	1	3	7	14	21	1	3	7	14	21
pH	4,17 ^b ± 0,10	4,33 ^d ± 0,03	4,18 ^f ± 0,15	4,17 ^h ± 0,15	4,33 ⁱ ± 0,1	3,98 ^a ± 0,12	4,03 ^c ± 0,10	4,00 ^e ± 0,13	3,98 ^g ± 0,12	4,11 ⁱ ± 0,04
Kwasowość miareczkowa Titratable acidity [°SH]	68,00 ^a ± 1,25	72,50 ^c ± 1,00	73,00 ^e ± 0,50	72,25 ^g ± 0,75	72,00 ⁱ ± 1,5	73,75 ^b ± 0,60	78,25 ^d ± 1,4	75,50 ^f ± 0,6	73,00 ^h ± 0,80	75,50 ^j ± 0,25
Synereza serwatki Syneresis whey [%]	0,30 ^b ± 0,05	0,15 ^d ± 0,05	0,22 ^e ± 0,05	0,21 ^h ± 0,05	0,21 ⁱ ± 0,05	0,20 ^a ± 0,10	0,11 ^c ± 0,10	0,29 ^f ± 0,10	0,17 ^g ± 0,10	0,01 ⁱ ± 0,10
Zawartość tłuszczu Fat content [%]	3,25 ± 0,06	-	3,25 ± 0,06	-	3,13 ± 0,02	3,70 ± 0,02	-	3,00 ± 0,00	-	3,00 ± 0,00
Zawartość wody Water content [%]	72,92 ± 0,14	-	75,74 ± 0,60	-	76,30 ± 0,19	70,60 ± 0,25	-	77,76 ± 0,18	-	75,52 ± 0,30
Aktywność wody Water activity	0,95 ± 0,00	0,95 ± 0,00	0,95 ± 0,00	0,95 ± 0,00	0,95 ± 0,00	0,98 ± 0,00	0,98 ± 0,00	0,98 ± 0,00	0,98 ± 0,00	0,98 ± 0,00
Twardość Hardness [N]	2,05 ^a ± 0,25	1,89 ^c ± 0,15	2,19 ^f ± 0,30	1,63 ^g ± 0,15	2,21 ⁱ ± 0,23	2,10 ^b ± 0,18	1,97 ^d ± 0,24	1,94 ^e ± 0,23	1,89 ^h ± 0,14	2,29 ^j ± 0,24
Ocena sensoryczna [pkt] Sensory evaluation [scores]	4,67	4,67	4,67	4,67	4,67	5,00	5,00	5,00	4,33	4,33

Objaśnienia / Explanatory notes:

T – tradycyjny twaróg kwasowy półtłusty / traditional half-fat acid curd cheese; BL – ser twarogowy kwasowy półtłusty niezawierający laktozy / half-fat acid curd cheese without lactose;

a, b, ... – wartości średnie w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ($p < 0,05$) / mean values in rows denoted by different letters differ statistically significantly ($p < 0.05$).

w procesie technologicznym wpłynęły na zróżnicowanie kwasowości czynnej serów twarogowych ocenianych w niniejszej pracy. W badaniach prowadzonych przez Dmytrów [7] dotyczących wybranych czynników technologicznych wpływających na stabilność serów twarogowych kwasowych stwierdzono, że istotnym elementem mogącym mieć wpływ na rozwój kultur starterowych, ograniczenie produkcji kwasu mlekowego, a tym samym na kwasowość czynną, jest środowisko, w którym te przemiany zachodzą. Zawartość wody w serach twarogowych kwasowych przyczynia się do zróżnicowania ich kwasowości, ponieważ w wodzie rozpuszcza się laktoza. Siemianowski i wsp. [23] analizowali wpływ zawartości suchej masy w mleku na skład twarogu kwasowego i zaobserwowali, że wzrost ilości składników suchej masy, a przede wszystkim białka i soli mineralnych, powodował zwiększenie pojemności buforowej, co wiąże się ze spowolnieniem wzrostu kwasowości czynnej. W badaniach własnych zaobserwowano, podobnie jak w pracy wymienionych autorów, mniejszą

kwasowość czynną twarogu bezlaktozowego. Według wymienionych autorów związane jest to z większą zawartością soli mineralnych w składzie produktu. Zgodnie z informacją podaną przez producenta także ser bezlaktozowy analizowany w niniejszej pracy cechował się większą zawartością NaCl niż ser tradycyjny. Sól wpływa także na wiązanie wody przez białka.

Cechą istotnie różnicującą sery doświadczalne była kwasowość miareczkowa [$^{\circ}\text{SH}$] próbek. Wykazano, że istotnie wyższą kwasowością miareczkową od dnia zakupu do końca trwania chłodniczego przechowywania serów charakteryzował się twaróg bezlaktozowy (tab. 1). Według Siemianowskiego i wsp. [23] kwasowość twarogów kwasowych nie powinna przekraczać zakresu $80 \div 100$ $^{\circ}\text{SH}$. Oba warianty próbek doświadczalnych charakteryzowały się niższymi wartościami kwasowości miareczkowej. W literaturze przedmiotu publikowane są informacje zarówno o wzroście, jak i o zmniejszeniu kwasowości miareczkowej w czasie chłodniczego przechowywania serów twarogowych. Dmytrów i wsp. [10] podają, że początkowy wzrost kwasowości twarogów i stopniowe jej obniżanie w trakcie przechowywania związane są z niepełnym zahamowaniem aktywności paciorkowców mlekowych lub też z ich częściowym wymieraniem. Cytowani autorzy twierdzą ponadto, że po trzecim dniu chłodniczego przechowywania twarogów następuje, po wcześniejszym wzroście kwasowości, nagłe jej obniżenie, co tłumaczą peptonizacją kazeiny. Potwierdzeniem tej obserwacji są wyniki przeprowadzonych badań własnych. Zmiany kwasowości serów twarogowych opisywała także Dmytrów [7]. Autorka uważa, że jednymi z najważniejszych czynników wpływających na przemiany kwasowości serów twarogowych kwasowych w pierwszych dniach chłodniczego przechowywania są temperatura i czas, w jakim twarogi ulegają wychłodzeniu. W trzecim tygodniu chłodniczego przechowywania w badaniach własnych zaobserwowano nagły wzrost kwasowości miareczkowej w twarogu bezlaktozowym. Taki wzrost może być spowodowany proteolizą białek oraz powstawaniem zjonizowanych grup [9].

Istotnie większą synerezą w okresie badawczym, poza 7. dniem przechowywania, charakteryzował się twaróg tradycyjny. Największa różnica wycieku serwatki między wartościami początkową i końcową dotyczyła twarogu bezlaktozowego. Ilość serwatki gromadzącej się w opakowaniu analizowanych twarogów zmieniała się dość dynamicznie (tab. 1). Statystycznie potwierdzono istotność zaobserwowanych zmian. Zdaniem Karczewskiej i wsp. [14] pojawianie się serwatki w opakowaniu twarogu może być spowodowane zmianami, jakie zachodzą w układzie koloidalnym twarogu lub samoprasowaniem się masy. Mazur [16] podaje, że obniżenie ciśnienia w czasie pakowania twarogów nasila efekt uwalniania serwatki z przestrzeni międzyziarnowych twarogu. Dmytrów [6] w badaniach na temat wpływu probiotycznych bakterii kwasu mlekowego na stabilność przechowalniczą kwasowych serów twarogowych stwierdziła, że istniejące różnice w synerezie można tłumaczyć specyfiką bakterii znajdujących

się w zakwasie. Przyczyniają się one do różnicy w zakwaszeniu środowiska, rozkładając laktozę na kwas mlekowy. Tym samym przesądzają o kurczeniu się skrzepu kazeinowego i decydują o ilości wydzielonej serwatki. Dzwolak i wsp. [13] uważają, że zakwas ukierunkowuje proces fermentacyjny, co wpływa na szybkość synerezy serwatki z twarogu. Na tej podstawie można przypuszczać, że to właśnie brak laktozy wpłynął na różnice ilości wydzielonej serwatki w ocenianych w niniejszej pracy serach twarogowych.

Większą zawartością tłuszczu, z wyjątkiem pierwszego tygodnia badań, charakteryzował się twaróg tradycyjny (tab. 1). Jednakże w analizie statystycznej nie potwierdzono istotności zaobserwowanych różnic z powodu dużej powtarzalności wyników. Według informacji podanych przez producenta zawartość tłuszczu w badanych twarogach wynosiła 4 %, ale na podstawie analiz przeprowadzonych w dniu zakupu wykazano, że udział tłuszczu w próbkach doświadczalnych odbiegał od deklaracji producenta i wynosił w próbce BL 3,70 %, natomiast w próbce T – 3,25 %.

Wykazano wzrost zawartości wody w obu wariantach próbek doświadczalnych w czasie przechowywania. Wyniósł on w twarogu BL 7 %, natomiast w serze T – prawie 5 %. Zmiana wartości wskaźnika okazała się statystycznie istotna jedynie w przypadku twarogu tradycyjnego. Ostatecznie zawartość wody w twarogu bezlaktozowym wyniosła 75,50 %, a w serze tradycyjnym – 76,30 % (tab. 1). Dmytrów i wsp. [8] podają, że przechowywanie serów twarogowych w temperaturze poniżej 8 °C może powodować zatrzymanie wody w wyniku znacznego zaawansowania procesu fizycznego dojrzewania twarogów. Wymienieni autorzy tłumaczą to pęcznieniem białek i wchłanianiem wody wolnej, co znajduje odzwierciedlenie w strukturze i konsystencji sera, tzn. staje się ona bardziej jednolita i plastyczna. Z badań prowadzonych przez Dmytrów i wsp. [10] na temat fizykochemicznych i sensorycznych cech sera twarogowego kwasowego wyprodukowanego z mleka koziego oraz mieszaniny mleka koziego i krowiego jednoznacznie wynika, że wszystkie analizowane warianty sera cechował przyrost zawartości wody. Mazur [16] przeanalizował zmiany tekstury serów twarogowych kwasowych i dowiódł, że twarogi przechowywane w atmosferze o podwyższonej zawartości azotu cechują się większą zawartością wody w stosunku do serów przechowywanych w atmosferze naturalnej i o obniżonym ciśnieniu. Pluta i wsp. [20] w badaniach dotyczących systemu pakowania wykazali, że bez względu na zastosowaną technikę po trzech tygodniach przechowywania stwierdza się ubytek wody. Zmiany te tłumaczą wyciekaniem serwatki zbierającej się w opakowaniu. Badania własne nie potwierdziły zjawisk zaobserwowanych przez innych autorów. Stwierdzono natomiast wzrost zawartości wody, na który według Dmytrów i wsp. [12] może mieć wpływ również rodzaj materiału opakowaniowego. Opakowania cechują się różną przepuszczalnością pary wodnej, co prowadzi do zmian zawartości wody w produkcie.

Oznaczenie aktywności wody (a_w) przechowywanych chłodniczo twarogów kwasowych potwierdziło stabilizację tego parametru w całym okresie badawczym (tab. 1). Po porównaniu a_w twarogów kwasowych stwierdzono, że zdecydowanie niższą wartością tego wskaźnika, już od dnia zakupu, charakteryzował się ser tradycyjny. Jak podają Bonczar i wsp. [5], a_w w produktach spożywczych świadczy o stopniu związania cząsteczek wody z komponentami żywności. Jest wyznacznikiem dostępności wody dla mikroorganizmów, a tym samym szansy ich rozwoju, co przekłada się na jakość produktów i ich trwałość. Aktywność wody w serach świeżych kształtowana jest przede wszystkim poprzez zawartość wody i soli kuchennej, a także kwasowość [1]. Olchowski i wsp. [19] zwrócili uwagę na większą zawartość soli w produktach z wyższą a_w . Autorzy tłumaczą tę tendencję tym, że dodatek NaCl wpływa na uwodnienie białek mleka. Wyniki badań własnych pozwalają na poparcie zaobserwowanych zależności, ponieważ to właśnie ser z wyższą a_w cechował się większym udziałem soli w składzie deklarowanym przez producenta. Ser bezlaktozowy zawierał bowiem 0,10 g NaCl, natomiast twaróg tradycyjny – 0,05g.

Wykazano statystycznie istotny przyrost twardości obu badanych serów twarogowych kwasowych w czasie ich chłodniczego przechowywania. Największym przyrostem cechowała się próbka twarogu BL – o 9 % w stosunku do wartości początkowej, natomiast w przypadku próbki twarogu T zauważono wzrost o blisko 8 % (tab. 1). Stwierdzony przyrost twardości w obu badanych wariantach twarogów jest zgodny z wynikami innych autorów [4, 8, 29]. Przywołani autorzy tłumaczą to zjawisko krystalizacją tłuszczu, jaka ma miejsce w temperaturze poniżej 8 °C. Mazur [17] dokonał oceny korelacji wyznaczników profilowanej analizy tekstury kwasowych serów twarogowych i dowiódł, że w serach o mniejszej zawartości tłuszczu obserwuje się wyższą ich twardość. W toku przeprowadzonych analiz własnych wykazano, że twaróg bezlaktozowy cechował się mniejszą zawartością tłuszczu i wyższą twardością. Dmytrów i wsp. [11] wykazali, że twardość serów twarogowych jest parametrem uwarunkowanym ich podstawowym składem chemicznym, tj. zawartością białka i suchej masy, czego przykładem jest wzrost twardości serów wraz ze zwiększeniem zawartości białka. Z kolei Mazur [17] zauważył, że wraz ze wzrostem zawartości wody następuje zmniejszenie twardości. W badaniach własnych tendencję taką można zaobserwować w przypadku twarogu bezlaktozowego. Ponadto Dmytrów i wsp. [8] w swoich badaniach potwierdzili związek pomiędzy zawartością wody a twardością. Według Abd El-Salama [2] wraz ze wzrostem jej zawartości następuje zwiększenie twardości sera. Równie istotnym elementem wpływającym na cechy jakościowe twarogu, jak zauważyli Dmytrów i wsp. [9], jest opakowanie. W swoich badaniach odnotowali początkowo zmniejszenie twardości i jej wzrost w końcowym etapie przechowywania. Tłumaczyli to zwiększeniem się zawartości białka oraz równoległym zmniejszeniem zawartości wody. W badaniach własnych również zaobserwowano początkowe

zmniejszenie, a następnie wzrost twardości w ostatnim tygodniu badań, jednak analizy dotyczące zawartości wody przeczą teorii, jakoby ubytek jej ilości wpływał na wzrost twardości. Według Vasbinder i wsp. [28] przyczyną większej twardości twarogów kwasowych jest denaturacja białek serwatkowych i tworzenie ich połączeń z kazeiną, przez co skrzep przejawia małą podatność na synerzę. Z kolei Lucey [15] donosi, że wzrost zawartości kazeiny w mleku przejawia się zwiększeniem twardości i lepkości skrzepu kwasowego.

Niezależnie od obecności laktozy lub jej braku oraz czasu chłodniczego przechowywania badane sery twarogowe każdorazowo wykazywały jednolicie białą barwę. Podczas każdej oceny sensorycznej próbkom twarogu, zarówno BL, jak i T, przyznawano maksymalną liczbę punktów (5) za strukturę i konsystencję, którą opisywano jako „zwartą i bez grudek” (tab. 1). Cechą różnicującą próby doświadczalne był natomiast ich smak i zapach. Zmienność wymienionych wyróżników w czasie przechowywania mogła zależeć od zmian kwasowości i zawartości wody [7]. Śmietana i wsp. [26] podkreślają, że przechowywanie serów twarogowych kwasowych ma wpływ na wzrost intensywności smaku i zapachu kwaśnego. W badaniach własnych potwierdzono tę tendencję. Także Szwedziak i wsp. [25] stwierdzili, że w czasie przechowywania twarogów spośród ocenianych cech sensorycznych zmianie ulegają jedynie ich smak i zapach.

Wnioski

1. Analizowane sery twarogowe charakteryzowały się odpowiednią stabilnością przechowalniczą w ciągu 21 dni przechowywania w temp. 5 ± 1 °C.
2. Czas przechowywania serów twarogowych kwasowych wpływał istotnie na zmiany kwasowości, twardości, synerży serwatki i zawartości wody. Stwierdzono istotny statystycznie przyrost wymienionych wskaźników.
3. Analiza statystyczna nie pozwoliła na oszacowanie różnic a_w i zawartości tłuszczu między analizowanymi wariantami próbek doświadczalnych.
4. Sery twarogowe kwasowe charakteryzowały się stabilną zawartością tłuszczu w całym cyklu badawczym.
5. Oznaczenie aktywności wody przechowywanych chłodniczo twarogów kwasowych potwierdziło stabilizację tego parametru w całym okresie badawczym.
6. W czasie przechowywania twaróg tradycyjny cechował się mniejszą kwasowością miareczkową, większym wyciekami serwatki oraz na ogół większą zawartością wody w porównaniu z serem bezlaktozowym.
7. Lepszymi cechami smakowo-zapachowymi w czasie przechowywania charakteryzował się twaróg bezlaktozowy.

Literatura

- [1] Aljewicz M., Cichosz G., Kowalska M.: Aktywność wody – parametr kształtujący jakość serów dojrzewających. *Post. Tech. Przetw. Spoż.*, 2011, 2, 97-101.
- [2] Abd El-Salam B.A.: Effect of milk fat replacement with vegetable oil and/or whey protein concentrate on microstructure, texture and sensory characteristics of fresh soft cheese. *Int. J. Dairy Sci.*, 2015, 10 (3), 117-125.
- [3] Bednarski W., Zander Z., Kordala N.: Charakterystyka technologicznych uwarunkowań zmian cech organoleptycznych mleka bezlaktozowego. *Innowacyjne Mleczarstwo*, 2015, 1 (3), 10-13.
- [4] Bohdziewicz K.: Wpływ transglutaminazy na proces produkcji, wydatek oraz jakość twarogów. *Przegl. Mlecz.*, 2010, 2, 4-7.
- [5] Bonczar G., Wszolek M., Walczycka M., Żebrowska A., Maciejowski K.: Wpływ wybranych czynników na aktywność wody i jakość mikrobiologiczną miękkich serów z mleka owczego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2011, 3 (76), 98-108.
- [6] Dmytrów I.: Wpływ probiotycznych bakterii kwasu mlekowego na stabilność przechowalniczą kwasowych serów twarogowych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2015, 5 (102), 49-60.
- [7] Dmytrów I.: Wybrane czynniki technologiczne jako determinanty jakości sensorycznej i stabilności przechowalniczej serów twarogowych kwasowych. *Rozprawa habilitacyjna*. ZUT, Szczecin 2012.
- [8] Dmytrów I., Kryża K., Dmytrów K.: The effect of starter inoculation type on selected qualitative attributes of acid curd cheeses [tvarogs] stored under cooling conditions. *EJPAU*, 2007, 4 (10), 1-4.
- [9] Dmytrów I., Kryża K., Dmytrów K., Lisiecki S.: Wpływ opakowania na wybrane cechy jakościowe sera twarogowego kwasowego przechowywanego w warunkach chłodniczych. *Żywność Nauka Technologia Jakość*, 2007, 1 (50), 64-76.
- [10] Dmytrów I., Mituniewicz-Malek A., Dmytrów K.: Fizykochemiczne i sensoryczne cechy sera twarogowego kwasowego wyprodukowanego z mleka koziego oraz mieszaniny mleka koziego i krowiego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2010, 2 (69), 46-61.
- [11] Dmytrów I., Mituniewicz-Malek A., Dmytrów K.: Ocena wybranych wyróżników jakości serków twarogowych kwasowo-podpuszczkowych dostępnych w handlu detalicznym. *Chłodnictwo*, 2009, 44, 66-73.
- [12] Dmytrów I., Szczepanik G., Kryża K., Mituniewicz-Malek A., Lisiecki S.: Impact of poly lactic acid packaging on the organoleptic and physicochemical properties of tvarog during storage. *Int. J. Dairy Technol.*, 2011, 4 (64), 569-577.
- [13] Dzwolak I., Przybylski R., Jankowski P., Żuraw J.: Wpływ stosowanego zakwasu roboczego na wydatek sera. *Przegl. Mlecz.*, 2006, 2, 8-10.
- [14] Karczewska D., Pikul J., Pluszka H., Chudy S.: Zmiany wybranych cech fizykochemicznych tradycyjnie pakowanego twarogu w zależności od rodzaju użytego materiału opakowaniowego. *Chłodnictwo*, 2005, 10 (40), 46-51.
- [15] Lucey J.A.: Cultured dairy products: An overview of their gelation and texture properties. *Int. J. Dairy Technol.*, 2004, 2/3 (57), 77-84.
- [16] Mazur J.: Zmiany tekstury w trakcie przechowywania w różnych warunkach serów twarogowych kwasowych otrzymanych metodą tradycyjną. *Inżynieria Rolnicza*, 2009, 13, 99-106.
- [17] Mazur J.: Próba normalizacji metodyki badań profilowej analizy tekstury serów. *Towarzystwo Wydawnictw Naukowych Libropolis*, Lublin 2013.
- [18] Mądry E., Krasieńska B., Walkowiak J.: Hipolaktazja, zespół złego wchłaniania laktozy, nietolerancja laktozy. *Family Medicine and Primary Care Review*, 2011, 2, 334-336.
- [19] Olchowski M.A., Pluta A., Berthold-Pluta A., Wiska J.: Aktywność wody produktów mlecznych. *Cz. II. Przem. Spoż.*, 2012, 4 (66), 12-17.
- [20] Pluta A., Wnuk B., Ziarno M., Berthold A.: Wpływ systemu pakowania twarogu na jego jakość. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2003, 4(37) Supl., 330-340.
- [21] PN-A-86232:1973. Mleko i przetwory mleczne. *Sery. Metody badań*.
- [22] PN-ISO 11870:2016-07. Mleko i przetwory mleczne. *Oznaczanie zawartości tłuszczu. Ogólne wytyczne dotyczące stosowania metod butyrometrycznych*.

- [23] Siemianowski K., Szpendowski J., Bohdziewicz K., Kołakowski P., Pawlikowska K., Żylińska J., Bardowski J.K.: Wpływ zawartości suchej masy w mleku na skład oraz cechy sensoryczne twarogu kwasowego. *Folia Pomeranae Universitatis Technologiae Stetinensis. Agricultura, Alimentaria, Piscaria et Zootechnica*, 2013, 25, 116-121.
- [24] Skryplonek K., Gomes D., Viegas J., Pereira C., Henriques M.: Lactose-free frozen yogurt: Production and characteristics. *Acta Scientiarum Polonorum, Technologia Alimentaria*, 2017, 2 (16), 171-179.
- [25] Szwedziak K., Polańczyk E., Twardowska E.: Wpływ opakowań na cechy sensoryczne serów twarogowych. *Post. Tech. Przetw. Spoż.*, 2017, 2, 97-99.
- [26] Śmietana Z., Szpendowski J., Bohdziewicz K.: Charakterystyka tradycyjnego "polskiego twarogu" otrzymanego wg własnej nowoczesnej techniki i technologii. *Przeł. Mlecz.*, 2003, 4, 126-129.
- [27] Trani A., Gambacorta G., Loizzo P., Cassone A., Fasciano C., Zambrini A.V., Faccia M.: Comparison of HPLC-RI, LC/MS-MS and enzymatic assays for the analysis of residual lactose in lactose-free milk. *Food Chem.*, 2017, 233, 385-390.
- [28] Vasbinder A.J., Alting A.C., Visschers R.W., Kruif C.G.: Texture of acid milk gels: Formation of disulfide cross-links during acidification. *Int. Dairy J.*, 2003, 1 (13), 29-38.
- [29] Ziółkowski T., Panfil-Kuncewicz H., Staniewska K., Szpendowski J.: Durability of tvarogs produced with modified technology and packed with different methods. *Pol. J. Nat. Sci.*, 2004, 2, 163-170.

STORAGE STABILITY OF TRADITIONAL AND LACTOSE-FREE ACID CURD CHEESE (TVAROG)

S u m m a r y

Nutritional trends and the lack of sufficient information in the reference literature on the storage stability of lactose-free products were the inspiration to start research on the storage stability of a lactose-free acid curd cheese. The objective of the research study was to assess some selected quality characteristics of traditional and lactose-free acid curd cheese (tvarog) purchased in retail stores in Szczecin and stored for 21 days under the refrigeration conditions (5 ± 1 °C) and without light access. For the purpose of the research it was assumed that the traditional (containing lactose) and lactose-free tvarogs from the same manufacturer were characterized by the distinct selected qualitative characteristics during the refrigerated storage. The physicochemical, rheological and sensory characteristics of traditional and lactose-free tvarogs were analyzed immediately after purchase during the 3-week refrigerated storage (5 ± 1 °C). The following was determined in the cheeses: titratable acidity, pH, water and fat content, water activity, whey syneresis and hardness; also the cheeses studied were sensory assessed. The acid curd cheeses were characterized by the adequate storage stability during their storage. The duration of storage period significantly affected changes in the acidity, hardness, whey syneresis and water content. A statistically significant increase of those indicators was found. The acid curd cheeses were characterized by a stable fat content and a stable water activity throughout the research period. The lactose-free tvarog was characterized by a higher titratable acidity and a higher hardness as well as by better sensory characteristics.

Key words: acid curd cheese (tvarog), lactose-free tvarog, physico-chemical characteristics, hardness, sensory evaluation ☒