


Izabela Dmytrów



**Wybrane czynniki technologiczne  
jako determinanty jakości  
sensorycznej i stabilności  
przechowalniczej serów  
twarogowych kwasowych**

Szczecin 2012





148 360

W  
148781

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

Izabela Dmytrów

**Wybrane czynniki technologiczne  
jako determinanty jakości sensorycznej  
i stabilności przechowalniczej  
serów twarogowych kwasowych**

Szczecin 2012



Recenzenci  
JOANNA BARŁOWSKA  
GRAŻYNA CICHOSZ

W. 148360

Opracowanie redakcyjne  
Katarzyna Mitan

WYDANO ZA ZGODĄ  
REKTORA ZACHODNIOPOMORSKIEGO UNIwersYTETU TECHNOLOGICZNEGO W SZCZECINIE

ISBN 978-83-7663-131-8

WYDAWNICTWO UCZELNIANE ZACHODNIOPOMORSKIEGO UNIwersYTETU TECHNOLOGICZNEGO W SZCZECINIE  
70-311 Szczecin, al. Piastów 50, tel. 91 449 47 60, e-mail: wydawnictwo@zut.edu.pl  
Druk: PPH „Zapól” Dmochowski, Sobczyk, Sp.j., 71-062 Szczecin, al. Piastów 42, tel. 91 434 10 21  
e-mail: zarzad@zapol.com.pl

D. 0258 / 1020

# Spis treści

Wstęp .....	7
1. Zagadnienia w świetle literatury .....	11
2. Cel i zakres pracy .....	29
3. Materiał i metody badań .....	31
3.1. Materiał .....	31
3.1.1. Wpływ sezonowych zmian w składzie mleka na jakość sensoryczną i właściwości fizykochemiczne kwasowych serów twarogowych .....	31
3.1.2. Wpływ kraju pochodzenia krów na jakość sensoryczną i właściwości fizykochemiczne kwasowych serów twarogowych .....	32
3.1.3. Wpływ kultury starterowej na jakość sensoryczną i właściwości fizykochemiczne kwasowych serów twarogowych .....	33
3.1.4. Wpływ szczepów probiotycznych na jakość sensoryczną i właściwości fizykochemiczne kwasowych serów twarogowych .....	36
3.1.5. Wpływ dodatku mikrobiologicznej transglutaminazy (mTGazy) na jakość sensoryczną i właściwości fizykochemiczne kwasowych serów twarogowych .....	37
3.1.6. Wpływ folii opakowaniowej na jakość sensoryczną i właściwości fizykochemiczne kwasowych serów twarogowych .....	40
3.2. Metody badań .....	44
3.2.1. Analiza fizykochemiczna .....	44
3.2.2. Analiza mikrobiologiczna .....	45
3.2.3. Ocena sensoryczna .....	46
3.2.4. Metody statystyczne .....	47
4. Wyniki badań .....	49
4.1. Wpływ sezonowych zmian w składzie mleka na jakość sensoryczną i właściwości fizykochemiczne kwasowych serów twarogowych .....	49
4.1.1. Zawartość wody .....	49
4.1.2. Zawartość tłuszczu .....	50
4.1.3. Kwasowość miareczkowa .....	51
4.1.4. Kwasowość czynna (pH) .....	52
4.1.5. Twardość .....	53
4.1.6. Synereza serwatki .....	55
4.1.7. Ocena sensoryczna .....	56
4.2. Wpływ kraju pochodzenia krów na jakość sensoryczną i właściwości fizykochemiczne kwasowych serów twarogowych .....	58
4.2.1. Zawartość wody .....	58
4.2.2. Zawartość tłuszczu .....	60



4.2.3. Kwasowość miareczkowa .....	61
4.2.4. Kwasowość czynna (pH) .....	62
4.2.5. Twardość .....	62
4.2.6. Synereza serwatki .....	63
4.2.7. Ocena sensoryczna .....	64
4.3. Wpływ kultury starterowej na jakość sensoryczną i właściwości fizykochemiczne kwasowych serów twarogowych .....	64
4.3.1. Zawartość wody .....	64
4.3.2. Zawartość tłuszczu .....	65
4.3.3. Kwasowość miareczkowa .....	66
4.3.4. Kwasowość czynna (pH) .....	67
4.3.5. Twardość .....	68
4.3.6. Synereza serwatki .....	69
4.3.7. Ocena sensoryczna .....	70
4.4. Wpływ kultur probiotycznych na jakość sensoryczną i właściwości fizykochemiczne kwasowych serów twarogowych .....	71
4.4.1. Zawartość wody .....	71
4.4.2. Zawartość tłuszczu .....	73
4.4.3. Kwasowość miareczkowa .....	73
4.4.4. Kwasowość czynna (pH) .....	74
4.4.5. Twardość .....	75
4.4.6. Synereza serwatki .....	77
4.4.7. Ocena mikrobiologiczna zakwasów, mleka przerobowego oraz twarogów .....	77
4.4.8. Ocena sensoryczna .....	80
4.5. Wpływ dodatku mikrobiologicznej transglutaminazy na jakość sensoryczną i właściwości fizykochemiczne kwasowych serów twarogowych .....	80
4.5.1. Zawartość wody .....	80
4.5.2. Zawartość tłuszczu .....	82
4.5.3. Kwasowość miareczkowa .....	83
4.5.4. Kwasowość czynna (pH) .....	84
4.5.5. Twardość .....	85
4.5.6. Synereza serwatki .....	85
4.5.7. Ocena sensoryczna .....	86
4.6. Wpływ folii opakowaniowej na jakość sensoryczną i właściwości fizykochemiczne kwasowych serów twarogowych .....	87
4.6.1. Zawartość wody .....	87
4.6.2. Zawartość tłuszczu .....	88
4.6.3. Kwasowość miareczkowa .....	89
4.6.4. Kwasowość czynna (pH) .....	89
4.6.5. Twardość .....	90
4.6.6. Synereza serwatki .....	91
4.6.7. Ocena sensoryczna .....	92



5. Dyskusja .....	93
6. Wnioski .....	109
Piśmiennictwo .....	111
Summary .....	127
Zusammenfassung .....	129

narodowa „owca”, oddaje zarówno naturę, jak i błądę rozumienia w danym kraju. Stanowi symbol nędzy, a nawet doświadczenie „kary” i smutku wiele nędzących. Pierwsze informacje o spożywaniu sera pochodzą z nieznanych nam źródeł, powstających około roku 3000 p.n.e., w których wspominano o przyprawach z serem z gatunków serów twardych. Kiedy rzeczywiście zaczęto wytwarzać ser? Nie wiemy, ale tylko domyślając. Najbardziej prawdopodobną hipotezą jest, że miało miejsce około 2500 p.n.e., kiedy to po udowodnieniu owiecz i kóz zwiększono udział w diecie zwierząt koczowniczo-rolniczych. Z powodu zapalenia jelit, spowodowanego spożyciem srogi i mleka krowiego pojawiły się dwa lub trzy tygodnie później choroby, o których wzmiankę robił Hippokrates (2009). Pierwsze informacje o serze z owczego mleka pochodzi z Grecji (Kawitzi, Kaniukis, a także z Tybetu i Chin). Pierwszymi serami z owczego mleka krowiego w historycznych tekstach były kazeinowy i kazeinowy wyrobek z mleka chłopskiego. Według przytoczonego w tym miejscu planu już w V wieku p.n.e. nawiązano do serów, które były przetwarzane w cieple. Wówczas wymieszano je z tłuszczem, aby uzyskać wyrobki, takie jak sery twardych lub wyrobki z tożsamością, które w rzeczywistości były wyrobkami, które można również odnieść do serów Ajachosów, Hipsosów, Kapsosów, Fokosów, Kapsosów i Ajachosów, co potwierdza podobieństwo serów do serów, które są przetwarzane w cieple (Białkowicz / Jabłka, 2008). O warogu już nie wspomnieliśmy, ponieważ jest to ser, który określa się mianem „owczego” (Białkowicz, 2009).

Początek produkcji wyrobów z owczego mleka w Polsce datuje się na połowę XIX wieku, kiedy to zaczęto je wytwarzać w Karpaczu, gdzie w tym czasie ser wyrobiliwili wędźliwi przyjeźdźcy od Włochów z Dolomity. Tworzył wyrobki w tym czasie w niektórych miejscach. Przemysłowa produkcja serów rozpoczynała pierwszy etap rozwoju, budawan w 1864 roku mieszko Zyber (Białkowicz / Jabłka, 2008).

Wtedy serów podpuszczkowych dostarczanych i przyprawianych, co stanowił jest nadal uważa za głównych kierunków produkcji mleka. Szybko wzrastając, produkcja serów podpuszczkowych w Polsce, zaledwie w latach 20. XX wieku, przetrwała pod względem cech sensorycznych. Ze względu na to, że nie powiodła się produkcja serów dzięki bogactwu technologii produkcji serów, powstała odmiana serów (Gajda, 2010). Serowe z BAO (WHR) (Coxa Serowa 1957) zajął się tym, aby ser wyrobiliwili, aby nie było tak, jak w latach 20. XX wieku, kiedy nie było możliwości, aby wyrobiliwili, w tym czasie, który musiał być powołany, w tym czasie, kiedy nie było możliwości, aby wyrobiliwili, w tym czasie, który musiał być powołany, w tym czasie, kiedy nie było możliwości, aby wyrobiliwili, w tym czasie, który musiał być powołany.

Wzrost i rozwój produkcji serów w Polsce po II wojnie światowej przyczynił się do rozwoju produkcji serów podpuszczkowych, kazeinowych i wyrobionych, lub przyprawionych.



## Wstęp

Ser należy do produktów spożywanych od najdawniejszych czasów. Nierzadko będąc narodową potrawą, oddaje zarówno naturę, jak i historię mieszkańców danego kraju. Stanowi symbol tradycji, a nawet dowód wielowiekowej kultury i dostatku wielu narodów. Pierwsze informacje o spożywaniu sera pochodzą ze starożytnych pism sumeryjskich, powstałych ok. roku 3000 p.n.e., w których wspomina się o znanych wówczas 20 gatunkach serów miękkich. Kiedy rzeczywiście zaczęto wytwarzanie sera, możemy się tylko domyślać. Najbardziej prawdopodobna hipoteza głosi, że stało się to ok. roku 10 000 p.n.e., kiedy to po udomowieniu owiec i kóz zwrócono uwagę na fakt, że kwaśne mleko naturalnie rozdziela się na twaróg i serwatkę. Z powodu znacznie późniejszego udomowienia bydła sery z mleka krowiego pojawiły się dwa lub trzy tysiące lat później niż sery owcze czy kozie (Bohdziewicz, 2009). Pierwsze informacje o serze z mleka krowiego pochodzą od Tatarów, Kirgizów, Kałmuków, a także z Tybetu i Persji. Pasterskie ludy Azji, szukając sposobu konserwacji mleka, udoskonalili metody jego krzepnięcia. Sery otrzymywano na dwa sposoby: podpuszczkowe wyrabiano z mleka słodkiego ścinającego się po dodaniu podpuszczki, o czym pisano już w V wieku p.n.e., natomiast twarogi uzyskiwano przez ogrzanie samoistnie ukwaszonego mleka. Eurypides wymieniał metody uzyskiwania skrzepu mleka z użyciem soku figowego lub wyciągów z żołądków młodych przeżuwaczy i zajęcy. Opisy wyrabiania sera można również odnaleźć w pracach Arystotelesa, Herodota, Hipokratesa, Pliniusza Starożytnego i Ajschylosa, co potwierdza popularność sera jako produktu spożywczego w starożytności (Barańkiewicz i Jabłecka, 2008). O twarogu już na początku naszej ery pisał Tacyt, używając określenia *lac concretum* (Bohdziewicz, 2009).

Początki polskiego serowarstwa sięgają przełomu XIV/XV wieku, a za jego kolebkę uważa się Karpaty, gdzie wytwarzano sery podpuszczkowe według technologii przejętej od Wołochów z Bałkanów. Twarogi wyrabiano w tym okresie na terenach nizinnych. Przemysłową produkcję serów zapoczątkowała pierwsza polska serownia zbudowana w 1854 roku niedaleko Żywca (Barańkiewicz i Jabłecka, 2008).

Wyrób serów podpuszczkowych dojrzewających i niedojrzewających oraz twarogów jest nadal jednym z głównych kierunków przetwórstwa mleka. Stale wzrastające spożycie tego rodzaju produktów wynika z ich wysokiej wartości odżywczej oraz różnorodności pod względem cech sensorycznych. Ze względu na dużą różnorodność gatunków oraz ciągły postęp technologii produkcji trudno jest podać jedną definicję sera (Bylund, 2010). Zgodnie z FAO/WHO (Codex Standard 283-1978:2011) ser jest to produkt dojrzewający lub niedojrzewający, miękki, półtwardy, twardy lub bardzo twardy, który może być powlekany i w którym stosunek białek serwatkowych do kazeiny nie przekracza poziomu takiego jak w mleku, otrzymany przez:

a) pełną lub częściową koagulację białek mleka pełnego, mleka odtłuszczonego, mleka częściowo odtłuszczonego, śmietanki, śmietanki serwatkowej lub maślanki, lub jakiegokolwiek



kombinacji tych surowców; przez działanie podpuszczki lub innych odpowiednich czynników koagulujących i częściowe odczerpanie serwatki będącej rezultatem koagulacji, prowadzące do uzyskania produktu o dużej koncentracji białek mleka (w szczególności części kazeinowej) oraz w konsekwencji zawierającego znacząco więcej białka niż mieszanina surowców, z których był wyprodukowany;

b) procesy technologiczne, obejmujące koagulację białek mleka i/lub produktów otrzymanych z mleka, dające produkt końcowy o podobnych fizycznych, chemicznych i sensorycznych cechach jak zdefiniowany wyżej.

Sery twarogowe stanowią bardzo liczną i różnorodną grupę produktów. Wysokie walory odżywcze i smakowe, a także nieskomplikowany proces produkcyjny sprawiają, że są wytwarzane w większości zakładów przetwórstwa mleka. Produkty te mają swój tradycyjny wizerunek i wbrew potocznym opiniom nie należą do słabszych uczestników rynku. Zasadniczą zaletą twarogów jest także ich stosunkowo niska cena, dlatego też mają największy udział ilościowy w rynku serów niedojrzewających (Szpendowski i in., 2007). W Polsce w przeciętnym gospodarstwie domowym średnio ok. 20% wydatków ponoszonych na mleko i jego przetwory jest związanych z zakupem twarogów i serków twarogowych (Bohdziewicz, 2009). Cechą wspólną niedojrzewających serów twarogowych jest ich otrzymywanie przez odpowiednią obróbkę białek mleka (głównie kazeiny), skoagulowanych metodą kwasową (w wyniku dodatku zakwasu lub odpowiednich kultur starterowych) oraz kwasowo-podpuszczkową (jednoczesne działanie enzymu koagulującego w połączeniu z rozwojem bakterii fermentacji mlekowej) – Bohdziewicz, 2009. Sposób wytrącania białka oraz separacji masy twarogowej różnicuje sery twarogowe pod względem właściwości fizykochemicznych, odżywczych i sensorycznych. Twaróg kwasowy w części białkowej to głównie wolna kazeina, natomiast kwasowo-podpuszczkowy zawiera część skrzepu w postaci kazeiny, a część w postaci parakazeinianu wapnia. W grupie serów kwasowych wyróżnia się krajankę i klinki. Każdy rodzaj twarogu jest klasyfikowany, zależnie od zawartości tłuszczu i wody, na twaróg pełnotłusty, tłusty i chudy. Twaróg pełnotłusty zaliczany do klasy I zawiera do 70% wody oraz  $43\pm 3\%$  tłuszczu w s.m., twaróg tłusty nie więcej niż 70% wody i  $30\pm 3\%$  tłuszczu w s.m., podczas gdy w serze twarogowym kwasowym półtłustym wartości te wynoszą, odpowiednio, nie więcej niż 73% wody oraz  $15\pm 2\%$  tłuszczu w s.m. sera. W przypadku twarogów chudych krajanka zawiera nie więcej niż 75% wody, a klinki do 72%. Zawartości tłuszczu w tych rodzajach sera nie normalizuje się (PN-A-86300:1991).

Kwasowe sery twarogowe w postaci klinków lub krajanki o różnej zawartości tłuszczu, zwane powszechnie „serami białymi”, są popularne głównie w Polsce oraz w regionie centralnej Europy i trudno jest odnaleźć na świecie ich odpowiedniki. Do krajów, w których twaróg ma ugruntowaną i znaczącą pozycję na rynku wyrobów mleczarskich, należą: Rosja (*msopoz*), Białoruś (*msapor*), Litwa (*biovarškė*), Ukraina (*mbopor*), Czechy i Słowacja (*tvaroh*) – Bohdziewicz, 2009.

Stosowana dotychczas klasyczna technologia produkcji twarogów kwasowych do bezpośredniego spożycia składa się zasadniczo z następujących etapów: przygotowania mleka do przerobu, zaprawiania i ukwaszania mleka, obróbki skrzepu, ociekania i prasowania masy twarogowej, formowania, pakowania, chłodzenia i przechowywania gotowego produktu



(Instrukcja Technologiczna CZSM 342/88; Kolanowski, 2001; Śmietana i in., 2003). Prawidłowy przebieg wszystkich operacji technologicznych warunkuje uzyskanie produktu charakteryzującego się normatywnymi wskaźnikami fizykochemicznymi oraz odpowiednimi cechami sensorycznymi.

Jednym z ważniejszych czynników decydujących o cechach twarogów jest rodzaj i jakość smółca stosowanego do ich wytworzenia (Kolanowski, in., 2010). W celu zapewnienia dobrej jakości i poprawnej wydajności procesu wyrobu należy przynajmniej do produkcji serów twarogowych stosować ośmianian wapniowy otrzymany w Rozporządzeniu Komisji (WE) nr 1831/2003 z dnia 2 listopada 2003 roku ustanawiającego szczególne przepisy dotyczące doposażenia żywności pochodzącej ze zwierząt (Dz.Uz. L 261 z 18.11.2003 roku 1-10). Musi być onu jednak czystszy, a także występować w odpowiedniej ilości poszczególnych składników chemicznych. Skład smółca zależy od jego genetycznych właściwości, czynników fitjologicznych oraz środowiskowych (Kolanowski, in., 2010). Wytwarzenie smółki musi podlegać wypracowaniu przynajmniej sześciomiesięcznej, w celu optymalnego doboru surowca do produkcji serów salko typu *Nystr* w celu osiągnięcia wysokiej jakości ostatecznego produktu w tym samym czasie barwienia, warzenia i gotowania (Kolanowski, in., 2010). Ponadto należy w szczególności zwrócić uwagę na odpowiednie wyselekcjonowanie surowca oraz zwiększenie przelicznika węgla w smółce (Kolanowski, in., 2010). Również wagę należy poświęcić na wyselekcjonowanie surowca i kontrolowanie przed wyprodukowaniem smółki, która musi być odpowiednio czystsza, a także posiadać właściwy skład chemiczny i fizyczny (Kolanowski, in., 2010). Wymagania dotyczące smółki zostały określone w rozporządzeniu Komisji (WE) nr 1831/2003 z dnia 2 listopada 2003 roku ustanawiającego szczególne przepisy dotyczące doposażenia żywności pochodzącej ze zwierząt (Dz.Uz. L 261 z 18.11.2003 roku 1-10).

Opisano również, że smółki otrzymane w ten sposób, które nie spełniają wymagań, należy wyeliminować z procesu wytworzenia smółki, a także z procesu wytworzenia twarogów. W tym celu należy wyselekcjonować surowiec, który jest czystszy, a także posiadać właściwy skład chemiczny i fizyczny (Kolanowski, in., 2010). Wymagania dotyczące smółki zostały określone w rozporządzeniu Komisji (WE) nr 1831/2003 z dnia 2 listopada 2003 roku ustanawiającego szczególne przepisy dotyczące doposażenia żywności pochodzącej ze zwierząt (Dz.Uz. L 261 z 18.11.2003 roku 1-10). Wymagania dotyczące smółki zostały określone w rozporządzeniu Komisji (WE) nr 1831/2003 z dnia 2 listopada 2003 roku ustanawiającego szczególne przepisy dotyczące doposażenia żywności pochodzącej ze zwierząt (Dz.Uz. L 261 z 18.11.2003 roku 1-10).



## 1. Zagadnienia w świetle literatury

Jednym z ważniejszych czynników decydujących o cechach twarogów jest rodzaj i jakość surowca stosowanego do ich wytwarzania (Jasińska i in., 2010). W celu zapewnienia dobrej jakości i pożądanej trwałości gotowego wyrobu mleko przeznaczone do produkcji serów twarogowych powinno odpowiadać wymaganiom określonym w Rozporządzeniu Komisji (WE) nr 1662/2006 z dnia 6 listopada 2006 roku ustanawiającym szczególne przepisy dotyczące higieny żywności pochodzenia zwierzęcego (*DzUrz. UE* L 320 z 18.11.2006 roku: 1–10). Musi być ono świeże, czyste, a także wykazywać odpowiedni udział poszczególnych składników chemicznych. Skład mleka zależy od cech genetycznych zwierząt, czynników fizjologicznych oraz środowiskowych (Brodziak i in., 2012). Wszystkie te czynniki mogą pośrednio wpływać na przydatność serowarską mleka. W celu optymalnego doboru surowca do produkcji serów należy kontrolować w nim zawartość wapnia, białka ogólnego, a przede wszystkim udział kazeiny, warunkujących prawidłowe krzepnięcie mleka oraz wydatek sera (Albanell i in., 2003). Ponadto białka są czynnikiem wiążącym wodę, zapobiegającym synergie serwatki oraz zwiększającym stabilność przechowalniczą produktu (Jaworski i Kuncewicz, 2008). Równie ważnym składnikiem suchej masy mleka jest tłuszcz determinujący przede wszystkim uzysk, cechy sensoryczne oraz właściwości reologiczne otrzymanego produktu. Do podstawowych czynników wpływających na skład mleka, a tym samym jakość sera twarogowego należą gatunek oraz rasa zwierząt (Żurkowski i in., 2004; Mioč i in., 2008). W zależności od tych czynników udział poszczególnych składników w mleku krowim różni się znacząco. Dodatkowym, równie istotnym determinantem składu chemicznego mleka jest środowisko hodowlane (Górska i in., 2006; Litwińczuk i in., 2006a, b, c).

Opinie naukowców na temat oddziaływania miejsca bytowania oraz rasy krów na wydajność mleka, a także zawartość tłuszczu i białka są zbieżne. Skrzypek i Szukalski (2006), porównując użytkowość krów rasy czarno-białej importowanych z Holandii i Niemiec oraz krów wyhodowanych w Polsce, wykazali, że bydło z Holandii charakteryzowało się większą wydajnością mleka, tłuszczu i białka w porównaniu z krowami pochodzącymi z Niemiec oraz bydłem wyhodowanym w kraju. Także w badaniach Kuczaja i Blicharskiego (2001) mleko krów czarno-białych importowanych z Holandii do Polski charakteryzowało się największym stosunkiem białka do tłuszczu oraz najmniejszym zróżnicowaniem między zawartością tłuszczu i białka. W dalszych badaniach Kuczaj (2004), analizując wartość użytkową krów rasy czarno-białej importowanych z Holandii i ich rówieśnic ras czarno-białej i czerwono-białej odchowanych w kraju, stwierdził przewagę wydajności mleka pierwiastek krajowych w stosunku do holenderskich. W powyższych badaniach mleko od pierwiastek holenderskich charakteryzowało się jednak znacznie wyższą zawartością tłuszczu i białka. Kamieniecki i in. (2008) wykazali, że pierwiastki importowane z Holandii cechowały się zdecydowanie większą mlecznością oraz zawartością tłuszczu i białka w mleku w porównaniu z krowami pochodzącymi ze Szwecji. W innych badaniach dotyczących tego zagadnienia Skrzypek i in. (2006)



stwierdzili, że import krów rasy duńskiej holsztyńskiej jest uzasadniony tylko wtedy, gdy zwierzętom zostaną zapewnione optymalne warunki środowiskowe. Także według Pilarczyk i in. (2004) na produktywność importowanych zwierząt istotny wpływ ma interakcja genotyp–środowisko. Do produkcji serowarskiej wymienieni autorzy polecają mleko krów charakteryzujące się wyższą koncentracją białka i kazeiny oraz korzystniejszym stosunkiem białkowo–tłuszczowym. Także Wedholm i in. (2006) oraz Lindmark-Mansson i in. (2003) twierdzą, że zawartość białka ogólnego i kazeiny w mleku krów wykazuje zmienność zależną od miejsca bytowania, co wpływa na wydatek i jakość produktów mlecznych, m.in. sera.

Praktyczne znaczenie w przetwórstwie mleka ma zmienność składu chemicznego surowca w ciągu roku. Jest ona następstwem współdziałania różnych czynników: warunków klimatycznych, sezonowych zmian jakości pasz, sezonowości wycieleń, regionu, a także kalendarza biologicznego (Özrenk i Selcuk Inci, 2008). Lindmark-Mansson i in. (2000, 2003) oraz Barron i in. (2001) podają, iż wydajność procesu oraz jakość uzyskiwanych przetworów mlecznych, w tym twarogu, są uzależnione od zmian zawartości poszczególnych składników w mleku, co ma bezpośredni związek z porą roku i warunkami klimatycznymi. Także Żywica i in. (2008) potwierdzają, że sezonowe wahania w zawartości podstawowych składników mleka, głównie kazeiny oraz tłuszczu, wywierają wpływ na jakość oraz wydatek kwasowych serów twarogowych. Puchajda i Sztejn (2008) podają, że mleko przerobowe pozyskane jesienią charakteryzuje się najwyższą zawartością białka w ciągu całego roku, a zwiększony udział kazeiny wpływa na poprawę zwięzłości skrzepu i zmniejszenie stopnia jego rozpylenia. To z kolei pozwala na uzyskanie wyższej zawartości wody w produkcie gotowym oraz poprawia wydajność produkcji. Wysoka koncentracja micel kazeinowych w mleku umożliwia bowiem tworzenie się struktury przestrzennej skrzepu kwasowego o korzystnych właściwościach reologicznych, w której stopień zatrzymania fazy wodnej jest wyższy. Konsekwencją niskiej zawartości kazeiny w mleku jest natomiast tworzenie się zbyt delikatnego skrzepu, który w czasie mechanicznego krojenia oraz osuszania łatwiej ulega rozpyleniu i nie jest w pełni wykorzystany w produkcie, a przechodząc do serwatki, pogarsza jej jakość (Żywica i in., 2008). Jak już wcześniej wspomniano, na cechy wytworzonego sera twarogowego, oprócz zawartości białka, wpływa także frakcja tłuszczowa mleka, której udział zmienia się wraz z sezonem (Barłowska, 2007). Jak podają Żywica i in. (2008), mleko z okresu żywienia oborowego (zimą) zawiera więcej tłuszczu niż to z okresu żywienia pastwiskowego (latem). Mimo że proces normalizacji standaryzuje zawartość tłuszczu w mleku przerobowym na żądanym poziomie, to wiadomo, że stopień wiązania tłuszczu w skrzepie twarogowym zależy nie tylko od zawartości tłuszczu w mleku, ale również od stopnia jego rozproszenia i wielkości kuleczek tłuszczowych. Dyspersja tłuszczu mlekowego w pewnym stopniu ulega zmianom w ciągu roku, co wpływa na stopień jego retencji w twarogu.

Wielu autorów twierdzi (White i in., 2001; Barłowska, 2007; Choroszy i in., 2007; Croissant i in., 2007; Brodziak i in., 2012), że o produktywności krów oraz jakości pozyskanego mleka decyduje głównie żywienie, które jednak w znacznej mierze jest związane z sezonem produkcji. Lyatuu i Eastridge (2003) donoszą, że zmiany w składzie mleka są bardziej zależne od paszy niż przykładowo predyspozycji genetycznych bydła. Niemniej jednak to pora roku ma znaczący wpływ na sposób żywienia krów. Jasińska i in. (2011) podają, że



najważniejszym czynnikiem pozagenetycznym oddziałującym na wydajność, skład i jakość mleka jest środowisko hodowlane, którego najistotniejszym elementem jest żywienie. Odżywianie modyfikuje głównie koncentrację tłuszczu i białka, przy czym najbardziej wrażliwa na zmiany w diecie jest zawartość tłuszczu. Istotne zmniejszenie wydajności i niekorzystne zmiany w składzie mleka obserwuje się szczególnie w okresach przechodzenia z systemu żywienia oborowego na pastwiskowe i na odwrót. Specyfika trawienia przeżuwaczy wymaga bowiem stosowania jednorodnego żywienia i każda gwałtowna zmiana pasz skutkuje natychmiastową obniżką produktywności (Puchajda i Szteyn, 2008).

Obecnie możliwe jest opracowanie paszy charakteryzującej się odpowiednią wartością odżywczą zgodną z potrzebami zwierząt. Od kilkunastu lat w Polsce jest wprowadzany w praktyce system żywienia krów TMR (z ang. *Total Mixed Ration*) – Wawrzyńczak i in. 2000; Cichocki i in., 2007. Główną jego zaletą jest ujednoczenie zadawanej paszy, która stanowi kompletną dawkę pokarmową dla krów. Równomierna podaż składników pokarmowych w dawce zapewnia równowagę przebiegu procesów trawiennych i stabilizuje pH treści żwacza (Kowalski i Kamiński, 2000; Wawrzyńczak i in., 2000). Umożliwia to uzyskanie wydajności mleka zgodnej z potencjałem genetycznym krowy (Kowalski, 2001). Odpowiednia podaż w dawce składników odżywczych, zgodna z potrzebami pokarmowymi krowy, pozwala również na efektywną konwersję komponentów paszy w składniki mleka (Kowalski i Kamiński, 2000; Krzyżewski i in., 2001; Minakowski, 2006; Januś i Borkowska, 2007). Taki sposób żywienia zwierząt sprzyja równocześnie większemu pobieraniu suchej masy (Szarkowski i in., 2009). TMR gwarantuje karmienie zwierząt paszą o takim samym składzie przez cały rok. W razie potrzeby proporcje składników są tak zmieniane, aby zapewnić właściwą podaż substancji odżywczych dla krów w poszczególnych grupach technologicznych (Kraszewski i in., 2005). Januś (2009) oraz Podkówka i Podkówka (2004) uważają, że ze względu na fizjologię trawienia TMR jest optymalnym sposobem żywienia krów wysokomlecznych. White i in. (2001) stwierdzili u krów rasy holsztyńskiej żywionych TMR podwyższenie dziennej produkcji mleka oraz zwiększenie w nim zawartości tłuszczu i laktozy w porównaniu z krowami korzystającymi z pastwiska. Natomiast w przypadku krów rasy jersey ci sami autorzy zaobserwowali wyższą wydajność dobową mleka od zwierząt żywionych zieloną pastwiskową. Badania wykonane przez Reklewską i in. (2003) na krowach pochodzących z trzech stad zróżnicowanych pod względem intensywności karmienia (intensywne, półintensywne, ekstensywne) wykazały, że optymalnym składem charakteryzowało się mleko pozyskiwane od krów żywionych systemem TMR. Natomiast Barłowska (2007) stwierdziła, że krowy rasy simentalskiej żywione systemem TMR produkowały więcej mleka o wyższej zawartości suchej masy, białka i laktozy. Z kolei mleko krów tej samej rasy, ale żywionych w sposób tradycyjny zawierało więcej tłuszczu.

Według źródeł literaturowych na skład mleka oddziałuje również temperatura otoczenia oraz stosunek światła do ciemności (Molik i in., 2011). Potwierdzono, że istnieje odwrotnie proporcjonalna zależność między temperaturą, w jakiej przebywa krowa, a zawartością tłuszczu w mleku przerobowym (Yetismeyen, 2000). Także Gantner i in. (2011) wykazali istotny spadek mleczności oraz zawartości tłuszczu i białka w mleku wraz ze wzrostem temperatury otoczenia. Podobnie uważają Broucek i in. (2007), według których warunki



temperaturowe panujące latem stanowią czynnik stresogenny u bydła, co objawia się spadkiem produktywności. Sevi i in. (2001) stwierdzili, że wysokie temperatury otoczenia niekorzystnie oddziałują na wydajność mleka, ale również na właściwości serów przez wydłużenie czasu krzepnięcia i zmniejszenie zwięzłości skrzepu. Równie ważnym czynnikiem co temperatura decydującym o składzie i wydajności mleka są, według Molik i in. (2011), zmiany w długości trwania dnia i nocy. W rzeczywistości wysoki stosunek światła do ciemności prowadzi do zmniejszenia zawartości tłuszczu i białka w mleku, prawdopodobnie na skutek zwiększonego wydzielania prolaktyny, której stężenie w osoczu jest wyższe w lecie niż w zimie. Jak podają Lujerdean i in. (2007), na podstawie analizy składu chemicznego mleka przerobowego można przewidzieć jego przydatność serowarską w zależności od sezonu.

Wbrew temu, że w Polsce w dalszym ciągu twarogi w przeważającej części są produkowane głównie z mleka krowiego, to wzrastające pogłowie kóz, moda na ekologię, agroturystykę i żywność o cechach prozdrowotnych zwiększają zainteresowanie mlekiem kozim oraz jego przetworami. Kwasowe sery twarogowe znakomicie oddają smak mleka koziego i są równie cenne pod względem wartości odżywczej jak samo mleko (Dmytrów i in., 2010b). W krajach o długiej tradycji serowarskiej i wysokiej „kulturze sera” niemal całe mleko kozie jest przeznaczane do produkcji serów, które z reguły wytwarzają sami hodowcy lub spółdzielnie przez nich utworzone (Dubeuf i in., 2004; Thomann i in., 2008). Mimo stale zwiększającego się asortymentu przetworów z mleka koziego różnorodność rodzajów sera produkowanych z tego mleka jest znacznie mniejsza w porównaniu z mnogością gatunków serów z mleka krowiego. W Polsce największą popularnością wśród produktów z mleka koziego (mierzoną jako odsetek osób spożywających dany produkt) cieszą się sery, w tym sery twarogowe, następnie mleko spożywcze, jogurty, kefir i inne rodzaje mleka fermentowanego.

W ciągu ostatnich lat zmieniły się opinie na temat różnic w składzie chemicznym mleka koziego i krowiego i nadal wśród naukowców nie ma pełnej zgodności w tej kwestii. Przykładowo Pieniak-Lendzion i Niedziółka (2004) donoszą, że mleko kozie pod względem składu jakościowego jest zbliżone do mleka krowiego, a zasadnicza różnica polega na proporcjach między składnikami i postaci, w jakiej występują. Przeciwnego zdania jest Haenlein (2001), który podaje, że mleko kozie charakteryzuje się większą zawartością suchej masy, białka, tłuszczu oraz mikro- i makroelementów. Jednakże, gdy zawartość poszczególnych składników jest wyrażana w odniesieniu do suchej masy, to różnice te właściwie zanikają. Jak podają Ceballos i in. (2009), podstawowy skład chemiczny obu rodzajów mleka jest zbliżony, z pewnymi różnicami, w mniejszym lub większym stopniu zależnymi od zdolności produkcyjnych zwierząt. Autorzy ci podkreślają, że nawet gdy zawartość podstawowych składników chemicznych podaje się w stosunku do suchej masy, to mleko kozie nadal przewyższa pod tym względem mleko krowie, zwłaszcza w odniesieniu do tłuszczu i składników mineralnych. Park (2006) twierdzi, że mleko kozie zawiera nieco mniej kazeiny, a więcej białek serwatkowych. Przeciwnego zdania są Ceballos i in. (2009), którzy podają, że oba rodzaje mleka są zbliżone pod względem zawartości kazeiny ogółem, a różnice występują w składzie micel kazeinowych. W mleku krowim obserwuje się większy udział kazeiny- $\alpha_{S1}$ ,



natomiast mleko kozie zawiera zdecydowanie więcej kazeiny- $\beta$ . Według Parka i in. (2007) w mleku kóz stwierdza się wyższy (54,8%) niż w mleku krowim (36%) udział kazeiny- $\beta$  w związkach azotowych ogółem. Również zawartość kazeiny- $\kappa$  jest wyższa w mleku kozim i mieści się w przedziale 15–29%, podczas gdy średnia zawartość tej frakcji w mleku krowim wynosi 14% azotu ogółem. Ponadto kazeina- $as_2$  występuje w ilościach zmiennych, co wiąże się ściśle z cechami osobniczymi. W literaturze tematu podkreśla się, że na obecność oraz poziom syntezy poszczególnych frakcji kazeiny wpływa polimorfizm genetyczny białek mleka koziego (Albenzio i in., 2012). Oddziaływanie polimorfizmu na skład kazeiny w mleku kóz jest, jak przypuszcza Haenlein (2004), zdecydowanie silniejsze niż w mleku krowim. Podobnie jak w przypadku kazeiny, także opinie na temat składu ilościowego białek serwatkowych w mleku kozim w porównaniu z ich zawartością w mleku krowim są niejednoznaczne. Wszótek (2005) oraz Ziarno i Truskowska (2005) twierdzą, że w białkach serwatkowych mleka koziego jest więcej laktoalbuminy- $\alpha$ , a stosunek zawartości tego białka do laktoglobuliny- $\beta$  okazuje się wyższy niż w mleku krowim i wynosi średnio 0,6 (przy wahanach od 0,33 do 1,0). W mleku krowim ta proporcja ma wartość stałą. Ponadto udział laktoglobuliny- $\beta$  jest w mleku kozim dwukrotnie mniejszy niż w mleku krowim (Ziarno i Truskowska, 2005). Przeciwnie uważają Danków i Pikul (2011), którzy donoszą, że zawartość laktoglobuliny- $\beta$  jest podobna w obu rodzajach mleka, natomiast mleko kóz zawiera prawie dwukrotnie więcej laktoalbuminy- $\alpha$ .

Serowarskie właściwości mleka koziego znacznie różnią się od właściwości mleka krowiego, a wiedza na temat ich wpływu na procesy technologiczne nie zawsze jest wystarczająca, co sprawia, że przetwórstwo w profesjonalnych zakładach mleczarskich napotyka wiele trudności. Medina i Nuñez (2004) podają, że z mleka koziego wyrabia się głównie sery niedojrzewające oraz sery miękkie. Jest to spowodowane przede wszystkim słabymi właściwościami mechanicznymi skrzepu z mleka koziego, który jest na ogół zbyt miękki, aby oprzeć się siłom stosowanym podczas wyrobu serów półtwardych i twardych. Jak podają Fekadu i in. (2005), różnice we właściwościach serowarskich mleka różnych gatunków zwierząt hodowlanych wynikają ze zróżnicowanej zawartości białka oraz odmiennej struktury i składu micel kazeinowych w poszczególnych rodzajach mleka. Także Barłowska i in. (2011a) uważają, że przydatność technologiczną mleka determinuje głównie zawartość białka, szczególnie kazeiny. Podkreślają, że różnice między mlekiem kozim i krowim są spowodowane nie tylko odmienną zawartością białka, ale także różnicami w rozmiarach micel kazeinowych. Jak podają Bornaz i in. (2009), w mleku krowim występują micidele kazeinowe o mniejszej średnicy niż w mleku kozim (odpowiednio, 150 i 260 nm). Czas tworzenia skrzepu zależy od wielkości micel kazeinowych, a najlepszej jakości sery otrzymuje się z mleka zawierającego micidele o małych i średnich rozmiarach. Mleko kozie wykazuje dłuższy czas hydrolizy niż mleko krowie, dlatego skrzep otrzymany z niego jest słabszy i podatniejszy na rozerwanie. Przyczynia się to do zmniejszonego wydatku w porównaniu z serem otrzymanym z tej samej ilości mleka krowiego (Park i in., 2007). Medina i Nuñez (2004) donoszą, że poza mniejszą zawartością kazeiny w mleku kozim w porównaniu z mlekiem krowim, głównym czynnikiem odpowiedzialnym za ograniczenia technologiczne w przetwórstwie mleka koziego jest skład kazeiny. Jak już wcześniej wspomniano, mleko kozie zawiera mniej kazeiny- $\alpha_{s1}$



i więcej kazeiny- $\beta$  niż mleko krów. Wyrób sera z mleka o niskiej zawartości frakcji  $\alpha_{S1}$  prowadzi do otrzymania delikatniejszego skrzepu i mniejszego wydatku w porównaniu z mlekiem z dużą zawartością kazeiny- $\alpha_{S1}$  (Thomann i in., 2008). Jak podają Clark i Sherbon (2000), podatność na koagulację jest zależna od składu chemicznego mleka, a wyższa zawartość białka i tłuszczu przyczynia się do uzyskania bardziej związłego skrzepu i zwiększenia wydajności produkcji. Na przydatność technologiczną mleka wpływa również stopień rozdrobnienia kuleczek tłuszczowych. Dyspersja tłuszczu warunkuje teksturę, aromat i właściwości fizykochemiczne serów (Barłowska i in., 2011a, b). Twarogi o lepszych cechach jakościowych otrzymuje się z mleka z dominującym udziałem małych kuleczek tłuszczowych.

Skład mleka koziego ma także bezpośredni wpływ na jego podatność na ukwaszenie (Masle i Morgan, 2001). Wzrost kwasowości jest na ogół szybszy w mleku kozim, co można tłumaczyć niższą pojemnością buforową i wyższą zawartością związków azotowych niebiałkowych (Szczepanik i Libudzisz, 2001; Raynal-Ljutovac i in., 2005). Ponadto mleko kozie charakteryzuje się niższą zawartością cytrynianów niż mleko krowie, co skutkuje mniejszą koncentracją substancji aromatyzujących w produktach fermentowanych. Specyficzne właściwości mleka koziego oraz ich zmienność, uzależniona od wielu determinantów, powodują trudności w uzyskaniu produktów o ujednoliconych, powtarzalnych cechach jakościowych (Antunac i in., 2001).

Podstawą przemysłowej produkcji kwasowych serów twarogowych jest proces kwasowej koagulacji kazeiny zachodzący w wyniku ukierunkowanej fermentacji pod wpływem bakterii fermentacji mlekowej (LAB, z ang. *Lactic Acid Bacteria*) dodawanych do mleka w postaci kultur starterowych lub zakwasu (Żywica i in., 2008). Fermentacja laktozy powoduje cofanie się dysocjacji grup kwasowych micel kazeinowych. Po osiągnięciu pH 4,6 (temperatura 20°C) ilość zdysocjowanych grup kwasowych i zasadowych w micelach kazeiny jest jednakowa (punkt izoelektryczny), a zewnętrzny ładunek elektryczny miceli jest równy zeru. Jednocześnie większość jonów wapniowych tworzących mostki wapniowe w kazeinie oddysocjowuje i przechodzi do fazy wodnej. W wyniku rozluźnienia wewnątrzmicelarnych wiązań następują zmiany geometryczne micel, co ułatwia im wzajemny kontakt i asocjację. W efekcie powstaje żel kazeinowy o uporządkowanej strukturze sieciowej zamykający w wolnych przestrzeniach wszystkie pozostałe składniki mleka (Jaworski i Kuncewicz, 2008).

Proces fermentacji jest najistotniejszym etapem produkcji serów twarogowych, gdyż uzyskanie prawidłowego skrzepu decyduje o przebiegu dalszych zabiegów technologicznych. Właściwe krzepnięcie mleka jest uzależnione od czynników związanych z jakością surowca, technologią wyrobu oraz jakością surowców pomocniczych, m.in. aktywnością kultur starterowych. Oddziaływanie tych czynników na cechy gotowego produktu jest złożone i różnorodne. Dodatek LAB ukierunkowuje proces ukwaszania mleka przez fermentację laktozy, przyczynia się do wytwarzania substancji aromatyzujących, a także wpływa na tempo synezy oraz decyduje o cechach wytworzonego skrzepu (Usajewicz, 2008). Zastosowanie kultur starterowych pozwala na ustalenie na odpowiednim poziomie proporcji między szczepami bakteryjnymi wprowadzanymi z zakwasem a tzw. mikroflorą towarzyszącą pozostającą w mleku po obróbce termicznej (Dzwolak i in., 2006). Celem stosowania kultur starterowych jest nie tylko zapoczątkowanie i zapewnienie odpowiedniej dynamiki fermentacji mlekowej,



ale także kształtowanie normatywnych cech fizykochemicznych oraz sensorycznych produktu gotowego. Dlatego też LAB, wprowadzane do mleka przerobowego w postaci zakwasów bądź koncentratów bakterii, powinny gwarantować możliwie najkrótszy czas zapoczątkowania ukwaszania, stabilność cech biochemicznych, szybkie opanowanie środowiska, dominację nad mikroflorą resztkową oraz odpowiednią dynamikę fermentacji mlekowej (Ziarno, 2007). Charakter zachodzących przemian zależy od składu mikrobiologicznego zastosowanych kultur starterowych oraz parametrów technologicznych procesu. W skład szczepionki może wchodzić jeden, kilka lub kilkanaście szczepów bakterii. Do ich komponowania wykorzystuje się mikroorganizmy o odpowiednich właściwościach biochemicznych: niewykazujące wobec siebie antagonizmu, wyróżniające się pod względem zdolności do kształtowania pożądanych cech sensorycznych gotowego produktu, a przede wszystkim charakteryzujące się wysoką aktywnością fermentacyjną i odpornością na bakteriofagi (Reps i Kornacki, 2008). Jak podaje Vielfältig (2003), nowoczesnym kulturom starterowym są stawiane kompleksowe wymagania, które mogą być zdefiniowane następująco: właściwe i dające się łatwo sterować obniżenie pH, hamowanie mikroflory konkurencyjnej, szybkie wykształcenie pożądanej konsystencji, mniejsza intensywność smaku kwaśnego oraz wytwarzanie czystego, wyraźnego profilu smakowego.

Bezwzględny warunkiem uzyskania sera wysokiej jakości jest zastosowanie surowca o stabilnej i możliwie najlepszej jakości mikrobiologicznej oraz wysoka aktywność biochemiczna kultur starterowych zależna od wielu czynników związanych z metabolizmem bakterii, a także procesem technologicznym. Aktywność biochemiczna kultur starterowych jest zależna od ich formy oraz składu szczepowego, co wpływa na czas zapoczątkowania ukwaszania i dynamikę fermentacji mlekowej. Różnice w szybkości wzrostu bakterii mogą w stosunkowo krótkim czasie prowadzić do istotnych zmian jakościowych w składzie szczepionki, a w konsekwencji do zaburzeń procesu produkcyjnego (Reps i Kornacki, 2008). Nie należy także bagatelizować wymagań odżywczych poszczególnych szczepów bakteryjnych oraz ich uzdolnień metabolicznych, np. zdolności fermentacji cytrynianów. Zakwasy stosowane w przetwórstwie mleka krowiego z reguły nie mogą, z powyższych względów, być wykorzystane w produkcji przetworów z mleka koziego. Dlatego, aby uzyskać produkt wysokiej jakości, należy dobierać zakwasy o odpowiednim składzie i aktywności biochemicznej (Ziarno i Truskowska, 2005).

W produkcji twarogów stosuje się mezofilne kultury paciorkowców składające się ze szczepów *Lactococcus lactis* ssp. *lactis*, *Lactococcus lactis* ssp. *cremoris*, *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* var. *diacetyllactis* i/lub *Leuconostoc mesenteroides* ssp. *cremoris* (Usajewicz, 2008). Z punktu widzenia klasyfikacji taksonomicznej bakterie mezofilne wchodzące w skład szczepionek używanych do produkcji twarogów można podzielić na trzy grupy:

- a) paciorkowce kwaszące *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* i *Lactococcus lactis* ssp. *cremoris* odpowiedzialne głównie za wytwarzanie kwasu mlekowego;
- b) paciorkowce kwasząco-aromatyzujące *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* var. *diacetyllactis*;





c) bakterie aromatyzujące o słabych uzdolnieniach do fermentacji laktozy – *Leuconostoc mesenteroides* ssp. *cremoris* lub *Leuconostoc mesenteroides* ssp. *dextranicum* (Babu-chowski i in., 2001).

Według klasyfikacji technologicznej do produkcji kwasowych serów twarogowych można stosować zakwasy:

a) typu L – zawiera wyłącznie *Leuconostoc mesenteroides* ssp. *cremoris* wytwarzający acetoinę w ilości ok.  $80 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  i ok.  $5\text{--}6 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  mleka diacetylu;

b) typu D – w jego skład wchodzi wyłącznie *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* var. *diacetylactis* produkujący acetoinę w ilości ok.  $500 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  i ok.  $5\text{--}6 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  mleka diacetylu;

c) typu DL – zawiera zarówno szczepy *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* var. *diacetylactis*, jak i *Leuconostoc mesenteroides* ssp. *cremoris*, charakteryzujące się takim samym stężeniem wytworzonej acetoiny i diacetylu jak w typie D.

Istnieje możliwość stosowania oprócz tradycyjnych kultur starterowych także bakterii z rodzaju *Propionibacterium*. Ich rozwój wzbogaca produkt w cenną witaminę B<sub>12</sub>, a także przez wytwarzanie kwasu propionowego ogranicza rozwój grzybów w całej masie i na powierzchni twarogów, tym samym przedłuża ich trwałość i przydatność do spożycia (Babu-chowski i in., 2001). Niezależnie od tego obserwuje się także tendencję do wzbogacania szczepionek twarogowych w probiotyczne bakterie kolonizujące przewód pokarmowy, szczepy aromatyzujące modyfikujące cechy sensoryczne oraz mikroorganizmy o zwiększonych uzdolnieniach do syntezy polisacharydów poprawiających cechy reologiczne.

Prawdziwym wyzwaniem technologicznym staje się wprowadzenie do produktu oraz utrzymanie odpowiednio wysokiej liczebności bakterii probiotycznych. Badania prowadzone dotychczas dotyczą głównie doboru odpowiednich szczepów bakterii jelitowych, a także zachowania właściwości probiotycznych produktu aż do momentu zakończenia okresu przydatności do spożycia (Da Cruz i wsp., 2009; Kilić i wsp., 2009). Istnieje wiele opracowań naukowych na temat mlecznych produktów wzbogaconych w szczepy probiotyczne, tj. mleko fermentowane (Phillips i in., 2006), sery twarogowe kwasowo-podpuszczkowe (Heller, 2001), sery podpuszczkowe (Boylston i in., 2004; Kasimoğlu i in., 2004; Bergamini i in., 2005, 2006; Buriti i in., 2005a i b; Maruyama i in., 2006), sery z mleka koziego (Awaisheh, 2011), a także desery mrożone (Alamprese i in., 2002; Başıyigit i in., 2006). Liczba tych prac pozwala stwierdzić, że produkty mleczarskie są dość popularnym „nośnikiem” kultur probiotycznych. Wśród nich sery podpuszczkowe dojrzewające zostały przez niektórych naukowców wytypowane jako najlepsze źródło bakterii probiotycznych w diecie człowieka, ponieważ wyższe pH, pojemność buforowa, większa zawartość tłuszczu oraz zwięzła matryca sera mogą skutecznie chronić probiotyki podczas przechowywania żywności i jej pasażu przez organizm ludzki (Kailasapathy i Chin, 2000; Vinderola i in., 2002; Ong i in., 2006; Calvo i in., 2007). Potwierdzenie tej teorii odnajdujemy w pracach Rossa i in. (2002, 2005), Bergaminiego i in. (2005) oraz Sharpa i in. (2008), którzy stwierdzili, że sery w porównaniu z mlekiem fermentowanym zapewniają większą przeżywalność bakterii probiotycznych w przewodzie pokarmowym człowieka. Oczywiście, nie bez znaczenia dla utrzymania właściwości probiotycznych jest rodzaj produktu, w tym przypadku sera, parametry procesu technologicznego, rodzaj kultur starterowych itd. (Kilić i in., 2009).



Coraz częściej uważa się, że zastępując odpowiednią liczbę tradycyjnych kultur startowych kulturami probiotycznymi, można spodziewać się pozytywnego wpływu otrzymanego produktu na zdrowie konsumentów (Mattila-Sandholm i in., 2002; Leroy i De Vuyst, 2004). Jednakże zamiana taka nie może zostać dokonana arbitralnie, gdyż zastosowane szczepy o udowodnionych właściwościach probiotycznych muszą zagwarantować skuteczną fermentację laktozy, obniżenie potencjału oksydoredukcyjnego oraz pH mleka, tworzenie odpowiednio zwięzłego skrzepu, produkcję substancji przeciwbakteryjnych, a także aromatotwórczych (Milanović i Carić, 2000). Odpowiednie zestawienie LAB z kulturami probiotycznymi pozwala na wytworzenie produktów o pożądanym cechach sensorycznych z zachowaniem wysokiej wartości odżywczej i prozdrowotnej. Jednakże interakcje mikrobiologiczne, zarówno pozytywne (protokooperacje), jak i negatywne (antagonizm), pomiędzy tymi kulturami mogą powodować niepożądane zmiany w składzie mikroflory podczas wyrobu i chłodniczego składowania mlecznych produktów fermentowanych (Vinderola i in., 2002). W przypadku LAB stosowanych jako typowe startery okazało się, że niektóre kultury w połączeniu z innymi działały hamująco, pobudzająco lub neutralnie na produkcję kwasu mlekowego. Nawet w przypadku połączenia *Streptococcus thermophilus* i *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* o działaniu symbiotycznym uważa się, że nie wszystkie szczepy są kompatybilne, a ich jednoczesne wprowadzenie do produktu może skutkować zaburzeniem fermentacji (Vinderola i in., 2000a i b; 2002).

Szczególne miejsce w grupie produktów testowanych, jako potencjalne źródło probiotyków, zajmują sery i serki twarogowe, tj. quarg (Djurić i in., 2007), ricotta (Milanović i in., 2000), cottage cheese (Obando i in., 2010), petit-suisse (Cardarelli i in., 2008) czy też typowo polskie kwasowe sery twarogowe. Djurić i in. (2007) wyprodukowali quarg z mleka o zróżnicowanej zawartości tłuszczu, stosując mieszaninę klasycznej kultury twarogowej (CHN-22) oraz probiotycznych kultur starterowych typu ABT (Acidophilus-Bifidus-Thermophilus) – DVS-Probio-Tec™ ABT-1, DVS-Probio-Tec™ ABT-2 – w stosunku 1:1 i 1:3. Testowane inoculum zawierało szczepy: *L. acidophilus* LA 5, *Bifidobacterium* BB 12 i *Streptococcus thermophilus*. Na podstawie przeprowadzonych analiz potwierdzono, że pomimo stosowanej w czasie produkcji obróbki cieplnej, ser quarg niewątpliwie może być „nośnikiem” żywych kultur probiotycznych. Co więcej, w badaniach tych wykazano, że kultura starterowa ABT-1 zapewnia najwyższy poziom wykorzystania tłuszczu, laktozy i fosforu z mleka częściowo odtłuszczonego. Kultura ABT-2 była mniej skuteczna, ale w połączeniu z tradycyjnymi starterami i zastosowana do zaszczepienia mleka pełnego, może prowadzić do uzyskania produktu o w pełni akceptowalnej jakości sensorycznej. Araújo i in. (2009), badając przeżywalność *Lactobacillus delbrueckii* w serze twarogowym typu cottage cheese w całym okresie przydatności do spożycia, stwierdzili liczbę bakterii probiotycznych rzędu  $10^8$  j.t.k.  $\cdot$  g<sup>-1</sup>, czyli powyżej zalecanego dla żywności probiotycznej. O możliwości stosowania bakterii probiotycznych w technologii produkcji sera twarogowego kwasowo-podpuszczkowego petit-suisse donoszą Cardarelli i in. (2008). W wyniku przeprowadzonych przez nich badań stwierdzono, że tego rodzaju sery, dodatkowo wzbogacone w mieszaninę prebiotyków, są doskonałym medium dla *L. acidophilus* i *B. animalis* ssp. *lactis*.



Informacje na temat technologii produkcji oraz stabilności przechowalniczej kwasowych serów twarogowych wzbogaconych w szczepy probiotyczne są dość ograniczone. Zastosowanie probiotyków w produkcji twarogu może być dużym wyzwaniem ze względu na wrażliwość tych bakterii na zakwaszenie oraz obecność tlenu. Ważną rolę odgrywają także możliwe interakcje z innymi mikroorganizmami oraz dostępność składników odżywczych w produktach. Należy podkreślić, że nie wszystkie szczepy probiotyczne są zdolne do przeżycia w warunkach panujących podczas wyrobu i przechowywania kwasowego sera twarogowego (Krajewska-Kamińska i in., 2007). Ponadto mogą one negatywnie wpływać na jakość sensoryczną i trwałość produktu. Opracowanie technologii produkcji kwasowych serów twarogowych o potencjalnych właściwościach probiotycznych wymaga zatem poznania czynników wpływających na wzrost szczepów probiotycznych i na tej podstawie dostosowania parametrów procesu w celu zoptymalizowania warunków koniecznych do ich przeżycia. Przykładowo jednym z głównych ograniczeń wprowadzenia szczepów *Bifidobacterium* sp. do produktów mlecznych są pH produktu oraz warunki aerobowe produkcji (Mattila-Standholm i in., 2002; Boylston i in., 2004). W praktyce większość szczepów tego rodzaju jest wrażliwa na pH poniżej 4,6. W związku z tym kwasowość czynna w produkcie końcowym musi być utrzymywana powyżej tej wartości. Jednakże optymizmem napawa fakt, że wiele szczepów LAB, zwyczajowo stosowanych do wytwarzania serów, przyspiesza wzrost i przeżywalność *Bifidobacterium* sp., modyfikując pH, dostarczając stymulatorów i inhibitorów wzrostu, a także regulując koncentrację tlenu w serze. Wykazano, że wybrane szczepy *S. thermophilus*, charakteryzujące się wysokimi zdolnościami zużycia tlenu, zwiększają żywotność bifidobakterii. Leroy i De Vuyst (2004) oraz Milanović i in. (2004) twierdzą, że ściśle zaprogramowane i kontrolowane włączanie do zakwasu probiotyków wpływa pozytywnie na skład, cechy sensoryczne i reologiczne sera.

Sery twarogowe wyprodukowane zgodnie z tradycyjną technologią wykazują związłą, umiarkowaną pastowatą, jednak nie mazistą konsystencję. Barwa twarogu powinna być jednolita w całej masie i kształtować się od białej do kremowej lub być charakterystyczna dla użytych dodatków. Wymagane jest, aby struktura i konsystencja kwasowego sera twarogowego była jednolita, zwarta, bez grudek lub lekko ziarnista (Kolanowski, 2000). Wszystkie wymienione cechy w głównej mierze decydują o akceptacji produktu przez konsumenta. W opinii kupującego do najważniejszych wad twarogów należą nietypowy smak lub/i aromat gotowego produktu, nadmierny wpływ serwatki, luźna konsystencja lub nieodpowiednia tekstura. Największą i najbardziej uciążliwą z nich jest nadmierne kruszenie się twarogu (Domagała, 2001a). Teksturę można zdefiniować jako sensoryczne odczucie struktury żywności i sposobu, w jaki ta struktura reaguje na siły na nią działające. Jest ona odczuwana przez zmysły dotyku i kinestezji, a pośrednio przez wzrok i słuch. Tekstura, na równi ze smakiem, wywiera zdecydowany wpływ na jakość i atrakcyjność żywności. Jest odczuwalna przez konsumenta najsilniej w żywności o słabo wyczuwalnym smaku (np. pieczywo, sałata) i w produktach chrupkich (np. rzodkiewki, jabłka, chrupki) – Marzec, 2007. W praktyce kontrola tekstury opiera się na monitorowaniu zawartości składników chemicznych w mleku przerobowym i gotowym produkcie. Tekstura jest także zależna od stopnia interakcji pomiędzy poszczególnymi komponentami (Żbikowski i Żbikowska, 2003).



Strukturalną podstawę właściwości funkcjonalnych wielu produktów spożywczych stanowią białka, a dzięki ich modyfikacjom możliwe jest manipulowanie cechami fizykochemicznymi żywności. Nowoczesne technologie umożliwiają wpływanie na teksturę produktów przez kontrolowanie stopnia denaturacji i interakcji białek, jak również poziomu i aktywności soli mineralnych, np. wapnia biorącego udział w tworzeniu wiązań poprzecznych (Żbikowski i Żbikowska, 2003). W celu poprawy tekstury wyrobów mleczarskich, w tym także serów twarogowych, coraz częściej podczas ich produkcji stosuje się pewne zabiegi technologiczne oraz substancje pomocnicze, które spełniają wiele istotnych funkcji. Najbardziej wpływają one na kształtowanie się swoistych cech reologicznych i sensorycznych. Bardzo często przedłużają też przydatność produktu do spożycia, co w efekcie powoduje znaczną poprawę jakości gotowego produktu. Użycie dodatków w wielu przypadkach stało się niezbędne w związku z procesem modernizacji przemysłu mleczarskiego i wprowadzeniem wysokowydajnych linii technologicznych w produkcji przetworów mlecznych. Częste mieszanie skrzepu, pompowanie przez przewody i chłodzenie w przepływie to przyczyny zniszczenia struktury skrzepu, a w konsekwencji obniżenia lepkości i pogorszenia się konsystencji. Aby zapobiec niepożądanym zmianom wywołanym przez kolejne etapy procesu technologicznego oraz poprawić jakość gotowego produktu, stosuje się różnego rodzaju dodatki funkcjonalne, np. hydrokoloidy. Należy tu wymienić przede wszystkim preparaty skrobi modyfikowanej, żelatynę i alginiany (Pijanowski i in., 2004) wykorzystywane w technologii homogenizowanych serków twarogowych otrzymanyh ze skrzepu kwasowo-podpuszczkowego.

Oprócz stosowania dodatków o charakterze funkcjonalnym, często określanym jako wspomagające, których zadaniem jest kształtowanie podstawowych cech gotowego produktu, a zwłaszcza poprawa warunków ekonomicznych produkcji, w dalszym ciągu trwają poszukiwania takich nowych technik kształtowania właściwych cech teksturalnych przetworów mleczarskich, które jednocześnie nie będą powodować niekorzystnych zmian ich smaku i zapachu. Do takich technik zaliczamy: modyfikowanie cech funkcjonalnych mleka przerobowego, jak i gotowego produktu przez użycie wysokich ciśnień, odpowiednią obróbkę termiczną mleka prowadzącą do wzrostu stopnia denaturacji białek oraz hydratacji kazeiny, a także modyfikację mleka przerobowego przez zastosowanie enzymów.

W ostatnim czasie w kręgu zainteresowań technologów żywności znalazło się enzymatyczne sieciowanie białek (Gerrard, 2002; Rasiah i in., 2005; Hinz i in., 2007; Lantto i in., 2007). Przeprowadzona w ten sposób transformacja składników żywności ma większe szanse dopuszczenia do stosowania w przemyśle spożywczym niż inne modyfikacje, np. chemiczne lub termiczne, często budzące zastrzeżenia natury żywieniowej. Największe zastosowanie miały dotychczas enzymy proteolityczne wykorzystywane do wytwarzania hydrolizatów białkowych o różnych właściwościach, a także do modyfikowania składu aminokwasowego białek w reakcji plasteinowej. Ostatnio coraz szerszym zainteresowaniem cieszy się transglutaminaza (Schorsch i in., 2000a i b; Vasbinder i in., 2003; Walsh i in., 2003; Yokoyama i in., 2004; Özrenk, 2006; Smiddy i in., 2006; Hiller i Lorenzen, 2009; Wróblewska i in., 2009). Jej stosowanie umożliwia poprawę jakości w różnych obszarach produkcji artykułów spożywczych. Za wykorzystaniem transglutaminazy w przemyśle żywnościowym przemawia



przede wszystkim jej powszechne występowanie w przyrodzie i udział w wielu naturalnych reakcjach fizjologicznych roślin, zwierząt i człowieka (Kołakowski, 2005).

Transglutaminaza (TGaza) (EC 2.3.2.13) jest transferazą katalizującą polimeryzację i sieciowanie białek przez tworzenie kowalencyjnych wiązań wewnątrz- i międzycząsteczkowych, szczególnie między resztą acylową glutaminy wbudowanej w białko lub peptyd z grupą  $\epsilon$ -aminową reszty lizyny, również włączonej w białko lub peptyd. Efektem końcowym są krzyżowe wiązania peptydowe typu  $\epsilon$ -( $\gamma$ -Glu)-Lys, które w zależności od liczebności powiązań, objawiają się mniej lub bardziej silnymi zmianami reologicznymi żywności (Milanović i in., 2007). Akceptorem acylu mogą być również pierwszorzędowe aminy lub woda. W zależności od warunków reakcji sieciowanie białek za pomocą TGazy może objawiać się zwiększeniem lepkości roztworu, powstaniem zolu lub bardzo silnego żelu (Kołakowski, 2003; Jaros i in., 2006; Hinz i in., 2007; Trespalacios i Pla, 2007). Szybkość sieciowania jest ściśle związana z konformacją białka, a tworzenie się wiązań sieciujących zachodzi między podobnymi strukturami białkowymi (Schorsch i in., 2000a i b). Reakcje te prowadzą do zmiany właściwości funkcjonalnych białek roślinnych, jak również zwierzęcych oraz umożliwiają tworzenie produktów o lepszych cechach reologicznych i sensorycznych (Domagała, 2001a). Wyróżnia się TGazę pochodzenia zwierzęcego, która wykazuje aktywność tylko w obecności jonów wapnia, i TGazę mikrobiologiczną (mTGaza), niezależną od jonów wapnia. TGaza, której aktywność wspomaga wapń, jest prostym łańcuchem polipeptydowym o masie cząsteczkowej 80–90 kDa. Zawiera 17–18 wolnych grup sulfhydrylowych, ale nie ma żadnych mostków disulfidowych ani też wolnych grup  $-\text{NH}_2$ . TGaza ta ma jedno aktywne centrum w swojej cząsteczce, którym jest wolna grupa  $-\text{SH}$  w pojedynczej reszcie cysteiny. Selektywna alkilacja tej grupy powoduje całkowitą inaktywację TGazy. TGaza mikrobiologiczna charakteryzuje się mniejszą masą cząsteczkową, w zakresie 39,5–40,1 kDa. Jest pojedynczym łańcuchem polipeptydowym składającym się z 331 aminokwasów, o punkcie izoelektrycznym w pH 8,9. Centrum aktywnym mTGazy jest reszta cysteinowa, której grupa  $-\text{SH}$  zostaje włączana w reakcję katalityczną (Kołakowski, 2003).

Mimo że TGaza pochodzenia zwierzęcego jest bardzo rozpowszechniona w przyrodzie, to trudności z izolacją i oczyszczaniem tego enzymu, a także jego zależność od jonów wapniowych ograniczały zastosowanie enzymu w przetwórstwie żywności na większą skalę. Dopiero po odkryciu zewnątrzkomórkowej mTGazy, produkowanej przez szczepy z rodzaju *Streptoverticillum*, możliwe stało się jej szersze wykorzystanie w modyfikacji białek żywności (Lauber i in., 2000; Domagała, 2001b).

Przegląd dostępnej literatury potwierdza, że TGaza jest relatywnie uniwersalnym modyfikatorem żywności sieciującym większość roślinnych i zwierzęcych białek (Imm i in., 2000; Pietrasik, 2003; Moon i in., 2009). Na tym założeniu oparto wiele badań, które dotyczyły m.in. białka sojowego (Farnsworth i in., 2007; Yasir i in., 2007), żelów kwasowych (Eissa i Khan, 2005; Myllärinen i in., 2007), jogurtu (Lauber i in., 2000; Schorsch i in., 2000b; Farnsworth i in., 2002, 2006; Lorenzen i in., 2002a i b; Menendez i in., 2004; Anema i in., 2005; Özer i in., 2007), lodów (Gerrard, 2006), włączania białek serwatkowych do twarogu (Cozzolino i in., 2003), produkcji serów o obniżonej zawartości tłuszczu (Yokoyama i in., 2004) oraz koagulacji enzymatycznej (Bönish i in., 2007; Huppertz i De Kruif, 2007).



Istnieje wiele patentów opisujących stosowanie tego enzymu np. w pieczywie, rybach, mięsie i produktach mleczarskich (Han i Spradlin, 2000; Han i in., 2003; Schaeffer i Funda, 2004; Kumazawa i Miwa, 2005).

Uważa się, że spośród białek mleka to kazeina jest szczególnie dobrym substratem dla mTGazy. Fernandes De Sá i Bordignon-Luiz (2010) potwierdzają, że wprowadzenie nowych kowalencyjnych mostków do systemu, jakim jest mleko, może prowadzić do wytworzenia żelu mającego strukturę różniącą się od tradycyjnych żelów białek mleka. Niemniej jednak różne frakcje kazeiny w odmienny sposób reagują z mTGazą, gdyż sieciowanie jest zdeterminowane przez strukturę molekularną białka, dostępność grup glutaminowych i lizynowych, ale również specyficzność enzymu (Bönisch i in., 2007). Ważną rolę w tym procesie mogą odgrywać także takie czynniki, jak ciśnienie, odczynniki chemiczne, ciepło itp. (Dmytrów i in., 2010a). Białka serwatkowe w swej natywnej postaci są mniej podatne na sieciowanie (De Jong i Koppelman, 2002; Lee i in., 2002), co głównie wynika z ich globularnej konformacji stabilizowanej przez mostki siarczkowe. Jednakże ich skłonność do sieciowania można zwiększyć przez denaturację (Sharma i in., 2001). W mieszaninach zawierających różne białka, w szczególności takich jak mleko, w pierwszej kolejności jest sieciowana kazeina. W związku z tym mTGaza jest używana do strukturyzowania produktów mleczarskich, w których kazeina jest głównym białkiem.

W dotychczasowych badaniach nad efektem, jaki wywiera zastosowanie enzymu na jakość produktów mleczarskich, naukowcy skupili się na różnych zabiegach stosowanych w technologii mleczarskiej, mogących wpływać na reakcje powodowane przez mTGazę. Niektóre z nich dotyczą inkubowania mleka z enzymem przed fermentacją z następującą inaktywacją lub bez inaktywacji (Lauber i in., 2000; Jaros i in., 2010), jednoczesnego dodawania mTGazy i zakwasu (Neve i in., 2001; Jaros i in., 2006), wydłużania czasu inkubacji mleka przerobowego zawierającego enzym (Lorenzen i Neve, 2003), dodatku różnych ilości mTGazy (Farnsworth i in., 2006), wprowadzania mTGazy do mleka przerobowego na sery podpuszczkowe przed lub jednocześnie z podpuszczką (Han i Spradlin, 2000; Han i in., 2003) a także dodawania enzymu po krzepnięciu mleka i krojeniu skrzepu (Cozzolino i in., 2003). Mimo tak licznych badań nadal brak jest wystarczających informacji na temat wpływu mTGazy na cechy jakościowe kwasowych serów twarogowych. Napotkać można jedynie nieliczne prace odnoszące się do wykorzystania tego enzymu w technologii produkcji serów podpuszczkowych i twarogowych serków kwasowo-podpuszczkowych.

Domagała i Wszolek (2002) badali oddziaływanie mTGazy na czas podpuszczkowego krzepnięcia mleka i teksturę skrzepu. Stwierdzono istotny wpływ enzymu zarówno na czas koagulacji mleka pod wpływem podpuszczki, jak i na teksturę sera. Skutki działania badanego enzymu zależały nie tylko od jego stężenia, ale także momentu dodania do mleka. Wraz ze wzrostem procentowego udziału mTGazy wydłużał się czas potrzebny do ścięcia mleka, a także zmniejszały się twardość i adhezyność uzyskanego skrzepu. Zmiany te były mniejsze, gdy nie stosowano inkubacji mleka z enzymem, a mTGazę i podpuszczkę dodawano jednocześnie. Bohdziewicz (2010), rozpatrując wpływ TGazy na proces produkcji, wydatek oraz jakość twarogów, stwierdził, że dzięki większej retencji białek serwatkowych, spowodowanej zastosowaniem enzymu, możliwy jest wzrost wydajności produkcji rzędu



10–15%. Testowane wyroby doświadczalne wykazywały wzrost zwięzłości i twardości, a korzystnym zmianom uległy także niektóre deskryptory oceny sensorycznej i ogólnie pojęta jakość oraz stabilność przechowalnicza produktu.

Trwałość serów twarogowych zależy od jakości mleka przerobowego i stosowanych dodatków, kultur starterowych, składu produktu gotowego, obecności niepożądanego mikroflory oraz rodzaju opakowania, które nie zawsze wystarczająco zabezpiecza ser przed zanieczyszczeniami mikrobiologicznymi, chemicznymi oraz uszkodzeniami mechanicznymi. W związku z powyższym nieprzerwanie prowadzi się prace zmierzające do przedłużenia trwałości kwasowych serów twarogowych. Celem badań jest ograniczenie rozwoju mikroflory pozostałej w serze, a także efektywne zahamowanie aktywności enzymów bakteryjnych. Skutecznym sposobem wydłużania czasu, w jakim ser twarogowy może być spożywany, jest jego termizacja prowadzona w temperaturze 60–75°C z przetrzymaniem przez kilka minut. Powszechną metodą zachowania jakości twarogu jest również stosowanie chłodniczych, a czasem także zamrażalniczych warunków podczas jego przechowywania. Możliwe jest także suszenie rozpyłowe oraz liofilizacja, stosowana jednak sporadycznie ze względu na wysokie koszty (Zmarlicki, 2000; Hales, 2003; Górską-Warsewicz, 2008).

Wymagania rynkowe spowodowały dynamiczny wzrost podaży produktów konfekcjonowanych dostosowanych do sprzedaży detalicznej. Konieczność zapewnienia świeżości produktu, nierzadko w przedłużonym okresie przydatności do spożycia, dopinguje producentów do poszukiwania nowych materiałów opakowaniowych i systemów pakowania. Także w przypadku kwasowych serów twarogowych w ciągu ostatnich lat dokonują się istotne zmiany w tym zakresie. Oprócz tradycyjnych materiałów opakowaniowych, takich jak pergamin i jego laminat z folią aluminiową, pojawiły się tworzywa o nowych, ciekawych właściwościach oraz innowacyjne maszyny pakujące (Karczewska i in., 2005). Wykorzystanie próżni i modyfikowanej atmosfery (MAP), wydłużających okres przydatności do spożycia 5–8 razy, okazało się szczególnym postępem w stosunku do wcześniej stosowanych sposobów pakowania serów twarogowych (Panfil-Kuncewicz i Kuncewicz, 2000a i b; Panfil-Kuncewicz i in., 2001). Alternatywą dla wymienionych metod może być pakowanie przez termoobkurczanie na produkcji, zwane także „bezpłonowym”. W zależności od zastosowanego systemu pakowania, a także rodzaju pakowanego produktu są stosowane różne materiały opakowaniowe. Dzięki możliwości licznych modyfikacji, a nawet programowania pożądanego właściwości, z dnia na dzień wzbogaca się ich asortyment. Najczęściej stosowanym materiałem opakowaniowym jest nadal polietylen (PE). Obecnie są wykorzystywane wszystkie podstawowe odmiany polietylenów, tj. małej gęstości (PE-LD), liniowy małej gęstości (PE-LLD), dużej gęstości (PE-HD), a także najnowszej generacji polietylen metalocenowy (mPE). Niebagatelną rolę w powszechności stosowania tego rodzaju tworzyw odgrywa ich niska cena (Czerniawski, 2002). Wśród pojedynczych polimerów rzadko są spotykane wszystkie z wymaganych cech folii opakowaniowych, np. odpowiednia barierowość, wytrzymałość mechaniczna i zgrzewalność. Dlatego też, aby wyprodukować folie o odpowiednich właściwościach, przeprowadza się ich laminowanie lub też łączy ze sobą na drodze koekstruzji. W ten sposób uzyskuje się m.in. folię PA/PE. Pojęcie „laminat” określa materiał uzyskany przez połączenie warstw, przy czym konwencjonalnie przyjęto, że jego grubość jest nie mniejsza niż 7  $\mu\text{m}$  (Czerniawski, 2003). W zależności



od ilości łączonych filmów z powodzeniem można kształtować barierowość uzyskanych folii. Wielowarstwowe folie opakowaniowe należą do najnowocześniejszych systemów pakowania żywności na świecie. Gwarantują doskonałą barierowość na tlen, parę wodną, ditlenek węgla i azot, a także charakteryzują się bardzo dobrą zgrzewalnością (Konojacki, 2001). Od pewnego czasu istnieje możliwość wykorzystania w pakowaniu żywności żywic kopolimerowych. Niska przepuszczalność gazu oraz doskonałe właściwości barierowe to najważniejsze cechy żywic kopolimerowych alkoholu etylowinyloвого EVOH (z ang. *Ethylene Vinyl Alcohol Copolymer*). Tajemnicą doskonałych parametrów tych tworzyw jest odpowiedni stosunek kopolimeryzacji pojedynczych komponentów. Żyvice te wykazują korzystne właściwości barierowe, o wiele lepsze niż konwencjonalne polimery, a odpowiednie proporcje obu składników stwarzają duże możliwości zastosowań. EVOH zabezpiecza przed przenikalnością gazu ok. 10 000 razy lepiej niż warstwa PE o tej samej grubości (Dmytrów i in., 2007b).

W dążeniu do ochrony środowiska naturalnego opracowano nową generację opakowań, tzw. ekologicznych. Przez to pojęcie należy rozumieć opakowania, które spełniają wymagania ochrony środowiska, a ich produkcja, użytkowanie i odzysk lub inne zagospodarowanie nie wywierają szkodliwego wpływu na otoczenie człowieka (Kondratowicz i in., 2010). Jednym z kierunków wzmoczonych badań jest opracowanie technologii wytwarzania biodegradowalnych polimerów, które mogłyby zastąpić tradycyjne tworzywa sztuczne, ale jednocześnie charakteryzowałyby się podobnymi właściwościami (Żakowska, 2009). Na światowych rynkach jest już dostępnych kilka rodzajów i odmian polimerów biodegradowalnych. Ze względu na interesujące właściwości, rosnące zdolności produkcyjne oraz atrakcyjną cenę na szczególną uwagę zasługuje grupa poliestrów alifatycznych, a wśród nich polilaktyd (PLA, z ang. *Polylactic Acid*) otrzymywany podczas bezpośredniej kondensacji kwasu mlekowego. Materiał ten jest produkowany z surowców naturalnych corocznie odnawialnych, które po zużyciu można poddać recyklingowi organicznemu – kompostowaniu. Produkuje się go różnymi metodami, jedną z nich jest proces biotechnologiczny analogiczny do fermentacyjnego otrzymywania alkoholu etylowego. Najbardziej uzasadniona ekonomicznie jest fermentacja prostych cukrów, takich jak glukoza, maltoza i dekstroza (otrzymywane ze skrobi ziemniaczanej lub kukurydzianej), sacharoza (z buraków cukrowych lub trzciny cukrowej) albo laktoza. PLA charakteryzuje się wysokim modułem sprężystości przy rozciąganiu, zdolnością do zachowania nadanego kształtu, wysoką barierą dla aromatów, odpornością na działanie tłuszczów oraz promieniowanie UV. Obecnie z kwasu polimlekowego produkuje się kubki, pojemniki, tacki, a także butelki oraz torby foliowe i owinięcia, a nawet etykiety, w tym w formie termokurczliwych rękawów (Żakowska, 2009).

Bogactwo materiałów opakowaniowych oferowanych na rynku oraz różnorodność maszyn pakujących mobilizują naukowców do prowadzenia badań nad ich przydatnością w pakowaniu i przechowywaniu kwasowych serów twarogowych. Pikul i in. (2006) porównali fizykochemiczne, mikrobiologiczne oraz sensoryczne zmiany w chłodniczo przechowywanym twarogu, zapakowanym próżniowo, jak i bezpróżniowo w folię Eco Lean. Uzyskane rezultaty potwierdziły, że pakowanie próżniowe redukuje niekorzystne zmiany fizykochemiczne i sensoryczne produktu. Prace nad poprawą jakości oraz trwałości przechowywalniczej twarogów prowadzili także Panfil-Kuncewicz i in. (2001). W tym przypadku sery twarogowe



zapakowano z użyciem linii flow-pack w folię termokurczliwą z zastosowaniem lub bez użycia gazów obojętnych. Wykazano, że trwałość twarogu zapakowanego w ten sposób wynosiła 14 dni, a zastosowanie mieszaniny gazów obojętnych nie wydłużało okresu przydatności do spożycia w porównaniu z pakowaniem próżniowym. Pluta i in. (2003) ocenili zmiany mikrobiologiczne, fizykochemiczne i sensoryczne twarogów pakowanych w czterech różnych systemach (bezpóźniowo w folię Cryovac, próżniowo w laminat PA/PE, w atmosferze 100% ditlenku węgla oraz azotu) i przechowywanych w temperaturze 10°C przez 21 dni. Przeprowadzone przez nich badania potwierdziły, że pod względem redukcji liczby bakterii ogółem, drożdży i bakterii z grupy coli najkorzystniejsze okazało się pakowanie z zastosowaniem ditlenku węgla. Przechowywanie w atmosferze gazów obojętnych efektywniej hamowało rozwój pleśni niż pakowanie próżniowe czy też bezpróżniowe. Jediną zaobserwowaną wadą pakowania w atmosferze 100% ditlenku węgla była silna syneriza serwatki podczas przechowywania. Zmiany kwasowości badanych twarogów nie zależały od zastosowanego systemu pakowania. Maksymalny okres przydatności do spożycia twarogów pakowanych próżniowo, zarówno bez modyfikacji atmosfery, jak i w atmosferze gazów obojętnych, wyniósł 21 dni w temperaturze 10°C, a serów pakowanych bezpróżniowo w folię termokurczliwą 14 dni. System pakowania twarogów, a w szczególności jego aspekty higieniczne, znalazły się w kręgu zainteresowań Steinki i Stankiewicz (1999), które przeanalizowały pod względem mikrobiologicznym sery twarogowe zakupione w handlu detalicznym, różniące się rodzajem opakowania. Wykazały, że twarogi hermetycznie pakowane systemem próżniowym wykazują obecność gronkowców w 0,1 g produktu. Warunki panujące w opakowaniach próżniowych powodują rozwój gronkowców w produkcie i po siedmiodniowym przechowywaniu chłodniczym stwierdza się obecność tych drobnoustrojów w 92,2% badanych próbek twarogów. Jakość mikrobiologiczna prawie połowy przechowywanych chłodniczo twarogów pakowanych systemem próżniowym nie była zgodna z Polską Normą, co świadczy o konieczności zaostrzenia reżimów bakteriologicznych dla produktów mleczarskich, które mają być pakowane tym systemem. Badania nad wpływem metody pakowania na jakość mikrobiologiczną kwasowych serów twarogowych prowadzili także Steinka i Przybyłowski (1998). W ramach prac zrealizowanych przez nich zbadano mikroflorę serów twarogowych pakowanych próżniowo w folię PA/PE, niehermetycznie w opakowania z pergaminu, laminat z folii aluminiowej z nawoskowanym papierem oraz pakowanych na tackach styropianowych i obciążanych folią PE. W twarogach stwierdzono różne liczebności pleśni, drożdży i bakterii z grupy coli. Największe zakażenie grzybami zanotowano w serach przechowywanych na tackach owijanych folią oraz pakowanych w pergamin. Pakowanie próżniowe powodowało hamowanie wzrostu grzybów. Najlepszą jakością charakteryzowały się twarogi przechowywane w laminacie z folii aluminiowej i nawoskowanego papieru, czego dowodem jest fakt, że ogólna liczba drobnoustrojów w tych produktach mieściła się w granicach norm. Dmytrów i in. (2007b), analizując wpływ rodzaju zastosowanej folii opakowaniowej (PA/PE o grubości 40  $\mu\text{m}$  i 80  $\mu\text{m}$  z EVOH) na cechy sensoryczne i wybrane wskaźniki fizykochemiczne sera twarogowego podczas trzytygodniowego przechowywania w temperaturze  $5 \pm 1^\circ\text{C}$ , nie stwierdzili jednoznacznej zależności między zastosowanym opakowaniem a zawartością tłuszczu, kwasowością oraz pH analizowanego twarogu doświadczalnego. W czasie przechowywania



większą twardością charakteryzował się twaróg przechowywany w folii o mniejszej barierowości. Oba rodzaje materiału opakowaniowego hamowały zmiany oksydacyjne tłuszczu do pierwotnych i wtórnych produktów, natomiast nie ograniczały przekształcania kwasów tłuszczowych do skoniugowanych struktur dienowych.

Z analizy obecnego stanu wiedzy wynika, że kwasowe sery twarogowe należą do produktów szczególnie wrażliwych na wszelkie nieprawidłowości w procesie technologicznym. Ich jakość jest wypadkową wielu czynników – poczynając od jakości surowca i stosowanych dodatków, przez przebieg poszczególnych etapów produkcji, a kończąc na rodzaju zastosowanego opakowania. Mimo że są produktami od lat obecnymi na naszych stołach, to nadal cieszą się dużym zainteresowaniem, tym bardziej że stale prowadzi się badania nad poprawą ich cech fizykochemicznych oraz zwiększeniem atrakcyjności sensorycznej, a także stabilności przechowalniczej. Jednocześnie w dostępnej literaturze tematu brak jest kompleksowych informacji dotyczących związku między poszczególnymi czynnikami technologicznymi a jakością uzyskanego sera twarogowego.





## 2. Cel i zakres pracy

### 2.1. Materiał

#### 2.1.1. Wzrost sensoryczny mleka w składzie mleka na jakości smacznego

Celem pracy była ocena wpływu wybranych czynników technologicznych na cechy sensoryczne i właściwości fizykochemiczne kwasowych serów twarogowych. Uwzględniono wpływ pory roku, kraju pochodzenia krów, rodzaju zastosowanej szczepionki starterowej, kultur probiotycznych, mikrobiologicznej transglutaminazy oraz rodzaju zastosowanego opakowania.

Ze względu na dużą liczbę ocenianych czynników badania realizowano w kilku etapach:

a) etap I – ocena wpływu sezonowych zmian w składzie mleka krowiego i koziego na jakość sensoryczną i cechy fizykochemiczne twarogu;

b) etap II – określenie, czy kraj pochodzenia krów istotnie wpływa na wskaźniki fizykochemiczne i cechy sensoryczne sera twarogowego;

c) etap III – badanie cech fizykochemicznych oraz jakości sensorycznej kwasowego sera twarogowego w zależności od rodzaju zastosowanej kultury starterowej;

d) etap IV – określenie przeżywalności szczepów *Lactobacillus acidophilus* LA 5 i *Bifidobacterium bifidum* BB o udowodnionym działaniu probiotycznym oraz ocena ich wpływu na jakość sensoryczną i właściwości fizykochemiczne twarogu;

e) etap V – analiza wpływu dodatku mikrobiologicznej transglutaminazy (mTGazy) do mleka przerobowego na wybrane wskaźniki fizykochemiczne i cechy sensoryczne twarogu z mleka krowiego i koziego;

f) etap VI – ocena przydatności wybranych materiałów opakowaniowych oraz ich wpływu na właściwości fizykochemiczne i jakość sensoryczną kwasowego sera twarogowego.





### 3. Materiał i metody badań

#### 3.1. Materiał

##### 3.1.1. Wpływ sezonowych zmian w składzie mleka na jakość sensoryczną i właściwości fizykochemiczne kwasowych serów twarogowych

Przebadano kwasowe sery twarogowe wyprodukowane z mleka krowiego i koziego pozyskanego latem, jesienią, zimą oraz wiosną. Surowcem do produkcji twarogów z mleka krów było mleko homogenizowane (15 MPa, 55°C) i pasteryzowane w temperaturze 85°C przez 15 s, zakupione bezpośrednio u producenta za pośrednictwem Spółdzielni Obrotu Towarowego w Szczecinie. Zgodnie z Instrukcją Technologiczną (CZSM 342/88) surowcem do produkcji kwasowych serów twarogowych jest mleko niehomogenizowane. Pomimo wielu starań nie udało się zakupić mleka pasteryzowanego niehomogenizowanego wyprodukowanego w warunkach przemysłowych gwarantujących powtarzalność cech jakościowych. Z tego powodu zdecydowano się na wyrób doświadczalnych serów twarogowych z mleka homogenizowanego pochodzącego od jednego producenta. Publikowane badania autorki niniejszej pracy wykazały, że twarogi wyprodukowane z tego rodzaju mleka charakteryzują się normalnymi cechami fizykochemicznymi oraz jakością sensoryczną (Dmytrów i in., 2007a, b; 2010a, b; 2011). Obniżeniu ulega natomiast wydatek procesu, który nie był analizowany w tu omawianych badaniach.

Sery twarogowe z mleka koziego wyprodukowano z mleka pasteryzowanego metodą zbiornikową (85°C, 10 min), pozyskanego od kóz rasy saaneńskiej i zakupionego w indywidualnym gospodarstwie rolnym „Kozi Gródek” w Wołczkowie koło Szczecina. Cechy fizykochemiczne mleka przerobowego na twaróg przedstawia tabela 1. Do wyrobu serów twarogowych zastosowano liofilizowany koncentrat paciorkowców mlekowych (DVS) typu DL, firmy Danisco Biolacta Sp. z o. o., o symbolu Choozit™. Kulturę starterową wytypowano we wcześniejszych badaniach, jako jedną z najbardziej przydatnych do wyrobu serów twarogowych. Szczepionka Choozit™ zawierała szczepy: *Lactococcus lactis* ssp. *cremoris*, *Lactococcus lactis* ssp. *lactis*, *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* var. *diacetylactis* i *Leuconostoc mesenteroides* ssp. *mesenteroides*. Wszystkie kwasowe sery twarogowe wyprodukowano z zachowaniem identycznych parametrów technologicznych, zgodnie z Instrukcją Technologiczną *Sery twarogowe niedojrzewające* (CZSM 342/88). Ożywanie i uaktywnianie szczepionki prowadzono zgodnie z *Instrukcjami Technologicznymi Produkcji Zakwasów*, opracowanymi przez M. Bielecką (1984), w mleku regenerowanym z proszku o 10-proc. zawartości suchej substancji.

Wyrób twarogów w warunkach laboratoryjnych rozpoczynano od podgrzania mleka do temperatury 23°C i dodania wcześniej przygotowanego zakwasu. Dodatek zakwasu wynosił 2,5%, a czas ukwaszania ok. 10 h. Zaprawione mleko przerobowe inkubowano w tej temperaturze do momentu uzyskania dojrzałego skrzepu (pH 4,6), który delikatnie podgrzewano w celu oddzielenia od ścian wanny serowarskiej. Otrzymany skrzep krojono na prostopadłością o wymiarach ok. 120 × 120 mm, delikatnie mieszano i stopniowo podgrzewano (1°C/

10 min) do temperatury 40°C w centrum w celu intensyfikacji wydzielania się serwatki. Następnie masę twarogową rozdzielano do jednorazowych, polietylenowych chust serowarskich (producent – FPH Piotr Szymczak, Kępice) i pozostawiano do ocieknięcia.

Tabela 1. Uśrednione cechy fizykochemiczne mleka przerobowego na kwasowe sery twarogowe

Wyszczególnienie	Mleko krowie				Mleko kozie			
	wiosna	lato	jesień	zima	wiosna	lato	jesień	zima
Gęstość (g/cm <sup>3</sup> )	1,029	1,028	1,028	1,028	1,023	1,031	1,030	1,028
Kwasowość miareczkowa (°SH)	6,35	6,45	6,90	6,88	7,06	6,79	7,10	8,43
pH	6,73	6,77	6,75	6,74	6,70	6,57	6,70	6,55
Zawartość białka ogółem (%)	3,03	3,13	3,27	3,20	3,20	3,00	3,05	3,36
Zawartość kazeiny	2,32	2,40	2,50	2,45	2,45	2,54	2,65	2,57
Zawartość tłuszczu (%)	3,20	3,15	3,20	3,25	2,95	3,34	3,98	3,68
Zawartość laktozy (%)	4,58	4,64	5,00	5,10	4,49	4,42	4,57	4,69
Zawartość suchej masy (%)	11,11	10,62	11,08	11,16	10,73	12,45	12,18	10,83

Uzyskane klinki poddawano prasowaniu za pomocą prasy laboratoryjnej, stosując nacisk 1 kg na 1 kg masy sera. Czas prasowania wynosił 60 min. Otrzymane próby pakowano próżniowo w folię PA/PE o grubości 40 µm. W systemie pakowania próżniowego stosowano podciśnienie 15 mbar w czasie 2,5 s oraz opcję „soft air” na poziomie 400 mbar. Łącznie przechowywaniu w warunkach chłodniczych (5±1°C) przez 21 dni poddano po 160 klinków sera twarogowego o masie ok. 150 g każdy.

### 3.1.2. Wpływ kraju pochodzenia krów na jakość sensoryczną i właściwości fizykochemiczne kwasowych serów twarogowych

Porównano cechy sensoryczne i wybrane wskaźniki fizykochemiczne twarogów wyprodukowanych z mleka pierwiastek importowanych z Holandii i Szwecji. Surowiec do wyrobu próbek badawczych stanowiło mleko pozyskane od krów rasy holsztyńsko-fryzyjskiej importowanych jako jałowice cielne w siódmym miesiącu ciąży z Holandii (140 osobników) i Szwecji (102 osobniki) w listopadzie i grudniu 2004 roku do jednego z gospodarstw na terenie województwa zachodniopomorskiego. Krowy były wprowadzone do nowych budynków i utrzymywane na stanowiskach uwięziowych. Zwierzęta żywiono w systemie TMR, dawka pełnoporcjowa była dostosowana do wydajności dziennej oraz stanu fizjologicznego krów. Wszystkie zwierzęta miały jednoczesny dostęp do łożu. Udoju dokonywano dwa razy dziennie w 24-stanowiskowej hali udojowej typu „karuzela”, Firmy Westfalia Surge. Do wyrobu twarogów stosowano mleko zbiorcze (z uwzględnieniem kraju pochodzenia krów)



pobrane w okresie jesiennym. Uśrednione cechy fizykochemiczne mleka z obu stad przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Uśrednione cechy fizykochemiczne mleka krów rasy hf importowanych z Holandii i Szwecji

Wyszczególnienie	Kraj pochodzenia krów	
	Szwecja	Holandia
Gęstość (g/cm <sup>3</sup> )	1,028	1,028
Kwasowość miareczkowa (°SH)	6,00	6,60
pH	6,75	6,63
Zawartość białka ogółem (%)	3,28	3,05
Zawartość kazeiny (%)	2,51	2,30
Zawartość tłuszczu (%)	3,50	4,20
Zawartość laktozy (%)	4,62	4,80
Zawartość suchej masy (%)	12,48	12,50

Kwasowe sery twarogowe otrzymano (tak jak w poprzednim etapie badań) zgodnie z Instrukcją Technologiczną *Sery twarogowe niedojrzewające* (CZSM 342/88), stosując tę samą szczepionkę bakteryjną Choozit™ firmy Danisco Biolacta Sp. z o.o. Wyprodukowane sery pakowano próżniowo w folię PA/PE o grubości 40 µm. W systemie pakowania próżniowego stosowano podciśnienie 15 mbar w czasie 2,5 s oraz opcję „soft air” na poziomie 400 mbar. Z każdego wariantu mleka uzyskiwano po 40 próbek badawczych o wadze ok. 150 g każda, które poddawano składowaniu chłodniczemu (5±1°C) trwającemu trzy tygodnie.

### 3.1.3. Wpływ kultury starterowej na jakość sensoryczną i właściwości fizykochemiczne kwasowych serów twarogowych

W części pracy dotyczącej wpływu kultur starterowych na wybrane wskaźniki fizykochemiczne oraz jakość sensoryczną kwasowego sera twarogowego przetestowano osiem mezofilnych liofilizowanych szczepionek mleczarskich do bezpośredniego zaszczepiania mleka (DVS) pochodzących od pięciu różnych producentów. Przebadano trzy kultury starterowe firmy Chr. Hansen Poland Sp. z o.o. (FLORA DANICA NORMAL, CHN-11, CHN-19), dwie kultury wyprodukowane przez włoską firmę Clerici-Sacco (LYOFAST MS 062 CM oraz LYOFAST MW 030 R), a także po jednej kulturze innych producentów: belgijskiego Lactofermu (FERMENT LACTIQUE), Danisco Biolacta Sp. z o.o. (CHOOZIT TP 03 LYO 300 DCU – Choozit™ Lactic Cultures) oraz kanadyjskiego Instytutu ROSELL INC. (AROMATIC LACTIC CULTURE typ B). Wszystkie zastosowane kultury starterowe zgodnie z European Directive 90/220/EEC of 23.04.1990 (OJEC L 117) nie zawierały szczepów genetycznie modyfikowanych. Skład szczepowy stosowanych kultur mleczarskich zamieszczono w tabeli 3.

Tabela 3. Jakościowy skład starterowych kultur mleczarskich użytych do produkcji doświadczalnych kwasowych serów twarogowych

Szcepki bakterii	FLDAN	CHN-11	CHN-19	Ferment Lactique	Choozit™	ALC	Lyofast MS	Lyofast MW
<i>Lactococcus lactis</i> ssp. <i>cremoris</i>	+	+	+	+	+	+	-	+
<i>Lactococcus lactis</i> ssp. <i>lactis</i>	+	+	+	-	+	+	+	+
<i>Lactococcus lactis</i> ssp. <i>lactis</i> var. <i>diacetylactis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Leuconostoc mesenteroides</i> ssp. <i>cremoris</i>	+	+	+	+	-	+	-	-
<i>Leuconostoc mesenteroides</i> ssp. <i>mesenteroides</i>	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Leuconostoc</i>	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Streptococcus salivarius</i> ssp. <i>thermophilus</i>	-	-	-	-	-	-	+	-

- lub + oznacza, odpowiednio, brak lub występowanie danego szczepu w kulturze starterowej.

Surowcem do produkcji twarogów było mleko krowie homogenizowane (15 MPa, 55°C) i pasteryzowane w 85°C przez 15 s pozyskane w okresie jesiennym i zimowym. Uśrednione cechy fizykochemiczne mleka przerobowego przedstawia tabela 4.

Tabela 4. Uśrednione cechy fizykochemiczne mleka przerobowego

Wyszczególnienie	Wartość
Gęstość (g/cm <sup>3</sup> )	1,028
Kwasowość miareczkowa (°SH)	6,93
pH	6,75
Zawartość białka ogółem (%)	3,17
Zawartość kazeiny (%)	2,42
Zawartość tłuszczu (%)	3,20
Zawartość laktozy (%)	4,63
Zawartość suchej masy (%)	11,10

Sery twarogowe będące przedmiotem badań produkowano zgodnie z Instrukcją Technologiczną *Sery twarogowe niedojrzewające* (CZSM 342/88). Próbkę twarogów pakowano próżniowo w folię PA/PE o grubości 40 µm. W systemie pakowania próżniowego stosowano podciśnienie 15 mbar w czasie 2,5 s oraz opcję „soft air” na poziomie 400 mbar.



Łącznie przechowywaniu w warunkach chłodniczych ( $5\pm 1^\circ\text{C}$ ) poddano 200 klinków sera twarogowego o masie ok. 150 g każdy. Czas składowania wynosił 21 dni.

#### Kultura starterowa FLORA DANICA NORMAL (FLDAN)

Mezofilna aromatyczna szczepionka typu DL zawierająca szczepy bakteryjne: *Lactococcus lactis* ssp. *cremoris*, *Lactococcus lactis* ssp. *lactis*, *Leuconostoc mesenteroides* ssp. *cremoris* i *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* var. *diacetylactis*. Jest to szczepionka wysokoaromatyzująca, produkująca związki aromatowórcze (głównie diacetyl) oraz ditlenek węgla, szczególnie przydatna w produkcji twarogów tradycyjnych, masła i śmietany. Polecana również do produkcji serów typu holenderskiego, np. goudy, sera edamskiego. Szczepy bakterii mlekowych wchodzące w jej skład charakteryzują się średnimi uzdolnieniami proteolitycznymi (5,5 mM leucyny), liczebność komórek wynosi minimum  $5 \cdot 10^{10}$  j.t.k.  $\cdot$  g<sup>-1</sup>, a koncentracja *Leuconostoc mesenteroides* ssp. *cremoris* zawiera się w przedziale 1–15%, podczas gdy *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* var. *diacetylactis* w zakresie 5–30%.

#### Kultura starterowa CHN-11

Aromatyzująca szczepionka typu DL zawierająca określoną mieszankę mezofilnych szczepów bakteryjnych: *Lactococcus lactis* ssp. *cremoris*, *Lactococcus lactis* ssp. *lactis*, *Leuconostoc mesenteroides* ssp. *cremoris* i *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* var. *diacetylactis*. Polecana do produkcji fermentowanych produktów mleczarskich, masła oraz serów typu holenderskiego, tj. goudy i sera edamskiego. Liczebność komórek w przypadku tej szczepionki wynosi minimum  $5 \cdot 10^{10}$  j.t.k.  $\cdot$  g<sup>-1</sup>. Zawiera *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* var. *diacetylactis* w ilości 5–40%, a udział *Leuconostoc mesenteroides* ssp. *cremoris* wynosi 1–15%. Szczepy wchodzące w jej skład charakteryzują się średnimi uzdolnieniami proteolitycznymi (5,3 mM leucyny).

#### Kultura starterowa CHN-19

Mezofilna aromatyzująca szczepionka typu DL zawierająca następujące szczepy: *Lactococcus lactis* ssp. *cremoris*, *Lactococcus lactis* ssp. *lactis*, *Leuconostoc mesenteroides* ssp. *cremoris* i *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* var. *diacetylactis*. Stosowana do produkcji twarogów oraz serów z oczkami. Minimalna liczebność bakterii fermentacji mlekowej wynosi  $5 \cdot 10^{10}$  j.t.k.  $\cdot$  g<sup>-1</sup>. Udział *Leuconostoc mesenteroides* ssp. *cremoris* mieści się w zakresie 1–10%, podczas gdy *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* var. *diacetylactis* w przedziale 5–30%. Szczepy wchodzące w jej skład charakteryzują się średnimi uzdolnieniami proteolitycznymi (5,5 mM leucyny).

#### Kultura starterowa FERMENT LACTIQUE

Zgodnie z deklaracją producenta stosowanie tej kultury gwarantuje w uzyskanym produkcie zawartość ok. 0,7–0,8% kwasu mlekowego, w tym 95% formy prawoskrętnej L+. Może być z powodzeniem stosowana do wyrobu kefiru, serków kwasowo-podpuszczkowych (quark), twarogów oraz serów podpuszczkowych dojrzewających. W skład kultury Ferment Lactique wchodzi szczepy: *Lactococcus lactis* ssp. *cremoris*, *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* var. *diacetylactis* oraz *Leuconostoc mesenteroides* ssp. *cremoris*.

#### Kultura starterowa CHOOZIT TP 03 LYO 300 DCU (Choozit™ Lactic Cultures)

Skoncentrowana, mezofilna kultura liofilizowana do bezpośredniego zaszczepiania mleka przerobowego na twaróg, w której skład wchodzi następujące szczepy: *Lactococcus lactis* ssp. *cremoris*, *Lactococcus lactis* ssp. *lactis*, *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* var. *diacetylactis* i *Leuconostoc mesenteroides* ssp. *mesenteroides*. Ogólna liczebność bakterii mlekowych wynosi  $1,0 \cdot 10^{10}$  j.t.k.  $\cdot$  g<sup>-1</sup>.

#### Kultura starterowa AROMATIC LACTIC CULTURE (ALC) typ B

Liofilizowana kultura mleczarska zawierająca: *Lactococcus lactis* ssp. *lactis*, *Lactococcus lactis* ssp. *cremoris*, *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* var. *diacetylactis* oraz *Leuconostoc mesenteroides* ssp. *cremoris*. Zgodnie z deklaracją producenta szczepionka jest szczególnie polecana do produkcji świeżych serów, śmietany, maślanek oraz masła. Minimalna liczebność komórek wynosi  $1,1 \cdot 10^{10}$  j.t.k.  $\cdot$  g<sup>-1</sup>.

#### Kultura starterowa LYOFAST MS 062 CM

Według producenta (Sacco Polska) jest to specjalnie dobrana mieszanka bakterii fermentacji mlekowej zapewniająca powtarzalną i kontrolowaną jakość twarogów, serów podpuszczkowych dojrzewających miękkich oraz półtwardych. W jej skład wchodzi szczepy *Lactococcus lactis* ssp. *lactis*, *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* var. *diacetylactis* i *Streptococcus salivarius* ssp. *thermophilus*.

#### Kultura starterowa LYOFAST MW 030 R

Kultura mleczarska zawierająca szczepy *Lactococcus lactis* ssp. *lactis*, *Lactococcus lactis* ssp. *cremoris*, *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* var. *diacetylactis* oraz *Leuconostoc*. Zapewnia kontrolowaną produkcję mleka fermentowanego, twarogów, a także serów podpuszczkowych dojrzewających miękkich oraz półtwardych. Pozwala na fermentację cytrynianów na średnim poziomie.

### 3.1.4. Wpływ szczepów probiotycznych na jakość sensoryczną i właściwości fizykochemiczne kwasowych serów twarogowych

Materiałem badawczym były kwasowe sery twarogowe, wyprodukowane z mleka krowiego oraz koziego pozyskanego w okresie jesienno-zimowym. Oprócz kultur starterowych (mezofilne paciorkowce mlekowe) w wyrobie twarogów zastosowano szczepy o udokumentowanym działaniu probiotycznym, tj. *Lactobacillus acidophilus* oraz *Bifidobacterium bifidum*. Kulturę starterową (Choozit™) oraz właściwą kulturę probiotyczną dodawano do mleka przerobowego w odpowiednich proporcjach, zapewniających udział *Lactobacillus acidophilus* LA 5 i *Bifidobacterium bifidum* BB 12 (Chr. Hansen Poland sp. z o. o.) w mleku na poziomie  $1 \cdot 10^7$  j.t.k.  $\cdot$  g<sup>-1</sup>. Każdorazowo stosunek w zakwasie roboczym szczepionki twarogowej ożywionej w mleku regenerowanym i jednego z dwóch szczepów probiotycznych



wynosił 1:1. Surowcem do wyrobu serów z mleka krowiego było mleko homogenizowane (15 MPa, 55°C) i pasteryzowane w wysokiej temperaturze (85°C, 15 s). Natomiast twarogi z mleka koziego produkowano, analogicznie jak w poprzednich etapach pracy, z pasteryzowanego (85°C, 10 min) mleka kóz rasy saaseńskiej zakupionego w indywidualnym gospodarstwie rolnym „Kozi Gródek” w Wołczkowie koło Szczecina. Uśrednione cechy fizykochemiczne mleka przerobowego przedstawia tabela 5.

Tabela 5. Uśrednione cechy fizykochemiczne mleka przerobowego

Wyszczególnienie	Mleko krowie	Mleko kozie
Gęstość (g/cm <sup>3</sup> )	1,028	1,029
Kwasowość miareczkowa (°SH)	6,93	5,90
pH	6,75	6,50
Zawartość białka ogółem (%)	3,13	3,10
Zawartość kazeiny (%)	2,40	2,50
Zawartość tłuszczu (%)	3,20	4,00
Zawartość laktozy (%)	4,7	4,60
Zawartość suchej masy (%)	11,35	12,06

Wyrób kwasowych serów twarogowych w warunkach laboratoryjnych przebiegał zgodnie z zaleceniami Instrukcji Technologicznej *Sery twarogowe niedojrzewające* (CZSM 342/88). Otrzymane twarogi pakowano próżniowo w folię PA/PE o grubości 40 µm, stosując podciśnienie 15 mbar w czasie 2,5 s oraz opcję „soft air” na poziomie 400 mbar. Przechowywaniu chłodniczemu w temperaturze 5±1°C przez 21 dni poddano łącznie 120 klinków sera twarogowego o masie ok. 150 g każdy.

Zarówno z mleka krowiego, jak też koziego otrzymano po trzy wyroby:

- wyrób doświadczalny A – ser twarogowy kwasowy wyprodukowany z zastosowaniem kultury starterowej Choozit<sup>TM</sup> (wyrób kontrolny);
- wyrób doświadczalny B – twaróg wyprodukowany z zastosowaniem kultury starterowej jw. (Choozit<sup>TM</sup>) oraz szczepu *Lactobacillus acidophilus* LA 5;
- wyrób doświadczalny C – ser twarogowy otrzymany z użyciem kultury starterowej Choozit<sup>TM</sup> oraz szczepu *Bifidobacterium bifidum* BB 12.

### 3.1.5. Wpływ dodatku mikrobiologicznej transglutaminazy (mTGazy) na jakość sensoryczną i właściwości fizykochemiczne kwasowych serów twarogowych

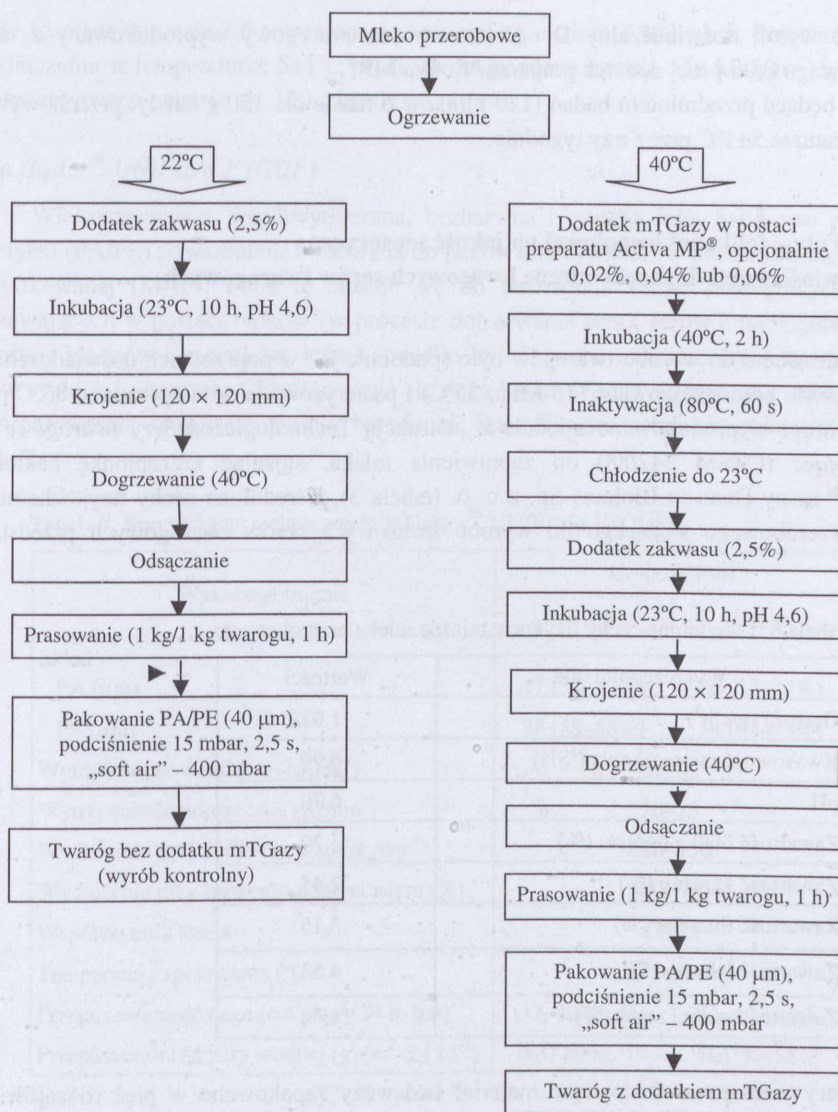
Materiał badawczy stanowiły kwasowe sery twarogowe z mleka krowiego i koziego, wyprodukowane zgodnie z Instrukcją Technologiczną *Sery twarogowe niedojrzewające* (CZSM 342/88). W wyrobie twarogów zastosowano zróżnicowany dodatek mTGazy. Suro-

wiec do produkcji serów z mleka krowiego stanowiło mleko homogenizowane (15 MPa, 55°C) i pasteryzowane w wysokiej temperaturze (85°C, 15 s) zawierające 3,2% tłuszczu, 3,0% białka ogółem oraz 4,7% laktozy. Sery twarogowe z mleka koziego otrzymywano (podobnie jak poprzednio) z mleka kóz rasy saaneńskiej pasteryzowanego w wysokiej temperaturze zakupionego w indywidualnym gospodarstwie rolnym „Kozi Gródek” w Wołczkowie koło Szczecina. Skład mleka koziego przedstawiał się następująco: białko ogółem 3,2%, tłuszcz 4,1%, laktoza 4,5%.

W produkcji twarogów wykorzystywano liofilizowaną, mezofilną kulturę mleczarską typu DL w formie DVS firmy Danisco Biolacta Sp. z o. o., o symbolu FLDAN (tabela 3). W wyrobie kontrolnym (bez dodatku mTGazy) stosowano wyłącznie wymienioną kulturę starterową, natomiast w przypadku wyrobów doświadczalnych do mleka przerobowego poza kulturą starterową FLDAN dodawano mTGazę w postaci preparatu Activa MP<sup>®</sup> (*Basic properties of transglutaminase...*, 2000). Preparat ten, zawierający w swoim składzie 1% Ca<sup>+2</sup> niezależnej transglutaminazy pozyskanej z *Streptoverticilium moberansae* oraz 99% malto-dekstryny, dodawano w oryginalnej postaci, bez dalszego oczyszczania. Do mleka przerobowego na kolejne warianty sera twarogowego (B, C i D) dodawano go w ilości, odpowiednio, 0,02, 0,04 i 0,06%.

Metodę przygotowania mleka na twaróg zawierający mTGazę zaczerpnięto z przewodnika producenta (*Basic properties of transglutaminase...*, 2000), danych literaturowych (Lorenzen 2000a i b; Lorenzen i in., 2002a i b; Lorenzen, 2007) oraz wcześniejszych badań własnych autorki niniejszej pracy. Produkcję sera twarogowego z dodatkiem mTGazy rozpoczynano od podgrzania mleka przerobowego do temperatury 40°C, dodawania preparatu Activa MP<sup>®</sup> w ilości odpowiedniej dla danego wyrobu (twaróg B – 0,02%, twaróg C – 0,04% oraz twaróg D – 0,06%) i inkubacji w tej temperaturze przez 2 h. Następnie w celu inaktywacji enzymu mleko przerobowe ogrzewano w temperaturze 80°C przez 1 min, po czym chłodzono do 23°C i zaszczipiano 2,5-proc. dodatkiem wcześniej przygotowanego zakwasu. Ser twarogowy bez dodatku mTGazy (wyrób kontrolny) przygotowywano przez dodanie jedynie 2,5% zakwasu do mleka uprzednio podgrzanego do 23°C. Zaszczepione mleko pozostawiano w tej temperaturze do uzyskania skrzepu twarogowego (ok. 10 h), jednakże czas ukwaszania mleka zawierającego mTGazę był dłuższy w przybliżeniu o godzinę. Dojrzały skrzep (pH 4,5–4,6) delikatnie podgrzewano do ok. 30°C w celu oddzielenia od ścian wanny twarózkarskiej, następnie krojono na prostopadłościany o wymiarach ok. 120 × 120 mm, a po ich odwróceniu gęstwę delikatnie mieszano, jednocześnie podnosząc temperaturę (1°C/10 min). Dogrzewanie kończono po osiągnięciu 40°C w całej masie. Uzyskaną gęstwę twarogową (po oddzieleniu serwatki na sicie) rozdzielono do jednorazowych worków z elastycznego polietylenu (producent – FPH Piotr Szymczak, Kępice, Polska). Otrzymane klinki prasowano przez 1 h, stosując obciążenie 1 kg na 1 kg twarogu. Gotowe kwasowe sery twarogowe pakowano próżniowo w folię PA/PE o grubości 40 µm. W systemie pakowania próżniowego zastosowano podciśnienie 15 mbar w czasie 2,5 s oraz opcję „soft air” na poziomie 400 mbar. Czynnościowy schemat technologiczny produkcji wyrobu kontrolnego oraz wyrobów doświadczalnych otrzymanych z mleka przerobowego zawierającego zróżnicowany dodatek preparatu Activa MP<sup>®</sup> przedstawia rys. 1.





Rys. 1. Czynnościowy schemat technologicznej produkcji kwasowych serów twarogowych

Zarówno z mleka krowiego, jak i koziego wyprodukowano po cztery rodzaje sera twarogowego:

- wyrób doświadczalny A – kwasowy ser twarogowy bez dodatku mTGazy (wyrób kontrolny);
- wyrób doświadczalny B – kwasowy ser twarogowy wyprodukowany z mleka zawierającego 0,02-proc. dodatek preparatu Activa MP®;
- wyrób doświadczalny C – kwasowy ser twarogowy otrzymany z mleka przerobowego zawierającego dodatek preparatu Activa MP® w ilości 0,04%;

d) wyrób doświadczalny D – kwasowy ser twarogowy wyprodukowany z mleka zawierającego 0,06-proc. dodatek preparatu Activa MP®.

Twarogi będące przedmiotem badań (120 klinków o masie ok. 150 g każdy) przechowywano w temperaturze  $5\pm 1^\circ\text{C}$  przez trzy tygodnie.

### 3.1.6. Wpływ folii opakowaniowej na jakość sensoryczną i właściwości fizykochemiczne kwasowych serów twarogowych

Surowcem do wyrobu twarogów było (podobnie jak w poprzednich doświadczeniach) mleko krowie homogenizowane (15 MPa,  $55^\circ\text{C}$ ) i pasteryzowane w temperaturze  $85^\circ\text{C}$  przez 15 s. Twarogi wyprodukowano zgodnie z Instrukcją Technologiczną *Sery twarogowe nie-dojrzewające* (CZSM 342/88) do zaprawienia mleka, stosując szczepionkę bakteryjną Choozit™ firmy Danisco Biolacta Sp. z o. o. (tabela 3). Uśrednione cechy fizykochemiczne mleka przerobowego służącego do wyrobu kwasowych serów twarogowych przedstawia tabela 6.

Tabela 6. Uśrednione cechy fizykochemiczne mleka przerobowego

Wyszczególnienie	Wartości
Gęstość ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	1,028
Kwasowość miareczkowa ( $^\circ\text{SH}$ )	6,90
pH	6,70
Zawartość białka ogółem (%)	3,20
Zawartość kazeiny (%)	2,45
Zawartość tłuszczu (%)	3,15
Zawartość laktozy (%)	4,58
Zawartość suchej masy (%)	11,04

Sery twarogowe stanowiące materiał badawczy zapakowano w pięć rodzajów folii opakowaniowej o różnym składzie i grubości, tj. folię barierową PA/PE o nazwie Gąsior® UNIFILM F (GUF, Polska), o grubości 45 i 80  $\mu\text{m}$ ; folię barierową PA/EVOH/PA/PE o grubości 75  $\mu\text{m}$  (MULTIPACK, Polska); biodegradowalną folię PLA (BIO 521) o grubości 40  $\mu\text{m}$ ; metalizowaną koekstrudowaną, biodegradowalną folię PLA (BIO 130) o grubości 40  $\mu\text{m}$  wyprodukowaną przez Polyfilms SAS (Francja) oraz folię PE70/PET12 firmy S-DAI TAIWAN.

Folie spożywcze wykorzystane w badaniach spełniają kryteria dotyczące opakowań i odpadów opakowaniowych, określone w European Directive 94/62/EEC of 20.12.1994 (OJEC L 365), a także wymagania European Directive 2002/72/EEC of 6.08.2002 dotyczące materiałów i wyrobów przeznaczonych do kontaktu z żywnością (OJEC L 220, 18–58). Dla wszystkich wyrobów zachowano identyczne parametry i warunki pakowania. Zastosowano podciś-



nienie 15 mbar w czasie 2,5 s oraz opcję „soft air” na poziomie 400 mbar. Przechowywaniu chłodniczemu w temperaturze  $5\pm 1^\circ\text{C}$  przez 21 dni poddano łącznie 150 klinków kwasowego sera twarogowego o masie ok. 150 g każdy.

### Folia Gąsior® UNIFILM F (GUF)

Wielowarstwowa, współwytłaczana, bezbarwna i miękka folia barierowa poliamid/polietylen (PA/PE) powszechnie stosowana do pakowania żywności w próżni oraz atmosferze modyfikowanej (MAP). Folie tę stosuje się do pakowania serów twarogowych, serów dojrzewających w postaci bloków (w procesie dojrzewania sera), serów konfekcjonowanych w postaci plastrów i kawałków, mięsa i wędlin, ryb i owoców morza, dań gotowych, artykułów sypkich i płynnych. Charakteryzuje się dużą barierowością względem gazów, wysoką przezroczystością oraz możliwością barwienia. Specyfikację techniczną folii przedstawia tabela 7.

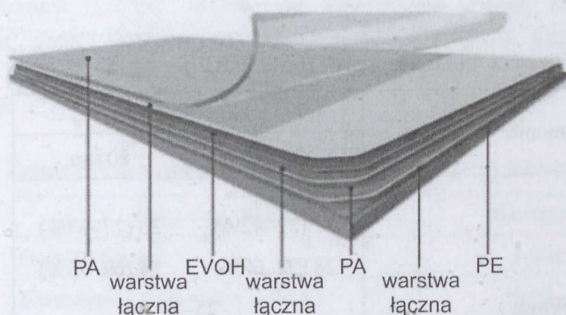
Tabela 7. Specyfikacja techniczna folii Gąsior® UNIFILM F (GUF)

Wyszczególnienie	Grubość folii	
	45 $\mu\text{m}$	80 $\mu\text{m}$
Skład		
PA ( $\mu\text{m}$ )	17 (32–42%)	26 (27–37%)
PE ( $\mu\text{m}$ )	28 (58–68%)	54 (63–73%)
Wytrzymałość wzdłużna ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	25–35	
Wytrzymałość poprzeczna ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	20–25	
Wydłużenie przy zerwaniu wzdłuż (%)	320–450	
Wydłużenie przy zerwaniu poprzecznym (%)	380–500	
Współczynnik tarcia	< 0,25	
Temperatura zgrzewania ( $^\circ\text{C}$ )	120–140	
Przepuszczalność gazu ( $\text{cm}^3 \cdot (\text{m}^2 \cdot 24 \text{ h} \cdot \text{bar})^{-1}$ )	O <sub>2</sub> maks. 75	O <sub>2</sub> maks. 55
Przepuszczalność pary wodnej ( $\text{g} \cdot (\text{m}^2 \cdot 24 \text{ h})^{-1}$ )	H <sub>2</sub> O maks. 10	H <sub>2</sub> O maks. 7

### Folia barierowa PA/EVOH/PA/PE

Wysokobarierowa 7-warstwowa folia z EVOH (75  $\mu\text{m}$ ) uzyskana dzięki zastosowaniu technik wspólnego wytłaczania warstw (rys. 2). EVOH (z ang. *Ethylene Vinyl Alcohol Copolymer*) to kopolimer etylenu i alkoholu winylowego należący do tworzyw sztucznych o największej dynamice sprzedaży. Zabezpiecza przed przenikalnością gazu ok. 10 000 razy skuteczniej niż warstwa PE o tej samej grubości. Dla tego materiału maksymalna przepuszczalność pary wodnej wynosi  $6 \text{ g} \cdot (\text{m}^2 \cdot 24 \text{ h})^{-1}$ , a tlenu  $3 \text{ g} \cdot (\text{m}^2 \cdot 24 \text{ h} \cdot 0,1 \text{ MPa})^{-1}$ . Żywicze kopolimerowe alkoholu etylowinyloвого EVOH są wykorzystywane w branży opakowaniowej, głównie w celu poprawienia barierowości dla tlenu. Poziom barierowości dla tego gazu zależy od procentowej zawartości alkoholu winylowego w folii. Polimer cechuje jednak

zwiększona chłonność (do 6% przy wilgotności względnej otoczenia 85%) i przepuszczalność pary wodnej. Ze względu na to oraz fakt, że kilkuprocentowa zawartość wody zmienia znacznie cechy barierowe tworzywa, w wielowarstwowych opakowaniach EVOH jest zazwyczaj wykorzystywany jako wewnętrzna warstwa odizolowana od zewnątrz przez ochronną warstwę takich tworzyw, jak: polietylen (PE), polipropylen (PP), poliamid (PA) bądź politereftalan etylenu (PET). Właściwości barierowe rosną proporcjonalnie do grubości warstwy. W folii wykorzystanej w niniejszych badaniach grubość warstwy EVOH wynosiła 4  $\mu\text{m}$ . Kopolimery EVOH mają niską adhezję do większości współwytłaczanych (koekstrudowanych) tworzyw, z wyjątkiem bardzo dobrej adhezji do poliamidu. W procesach koekstruzji wymagają stosowania pośredniej warstwy żywicy klejowej. Niewątpliwą zaletą EVOH jest znacznie mniejsza grubość ścianek opakowań lub zbiorników, dzięki czemu produkty są lżejsze i mniejsza jest masa zużytych opakowań. Materiał nadaje się do recyklingu.



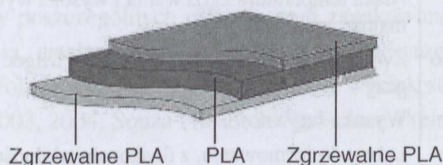
Rys. 2. Struktura folii PA/EVOH/PA/PE. Źródło: MULTIPACK, Polska, [www.multipack.com.pl](http://www.multipack.com.pl), dostęp 12.02.2011

### *Biodegradowalna folia PLA – kwas polimlekowy, polilaktyd (BIO 521)*

PLA jest termoplastycznym alifatycznym poliestrem pochodzącym z zasobów naturalnych corocznie odnawialnych, takich jak skrobia kukurydziana, tapioka, burak cukrowy lub trzcina cukrowa. Stanowi rodzinę polimerów, które są uzyskiwane w wyniku reakcji enzymatycznych z udziałem mikroorganizmów oraz bezpośredniej kondensacji kwasu mlekowego. Materiał ten otrzymuje się różnymi metodami, jedną z nich jest proces biotechnologiczny, analogiczny do fermentacyjnego otrzymywania alkoholu etylowego. Polilaktyd jest poliestrem alifatycznym o dużej przezroczystości i połysku, dużej sztywności oraz łatwości do formowania z wykorzystaniem typowych urządzeń przetwórczych (tabela 8). Jego wadą, w porównaniu z polipropylenem (PP) i polistyrenem (PS), jest stosunkowo duża gęstość ( $1,25 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ). Polimer ten podlega recyklingowi biologicznemu, jest bowiem kompostowalny w warunkach przemysłowych (Żakowska, 2009). Czas rozkładu butelek produkowanych z PLA wynosi 75–80 dni. Ze względu na swoje właściwości – dobrą odporność na uderzenia, sztywność, dużą przejrzystość, odporność na działanie tłuszczu, tlenu oraz wysoką barierowość dla aromatów – może być z powodzeniem używany do pakowania żywności. PLA charakteryzuje się jednak stosunkowo dużą przepuszczalnością pary wodnej, co w pewnym



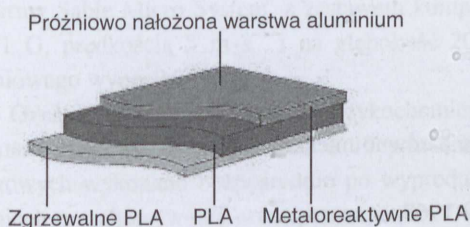
stopniu ogranicza jego zastosowanie w pakowaniu żywności (Van Tuil i in., 2000). Schemat przekroju poprzecznego folii BIO 521 przedstawia rys. 3.



Rys. 3. Struktura folii BIO 521. Źródło: *Technical Data Sheet V02, BIO 521*. Polyfilms SAS, Francja, [www.polyfilms.eu](http://www.polyfilms.eu), dostęp 15.03.2008

#### *Metalizowana koekstrudowana biodegradowalna folia PLA (BIO 130)*

Właściwości barierowe polilaktydu mogą być optymalizowane przez metalizowanie folii za pomocą aluminium. Proces ten nie wpływa na biodegradowalność materiału. Folia BIO 130 składa się z czterech warstw (wymieniając od zewnętrznej): aluminium próżniowo naniesionego, PLA reaktywnego z metalem, wewnętrznego polilaktydu i zgrzewalnego PLA (rys. 4).



Rys. 4. Struktura folii BIO 130. Źródło: *Technical Data Sheet V02, BIO 130*. Polyfilms SAS, Francja, [www.polyfilms.eu](http://www.polyfilms.eu), dostęp 15.03.2008

Oba biodegradowalne filmy są nietoksyczne i mogą być używane w bezpośrednim kontakcie z wszystkimi rodzajami żywności. Ich zastosowanie do pakowania żywności jest dopuszczalne bezwarunkowo, ponieważ nie stanowią zagrożenia dla zdrowia. Właściwości biodegradowalnych materiałów opakowaniowych przedstawiono w tabeli 8.

#### *Laminat PE70/PET I2*

Dwuwarstwowa folia do próżniowego pakowania żywności z możliwością nadruku dwustronnego (na warstwie zewnętrznej i wewnętrznej). Materiał ten odznacza się dużą wytrzymałością, dzięki czemu doskonale nadaje się do szybkobieżnych maszyn pakujących. Charakteryzuje się wysoką przezroczystością, połyskiem i korzystnymi właściwościami mechanicznymi oraz niską przepuszczalnością pary wodnej i substancji zapachowych.

Tabela 8. Właściwości biodegradowalnych folii opakowaniowych (BIO 521 i BIO 130)

BIO 521	BIO 130
Niska temperatura zgrzewania i wysoka wytrzymałość zgrzewów	Niska temperatura zgrzewania i wysoka wytrzymałość zgrzewów
Wysoki połysk powierzchni przyczyniający się do dobrej prezentacji druku	Zwiększona barierowość na światło, wilgoć oraz gazy
Wysoka sztywność	Wysoka sztywność
Łatwy do formowania z doskonałą zdolnością do zachowania nadanego kształtu	Łatwy do formowania, z doskonałą zdolnością do zachowania nadanego kształtu
Zgrzewalność obu warstw	Jedna strona zgrzewalna
Możliwość nadruku	Możliwość nadruku
Odporny na olej, tłuszcz i alkohol	Odporny na olej, tłuszcz i alkohol
Wysoki współczynnik przenikalności pary wodnej	Produkowany z corocznie odnawialnych surowców
Produkowany z corocznie odnawialnych surowców	Całkowicie biodegradowalny do wody i ditlenku węgla
Całkowicie biodegradowalny do wody i ditlenku węgla	

## 3.2. Metody badań

### 3.2.1. Analiza fizykochemiczna

Analizie fizykochemicznej poddano zarówno mleko przerobowe, jak i sery twarogowe stanowiące materiał badawczy.

W surowcu, zgodnie z PN-A-86122:1968, oznaczono:

- a) procentową zawartość białka ogółem oraz kazeiny metodą techniczną Walkera (Walkera);
- b) procentową zawartość laktozy metodą Bertranda;
- c) procentową zawartość tłuszczu metodą techniczną w tłuszczomierzach Gerbera,
- d) kwasowość miareczkową w °SH;
- e) pH z użyciem pH-metru (model IQ150, PIAP, Warszawa);
- f) gęstość metodą areometryczną za pomocą laktodensymetru;
- g) procentową zawartość suchej masy i suchej masy beztłuszczowej metodą obliczeniową ze wzoru Fleischmanna.

W kwasowych serach twarogowych będących przedmiotem badań określono według PN-A-86232:1973:

- a) procentową zawartość wody metodą techniczną, przez 30-minutowe suszenie w temperaturze 130°C;
- b) procentową zawartość tłuszczu metodą techniczną Gerbera w tłuszczomierzach van Gulika;
- c) kwasowość miareczkową w °SH;
- d) pH z użyciem pH-metru (model IQ150, PIAP, Warszawa).



Dodatkowo oznaczano także zdolność synerезy serwatki. Twaróg ważono w opakowaniu (z dokładnością do 0,01g) oraz po jego usunięciu. Opakowanie pozostawiano do ocieknięcia (zbierając serwatkę), a następnie osuszano papierowym ręcznikiem. Na podstawie różnicy poszczególnych mas, tj. wagi zapakowanego twarogu, twarogu bez opakowania i opakowania, ustalano masę serwatki. Następnie sumowano ją z ilością otrzymaną podczas ocieknięcia folii opakowaniowej. Procentowy wyciek serwatki wyliczano ze wzoru (1) – Ziółkowski i in., 2003, 2004; Souza i Saad; 2009; Fritzen-Freire i in., 2010:

$$\text{wyciek serwatki (\%)} = \frac{m_w}{m_s} \times 100 \quad (1)$$

gdzie:

$m_w$  – masa serwatki (g),

$m_s$  – masa twarogu (g).

Doświadczalne sery twarogowe poddawano ponadto analizie reologicznej, która polegała na ocenie ich twardości (PN-ISO 11036:1999). Badanie to wykonano za pomocą testu podwójnego ściskania TPA, z użyciem wielofunkcyjnego analizatora tekstury TA.XT plus Firmy Sable Micro System, z zestawem komputerowym. Próbkę penetrowano z siłą nacisku 1 G, prędkością  $5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  i na głębokość 20 mm. Średnica zastosowanego trzpienia aluminiowego wynosiła 6 mm.

Oznaczenia w ramach analizy fizykochemicznej wykonano w 4 powtórzeniach, z wyjątkiem twardości, którą oznaczono w 12 powtórzeniach dla każdej próbki. Analizę serów twarogowych wykonano bezpośrednio po wyprodukowaniu i zapakowaniu oraz po 3, 7, 14 i 21 dniach przechowywania w temperaturze  $5 \pm 1^\circ\text{C}$ .

### 3.2.2. Analiza mikrobiologiczna

Podczas doświadczenia dotyczącego wpływu szczepów probiotycznych na wybrane wskaźniki fizykochemiczne i cechy sensoryczne kwasowego sera twarogowego dokonano oceny mikrobiologicznej mleka przerobowego, zakwasów oraz twarogów.

#### Ocena mikrobiologiczna surowca

W celu określenia jakości mikrobiologicznej surowca w mleku przerobowym na twaróg oraz przeznaczonym na zakwasy oznaczono ogólną liczbę mikroflory technologicznie szkodliwej i towarzyszącej, takiej jak:

- a) *Salmonella* sp. (PN-EN ISO 6579),
- b) *Staphylococcus aureus* (PN-EN ISO 6888-1:1999),
- c) *Listeria monocytogenes* (PN-EN ISO 11290-2:2000),
- d) pałeczki jelitowe z rodziny *Enterobacteriaceae* (PN-ISO 21528:2005).

### Ocena mikrobiologiczna zakwasów oraz serów twarogowych

W stosowanych zakwasach oraz wyprodukowanych serach twarogowych oznaczono ogólną liczbę bakterii fermentacji mlekowej (LAB) oraz liczebność żywych komórek kultur probiotycznych.

Ogólną liczbę LAB określono, wykonując posiewy metodą wgłębną na podłożu MRS Agar w dwóch równoległych powtórzeniach. Płytki inkubowano w temperaturze 30°C przez 72 h (PN-ISO 15214:2002). Pożywkę MRS Agar przygotowywano z suchego podłoża firmy Merck, a wodę peptonową z preparatu otrzymanego z Zakładu Enzymów i Peptonów BLT (nr katalogowy S-0009). Rozcieńczeń dokonywano zgodnie z PN-EN ISO 6887-1:1999. Z badanych próbek zakwasów oraz serów twarogowych pobierano jałowo po 10 g i przenoszono do sterylnych butelek Schotta zawierających po 90 cm<sup>3</sup> wody peptonowej (o temperaturze ok. 45°C) i szklane perełki, po czym dokładnie mieszano. W analogiczny sposób sporządzono kolejne rozcieńczenia w wodzie peptonowej, rozpoczynając od 1·10<sup>-1</sup>. Warunki beztlenowe uzyskiwano w anaerostatach z wkładem do tworzenia atmosfery beztlenowej Anaerocult firmy Merck.

Przeżywalność bakterii probiotycznych *Lactobacillus acidophilus* LA 5 oraz *Bifidobacterium bifidum* BB 12 w serach twarogowych oznaczano w dniu produkcji oraz po 3, 7, 14 i 21 dniach składowania w temperaturze 5±1°C. Liczbę *Lactobacillus acidophilus* LA 5 oznaczano na podłożu MRS agar zawierającym maltozę. Próbkę inkubowano przez 72 h w temperaturze 37°C z zachowaniem warunków beztlenowych (Buriti i in., 2005b; IDF Standard 306:1995).

Liczebność *Bifidobacterium bifidum* BB 12 oznaczano na podłożu MRS agar, do którego dodatkowo wprowadzano mieszaninę kwasu nalidyksowego (50 mg·l<sup>-1</sup>), siarczanu neomycyny (100 mg·l<sup>-1</sup>), chlorku litu (3 g·l<sup>-1</sup>) oraz siarczanu paromomycyny (200 mg·l<sup>-1</sup>) (MRS-NNLP). Płytki inkubowano przez 72 h w temperaturze 37°C w warunkach beztlenowych (Darukaradhya i in., 2006; Özer i in., 2009). Wyniki podawano w jednostkach tworzących kolonie (j.t.k.) w przeliczeniu na 1 g produktu.

### 3.2.3. Ocena sensoryczna

Twarogi będące przedmiotem badań każdorazowo poddawano ocenie sensorycznej z zastosowaniem skali porządkowej – pięciopunktowej (Dmytrów i in., 2010b; PN-ISO 4121:1998; PN-ISO 6658:1998). Oceniano strukturę i konsystencję, barwę oraz smak i zapach serów. Oceny dokonywała dziewięciosobowa grupa degustatorów przeszkolona w wykonywaniu analiz sensorycznych serów twarogowych. Próbkę do oceny pobierano losowo. Badanie przeprowadzano w pomieszczeniu wolnym od obcych zapachów, w którym każdy oceniający dysponował oddzielnym stanowiskiem oraz wodą destylowaną do przepłukiwania ust. Wyniki uzyskane dla poszczególnych wyrobów kontrolnych i doświadczalnych sumowano i wyrażono jako średnią arytmetyczną (Pieczonka, 1995; Dmytrów i in., 2007a i b; Dmytrów i in., 2010a i b). Kryteria punktowej oceny sensorycznej przedstawia tabela 9.



Tabela 9. Kryteria punktowej oceny sensorycznej kwasowych serów twarogowych

Liczba punktów	Cechy sensoryczne i współczynniki ważkości		
	smak i zapach 0,5	struktura i konsystencja 0,2	barwa 0,3
5	b. dobry, czysty, łagodnie kwaśny, aromatyczny	jednolita, zwarta, bez grudek	od białej do lekko kremowej, jednolita w całej masie
4	dobry, czysty, łagodnie kwaśny, lekko aromatyczny, dopuszczalny posmak lekko nieczysty	jednolita, drobnoziarnista, niewielki wyciek serwatki	od białej do lekko kremowej, lekko niejednolita
3	nieczysty, za kwaśny, lekko jałowy lub gorzkawy, wady słabo wyrażone	lekko twarda, lekko krucha, gruzełkowata	od białej do lekko kremowej, niejednolita
2	nieczysty, kwaśny, jałowy, sfermentowany, gorzkawy, wady średnio wyrażone	krucha, mazista	od białej do lekko kremowej, zbyt żółta, niejednolita
1	gorzki, mdły, drożdżowy, stęchły, wady silnie wyrażone	mazista, krucha, sypka gumowata, wady silnie wyrażone	wady intensywne, szara, szaroniebieska

### 3.2.4. Metody statystyczne

Uzyskane wyniki badań poddano analizie statystycznej za pomocą arkusza kalkulacyjnego Microsoft Excel, wykorzystując dwuczynnikową analizę wariancji z powtórzeniami (ANOVA) oraz testy (t-Studenta, Cochran-Coxa) na oszacowanie różnic między dwoma średnimi zależnymi i niezależnymi. Współzależność pomiędzy wybranymi wskaźnikami fizykochemicznymi zbadano, weryfikując istotność współczynnika korelacji liniowej Pearsona. Wnioskowanie statystyczne przeprowadzono przy poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ .





## 4. Wyniki badań

### 4.1. Wpływ sezonowych zmian w składzie mleka na jakość sensoryczną i właściwości fizykochemiczne kwasowych serów twarogowych

#### 4.1.1. Zawartość wody

Dwuczynnikowa analiza wariancji wykazała, że sezonowe zmiany w składzie mleka krowiego i koziego w istotny sposób oddziaływały na zawartość wody w kwasowych serach twarogowych (tabele 10 i 11). Największą zawartość wody w grupie twarogów z mleka krowiego stwierdzono w serze wyprodukowanym jesienią (średnio 71,3%) – rys. 5. W twarogu z mleka pozyskanego zimą zawartość wody wynosiła 68,4%, natomiast latem i wiosną, odpowiednio, 66,5 i 65,0%.

Tabela 10. Wyniki dwuczynnikowej analizy wariancji z powtórzeniami (ANOVA) weryfikującej wpływ pory roku i czasu przechowywania na wybrane cechy fizykochemiczne kwasowych serów twarogowych wyprodukowanych z mleka krowiego

Źródło wariancji	Wartość p					
	zawartość wody	zawartość tłuszczu	pH	kwasowość miareczkowa	twardość	synereza serwatki
Czas przechowywania	0,0281*	0,1332	0,0000*	0,0029*	0,0000*	0,4500
Pora roku	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,8848
Interakcja	0,0027*	0,1116	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0033*

\* Istotny wpływ czynnika na badany wskaźnik,  $p \leq 0,05$ .

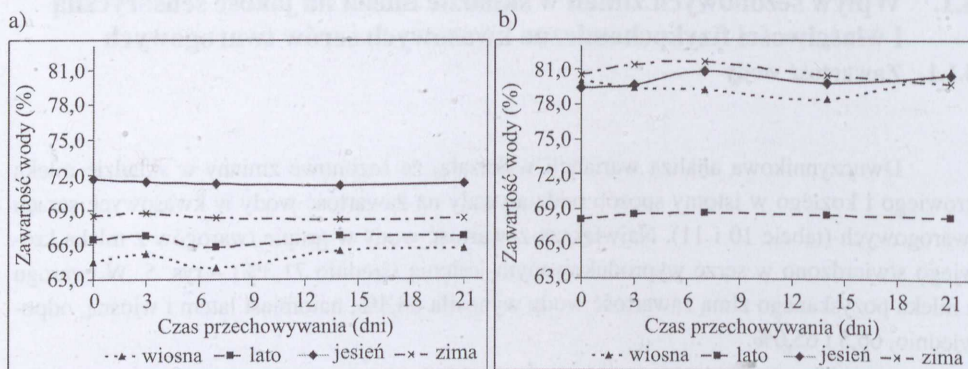
Tabela 11. Wyniki dwuczynnikowej analizy wariancji z powtórzeniami (ANOVA) weryfikującej wpływ pory roku i czasu przechowywania na wybrane cechy fizykochemiczne kwasowych serów twarogowych wyprodukowanych z mleka koziego

Źródło wariancji	Wartość p					
	zawartość wody	zawartość tłuszczu	pH	kwasowość miareczkowa	twardość	synereza serwatki
Czas przechowywania	0,2784	0,8758	0,0004*	0,0022*	0,0000*	2,5252
Pora roku	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0001*
Interakcja	0,9593	0,7554	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,9859

\* Istotny wpływ czynnika na badany wskaźnik,  $p \leq 0,05$ .

Zmiany zawartości wody w twarogach z mleka krowiego zaobserwowane podczas przechowywania okazały się istotne statystycznie (tabela 10). Natomiast dla serów z mleka koziego nie były statystycznie istotne (tabela 11). Najmniejszą zawartość wody w serach z mleka koziego stwierdzono latem – średnio 67,4% (rys. 5). Pomimo że twarogi oceniane

jesienią, zimą i wiosną różniły się nieznacznie zawartością wody, to analiza statystyczna wykazała, że pora roku w istotny sposób różnicowała próbki pod względem zawartości tego składnika (tabela 11).



Rys. 5. Zawartość wody w kwasowych serach twarogowych w zależności od pory roku i czasu przechowywania: a) sery twarogowe z mleka krowiego; b) sery twarogowe z mleka koziego

Średnia zawartość wody w twarogach z mleka koziego ocenianych jesienią, zimą i wiosną wynosiła, kolejno, 80,1, 80,8 oraz 79,7%. Stwierdzono, że kwasowe sery twarogowe z mleka koziego charakteryzowały się większą zawartością wody w porównaniu z twarogami wyprodukowanymi z mleka krów, a największą różnicę w zawartości wody zaobserwowano wiosną (15,3%). Twarogi z mleka krowiego zawierały mniej wody – latem w przybliżeniu o 2%, a jesienią i zimą o, odpowiednio, 8,9 i 12,4%.

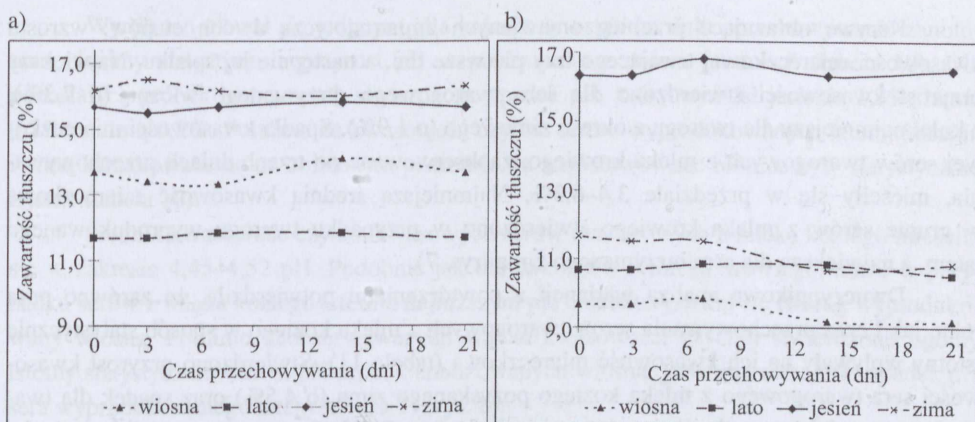
#### 4.1.2. Zawartość tłuszczu

Podobnie jak w przypadku zawartości wody, także udział tłuszczu w badanych próbkach był zależny, w sposób statystycznie istotny, od pory roku (tabele 10 i 11). Twarogi z mleka krowiego oraz koziego charakteryzowały się stabilną zawartością tłuszczu w trakcie 21 dni przechowywania, co potwierdzają wyniki dwuczynnikowej analizy wariancji (rys. 6, tabele 10 i 11). Sery twarogowe z mleka koziego miały na ogół niższą zawartość tłuszczu niż wyroby doświadczalne z mleka krowiego.

Średnia zawartość tłuszczu w twarogach wyprodukowanych z mleka krów mieściła się w przedziale od 11,7% (w twarogu ocenianym latem) do 16,2% (w serze pozyskanym zimą). Twarogi z okresu jesiennego zawierały średnio 15,7% tłuszczu, podczas gdy otrzymane wiosną 13,6%.

Największą zawartością tłuszczu spośród twarogów wyprodukowanych z mleka koziego charakteryzował się ser oceniany jesienią (16,7%), a najmniejszą twaróg z okresu wiosennego (ok. 6%) – rys. 6. Sery twarogowe wyprodukowane z mleka koziego pozyskanego latem i zimą zawierały, odpowiednio, 6,7 oraz 7,6% tłuszczu.

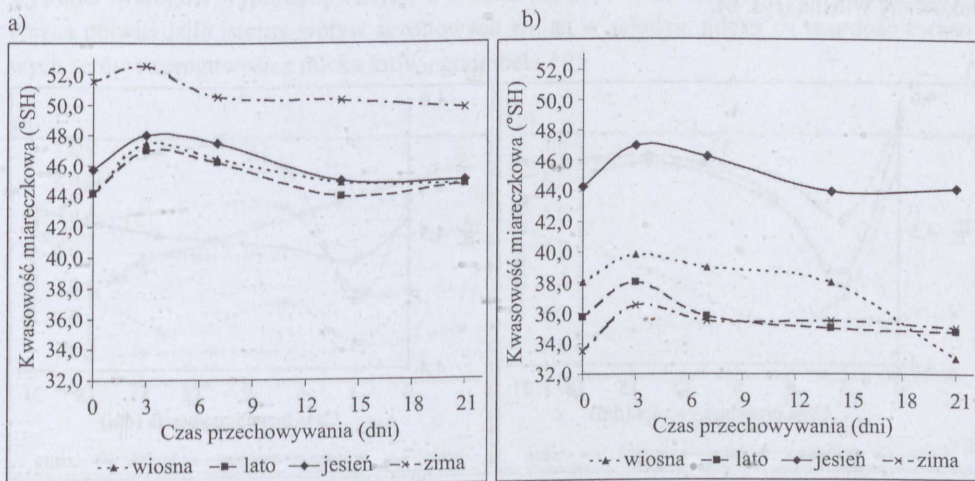




Rys. 6. Zawartość tłuszczu w kwasowych serach twarogowych w zależności od pory roku i czasu przechowywania: a) sery twarogowe z mleka krowiego; b) sery twarogowe z mleka koziego

#### 4.1.3. Kwasowość miareczkowa

Podczas przechowywania serów twarogowych z mleka krowiego stwierdzono identyczny pod względem wielkości, istotny statystycznie przyrost kwasowości miareczkowej (o 1,1%) twarogów z okresu wiosenno-letniego (rys. 7, tabela 10). Przeciwnie, dla serów wyprodukowanych jesienią i zimą zanotowano istotny statystycznie spadek kwasowości, który był ponaddwukrotnie większy dla sera wyprodukowanego w okresie zimowym w porównaniu z okresem jesiennym.



Rys. 7. Kwasowość miareczkowa kwasowych serów twarogowych w zależności od pory roku i czasu przechowywania: a) sery twarogowe z mleka krowiego; b) sery twarogowe z mleka koziego

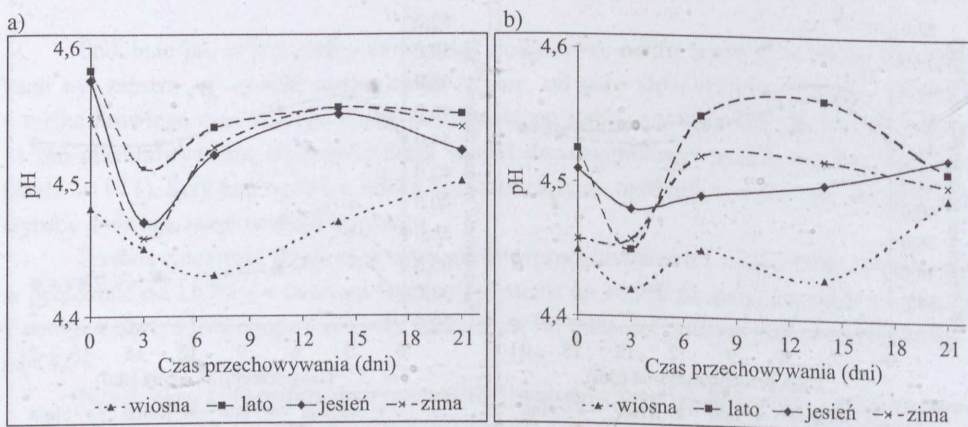
Krzywe obrazujące przebieg omawianych zmian dotyczą dwóch etapów: wzrostu kwasowości miareczkowej trwającego trzy pierwsze dni, a następnie jej spadku. Największy przyrost kwasowości stwierdzono dla sera twarogowego otrzymanego wiosną (o 7,3%), z kolei najmniejszy dla twarogu z okresu zimowego (o 1,9%). Spadki kwasowości miareczkowej serów twarogowych z mleka krowiego, zaobserwowane po trzech dniach przechowywania, mieściły się w przedziale 3,4–6,3%. Najmniejszą średnią kwasowość miareczkową w grupie serów z mleka krowiego stwierdzono w przypadku twarogu wyprodukowanego latem, a największą dla sera otrzymanego zimą (rys. 7).

Dwuczynnikowa analiza wariancji z powtórzeniami potwierdziła, że zarówno pora roku, jak i czas przechowywania serów twarogowych z mleka koziego w sposób statystycznie istotny wpływały na ich kwasowość miareczkową (tabela 11). Stwierdzono przyrost kwasowości sera twarogowego z mleka koziego pozyskanego zimą (o 4,5%) oraz spadek dla twarogów wyprodukowanych wiosną, latem i jesienią (rys. 7). Zaobserwowane spadki wyniosły, odpowiednio, 13,2, 2,8 oraz 0,5%. Największą kwasowością miareczkową w grupie twarogów z mleka koziego charakteryzował się ser otrzymany jesienią (średnio 45,1°SH). Kwasowość serów twarogowych wyprodukowanych latem i zimą była zbliżoną i kształtowała się na poziomie ok. 35,5°SH, z kolei dla twarogu otrzymanego wiosną wynosiła 37,6°SH.

Zauważono, że w ciągu całego roku kwasowe sery twarogowe z mleka krowiego odznaczały się wyższą kwasowością miareczkową w porównaniu z serami z mleka koziego, a odnotowane różnice były szczególnie widoczne wiosną, latem i zimą.

#### 4.1.4. Kwasowość czynna (pH)

Porównując zmiany kwasowości czynnej twarogów z mleka krowiego podczas przechowywania, stwierdzono, że zdecydowanie najniższym pH charakteryzował się ser wyprodukowany wiosną (rys. 8).



• Rys. 8. Kwasowość czynna kwasowych serów twarogowych w zależności od pory roku i czasu przechowywania: a) sery twarogowe z mleka krowiego; b) sery twarogowe z mleka koziego

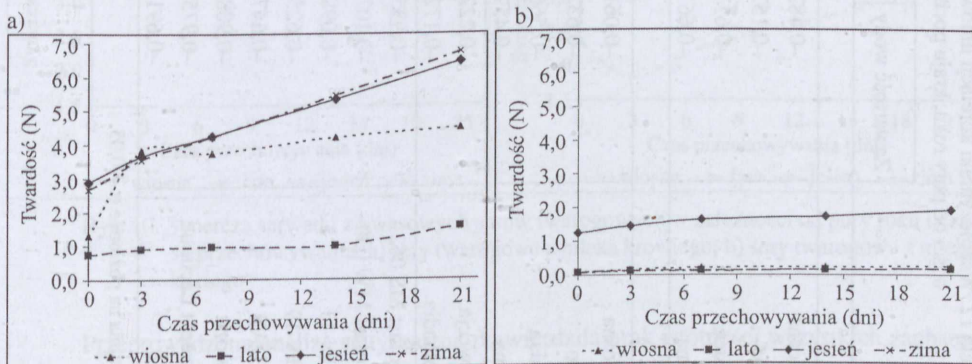


Wyrób ten okazał się jedynym, dla którego w ostatnim dniu przechowywania zanotowano istotny statystycznie przyrost pH w porównaniu z dniem produkcji (tabela 10). Dla pozostałych próbek badawczych stwierdzono spadek pH, który wyniósł jesienią 1,3%, latem 0,7%, a zimą 0,2%. Pomimo że kwasowość czynna serów wyprodukowanych latem, jesienią i zimą kształtowała się na zbliżonym poziomie, to zaobserwowane różnice były statystycznie istotne (tabela 10).

Średnia kwasowość czynna kwasowych serów twarogowych z mleka koziego mieściła się w zakresie 4,45–4,52 pH. Podobnie jak dla twarogów z mleka krowiego, także w przypadku serów z mleka koziego istotnie najniższym pH charakteryzował się twaróg wyprodukowany wiosną. Pomimo zaobserwowanych wahań kwasowości czynnej stwierdzono ogólny istotny statystycznie wzrost pH próbek analizowanych wiosną, jesienią i zimą oraz spadek pH sera wyprodukowanego latem (tabela 11, rys. 8).

#### 4.1.5. Twardość

Przeprowadzone badania wykazały istotny statystycznie przyrost twardości wszystkich kwasowych serów twarogowych z mleka krowiego w czasie przechowywania, a był on największy w przypadku twarogu wyprodukowanego wiosną (rys. 9). Twardość tej próbki po 21 dniach przechowywania zwiększyła się blisko 3,5-krotnie w stosunku do wartości początkowej. Porównując twardość pozostałych próbek przed przechowywaniem i po tym okresie, stwierdzono ok. 2-krotny wzrost dla twarogu ocenianego latem i jesienią oraz 2,5-krotny dla sera twarogowego otrzymanego zimą. Najmniejszą twardością w czasie przechowywania odznaczał się ser twarogowy otrzymany z mleka pozyskanego latem. Na uwagę zasługuje fakt prawie identycznego przebiegu krzywych obrazujących zmiany twardości podczas przechowywania twarogów wyprodukowanych w okresie jesienno-zimowym (rys. 9). Analiza statystyczna potwierdziła istotny wpływ sezonowych zmian w składzie mleka na twardość kwasowych serów twarogowych z mleka krowiego (tabela 10).



Rys. 9. Twardość kwasowych serów twarogowych w zależności od pory roku i czasu przechowywania: a) sery twarogowe z mleka krowiego; b) sery twarogowe z mleka koziego

Tabela 12. Współczynniki korelacji liniowej Pearsona pomiędzy wybranymi cechami fizykochemicznymi kwasowych serów twarogowych w zależności od pory roku, kraju pochodzenia krów oraz rodzaju kultury starterowej

	Zawartość wody	Twardość	Zawartość tłuszczu	Twardość	pH	Twardość	pH	Synereza serwatki
Pora roku	Mleko krowie							
	wiosna	-0,482		0,160		-0,661		-0,755*
	lato	-0,157		0,158		-0,625		-0,799*
	jesień	-0,677		0,423		-0,075		-0,933*
	zima	-0,661		0,386		-0,560		-0,857*
	Mleko kozie							
	wiosna	-0,061		0,580		-0,064		-0,956*
	lato	-0,637		0,149		-0,553		-0,907*
	jesień	-0,566		0,327		-0,171		-0,599*
	zima	-0,459		0,287		-0,264		-0,806*
Kraj	Szwecja	-0,223		0,294		-0,372		-0,597*
	Holandia	-0,172		0,183		-0,297		-0,517*
Kultura starterowa	Lyofast MS 062	-0,935*		0,289		-0,619		-0,913*
	Lyofast MW 030	-0,107		0,187		-0,590		-0,763*
	CHN-11	-0,098		0,496		-0,324		-0,671*
	CHN-19	-0,625		0,354		-0,059		-0,706*
	FLDAN	-0,647		0,244		-0,303		-0,982*
	Choozit	-0,908*		0,135		-0,901		-0,749*
	Ferment Lactique	-0,975*		0,478		-0,361		-0,638*
	ALC	-0,691		0,558		-0,052		-0,733*

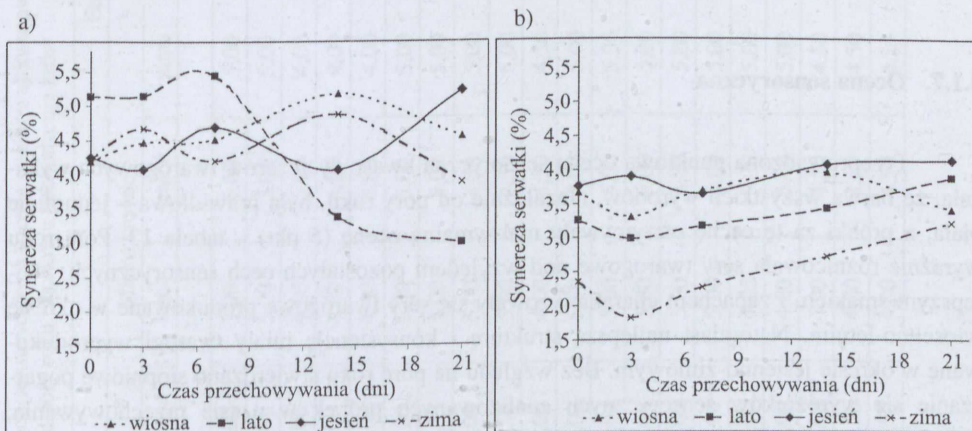
\* Korelacja istotna na poziomie  $\alpha = 0,05$ .



Sery twarogowe otrzymane z mleka koziego charakteryzowały się zdecydowanie mniejszą twardością w porównaniu z twarogami z mleka krowiego, a w czasie przechowywania zaobserwowano istotny statystycznie przyrost ich twardości (rys. 9, tabela 11). Największy przyrost twardości, analogicznie jak dla serów twarogowych z mleka krowiego, odnotowano w przypadku twarogu wyprodukowanego wiosną (rys. 9). Dla twarogów z okresu letniego i zimowego stwierdzono 1,5-krotny wzrost twardości podczas przechowywania. W najmniejszym stopniu zmieniła się natomiast twardość twarogu z okresu jesiennego – w przybliżeniu o 55%. Wzrost twardości twarogów z mleka koziego zaobserwowany podczas przechowywania oraz różnice między poszczególnymi wyrobami okazały się istotne statystycznie. Interakcja między tymi czynnikami była także statystycznie istotna (tabela 11). Nie stwierdzono natomiast istotnej korelacji między zawartością wody i tłuszczu a twardością kwasowych serów twarogowych zarówno z mleka krowiego, jak i koziego (tabela 12).

#### 4.1.6. Syneresa serwatki

Analiza wyników otrzymanych w trakcie 21-dniowego przechowywania twarogów z mleka krowiego potwierdziła, że największą syneresą serwatki w dniu produkcji charakteryzował się ser twarogowy otrzymany latem (5,13%). Ilość wolnej serwatki zaobserwowana bezpośrednio po zapakowaniu trzech pozostałych wyrobów doświadczalnych zawierała się w przedziale 4,20–4,25% (rys. 10).



Rys. 10. Syneresa serwatki z kwasowych serów twarogowych w zależności od pory roku i czasu przechowywania: a) sery twarogowe z mleka krowiego; b) sery twarogowe z mleka koziego

Przeprowadzona analiza statystyczna potwierdziła brak istotności wszystkich zaobserwowanych różnic (tabela 10). Dodatkowo, mimo zróżnicowania syneresy serwatki w kolejnych okresach przechowywania, stwierdzono ogólny nieistotny statystycznie, ok. 40-proc. spadek syneresy w przypadku twarogu otrzymanego latem i ponad 7,5-proc. dla sera twarogo-

wego produkowanego zimą. Zwiększenie synerезy serwatki zaobserwowano w przypadku serów twarogowych z mleka krowiego otrzymanych wiosną i jesienią, przy czym było ono ośmiokrotnie większe dla sera z okresu wiosennego. W ostatnim dniu przechowywania największy wyciek serwatki odnotowano w twarogach wyprodukowanych jesienią, natomiast najmniejszy latem. Dwuczynnikowa analiza wariancji wykazała, że sezonowe zmiany w składzie mleka nie różnicowały twarogów z mleka krowiego pod względem synerезy serwatki. Łączny wpływ czasu przechowywania i zmian sezonowych w składzie mleka przerobowego na stopień synerезy okazał się statystycznie istotny (tabela 10).

Wszystkie cztery partie serów twarogowych z mleka koziego charakteryzowały się stabilnym wyciekaniem serwatki, a zaobserwowane zmiany w jej ilości okazały się nieistotne statystycznie (tabela 11). Bezpośrednio po zapakowaniu najczęściej serwatki stwierdzono w opakowaniu sera twarogowego otrzymanego jesienią, następnie twarogu z okresu wiosennego i kolejno w serze, który wyprodukowano latem. Twaróg otrzymany z mleka pozyskanego zimą wykazywał najmniejszą synerезę serwatki zarówno w dniu produkcji, jak i po przechowywaniu (rys. 10). Największą synerезę serwatki po upływie 21 dni przechowywania odnotowano dla twarogu wyprodukowanego w okresie jesiennym. Wszystkie zaobserwowane różnice w wycieku serwatki na podstawie dwuczynnikowej analizy wariancji uznano za istotne statystycznie (tabela 11).

Porównując ze sobą kwasowe sery twarogowe z mleka koziego i krowiego, stwierdzono, że w ciągu całego roku synerезa serwatki była większa w przypadku twarogów z mleka krowiego. Dodatkowo potwierdzono istotną ujemną zależność między synerезą serwatki a pH wszystkich analizowanych kwasowych serów twarogowych (tabela 12).

#### 4.1.7. Ocena sensoryczna

Przeprowadzona punktowa ocena sensoryczna kwasowych serów twarogowych wykazała, że barwa wszystkich wyrobów, niezależnie od pory roku, była prawidłowa – jednolicie biała, a próbki za tę cechę otrzymywały maksymalną ocenę (5 pkt) – tabela 13. Pora roku wyraźnie różnicowała sery twarogowe pod względem pozostałych cech sensorycznych. Najlepszym smakiem i zapachem charakteryzowały się sery twarogowe produkowane w okresie wiosenno-letnim. Natomiast najlepszą strukturę i konsystencję miały twarogi wyprodukowane w okresie jesienno-zimowym. Bez względu na porę roku stwierdzano stopniowe pogarszanie się wyróżników sensorycznych analizowanych próbek w czasie przechowywania, jednakże zaobserwowane zmiany nie dyskwalifikowały produktów. Porównując twarogi otrzymane z mleka krowiego i koziego, stwierdzono, zgodnie z przewidywaniami, że zdecydowanie lepszymi cechami sensorycznymi odznaczały się sery z mleka krowiego. Twarogi z mleka koziego charakteryzowały się zbyt mazistą strukturą oraz wyraźnie wyczuwalnym zapachem i posmakiem „kozim”.



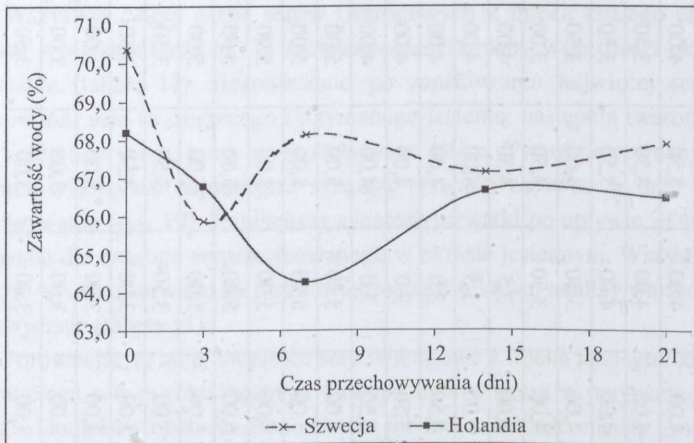
Tabela 13. Zmiany cech sensorycznych (ocena punktowa) kwasowych serów twarogowych wyprodukowanych z mleka krowiego i koziego w zależności od pory roku oraz kraju pochodzenia krów

Wyróżnik	Dzień	Etap I								Etap II	
		Mleko krowie				Mleko kozie				Kraj pochodzenia krów	
		wiosna	lato	jesień	zima	wiosna	lato	jesień	zima	Szwecja	Holandia
Liczba punktów											
Smak	0	5,00	5,00	5,00	5,00	4,00	4,00	3,50	4,00	5,00	5,00
	3	5,00	5,00	5,00	5,00	4,00	4,00	3,50	3,50	5,00	5,00
	7	5,00	4,50	5,00	4,00	4,00	4,00	3,50	3,50	5,00	5,00
	14	5,00	4,50	4,00	4,00	4,00	3,50	4,00	3,50	5,00	3,50
	21	5,00	4,50	4,00	4,00	4,00	3,50	3,50	3,00	4,50	3,50
Zapach	0	5,00	5,00	5,00	5,00	4,00	3,5	4,50	4,00	5,00	5,00
	3	4,00	5,00	5,00	5,00	4,00	3,5	4,00	4,00	5,00	5,00
	7	4,00	5,00	4,50	5,00	3,50	3,0	4,00	4,00	5,00	4,50
	14	4,50	5,00	4,50	5,00	3,50	3,0	4,00	4,00	4,50	4,00
	21	4,00	4,00	4,50	4,50	3,50	3,0	4,00	4,00	4,50	4,00
Barwa	0	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
	3	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
	7	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
	14	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
	21	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Struktura i konsystencja	0	4,00	4,25	5,00	5,00	3,00	3,50	3,50	3,50	5,00	5,00
	3	4,00	4,00	5,00	5,00	3,00	3,00	3,50	3,50	5,00	5,00
	7	4,00	4,00	4,50	4,50	3,00	3,00	3,00	3,00	5,00	5,00
	14	3,50	4,00	4,50	4,50	3,00	3,00	3,00	3,00	5,00	5,00
	21	3,50	4,00	4,50	4,25	3,00	3,00	3,00	3,50	5,00	5,00

## 4.2. Wpływ kraju pochodzenia krów na jakość sensoryczną i właściwości fizykochemiczne kwasowych serów twarogowych

### 4.2.1. Zawartość wody

Bezpośrednio po wyrobie wyższą zawartością wody, wynoszącą 70,4%, charakteryzował się ser twarogowy wyprodukowany z mleka krów importowanych ze Szwecji. Twaróg otrzymany z mleka krów holenderskich zawierał nieco mniej, bo 68,2% wody (rys. 11).



Rys. 11. Zawartość wody w kwasowych serach twarogowych wyprodukowanych z mleka pochodzącego od krów importowanych ze Szwecji i Holandii w zależności od czasu przechowywania.

Stwierdzono, że większą zawartością wody, niezależnie od czasu przechowywania, odznaczał się twaróg kwasowy uzyskany z mleka krów importowanych ze Szwecji. Wyjątek stanowił trzeci dzień przechowywania, w którym to wyższą, o blisko 1 punkt procentowy, zawartość wody odnotowano w twarogu z mleka krów pochodzących z Holandii.

Miejsce pochodzenia krów istotnie różnicowało próbki badawcze pod względem zawartości wody (tabela 14). Porównując zawartość wody w serach bezpośrednio po wyrobie oraz po trzech tygodniach przechowywania, zauważono istotne statystycznie obniżenie zawartości wody zarówno w twarogach z mleka krów holenderskich, jak i serach twarogowych wyprodukowanych z mleka od krów importowanych ze Szwecji (rys. 11, tabela 15). Spadek zawartości wody wyniósł, odpowiednio, 2,5 i 3,6%.



Tabela 14. Wyniki analizy statystycznej dla dwóch średnich niezależnych weryfikujących wpływ kraju pochodzenia krów na wybrane wskaźniki fizykochemiczne kwasowych serów twarogowych

Wyszczególnienie	Zawartość wody		Zawartość tłuszczu		pH		Kwasowość miareczkowa		Twardość		Synereza serwatki	
	Holandia	Szwecja	Holandia	Szwecja	Holandia	Szwecja	Holandia	Szwecja	Holandia	Szwecja	Holandia	Szwecja
Dzień produkcji												
S <sup>2</sup>	0,0089	0,2297	0,6666	0,1666	0,0008	0,0006	4,7500	3,0000	0,6036	0,3565	0,2990	1,9356
t	6,321*		6,197*		1,395		2,178		0,661		2,561	
t <sub>α</sub>	2,776		2,776		2,447		2,447		2,145		2,776	
Rodzaj testu	Cochrana-Coxa		t-Studenta		t-Studenta		t-Studenta		t-Studenta		t-Studenta	
Po 3 dniach przechowywania												
S <sup>2</sup>	0,0065	0,0314	1,5556	0,6666	0,0013	0,0001	6,000	6,6800	0,0421	0,0782	0,2427	0,3017
t	6,686*		4,111*		4,094*		2,553*		2,074		0,671	
t <sub>α</sub>	2,776		2,776		2,447		2,447		2,145		2,776	
Rodzaj testu	t-Studenta		t-Studenta		Cochrana-Coxa		t-Studenta		t-Studenta		t-Studenta	
Po 7 dniach przechowywania												
S <sup>2</sup>	0,0814	0,0067	0,0556	0,1666	0,0008	0,0004	0,7500	0,7500	0,2780	0,0203	0,7940	0,5770
t	18,413*		8,500		3,926*		2,828*		2,306*		0,855	
t <sub>α</sub>	2,776		2,776		2,447		2,447		2,145		2,776	
Rodzaj testu	t-Studenta		t-Studenta		t-Studenta		t-Studenta		Cochrana-Coxa		t-Studenta	
Po 14 dniach przechowywania												
S <sup>2</sup>	0,1138	0,0126	0,0556	1,6667	0,0022	0,0015	3,0000	0,7500	0,1255	0,0717	0,1916	0,8575
t	1,988		10,000*		0,646		1,342		2,132		1,390	
t <sub>α</sub>	2,776		2,776		2,447		2,447		2,145		2,776	
Rodzaj testu	t-Studenta		t-Studenta		t-Studenta		t-Studenta		t-Studenta		Cochrana-Coxa	
Po 21 dniach przechowywania												
S <sup>2</sup>	0,0074	0,0289	0,1666	0,0556	0,0001	0,0000	2,7500	2,900	0,3788	0,3143	11,9642	0,5533
t	10,444*		10,000*		Ω		0,768		0,496		0,077	
t <sub>α</sub>	2,776		2,776		Ω		2,447		2,145		2,776	
Rodzaj testu	t-Studenta		t-Studenta		Ω		Cochrana-Coxa		t-Studenta		Cochrana-Coxa	

S<sup>2</sup> – odchylenie standardowe, t – wartość statystyki testującej, t<sub>α</sub> – wartość krytyczna dla poziomu istotności α = 0,05, Ω – brak możliwości przeprowadzenia testu ze względu na dużą powtarzalność wyników (S<sup>2</sup> = 0).

\* Na podstawie odpowiedniego testu statystycznego odrzucenie H<sub>0</sub> zakładającej równość średnich dla analizowanego wskaźnika – różnice istotne na poziomie α = 0,05.

Tabela 15. Wyniki analizy statystycznej dla dwóch średnich zależnych weryfikującej wpływ czasu przechowywania na zmiany wybranych wskaźników fizykochemicznych twarogów wyprodukowanych z mleka krów pochodzących ze Szwecji i Holandii (test t-Studenta)

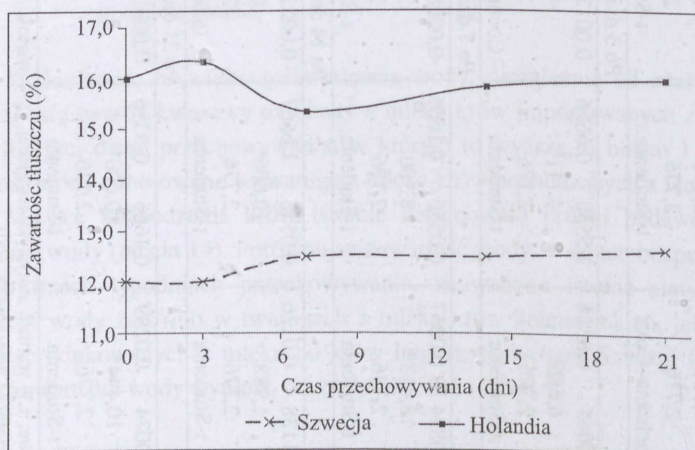
Badane wskaźniki	Statystyki	Holandia	Szwecja
Zawartość wody	t	26,978*	9,435*
	$t_{\alpha}$	4,303	4,303
Zawartość tłuszczu	t	0,000	2,449
	$t_{\alpha}$	4,303	4,303
pH	t	4,735*	1,997
	$t_{\alpha}$	3,182	3,182
Kwasowość miareczkowa	t	0,775	0,000
	$t_{\alpha}$	3,182	3,182
Twardość	t	3,061*	3,548*
	$t_{\alpha}$	2,365	2,365
Synereza serwatki	t	2,190	1,042
	$t_{\alpha}$	4,303	4,303

t – wartość statystyki testującej,  $t_{\alpha}$  – wartość krytyczna dla poziomu istotności  $\alpha = 0,05$ .

\* Istotna statystycznie zmiana wskaźnika ( $t \geq t_{\alpha}$ ).

#### 4.2.2. Zawartość tłuszczu

Zawartość tłuszczu w serze w całym okresie badawczym była istotnie wyższa w twarogu z mleka pochodzącego od pierwiastek importowanych z Holandii (rys. 12, tabela 14).



Rys. 12. Zawartość tłuszczu w kwasowych serach twarogowych, wyprodukowanych z mleka krów importowanych ze Szwecji i Holandii, w zależności od czasu przechowywania

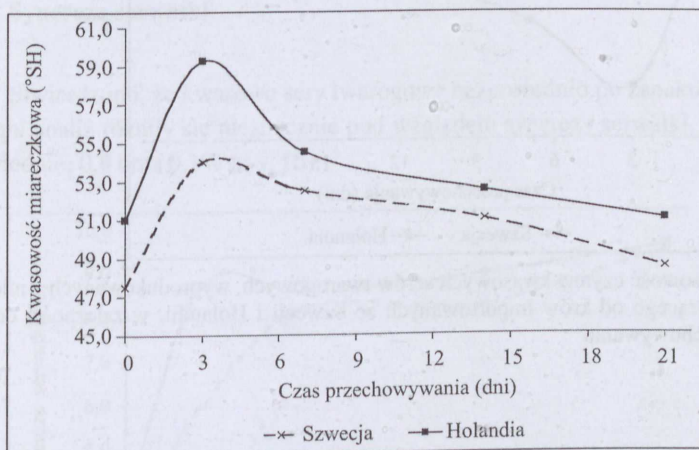
Na podstawie testu dla dwóch średnich zależnych stwierdzono, że zawartość tłuszczu w badanych serach twarogowych nie zmieniła się istotnie podczas przechowywania w warunkach chłodniczych (tabela 15).



Średnia zawartość tłuszczu w serze wyprodukowanym z mleka krów importowanych z Holandii wynosiła 15,9%, podczas gdy w twarogu z mleka krów szwedzkich była niższa, równa 12,3%.

#### 4.2.3. Kwasowość miareczkowa

Wyższą kwasowość miareczkową podczas przechowywania każdorazowo stwierdzano dla sera twarogowego otrzymanego z mleka pierwiastek holenderskich. Mimo to analiza statystyczna wykazała niejednoznaczny wpływ pochodzenia krów, od których pozyskano mleko, na kwasowość miareczkową twarogów (różnice statystycznie istotne jedynie po trzecim i siódmym dniu przechowywania) – rys. 13, tabela 14. Analizując przebieg krzywych obrazujących dynamikę zmian kwasowości miareczkowej, w obu przypadkach stwierdzono wzrost kwasowości miareczkowej podczas pierwszych trzech dni magazynowania i następujący po nim 18-dniowy etap spadku. Wspomniany wzrost kwasowości wyniósł dla twarogów z mleka krów importowanych ze Szwecji 13,7%, a w przypadku serów twarogowych z mleka od krów pochodzących z Holandii 16,2% w stosunku do kwasowości początkowej.



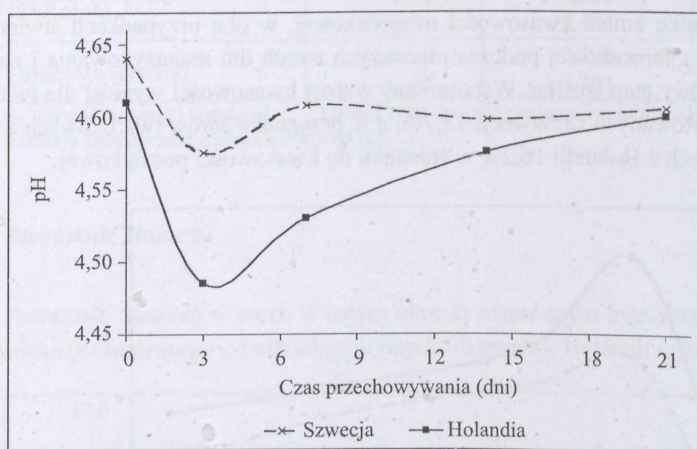
Rys. 13. Kwasowość miareczkowa kwasowych serów twarogowych, wyprodukowanych z mleka krów importowanych ze Szwecji i Holandii, w zależności od czasu przechowywania

Spadek kwasowości twarogów w porównaniu z wartością z trzeciego dnia przechowywania wyniósł, odpowiednio, 10,2 oraz 13,9%. Na uwagę zasługuje fakt, że kwasowość twarogu z mleka krów holenderskich stwierdzona po trzech tygodniach przechowywania była taka sama jak bezpośrednio po wyrobie. A zatem zmiana kwasowości podczas przechowywania była nieistotna statystycznie (tabela 15). Również w przypadku twarogów uzyskanych z mleka od pierwiastek importowanych ze Szwecji ponad 2-proc. różnica między wartością kwasowości oznaczoną przed przechowywaniem a stwierdzoną po tym okresie okazała się nieistotna statystycznie (tabela 15).

#### 4.2.4. Kwasowość czynna (pH)

Analiza statystyczna uzyskanych wyników nie pozwoliła na jednoznaczne oszacowanie istotności różnic pH serów twarogowych wyprodukowanych z mleka pierwiastek importowanych z Holandii i Szwecji (tabela 13).

Zaobserwowano nieistotny statystycznie spadek pH twarogu wyprodukowanego z mleka pochodzącego od krów importowanych ze Szwecji. Natomiast zmiana kwasowości czynnej twarogu z mleka krów holenderskich, stwierdzona w okresie między dniem produkcji a ostatnim dniem przechowywania, okazała się istotna statystycznie (tabela 14). Wyższym pH, zarówno bezpośrednio po wyrobie, jak i podczas magazynowania, charakteryzował się twaróg, do którego produkcji wykorzystano mleko krów importowanych ze Szwecji (rys. 14).

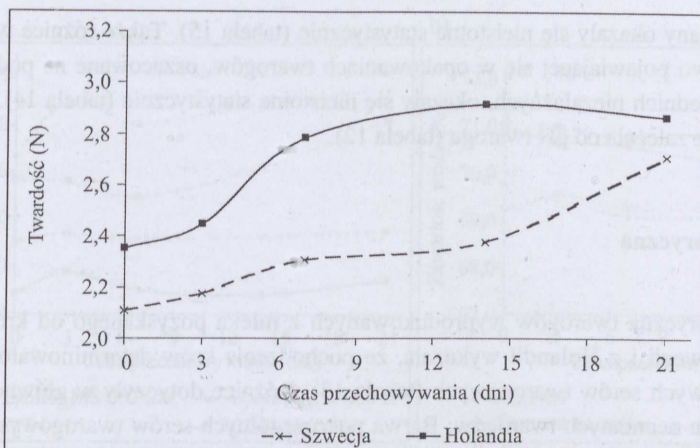


Rys. 14. Kwasowość czynna kwasowych serów twarogowych, wyprodukowanych z mleka pochodzącego od krów importowanych ze Szwecji i Holandii, w zależności od czasu przechowywania

#### 4.2.5. Twardość

W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono stopniowy przyrost twardości badanych serów twarogowych, a różnica pomiędzy twardością twarogów w dniu produkcji i po 21 dniach przechowywania była istotna statystycznie (tabela 15). Większą twardość podczas magazynowania wykazywał twaróg z mleka krów pochodzących z Holandii (rys. 15). Jednakże zaobserwowana różnica okazała się nieistotna statystycznie (tabela 14). Nie stwierdzono istotnej korelacji między zawartością wody i tłuszczu a twardością wyrobów doświadczalnych (tabela 12).

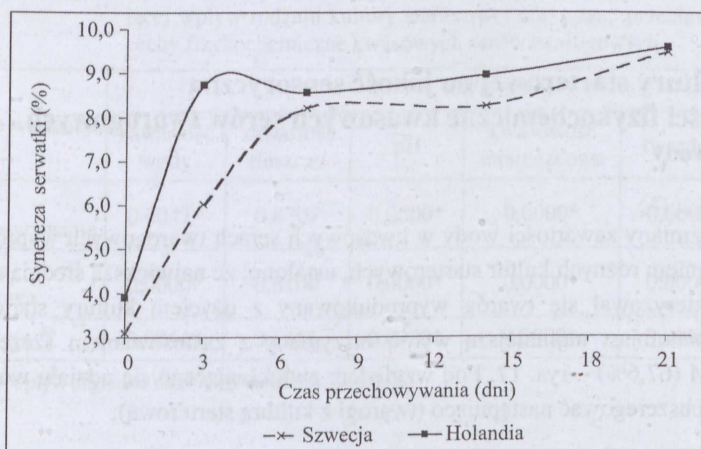




Rys. 15. Twardość kwasowych serów twarogowych, wyprodukowanych z mleka pochodzącego od krów importowanych ze Szwecji i Holandii, w zależności od czasu przechowywania

#### 4.2.6. Synereza serwatki

Stwierdzono, że kwasowe sery twarogowe bezpośrednio po zapakowaniu oraz w ostatnim dniu analiz różniły się nieznacznie pod względem synerezy serwatki, a różnice wynosiły, odpowiednio, 0,8 oraz 0,1% (rys. 16).



Rys. 16. Synereza serwatki z kwasowych serów twarogowych, wyprodukowanych z mleka pochodzącego od krów importowanych ze Szwecji i Holandii, w zależności od czasu przechowywania

Pomimo że odnotowano trzykrotny przyrost wycieku z twarogu wyprodukowanego z mleka krów pochodzących z Holandii oraz 2,5-krotny z sera z mleka krów szwedzkich, to

zaobserwowane zmiany okazały się nieistotne statystycznie (tabela 15). Także różnice w ilości serwatki każdorazowo pojawiającej się w opakowaniach twarogów, oszacowane na podstawie testów dla dwóch średnich niezależnych, okazały się nieistotne statystycznie (tabela 14). Synerża serwatki istotnie zależała od pH twarogu (tabela 12).

#### 4.2.7. Ocena sensoryczna

Ocena sensoryczna twarogów wyprodukowanych z mleka pozyskanego od krów importowanych ze Szwecji i z Holandii wykazała, że pochodzenie krów determinowało cechy sensoryczne kwasowych serów twarogowych (tabela 13). Różnice dotyczyły w głównej mierze smaku i zapachu ocenianych twarogów. Barwa poszczególnych serów twarogowych podczas przechowywania pozostawała jednolicie biała. Smak obu twarogów oceniano wysoko (5 pkt) jedynie w ciągu pierwszego tygodnia przechowywania (tabela 13). Ocena sensoryczna przeprowadzona po 14 dniach magazynowania wykazała, że zdecydowanie lepszym smakiem charakteryzował się ser twarogowy wyprodukowany z mleka pochodzącego od krów importowanych ze Szwecji. Natomiast twaróg z mleka krów holenderskich oceniono niżej zarówno po 14, jak też po 21 dniach przechowywania (3,5 pkt). Zapach serów twarogowych w obu przypadkach uznano za bardzo dobry 3 dni po wyrobie. W miarę upływu czasu obserwowano stopniowe pogarszanie się zapachu obu badanych serów twarogowych, przy czym niższe oceny uzyskiwał twaróg z mleka krów importowanych z Holandii. Oceniane sery twarogowe nie różniły się pod względem struktury i konsystencji, co więcej, w całym analizowanym okresie uzyskiwały za te cechy maksymalną liczbę punktów.

### 4.3. Wpływ kultury starterowej na jakość sensoryczną i właściwości fizykochemiczne kwasowych serów twarogowych

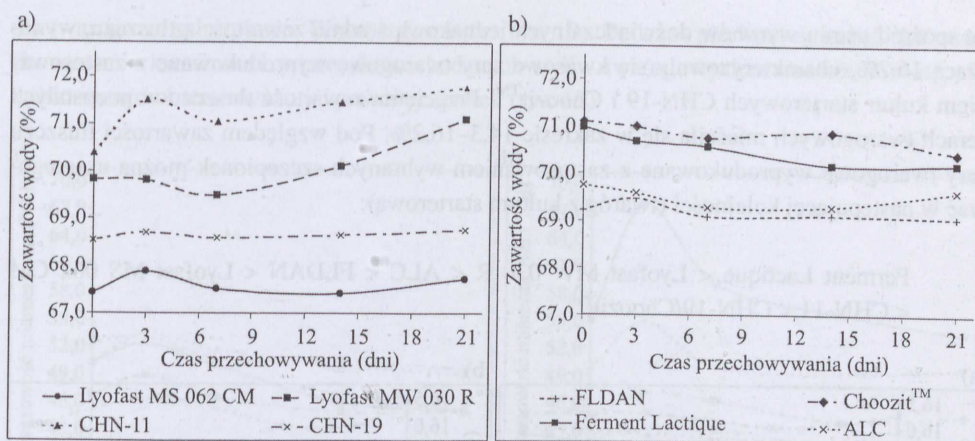
#### 4.3.1. Zawartość wody

Porównując zmiany zawartości wody w kwasowych serach twarogowych wyprodukowanych z zastosowaniem różnych kultur starterowych, ustalono, że największą średnią zawartością wody charakteryzował się twaróg wyprodukowany z użyciem kultury starterowej CHN-11 (71,4%), natomiast najmniejszą wyrób otrzymany z zastosowaniem szczepionki Lyofast MS 062 CM (67,6%) – rys. 17. Pod względem zwiększającego się udziału wody badane twarogi można uszeregować następująco (twarogi z kulturą starterową):

Lyofast MS 062 CM < CHN-19 < FLDAN < ALC < Lyofast MW 030 R < Ferment Lactique < Choozit<sup>TM</sup> < CHN-11

Zawartość wody we wszystkich serach twarogowych podczas przechowywania odpowiadała wymaganiom Polskiej Normy (PN-A-86300:1991).





Rys. 17. Zawartość wody w kwasowych serach twarogowych wyprodukowanych z zastosowaniem różnych kultur starterowych w zależności od czasu przechowywania: a) twarogi z kulturami starterowymi Lyofast MS 062 CM, Lyofast MW 030 R, CHN-11, CHN-19; b) twarogi z kulturami starterowymi FLDAN, Choozit™, Ferment Lactique, ALC

Dwuczynnikowa analiza wariancji z powtórzeniami potwierdziła, że zarówno rodzaj zastosowanej kultury starterowej, jak i czas przechowywania twarogów istotnie różnicowały próbki badawcze pod względem zawartości wody. Interakcja obu czynników okazała się istotną statystycznie (tabela 16).

Tabela 16. Wyniki dwuczynnikowej analizy wariancji z powtórzeniami (ANOVA) weryfikującej wpływ rodzaju kultury starterowej oraz czasu przechowywania na wybrane cechy fizykochemiczne kwasowych serów twarogowych

Źródło wariancji	Wartość p					
	zawartość wody	zawartość tłuszczu	pH	kwasowość miareczkowa	twardość	syneriza serwatki
Czas przechowywania	0,0047*	0,8707	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
Kultura starterowa	0,0000*	0,6100	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
Interakcja	0,0064*	0,1334	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*

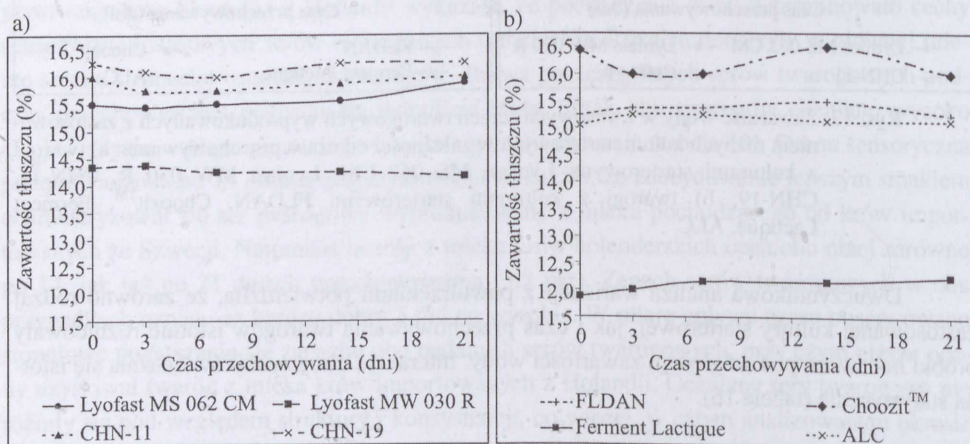
\* Istotny wpływ czynnika na badany wskaźnik,  $p \leq 0,05$ .

#### 4.3.2. Zawartość tłuszczu

Zdecydowanie najniższą zawartością tłuszczu podczas przechowywania odznaczał się twaróg, przy którego produkcji wykorzystano szczepionkę Ferment Lactique, a średni udział tłuszczu w masie tego sera kształtował się na poziomie 12,1% (rys. 18). Ponadto stwierdzono,

że spośród ośmiu wyrobów doświadczalnych jednakową średnią zawartością tłuszczu, wynoszącą 16,2%, charakteryzowały się kwasowe sery twarogowe wyprodukowane z zastosowaniem kultur starterowych CHN-19 i Choozit<sup>TM</sup>. Przeciętna zawartość tłuszczu w pozostałych serach twarogowych mieściła się w zakresie 14,3–16,2%. Pod względem zawartości tłuszczu sery twarogowe wyprodukowane z zastosowaniem wybranych szczepionek można uszeregować w następującej kolejności (twaróg z kulturą starterową):

Ferment Lactique < Lyofast MW 030 R < ALC < FLDAN < Lyofast MS 062 CM < CHN-11 < CHN-19/Choozit<sup>TM</sup>



Rys. 18. Zawartość tłuszczu w kwasowych serach twarogowych wyprodukowanych z zastosowaniem różnych kultur starterowych w zależności od czasu przechowywania: a) twarogi z kulturami starterowymi Lyofast MS 062 CM, Lyofast MW 030 R, CHN-11, CHN-19; b) twarogi z kulturami starterowymi FLDAN, Choozit<sup>TM</sup>, Ferment Lactique, ALC

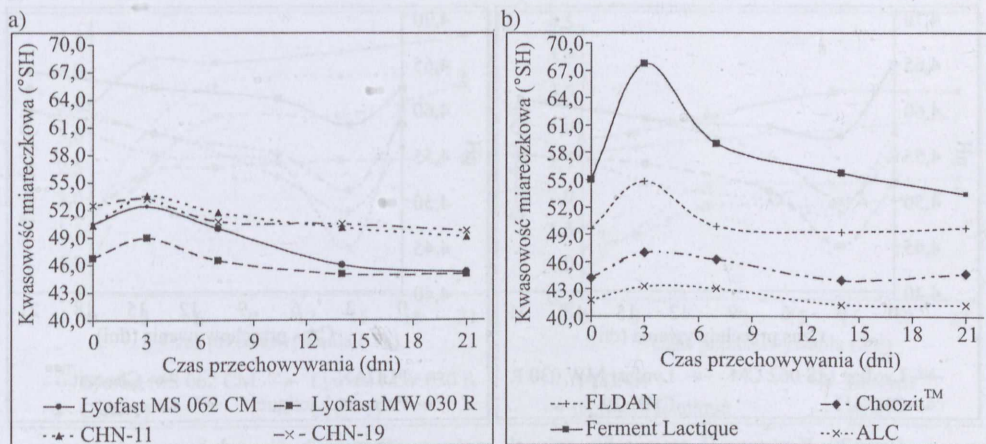
Stwierdzone zmiany zawartości tłuszczu w serach twarogowych oraz wpływ kultury starterowej na ilość tłuszczu w serze uznano za nieistotne statystycznie (tabela 16).

### 4.3.3. Kwasowość miareczkowa

Przeprowadzona statystyczna weryfikacja wyników uzyskanych podczas oznaczania kwasowości serów twarogowych wyprodukowanych z zastosowaniem różnych kultur starterowych wykazała, że poszczególne wyroby różniły się istotnie kwasowością miareczkową. Potwierdzono również istotność wpływu czasu przechowywania, a także interakcji obu czynników na kwasowość miareczkową twarogów (tabela 16). Analizowane sery twarogowe charakteryzowały się zróżnicowaną kwasowością mieszczącą się w zakresie 41,25–67,75°SH. Najniższą średnią kwasowość miareczkową w trakcie 21-dniowego przechowywania stwierdzono dla sera wyprodukowanego z użyciem kultury starterowej ALC, najwyższą natomiast



dla twarogu ze szczepionką Ferment Lactique (rys. 19). Podczas pierwszych trzech dni przechowywania kwasowość miareczkowa badanych serów twarogowych wzrastała, a następnie każdorazowo obserwowano jej powolny spadek (rys. 19).



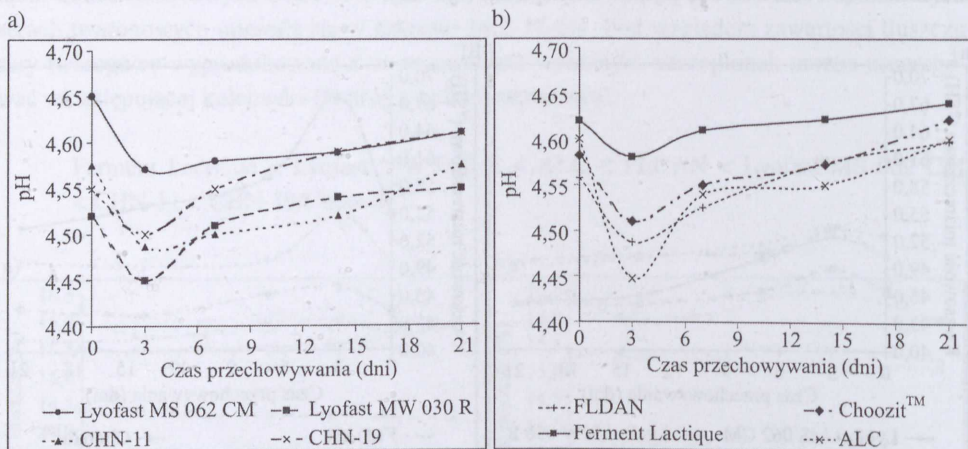
Rys. 19. Kwasowość miareczkowa kwasowych serów twarogowych wyprodukowanych z zastosowaniem różnych kultur starterowych w zależności od czasu przechowywania: a) twarogi z kulturami starterowymi Lyofast MS 062 CM, Lyofast MW 030 R, CHN-11, CHN-19; b) twarogi z kulturami starterowymi FLDAN, Choozit™, Ferment Lactique, ALC

Największy przyrost kwasowości miareczkowej podczas pierwszego etapu przechowywania stwierdzono w przypadku twarogu wyprodukowanego z użyciem kultury Ferment Lactique (o 23,2%), najmniejszy natomiast dla wyrobu otrzymanego z zastosowaniem kultury starterowej CHN-19 (o 1,4%). Porównując kwasowość poszczególnych twarogów bezpośrednio po zapakowaniu oraz po zakończeniu przechowywania, stwierdzono spadek kwasowości miareczkowej w przypadku sześciu wyrobów oraz wzrost dla pozostałych dwóch. Wspomniany spadek wyniósł dla twarogu wyprodukowanego z udziałem szczepionki Ferment Lactique 2,7%, a ze szczepionką ALC 1,8%. Obniżenie kwasowości twarogów z kulturami starterowymi Lyofast MS 062 CM, Lyofast MW 030 R, CHN-11 i CHN-19 nie przekroczyło 0,1%. Przyrost kwasowości miareczkowej twarogu kwasowego wyprodukowanego z zastosowaniem szczepionki Choozit™ wyniósł 1,13%, a z użyciem kultury FLDAN 0,36%.

#### 4.3.4. Kwasowość czynna (pH)

Najwyższym pH w dniu produkcji (4,65) charakteryzował się twaróg, do którego wyrobu zastosowano szczepionkę Lyofast MS 062 CM, natomiast najniższym ser twarogowy zawierający kulturę starterową Lyofast MW 030 R (4,52 pH). Podobnie jak w przypadku kwasowości miareczkowej, także dynamika zmian kwasowości czynnej była zmienna. Podczas pierwszych trzech dni przechowywania kwasowość wszystkich wyrobów doświadczalnych

wzrastała, czego dowodem jest spadek pH. Podczas dalszych etapów przechowywania kwasowość czynna twarogów malała (rys. 20).



Rys. 20. Kwasowość czynna kwasowych serów twarogowych wyprodukowanych z zastosowaniem różnych kultur starterowych w zależności od czasu przechowywania: a) twarogi z kulturami starterowymi Lyofast MS 062 CM, Lyofast MW 030 R, CHN-11, CHN-19; b) twarogi z kulturami starterowymi FLDAN, Choozit™, Ferment Lactique, ALC

Najwyższe pH podczas przechowywania (z wyjątkiem dnia produkcji) stwierdzano dla sera twarogowego wyprodukowanego z użyciem szczepionki Ferment Lactique. Dwuczynnikowa analiza wariancji z powtórzeniami dowiodła, że zarówno kultura starterowa, jak i czas przechowywania w statystycznie istotnym stopniu wpływały na kwasowość czynną badanych serów twarogowych. Interakcja obu czynników również okazała się istotna statystycznie (tabela 16).

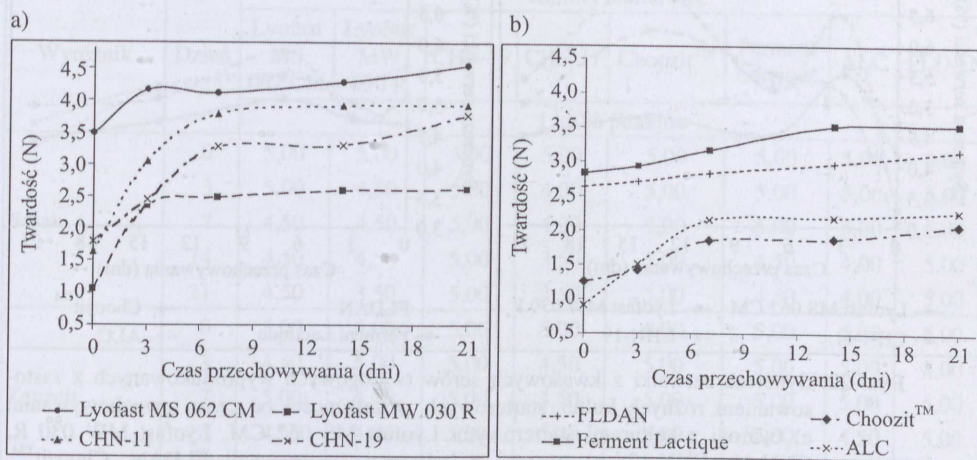
#### 4.3.5. Twardość

Stwierdzono istotny statystycznie wzrost twardości wszystkich serów doświadczalnych w trakcie przechowywania. Był on największy, bo ok. 2,5-krotny, dla twarogów wyprodukowanych z zastosowaniem szczepionek Lyofast MW 030 R, ALC oraz CHN-11 (rys. 21). W przypadku twarogów kwasowych z kulturami starterowymi FLDAN, Ferment Lactique i Choozit™ stwierdzono wzrost twardości o, odpowiednio, 20, 24,6, 30,8 oraz 64,8%. Największą twardością podczas magazynowania charakteryzował się wyrób doświadczalny, do którego produkcji wykorzystano szczepionkę Lyofast MS 062 CM.

Analiza statystyczna potwierdziła istotną zależność twardości serów twarogowych od zastosowanej kultury starterowej oraz czasu przechowywania. Interakcja obu czynników była statystycznie istotna (tabela 16). Korelacja zawartości wody i twardości okazała się istotna statystycznie w przypadkach twarogów wyprodukowanych z zastosowaniem szczepionek



Lyofast MS 062 CM, Choozit<sup>TM</sup> i Ferment Lactique (tabela 16). Twardość wyrobów doświadczalnych nie zależała od zawartości tłuszczu (tabela 12).

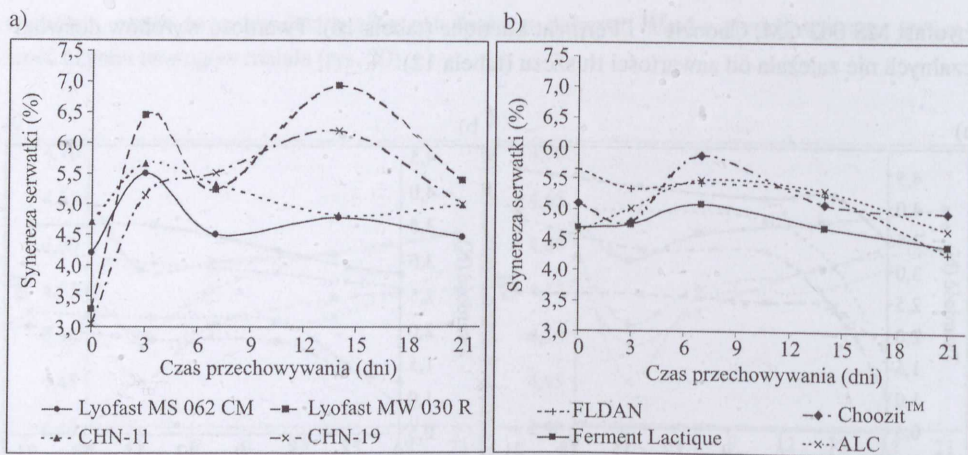


Rys. 21. Twardość kwasowych serów twarogowych wyprodukowanych z zastosowaniem różnych kultur starterowych w zależności od czasu przechowywania: a) twarogi z kulturami starterowymi Lyofast MS 062 CM, Lyofast MW 030 R, CHN-11, CHN-19; b) twarogi z kulturami starterowymi FLDAN, Choozit<sup>TM</sup>, Ferment Lactique, ALC

#### 4.3.6. Synereza serwatki

Synereza serwatki z badanych twarogów mieściła się w zakresie 4,7–5,5% i była w statystycznie istotnym stopniu zależna od zastosowanej kultury starterowej (tabela 16) oraz pH (tabela 12).

Największą synerezę serwatki bezpośrednio po zapakowaniu stwierdzono w przypadku twarogu wyprodukowanego z wykorzystaniem kultury FLDAN, natomiast najmniejszą z twarogu, do którego produkcji użyto szczepionki CHN-19. W ostatnim dniu przechowywania synereza serwatki była najmniejsza z twarogu z kulturą FLDAN, a największa z sera twarogowego wyprodukowanego z użyciem szczepionki Lyofast MW 030 R (rys. 22). Z porównania ilości serwatki wydzielonej bezpośrednio po zapakowaniu twarogów oraz w ostatnim dniu przechowywania wynika, że w przypadku pięciu wyrobów doświadczalnych obserwowano zwiększenie, a dla trzech pozostałych zmniejszenie synerezy serwatki (rys. 22). Największy przyrost stwierdzono dla sera twarogowego, do którego produkcji użyto kultury CHN-19 (66,7%). Spadek synerezy serwatki – wynoszący, odpowiednio, 2,0, 6,4 oraz 24,6%, – odnotowano dla twarogów zawierających szczepionki Choozit<sup>TM</sup>, Ferment Lactique oraz FLDAN.



Rys. 22. Synereza serwatki z kwasowych serów twarogowych wyprodukowanych z zastosowaniem różnych kultur starterowych w zależności od czasu przechowywania: a) twarogi z kulturami starterowymi Lyofast MS 062 CM, Lyofast MW 030 R, CHN-11, CHN-19; b) twarogi z kulturami starterowymi FLDAN, Choozit™, Ferment Lactique, ALC

#### 4.3.7. Ocena sensoryczna

Niezależnie od zastosowanej kultury starterowej oraz czasu przechowywania badane sery twarogowe każdorazowo wykazywały jednolicie białą barwę. Najlepszymi cechami sensorycznymi odznaczały się twarogi wyprodukowane z użyciem kultur starterowych CHN-19, Choozit™ oraz FLDAN. Sery te podczas przechowywania uzyskiwały za wszystkie wyróżniki jakości sensorycznej maksymalne oceny (tabela 17). Spośród serów twarogowych wyprodukowanych z zastosowaniem szczepionek firmy Clerici-Sacco (seria Lyofast) nieznacznie lepszą konsystencją odznaczał się wyrób zawierający kulturę starterową Lyofast MW 030 R. Natomiast smak i zapach nieco wyżej był oceniany w przypadku twarogu uzyskanego z zastosowaniem kultury Lyofast MS 062 CM. Porównując jakość sensoryczną serów twarogowych wyprodukowanych z użyciem trzech pozostałych kultur starterowych (CHN-11, Ferment Lactique oraz ALC), stwierdzono, że najlepszą strukturą i konsystencją charakteryzowały się twarogi otrzymane z użyciem szczepionki CHN-11. Natomiast najbardziej atrakcyjny smak i zapach odnotowywano w przypadku twarogu wyprodukowanego z zastosowaniem kultury starterowej Ferment Lactique (tabela 17).



Tabela 17. Zmiany cech sensorycznych (ocena punktowa) kwasowych serów twarogowych w zależności od kultury starterowej oraz czasu przechowywania

Wyróżnik	Dzień	Kultury starterowe							
		Lyofast MS 062 CM	Lyofast MW 030 R	CHN-19	CHN-11	Choozit™	Ferment Lactique	ALC	FLDAN
		Liczba punktów							
Smak	0	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
	3	5,00	4,50	5,00	4,00	5,00	5,00	5,00	5,00
	7	4,50	4,50	5,00	4,00	5,00	5,00	5,00	5,00
	14	4,50	4,50	5,00	3,50	5,00	4,50	4,00	5,00
	21	4,50	3,50	5,00	3,50	5,00	4,50	4,00	5,00
Zapach	0	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
	3	4,50	5,00	5,00	4,50	5,00	5,00	5,00	5,00
	7	5,00	4,00	5,00	4,50	5,00	5,00	5,00	5,00
	14	4,50	4,00	5,00	5,00	5,00	5,00	4,50	5,00
	21	4,25	3,50	5,00	5,00	5,00	4,50	4,00	5,00
Barwa	0	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
	3	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
	7	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
	14	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
	21	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Struktura i konsystencja	0	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	4,50	5,00
	3	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	4,00	5,00
	7	4,50	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	4,00	5,00
	14	4,50	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	4,00	5,00
	21	4,50	5,00	5,00	5,00	5,00	4,50	4,00	5,00

#### 4.4. Wpływ kultur probiotycznych na jakość sensoryczną i właściwości fizykochemiczne kwasowych serów twarogowych

##### 4.4.1. Zawartość wody

Dwuczynnikowa analiza wariancji wykazała, że kultury probiotyczne w statystycznie istotny sposób wpływały na zawartość wody we wszystkich badanych twarogach (tabela 18 i 19). Analizując kwasowe sery twarogowe z mleka krowiego, stwierdzono spadek zawartości wody w próbce kontrolnej oraz twarogu zawierającym *Lactobacillus acidophilus* LA 5 (0, odpowiednio, 2 i 1,5%). W przypadku sera twarogowego z *Bifidobacterium bifidum* BB 12 odnotowano prawie 1,5-proc. wzrost zawartości wody (rys. 23). Największą średnią zawartością wody w czasie magazynowania charakteryzował się twaróg kontrolny (71,17%), natomiast najmniejszą wyrób doświadczalny zawierający *B. bifidum* BB 12 (67,18%).

Tabela 18. Wyniki dwuczynnikowej analizy wariancji z powtórzeniami (ANOVA) weryfikującej wpływ kultur probiotycznych oraz czasu przechowywania na wybrane cechy fizykochemiczne kwasowych serów twarogowych wyprodukowanych z mleka krowiego

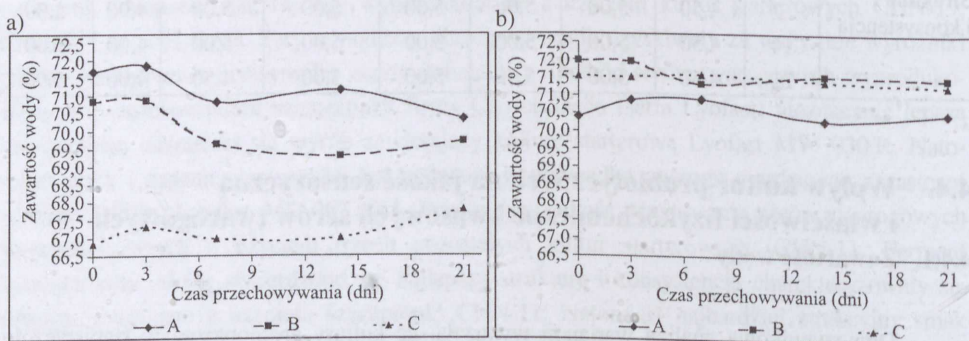
Źródło wariancji	Wartość p					
	zawartość wody	zawartość tłuszczu	pH	kwasowość miareczkowa	twardość	syneriza serwatki
Czas przechowywania	0,0009*	0,1312	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
Szczep probiotyczny	0,0000*	0,0613	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
Interakcja	0,0000*	0,1341	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*

\* Istotny wpływ czynnika na badany wskaźnik,  $p \leq 0,05$ .

Tabela 19. Wyniki dwuczynnikowej analizy wariancji z powtórzeniami (ANOVA) weryfikującej wpływ kultur probiotycznych oraz czasu przechowywania na wybrane cechy fizykochemiczne kwasowych serów twarogowych wyprodukowanych z mleka koziego

Źródło wariancji	Wartość p					
	zawartość wody	zawartość tłuszczu	pH	kwasowość miareczkowa	twardość	syneriza serwatki
Czas przechowywania	0,0411*	0,2945	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
Szczep probiotyczny	0,0000*	0,3418	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
Interakcja	0,7984	0,6663	0,0000*	0,0699	0,0000*	0,0000*

\* Istotny wpływ czynnika na badany wskaźnik,  $p \leq 0,05$ .



Rys. 23. Zawartość wody w kwasowych serach twarogowych zawierających kulturę probiotyczną w zależności od czasu przechowywania: a) ser twarogowy z mleka krowiego; b) ser twarogowy z mleka koziego; A – próbka kontrolna wyprodukowana z użyciem kultury starterowej Choozit™, B – twaróg zawierający oprócz szczepionki Choozit™ szczep *Lactobacillus acidophilus* LA 5, C – twaróg zawierający oprócz szczepionki Choozit™ szczep *Bifidobacterium bifidum* BB 12

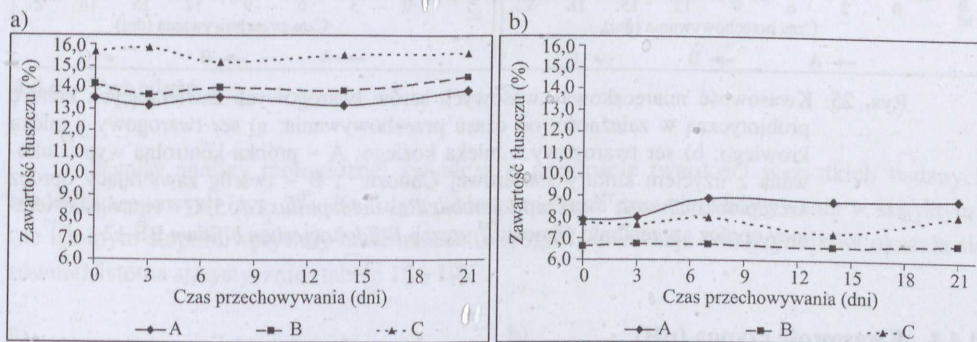
W przypadku serów twarogowych z mleka koziego najmniejszą średnią zawartość wody stwierdzono w próbce kontrolnej (70,61%), z kolei największą w serze twarogowym zawierającym szczep *L. acidophilus* LA 5 (średnio 71,66%).



Wyjątek stanowił siódmy dzień składowania chłodniczego, w którym to najwyższą zawartością wody charakteryzował się twaróg wyprodukowany z udziałem bakterii *B. bifidum* BB 12 (rys. 23). Zależność między czasem przechowywania a zawartością wody w serach twarogowych z mleka koziego okazała się istotna statystycznie (tabela 19).

#### 4.4.2. Zawartość tłuszczu

Kwasowe sery twarogowe będące przedmiotem badań charakteryzowały się stabilną zawartością tłuszczu w czasie przechowywania (tabela 18 i 19). Zależność między kulturą probiotyczną a zawartością tłuszczu w badanych twarogach była nieistotna statystycznie. Wśród twarogów z mleka krowiego największą ilością tłuszczu charakteryzował się ser twarogowy zawierający *B. bifidum* BB 12 (średnio 15,55%), natomiast najmniejszą próbka kontrolna (średnio 13,44%). Największą zawartość tłuszczu w przypadku twarogów z mleka koziego stwierdzono w twarogu kontrolnym (średnio 8,48%), a najmniejszą w serze twarogowym zawierającym *L. acidophilus* LA 5 (średnio 6,71%) – rys. 24. Sery twarogowe z mleka koziego charakteryzowały się znacznie niższą zawartością tłuszczu w porównaniu z twarogami wyprodukowanymi z mleka krowiego.



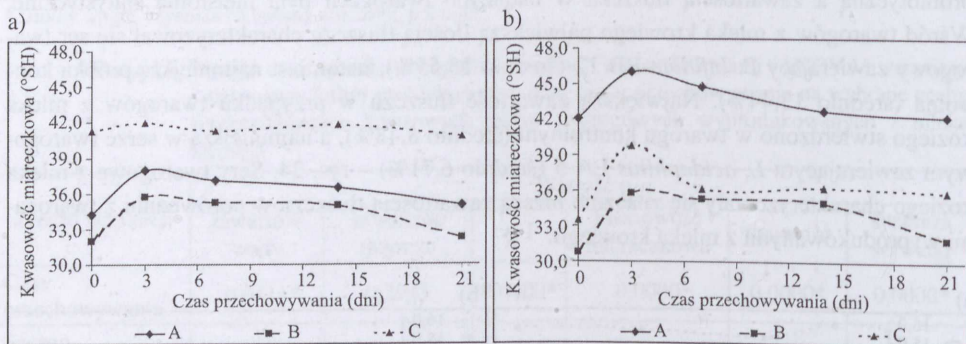
Rys. 24. Zawartość tłuszczu w kwasowych serach twarogowych zawierających kulturę probiotyczną w zależności od czasu przechowywania: a) ser twarogowy z mleka krowiego; b) ser twarogowy z mleka koziego; A – próbka kontrolna wyprodukowana z użyciem kultury starterowej Choozit™, B – twaróg zawierający oprócz szczepionki Choozit™ szczep *Lactobacillus acidophilus* LA 5, C – twaróg zawierający oprócz szczepionki Choozit™ szczep *Bifidobacterium bifidum* BB 12

#### 4.4.3. Kwasowość miareczkowa

Podczas przechowywania serów twarogowych wyprodukowanych z mleka krowiego stwierdzono przyrost kwasowości miareczkowej twarogu kontrolnego oraz zawierającego szczep *L. acidophilus* LA 5 (rys. 25). Natomiast kwasowość sera twarogowego z *B. bifidum* BB 12 spadła w przybliżeniu o 1%. Największą średnią kwasowością miareczkową charakteryzował się twaróg zawierający *B. bifidum* BB 12, natomiast najmniejszą ser twarogowy

z *L. acidophilus* LA 5. Analiza statystyczna potwierdziła wpływ szczepów probiotycznych na kwasowość miareczkową twarogów z mleka krowiego (tabela 18).

Stwierdzono istotny statystycznie wzrost kwasowości miareczkowej serów twarogowych wyprodukowanych z mleka koziego, przy czym był on największy dla wyrobu zawierającego szczep *B. bifidum* BB 12 (rys. 25, tabela 19). Najmniejszą kwasowością miareczkową bezpośrednio po wyrobie, a także podczas przechowywania charakteryzował się ser z *L. acidophilus* LA 5 (średnio 33,7°SH), natomiast największą twaróg kontrolny (średnio 43,5°SH). Kultury probiotyczne oraz czas przechowywania wywierały istotny wpływ na kwasowość miareczkową serów twarogowych z mleka koziego. Interakcja obu czynników była nieistotna statystycznie (tabela 19).



Rys. 25. Kwasowość miareczkowa kwasowych serów twarogowych zawierających kulturę probiotyczną w zależności od czasu przechowywania: a) ser twarogowy z mleka krowiego; b) ser twarogowy z mleka koziego; A – próbka kontrolna wyprodukowana z użyciem kultury starterowej Choozit™, B – twaróg zawierający oprócz szczepionki Choozit™ szczep *Lactobacillus acidophilus* LA 5, C – twaróg zawierający oprócz szczepionki Choozit™ szczep *Bifidobacterium bifidum* BB 12

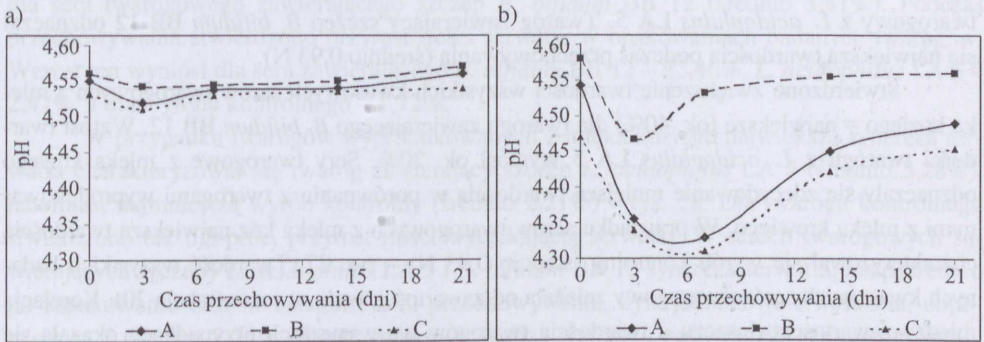
#### 4.4.4. Kwasowość czynna (pH)

Podczas pierwszych trzech dni przechowywania stwierdzono spadek oraz następujący po nim wzrost pH wszystkich badanych twarogów niezależnie od surowca (mleko kozie i krowie), a także zastosowanej kultury probiotycznej (rys. 26). Kwasowość czynna serów twarogowych z mleka krowiego wynosiła 4,51–4,57 pH. Szczepy probiotyczne oraz czas przechowywania w statystycznie istotny sposób wpływały na pH serów twarogowych z mleka krowiego (tabela 18). Najwyższym pH podczas przechowywania charakteryzował się twaróg zawierający *L. acidophilus* LA 5, najniższym z kolei ser twarogowy z *B. bifidum* BB 12.

W przypadku serów twarogowych otrzymanych z mleka koziego zaobserwowano ogólny przyrost kwasowości czynnej wszystkich wyrobów, przy czym zmiana pH dla sera zawierającego *B. bifidum* BB 12 była dwukrotnie mniejsza w porównaniu z twarogiem zawierającym *L. acidophilus* LA 5 (rys. 26). Największą kwasowość czynną stwierdzono dla twarogu z *B. bifidum* BB 12, a najmniejszą dla sera twarogowego zawierającego szczep



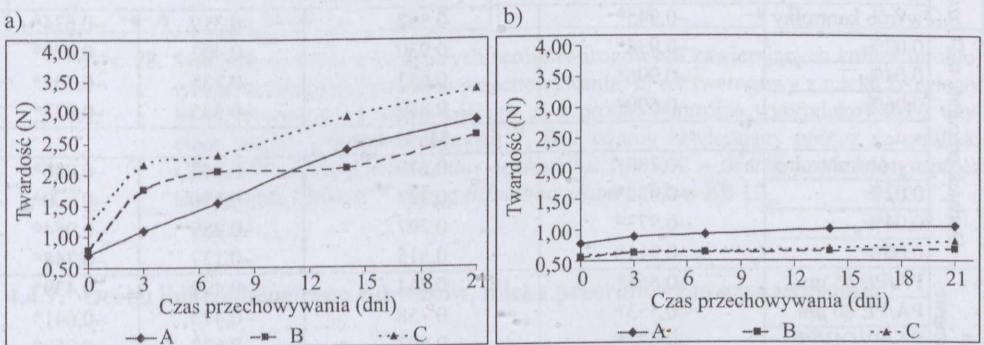
*L. acidophilus* LA 5. Potwierdzono istotność wpływu czasu przechowywania, kultur probiotycznych oraz interakcji obu czynników na pH kwasowych serów twarogowych z mleka koziego (tabela 19).



Rys. 26. Kwasowość czynna kwasowych serów twarogowych zawierających kulturę probiotyczną w zależności od czasu przechowywania: a) ser twarogowy z mleka krowiego; b) ser twarogowy z mleka koziego; A – próbka kontrolna wyprodukowana z użyciem kultury starterowej Choozit™, B – twaróg zawierający oprócz szczepionki Choozit™ szczep *Lactobacillus acidophilus* LA 5, C – twaróg zawierający oprócz szczepionki Choozit™ szczep *Bifidobacterium bifidum* BB 12

#### 4.4.5. Twardość

Wyniki analizy reologicznej świadczą o przyroście twardości wszystkich badanych serów twarogowych (rys. 27). Kultury probiotyczne oraz czas przechowywania w statystycznie istotnym stopniu wpływały na twardość twarogów. Interakcja obu czynników okazała się również istotna statystycznie (tabela 18 i 19).



Rys. 27. Twardość kwasowych serów twarogowych zawierających kulturę probiotyczną w zależności od czasu przechowywania: a) ser twarogowy z mleka krowiego; b) ser twarogowy z mleka koziego; A – próbka kontrolna wyprodukowana z użyciem kultury starterowej Choozit™, B – twaróg zawierający oprócz szczepionki Choozit™ szczep *Lactobacillus acidophilus* LA 5, C – twaróg zawierający oprócz szczepionki Choozit™ szczep *Bifidobacterium bifidum* BB 12

W twarogach z mleka krowiego największy (czterokrotny) przyrost twardości zaobserwowano w przypadku wyrobu kontrolnego, najmniejszy natomiast (prawie trzykrotny) dla twarogu zawierającego szczep *B. bifidum* BB 12. Najmniejszą twardością bezpośrednio po wyrobie charakteryzował się twaróg kontrolny, a po trzech tygodniach przechowywania ser twarogowy z *L. acidophilus* LA 5. Twaróg zawierający szczep *B. bifidum* BB 12 odznaczał się największą twardością podczas przechowywania (średnio 0,93 N).

Stwierdzono zwiększenie twardości wszystkich kwasowych serów twarogowych z mleka koziego – największe (ok. 40%) dla twarogu zawierającego *B. bifidum* BB 12. Wzrost twardości twarogu z *L. acidophilus* LA 5 wyniósł ok. 20%. Sery twarogowe z mleka koziego odznaczały się zdecydowanie mniejszą twardością w porównaniu z twarogami wyprodukowanymi z mleka krowiego. W przypadku serów twarogowych z mleka kóz największą twardością charakteryzował się wyrób kontrolny (średnio 0,93 N) – rys. 27. Twardość wszystkich badanych kwasowych serów twarogowy zależała od zawartości wody w serze (tabela 20). Korelacja między zawartością tłuszczu a twardością twarogów we wszystkich przypadkach okazała się nieistotna statystycznie (tabela 20).

Tabela 20. Współczynniki korelacji liniowej Pearsona pomiędzy wybranymi cechami fizykochemicznymi kwasowych serów twarogowych w zależności od kultury probiotycznej, mTGazy oraz rodzaju folii opakowaniowej

		Zawartość wody	Twardość	Zawartość tłuszczu	Twardość	pH	Twardość	pH	Synereza serwatki
		Mleko krowie							
Kultura probiotyczna	wyrób kontrolny	-0,829*		0,355		0,479			-0,856*
	<i>L. acidophilus</i>	-0,742*		0,225		0,135			-0,854*
	<i>B. bifidum</i>	-0,809*		0,230		0,368			-0,915*
		Mleko kozie							
Kultura probiotyczna	wyrób kontrolny	-0,914*		0,923		-0,157			-0,942*
	<i>L. acidophilus</i>	-0,712*		0,897		-0,102			-0,910*
	<i>B. bifidum</i>	-0,887*		0,965		-0,253			-0,974*
		Mleko krowie							
Dodatek preparatu mTGaza	wyrób kontrolny	-0,945*		0,352		-0,319			-0,674*
	0,02%	-0,934*		0,930		-0,402			-0,820*
	0,04%	-0,996*		0,653		-0,135			-0,731*
	0,06%	-0,699*		0,819		-0,385			-0,837*
			Mleko kozie						
Dodatek preparatu mTGaza	wyrób kontrolny	-0,780*		0,229		-0,442			-0,886*
	0,02%	-0,932*		0,323		-0,156			-0,900*
	0,04%	-0,973*		0,297		-0,289			-0,954*
	0,06%	-0,911*		0,515		-0,137			-0,748*
			Mleko krowie						
Folia opakowaniowa	PA/PE 45 µm	-0,861*		0,764		-0,499			-0,439*
	PA/PE 80 µm	-0,553*		0,758		-0,473			-0,641*
	PA/EVOH/PE	-0,627*		0,603		-0,633			-0,858*
	PLA	-0,804*		0,833		-0,539			-0,647*
	PLA met.	-0,523*		0,839		-0,038			-0,819*
	PE70/PET 12	-0,649*		0,863		-0,221			-0,713*

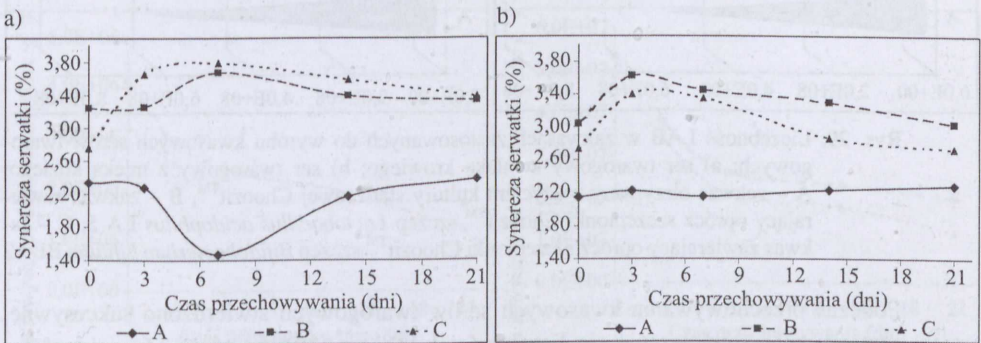
\* Korelacja istotna na poziomie  $\alpha = 0,05$ .



#### 4.4.6. Syneresa serwatki

Największą syneresę serwatki w grupie twarogów z mleka krowiego zaobserwowano dla sera twarogowego zawierającego szczep *B. bifidum* BB 12 (średnio 3,41%). Podczas przechowywania stwierdzono przyrost ilości serwatki w opakowaniach badanych twarogów. Wzrost ten wyniósł dla sera zawierającego *B. bifidum* BB 12 – 22,46%, *L. acidophilus* LA 5 – 2,47%, a dla wyrobu kontrolnego – 1,72%.

W przypadku twarogów wyprodukowanych z mleka koziego największą syneresą serwatki charakteryzował się twaróg zawierający szczep *L. acidophilus* LA 5 (średnio 3,28%), natomiast najmniejszą wyrób kontrolny (średnio 2,21%) – rys. 28. Dla twarogu kontrolnego stwierdzono ok. 6,5-proc. przyrost ilości wyciekającej serwatki. W serach twarogowych zawierających szczepy *L. acidophilus* LA 5 i *B. bifidum* BB 12 syneresa serwatki, bezpośrednio po zapakowaniu oraz w ostatnim dniu przechowywania, była jednakowa i wynosiła, odpowiednio, 3,04 oraz 2,74%. Dwuczynnikowa analiza wariancji potwierdziła, że czas przechowywania, kultura probiotyczna, a także interakcja obu czynników istotnie wpływały na syneresę serwatki ze wszystkich badanych serów twarogowych (tabele 18 i 19). Stwierdzono również istotną statystycznie korelację pomiędzy pH a syneresą serwatki z wyrobów doświadczalnych (tabela 20).



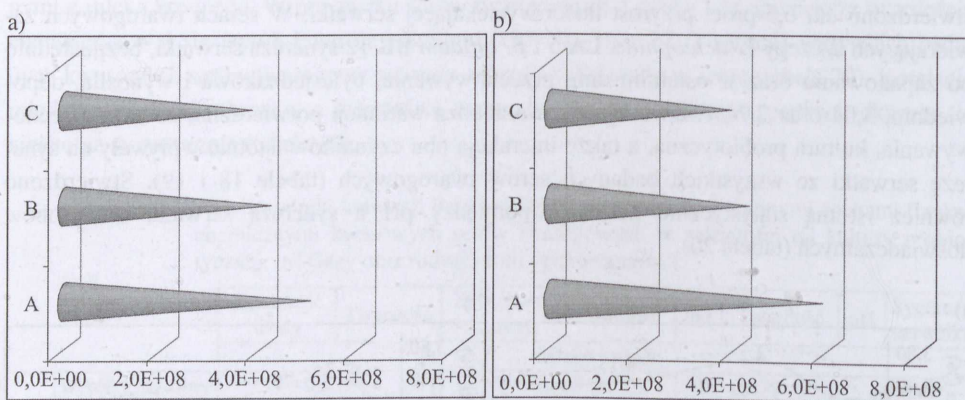
Rys. 28. Syneresa serwatki z kwasowych serów twarogowych zawierających kulturę probiotyczną w zależności od czasu przechowywania: a) ser twarogowy z mleka krowiego; b) ser twarogowy z mleka koziego; A – próbka kontrolna wyprodukowana z użyciem kultury starterowej Choozit™, B – twaróg zawierający oprócz szczepionki Choozit™ szczep *Lactobacillus acidophilus* LA 5, C – twaróg zawierający oprócz szczepionki Choozit™ szczep *Bifidobacterium bifidum* BB 12

#### 4.4.7. Ocena mikrobiologiczna zakwasów, mleka przerobowego oraz twarogów

Analiza mikrobiologiczna mleka przerobowego oraz mleka, w którym ożywiano kultury starterowe, wykazała, że oba rodzaje mleka pod względem mikrobiologicznym odpowiadały Rozporządzeniu Komisji (WE) nr 1441/2007 z 5 grudnia 2007 roku zmieniającemu Rozporządzenie (WE) nr 2073/2005 w sprawie kryteriów mikrobiologicznych dotyczących środków spożywczych (*DzUrz. UE* L 322 z 7.12.2007 roku). W ocenianych próbkach

nie stwierdzono wzrostu gronkowców koagulazododatnich, pałeczek jelitowych z rodziny *Enterobacteriaceae* oraz bakterii *Salmonella* sp. i *Listeria monocytogenes*.

Zastosowane zakwasy mleczarskie odznaczały się wymaganą liczebnością mezofilnych paciorkowców mlekowych (LAB), która mieściła się w zakresie  $3,8 \cdot 10^8$ – $5,9 \cdot 10^8$  j.t.k.  $\cdot$  g<sup>-1</sup>. Liczebność bakterii probiotycznych w zakwasach wykorzystanych do wyrobu twarogów z mleka krowiego wynosiła  $4,0 \cdot 10^8$  j.t.k.  $\cdot$  g<sup>-1</sup> w przypadku *L. acidophilus* LA 5 oraz  $3,5 \cdot 10^8$  j.t.k.  $\cdot$  g<sup>-1</sup> dla *B. bifidum* BB 12. W zakwasach wykorzystywanych podczas wyrobu serów twarogowych z mleka koziego liczebność bakterii probiotycznych wynosiła  $4,1 \cdot 10^8$  j.t.k.  $\cdot$  g<sup>-1</sup> dla *L. acidophilus* LA 5 oraz  $3,4 \cdot 10^8$  j.t.k.  $\cdot$  g<sup>-1</sup> w przypadku *B. bifidum* BB 12. Liczebność LAB w stosowanych zakwasach mleczarskich przedstawiono na rys. 29.



Rys. 29. Liczebność LAB w zakwasach zastosowanych do wyrobu kwasowych serów twarogowych: a) ser twarogowy z mleka krowiego; b) ser twarogowy z mleka koziego; A – zakwas otrzymany z użyciem kultury starterowej Choozit<sup>TM</sup>, B – zakwas zawierający oprócz szczepionki Choozit<sup>TM</sup> szczep *Lactobacillus acidophilus* LA 5, C – zakwas zawierający oprócz szczepionki Choozit<sup>TM</sup> szczep *Bifidobacterium bifidum* BB 12

Podczas przechowywania kwasowych serów twarogowych stwierdzono sukcesywne, istotne statystycznie zmniejszanie się liczebności LAB (rys. 30), szczepów *L. acidophilus* LA 5 oraz *B. bifidum* BB 12 (rys. 31, tabela 21).

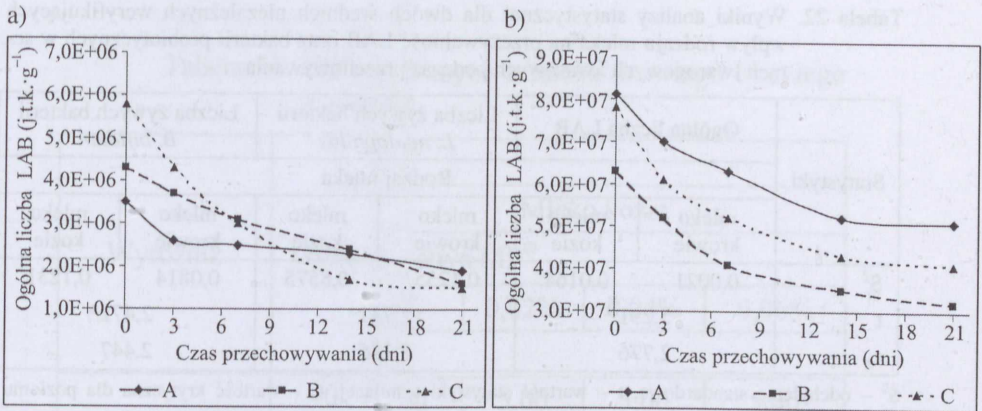
Tabela 21. Wyniki analizy statystycznej dla dwóch średnich zależnych, weryfikującej wpływ czasu przechowywania na zmiany liczebności LAB oraz bakterii probiotycznych w serach twarogowych kwasowych

Statystyki	LAB	<i>L. acidophilus</i> LA 5	<i>B. bifidum</i> BB 12
Mleko krowie			
t	5,023*	3,258*	2,263*
t <sub>α</sub>	2,015	2,015	2,015
Mleko kozie			
t	6,125*	3,456*	3,432*
t <sub>α</sub>	2,145	2,145	2,145

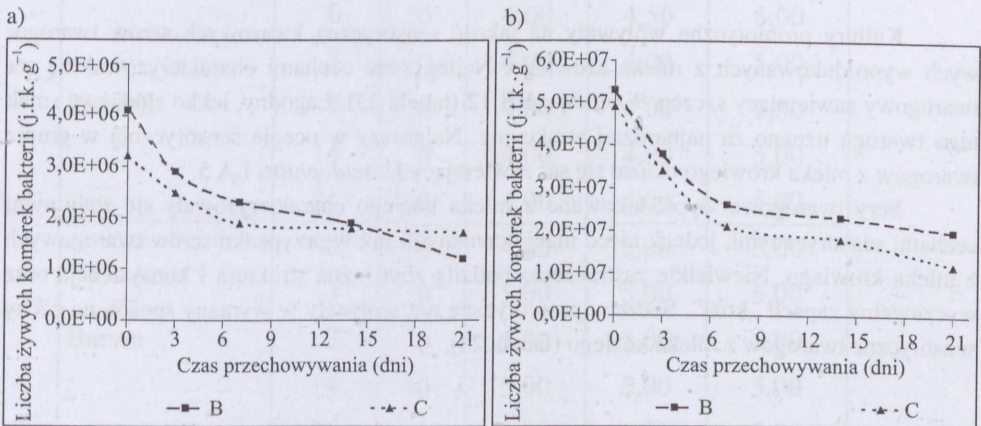
t – wartość statystyki testującej, t<sub>α</sub> – wartość krytyczna dla poziomu istotności α = 0,05.

\* Istotna statystycznie zmiana wskaźnika (t ≥ t<sub>α</sub>).





Rys. 30. Zmiany liczebności LAB w serach twarogowych kwasowych podczas przechowywania: a) ser twarogowy z mleka krowiego; b) ser twarogowy z mleka koziego; A – próbka kontrolna wyprodukowana z użyciem tradycyjnej kultury starterowej Choozit™, B – twaróg zawierający oprócz szczepionki Choozit™ szczep *Lactobacillus acidophilus* LA 5, C – twaróg zawierający oprócz szczepionki Choozit™ szczep *Bifidobacterium bifidum* BB 12



Rys. 31. Zmiany liczebności kultur probiotycznych w serach twarogowych kwasowych podczas przechowywania: a) ser twarogowy z mleka krowiego; b) ser twarogowy z mleka koziego; B – twaróg zawierający oprócz szczepionki Choozit™ szczep *Lactobacillus acidophilus* LA 5, C – twaróg zawierający oprócz szczepionki Choozit™ szczep *Bifidobacterium bifidum* BB 12

Sery twarogowe wyprodukowane z mleka koziego charakteryzowały się większą liczebnością LAB, a także szczepów probiotycznych (tabela 22). Analiza mikrobiologiczna przeprowadzona w ostatnim dniu przechowywania potwierdziła, że twarogi z mleka koziego zawierały  $2,0 \cdot 10^7$  j.t.k.·g<sup>-1</sup> szczepu *L. acidophilus* LA 5 oraz  $1,2 \cdot 10^7$  j.t.k.·g<sup>-1</sup> *B. bifidum* BB 12 (rys. 31). Liczebność *L. acidophilus* LA 5 oraz *B. bifidum* BB 12 w serach twarogowych z mleka krowiego w ostatnim dniu przechowywania była mniejsza i wynosiła, odpowiednio,  $1,2 \cdot 10^6$  oraz  $1,7 \cdot 10^6$  j.t.k.·g<sup>-1</sup>.

Tabela 22. Wyniki analizy statystycznej dla dwóch średnich niezależnych weryfikujących wpływ rodzaju mleka na przeżywalność LAB oraz bakterii probiotycznych w serach twarogowych kwasowych podczas przechowywania

Statystyki	Ogólna liczba LAB		Liczba żywych bakterii <i>L. acidophilus</i>		Liczba żywych bakterii <i>B. bifidum</i>	
	Rodzaj mleka					
	mleko krowie	mleko kozie	mleko krowie	mleko kozie	mleko krowie	mleko kozie
S <sup>2</sup>	0,0021	0,0164	0,1255	0,8575	0,0814	0,1231
t	5,231*		2,741*		2,472*	
t <sub>α</sub>	2,776		2,145		2,447	

S<sup>2</sup> – odchylenie standardowe, t – wartość statystyki testującej, t<sub>α</sub> – wartość krytyczna dla poziomu istotności α = 0,05.

\* Na podstawie odpowiedniego testu statystycznego odrzucenie H<sub>0</sub> zakładającej równość średnich dla analizowanego wskaźnika – różnice istotne na poziomie α = 0,05.

#### 4.4.8. Ocena sensoryczna

Kultury probiotyczne wpływały na jakość sensoryczną kwasowych serów twarogowych wyprodukowanych z mleka krowiego. Najlepszymi cechami charakteryzował się ser twarogowy zawierający szczep *B. bifidum* BB 12 (tabela 23). Łagodny, lekko słodkawy smak tego twarogu uznano za najbardziej atrakcyjny. Najgorszy w ocenie sensorycznej w grupie twarogów z mleka krowiego okazał się ser zawierający *L. acidophilus* LA 5.

Sery twarogowe wyprodukowane z mleka koziego charakteryzowały się stabilnymi cechami sensorycznymi, jednak nieco niżej ocenianymi niż w przypadku serów twarogowych z mleka krowiego. Niewielkie zastrzeżenia budziła zbyt luźna struktura i konsystencja oraz wyczuwalny zapach „kozi”. Szczepy probiotyczne nie wpłynęły w wyraźny sposób na cechy sensoryczne twarogów z mleka koziego (tabela 23).

### 4.5. Wpływ dodatku mikrobiologicznej transglutaminazy na jakość sensoryczną i właściwości fizykochemiczne kwasowych serów twarogowych

#### 4.5.1. Zawartość wody

Zawartość wody w serach twarogowych wyprodukowanych z mleka krowiego z zastosowaniem mikrobiologicznej transglutaminazy (mTGazy) mieściła się w zakresie 63,5–72,1% (rys. 32). Zarówno mTGaza, jak też czas przechowywania wpływały na ilość wody w serach twarogowych wyprodukowanych z mleka krowiego (tabela 24).

Zwiększenie dodatku mTGazy do mleka przerobowego powodowało obniżenie zawartości wody w twarogu. Podczas przechowywania próbek doświadczalnych zaobserwowano przyrost ilości wody w wyrobie kontrolnym oraz w serze wyprodukowanym z zastosowaniem



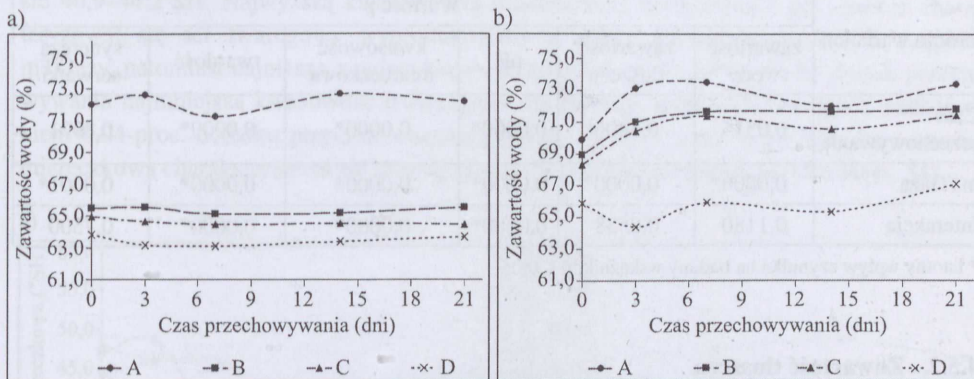
Tabela 23. Zmiany cech sensorycznych (ocena punktowa) podczas przechowywania kwasowych serów twarogowych wyprodukowanych z mleka krowiego i koziego z zastosowaniem kultur probiotycznych oraz mikrobiologicznej transglutaminazy

Wyróżnik	Dzień	Etap IV						Etap V							
		Mleko krowie			Mleko kozie			Mleko krowie				Mleko kozie			
		Rodzaj kultury starterowej						Stężenie preparatu Activa MP®							
		Choozit™	LA 5	BB 12	Choozit™	LA 5	BB 12	0%	0,02%	0,04%	0,06%	0%	0,02%	0,04%	0,06%
Liczba punktów															
Smak	0	5,00	5,00	5,00	4,50	4,50	4,00	5,00	5,00	5,00	4,50	4,00	5,00	5,00	5,00
	3	5,00	5,00	5,00	4,00	4,00	4,00	5,00	5,00	5,00	4,75	4,00	5,00	5,00	5,00
	7	5,00	5,00	5,00	4,00	4,50	4,00	5,00	4,00	4,50	4,50	3,50	5,00	5,00	5,00
	14	4,50	4,00	5,00	4,00	4,00	3,50	5,00	4,00	4,50	4,50	3,50	4,00	4,00	4,75
	21	4,50	3,50	4,50	3,50	3,50	3,50	4,50	4,00	4,00	4,50	3,00	4,00	4,00	4,50
Zapach	0	5,00	5,00	5,00	4,50	4,50	4,00	5,00	5,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,50	5,00
	3	4,75	5,00	5,00	4,50	4,00	4,00	5,00	5,00	5,00	4,50	3,50	4,00	4,00	5,00
	7	4,50	5,00	5,00	4,00	4,00	4,00	4,00	5,00	5,00	4,75	3,50	4,00	4,00	5,00
	14	4,50	4,00	5,00	4,00	4,00	4,00	4,00	5,00	4,50	4,50	3,50	4,00	4,00	5,00
	21	4,50	3,50	5,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,50	4,50	4,50	3,50	4,00	4,00	5,00
Barwa	0	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	4,00	5,00	5,00
	3	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
	7	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
	14	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
	21	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Struktura i konsystencja	0	4,75	5,00	5,00	4,00	4,00	4,00	5,00	5,00	5,00	4,00	3,50	4,00	5,00	5,00
	3	4,50	5,00	5,00	4,00	4,00	4,00	5,00	5,00	5,00	4,00	3,50	4,00	5,00	5,00
	7	4,50	5,00	5,00	4,00	4,00	4,00	5,00	5,00	5,00	3,50	3,00	4,00	5,00	5,00
	14	4,50	5,00	5,00	4,00	4,00	4,00	5,00	5,00	4,50	3,50	3,00	4,00	5,00	5,00
	21	4,50	5,00	5,00	4,00	4,00	4,00	4,50	5,00	4,50	3,50	3,00	4,00	5,00	5,00

Choozit™ – próbka kontrolna wyprodukowana z użyciem kultury starterowej Choozit™, LA 5 – twaróg zawierający oprócz kultury starterowej Choozit™ szczep *Lactobacillus acidophilus* LA 5, BB 12 – twaróg zawierający oprócz kultury starterowej Choozit™ szczep *Bifidobacterium bifidum* BB 12.



0,02-proc. dodatku preparatu zawierającego transglutaminazę (o, odpowiednio, 0,24 i 0,12%). W przypadku pozostałych wyrobów doświadczalnych stwierdzono spadek zawartości wody (rys. 32).



Rys. 32. Zawartość wody w kwasowych serach twarogowych wyprodukowanych z dodatkiem preparatu enzymatycznego zawierającego mikrobiologiczną transglutaminazę (mTGazę) w zależności od czasu przechowywania: a) ser twarogowy z mleka krowiego; b) ser twarogowy z mleka koziego; A – wyrób kontrolny bez dodatku mTGazy, B – twaróg wyprodukowany z 0,02-proc. dodatkiem preparatu zawierającego mTGazę, C – twaróg wyprodukowany z 0,04-proc. dodatkiem preparatu zawierającego mTGazę, D – twaróg wyprodukowany z 0,06-proc. dodatkiem preparatu zawierającego mTGazę

Tabela 24. Wyniki dwuczynnikowej analizy wariancji z powtórzeniami (ANOVA) weryfikującej wpływ mikrobiologicznej transglutaminazy (mTGazy) oraz czasu przechowywania na wybrane cechy fizykochemiczne kwasowych serów twarogowych wyprodukowanych z mleka krowiego

Źródło wariancji	Wartość p					
	zawartość wody	zawartość tłuszczu	pH	kwasowość miareczkowa	twardość	synergeza serwatki
Czas przechowywania	0,0324*	0,2383	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
mTGaza	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0359*
Interakcja	0,0005*	0,7607	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0100*

\* Istotny wpływ czynnika na badany wskaźnik,  $p \leq 0,05$ .

Największą zawartością wody w przypadku serów twarogowych z mleka koziego charakteryzował się wyrób kontrolny (średnio 72,4%). Wraz ze wzrostem dodatku mTGazy do mleka przerobowego zmniejszał się udział wody w otrzymanym twarogu. Przeciętna ilość wody w twarogach z mleka koziego mieściła się w zakresie 65,7–71,5%. Analiza statystyczna potwierdziła, że mTGaza w istotny sposób wpływała na zawartość wody w produkcie, natomiast spadek zawartości wody zaobserwowany podczas przechowywania okazał się nieistotny statystycznie (tabela 25).



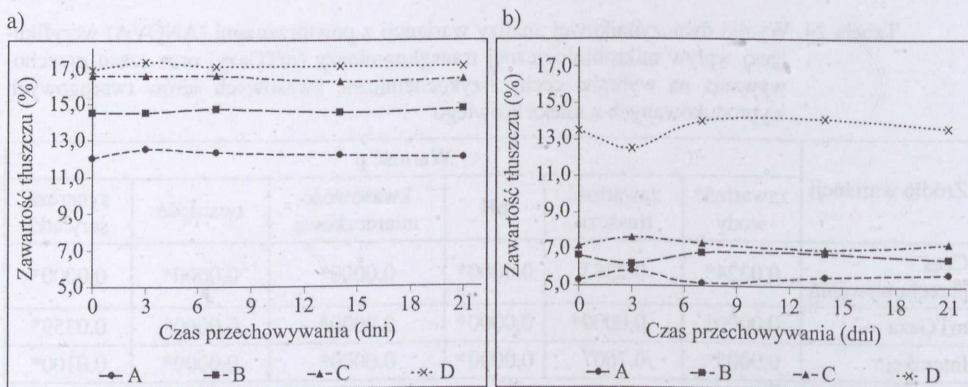
Tabela 25. Wyniki dwuczynnikowej analizy wariancji z powtórzeniami (ANOVA) weryfikującej wpływ mikrobiologicznej transglutaminazy (mTGazy) oraz czasu przechowywania na wybrane cechy fizykochemiczne kwasowych serów twarogowych wyprodukowanych z mleka koziego

Źródło wariancji	Wartość p					
	zawartość wody	zawartość tłuszczu	pH	kwasowość miareczkowa	twardość	synereza serwatki
Czas przechowywania	0,0515	0,5406	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,8971
mTGaza	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0001*
Interakcja	0,1180	0,0538	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,7500

\* Istotny wpływ czynnika na badany wskaźnik,  $p \leq 0,05$ .

#### 4.5.2. Zawartość tłuszczu

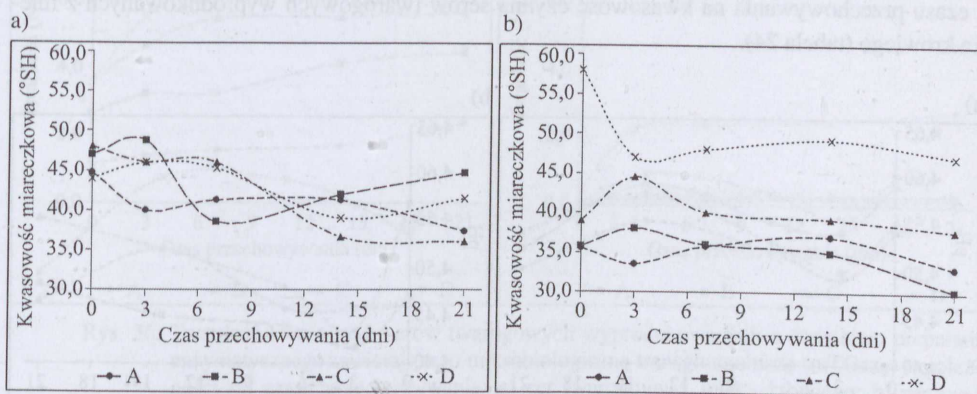
Analiza statystyczna potwierdziła istotny wpływ mTGazy na zawartość tłuszczu we wszystkich badanych serach twarogowych (tabele 24 i 25). Zwiększenie procentowego dodatku mTGazy do mleka przerobowego powodowało wzrost udziału tłuszczu w gotowym produkcie (rys. 33), a niewielkie zmiany zawartości tłuszczu zaobserwowane w czasie przechowywania okazały się nieistotne statystycznie (tabele 24 i 25).



Rys. 33. Zawartość tłuszczu w kwasowych serach twarogowych wyprodukowanych z dodatkiem preparatu enzymatycznego zawierającego mikrobiologiczną transglutaminazę (mTGazę) w zależności od czasu przechowywania: a) ser twarogowy z mleka krowiego; b) ser twarogowy z mleka koziego; A – wyrób kontrolny bez dodatku mTGazy, B – twaróg wyprodukowany z 0,02-proc. dodatkiem preparatu zawierającego mTGazę, C – twaróg wyprodukowany z 0,04-proc. dodatkiem preparatu zawierającego mTGazę, D – twaróg wyprodukowany z 0,06-proc. dodatkiem preparatu zawierającego mTGazę

### 4.5.3. Kwasowość miareczkowa

Kwasowość miareczkowa serów twarogowych z mleka krowiego mieściła się w zakresie 40,9–44,2°SH. Najwyższą kwasowością miareczkową bezpośrednio po wyrobie charakteryzował się ser twarogowy wyprodukowany z mleka zawierającego 0,04% preparatu mTGazy, natomiast najniższą z największym jego dodatkiem (0,06%). Po 21 dniach przechowywania najmniejszą kwasowość stwierdzono dla twarogu wyprodukowanego z zastosowaniem 0,04-proc. dodatku preparatu enzymatycznego. W tym czasie najwyższą kwasowością miareczkową charakteryzował się twaróg zawierający 0,02% preparatu mTGaza (rys. 34).



Rys. 34. Kwasowość miareczkowa kwasowych serów twarogowych wyprodukowanych z dodatkiem preparatu enzymatycznego zawierającego mikrobiologiczną transglutaminazę (mTGazę) w zależności od czasu przechowywania: a) ser twarogowy z mleka krowiego; b) ser twarogowy z mleka koziego; A – wyrób kontrolny bez dodatku mTGazy, B – twaróg wyprodukowany z 0,02-proc. dodatkiem preparatu zawierającego mTGazę, C – twaróg wyprodukowany z 0,04-proc. dodatkiem preparatu zawierającego mTGazę, D – twaróg wyprodukowany z 0,06-proc. dodatkiem preparatu zawierającego mTGazę

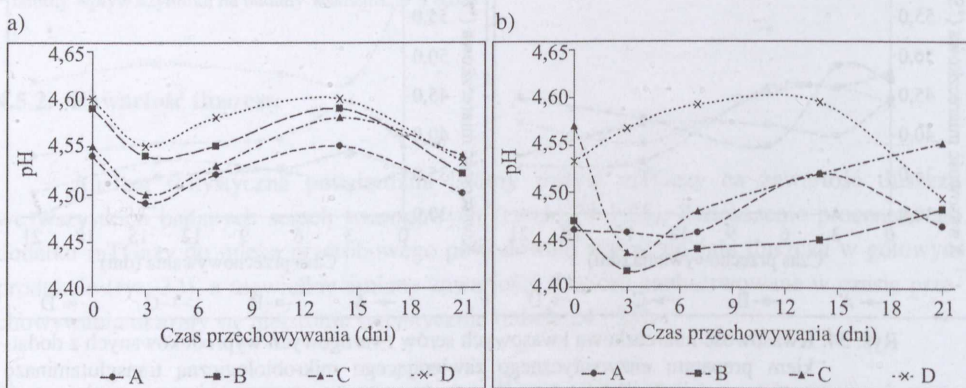
Stwierdzono istotny statystycznie spadek kwasowości miareczkowej wszystkich badanych serów twarogowych z mleka krowiego (tabela 24), przy czym był on największy (25%) dla sera wyprodukowanego z zastosowaniem 0,04% preparatu zawierającego mTGazę. Najmniejszy spadek kwasowości miareczkowej (o 4,8%) stwierdzono dla twarogu wyprodukowanego z mleka zawierającego 0,02% wspomnianego preparatu.

Wśród serów twarogowych wyprodukowanych z mleka koziego największą kwasowością miareczkową podczas przechowywania charakteryzował się twaróg wyprodukowany z największym dodatkiem mTGazy. Najmniejszą kwasowość miareczkową w pierwszym tygodniu przechowywania stwierdzono w przypadku wyrobu kontrolnego, a w czasie dwóch kolejnych tygodni dla twarogu zawierającego najmniejszy dodatek enzymu (rys. 34). Podczas przechowywania stwierdzono istotny statystycznie spadek kwasowości miareczkowej wszystkich serów twarogowych z mleka koziego (tabela 25). Największy spadek zaobserwowano dla sera twarogowego wyprodukowanego z największym dodatkiem mTGazy (o 18,9%), z kolei najmniejszy dla twarogu wyprodukowanego z mleka zawierającego 0,04% użytego preparatu (rys. 34). mTGaza oraz czas przechowywania istotnie wpływały na kwasowość miareczkową kwasowych serów twarogowych z mleka koziego (tabela 25).



#### 4.5.4. Kwasowość czynna (pH)

Ser twarogowy wyprodukowany z mleka krowiego z największym dodatkiem mTGazy charakteryzował się najwyższym pH podczas przechowywania (średnio 4,57). Najniższe pH stwierdzono w przypadku wyrobu kontrolnego. Wszystkie badane sery twarogowe z mleka krowiego charakteryzowały się zróżnicowaną dynamiką zmian kwasowości czynnej (rys. 35). Stwierdzono ogólny spadek pH serów twarogowych z mleka krowiego – największy (1,5%) dla twarogów wyprodukowanych z zastosowaniem preparatu enzymatycznego zawierającego mTGazę w ilości 0,02 i 0,06%. Analiza statystyczna potwierdziła istotny wpływ mTGazy i czasu przechowywania na kwasowość czynną serów twarogowych wyprodukowanych z mleka krowiego (tabela 24).



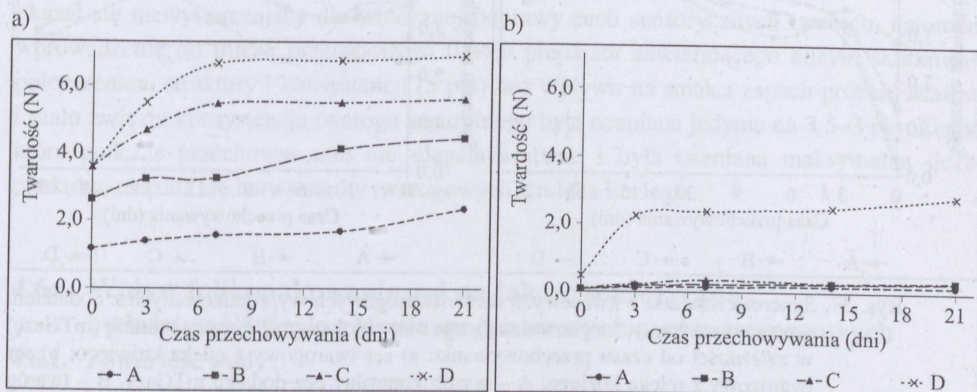
Rys. 35. Kwasowość czynna kwasowych serów twarogowych wyprodukowanych z dodatkiem preparatu enzymatycznego zawierającego mikrobiologiczną transglutaminazę (mTGazę) w zależności od czasu przechowywania: a) ser twarogowy z mleka krowiego; b) ser twarogowy z mleka koziego; A – wyrób kontrolny bez dodatku mTGazy, B – twaróg wyprodukowany z 0,02-proc. dodatkiem preparatu zawierającego mTGazę, C – twaróg wyprodukowany z 0,04-proc. dodatkiem preparatu zawierającego mTGazę, D – twaróg wyprodukowany z 0,06-proc. dodatkiem preparatu zawierającego mTGazę

Kwasowość czynna serów twarogowych wyprodukowanych z mleka koziego zawierającego dodatek mTGazy mieściła się w zakresie 4,45–4,56 pH, a średnie pH twarogu kontrolnego wynosiło 4,47. Stwierdzono, że najwyższym pH w dniu produkcji oraz w ostatnim dniu przechowywania charakteryzował się ser zawierający 0,04% preparatu mTGaza (rys. 35). Najniższe pH w tym samym czasie zaobserwowano dla twarogu kontrolnego. Dwuczynnikowa analiza wariancji z powtórzeniami potwierdziła, że mTGaza oraz czas przechowywania wpływały w statystycznie istotnym stopniu na kwasowość czynną serów twarogowych z mleka koziego. Również interakcja obu czynników była istotna statystycznie (tabela 25). Stwierdzono spadek kwasowości czynnej twarogu kontrolnego oraz wzrost dla serów twarogowych zawierających dodatek mTGazy.

Porównując ze sobą kwasowość czynną serów twarogowych z mleka koziego i krowiego, zauważono, że twarogi wyprodukowane z mleka krów charakteryzowały się wyższym średnim pH w czasie przechowywania.

### 4.5.5. Twardość

Zaobserwowano istotny statystycznie przyrost twardości wszystkich badanych serów twarogowych z mleka krowiego, przy czym był on największy, bo dwukrotny, dla wyrobu kontrolnego (rys. 36, tabela 24). Zwiększenie dodatku mTGazy do mleka przerobowego powodowało wzrost twardości otrzymanego twarogu (tabela 24).



Rys. 36. Twardość kwasowych serów twarogowych wyprodukowanych z dodatkiem preparatu enzymatycznego zawierającego mikrobiologiczną transglutaminazę (mTGazę) w zależności od czasu przechowywania: a) ser twarogowy z mleka krowiego; b) ser twarogowy z mleka koziego; A – wyrób kontrolny bez dodatku mTGazy, B – twaróg wyprodukowany z 0,02-proc. dodatkiem preparatu zawierającego mTGazę, C – twaróg wyprodukowany z 0,04-proc. dodatkiem preparatu zawierającego mTGazę, D – twaróg wyprodukowany z 0,06-proc. dodatkiem preparatu zawierającego mTGazę

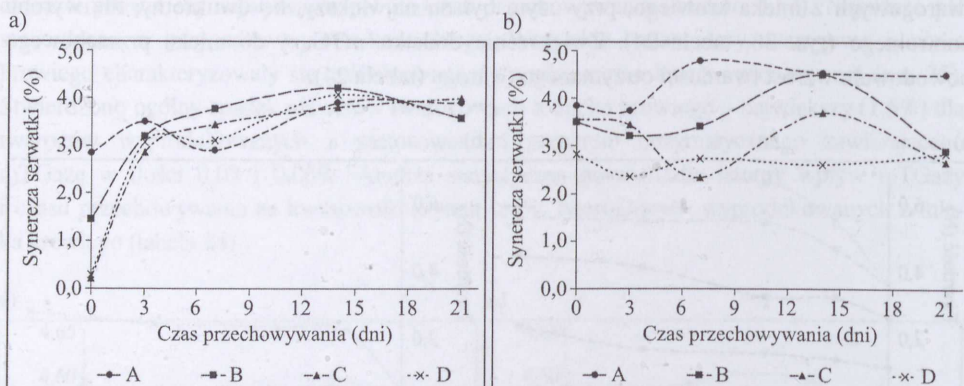
Największą twardością spośród serów twarogowych z mleka koziego charakteryzował się twaróg zawierający największy dodatek mTGazy (średnio 2,1 N) – rys. 36. Twardość pozostałych serów twarogowych mieściła się w zakresie 0,1–0,3 N. Stwierdzono istotny statystycznie przyrost twardości wszystkich analizowanych serów twarogowych z mleka koziego podczas przechowywania (tabela 25). Analiza statystyczna uzyskanych wyników potwierdziła, że mTGaza istotnie wpływała na twardość badanych twarogów (tabela 25). Kwasowe sery twarogowe z mleka koziego odznaczały się zdecydowanie mniejszą twardością niż sery z mleka krowiego. Stwierdzono istotną zależność między zawartością wody a twardością twarogów (tabela 20).

### 4.5.6. Synereza serwatki

Analiza statystyczna potwierdziła, że zastosowanie mTGazy w produkcji kwasowych serów twarogowych z mleka krowiego wpływało na synerezę serwatki. Ponadto wykazano istotność oddziaływania czasu przechowywania oraz interakcji obu czynników (tabela 24). Stwierdzono wzrost ilości serwatki wydzielanej z ocenianych próbek, przy czym był on naj-



mniej z twarogu wyprodukowanego z mleka zawierającego 0,06% preparatu mTGaza. Największą synerzę serwatki obserwowano podczas przechowywania wyrobu kontrolnego (rys. 37).



Rys. 37. Synerża serwatki z kwaśnych serów twarogowych wyprodukowanych z dodatkiem preparatu enzymatycznego zawierającego mikrobiologiczną transglutaminazę (mTGazę) w zależności od czasu przechowywania: a) ser twarogowy z mleka krowiego; b) ser twarogowy z mleka koziego; A – wyrób kontrolny bez dodatku mTGazy, B – twaróg wyprodukowany z 0,02-proc. dodatkiem preparatu zawierającego mTGazę, C – twaróg wyprodukowany z 0,04-proc. dodatkiem preparatu zawierającego mTGazę, D – twaróg wyprodukowany z 0,06-proc. dodatkiem preparatu zawierającego mTGazę

Kwasowe sery twarogowe z mleka koziego charakteryzowały się zróżnicowaną synerżą serwatki podczas poszczególnych etapów przechowywania, jednakże analiza statystyczna nie potwierdziła wpływu czasu przechowywania na jej wielkość (rys. 37b, tabela 25). Największy wyciek stwierdzono z wyrobu kontrolnego, natomiast najmniejszy z twarogu zawierającego największy dodatek mTGazy (rys. 37). Dwuczynnikowa analiza wariancji potwierdziła, że mTGaza wpływała na synerżę serwatki z serów twarogowych wyprodukowanych z mleka koziego (tabela 25). Bez względu na rodzaj użytego mleka przerobowego stwierdzono istotną korelację między stopniem synerży serwatki a pH analizowanych próbek (tabela 20)

#### 4.5.7. Ocena sensoryczna

Kwasowe sery twarogowe będące przedmiotem badań charakteryzowały się właściwymi, dość stabilnymi cechami sensorycznymi, które w miarę upływu czasu nieznacznie się pogarszały (tabela 23). Ocena sensoryczna potwierdziła, że dodatek do mleka przerobowego mTGazy różnicował twarogi pod względem smaku, zapachu, struktury i konsystencji. Nie wpływał natomiast na barwę, która podczas przechowywania była jednolicie biała (5 pkt). Spośród twarogów z mleka krowiego najwyższą jakością sensoryczną charakteryzował się ser twarogowy wyprodukowany z zastosowaniem 0,04% preparatu zawierającego mTGazę.

Zwiększenie dodatku preparatu do 0,06% niekorzystnie wpływało na cechy sensoryczne. Twaróg był mniej smaczny, zbyt suchy, co skutkowało obniżeniem punktacji za smak, zapach, strukturę i konsystencję.

Wśród serów twarogowych wyprodukowanych z mleka koziego najwyższą jakością sensoryczną odznaczał się twaróg wyprodukowany z mleka przerobowego zawierającego dodatek preparatu enzymatycznego w ilości 0,06%. Przy maksymalnym dodatku mTGazy stwierdzono jej wyraźny wpływ na strukturę i konsystencję sera. Dodatek w ilości 0,02% okazał się niewystarczający dla widocznej poprawy cech sensorycznych twarogu, natomiast wprowadzenie do mleka przerobowego 0,04% preparatu zawierającego enzym skutkowało polepszeniem struktury i konsystencji (5 pkt) bez wpływu na smak i zapach próbek. Mazista i mało zwięzła konsystencja twarogu kontrolnego była oceniana jedynie na 3,5–3 pkt. Cechą, która podczas przechowywania nie ulegała zmianie i była oceniana maksymalną liczbą punktów, okazała się barwa serów twarogowych z mleka koziego.

## 4.6. Wpływ folii opakowaniowej na jakość sensoryczną i właściwości fizykochemiczne kwasowych serów twarogowych

### 4.6.1. Zawartość wody

Analiza statystyczna potwierdziła, że rodzaj folii opakowaniowej nie wpływał istotnie na zawartość wody w kwasowych serach twarogowych. Wpływ czasu przechowywania okazał się istotny statystycznie (tabela 26).

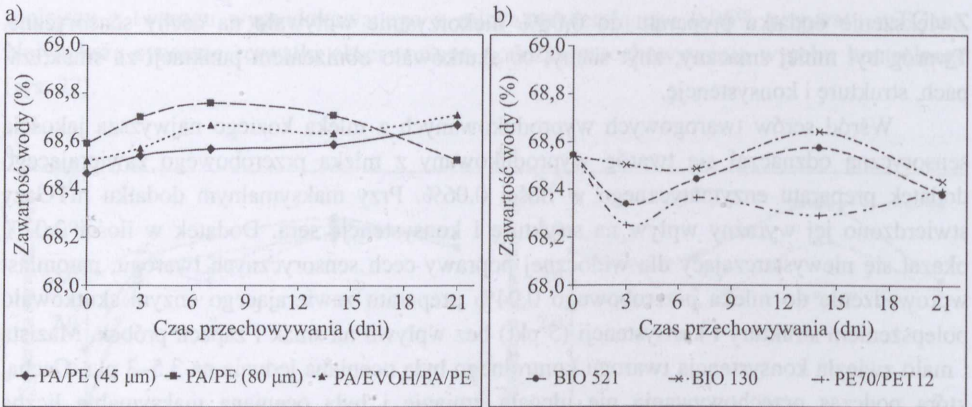
Tabela 26. Wyniki dwuczynnikowej analizy wariancji z powtórzeniami (ANOVA) weryfikującej wpływ rodzaju folii opakowaniowej oraz czasu przechowywania na wybrane cechy fizykochemiczne kwasowych serów twarogowych

Źródło wariancji	Wartość p					
	zawartość wody	zawartość tłuszczu	pH	kwasowość miareczkowa	twardość	synereza serwatki
Czas przechowywania	0,0466*	0,8060	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
Rodzaj folii	0,1340	0,7554	0,5460	0,2554	0,7554	0,2325
Interakcja	0,2431	0,1231	0,0675	0,0654	0,2471	0,3421

\* Istotny wpływ czynnika na badany wskaźnik,  $p \leq 0,05$ .

Przy zastosowaniu folii PA/PE średnia zawartość wody w badanych twarogach wynosiła 68,6% (przy grubości folii 45  $\mu\text{m}$ ) oraz 68,7% (dla folii o grubości 80  $\mu\text{m}$ ). Sery twarogowe zapakowane w folię PA/EVOH/PA/PE zawierały 68,6% wody, przechowywane w folii BIO 521 – 68,5%, a w BIO 130 – 68,6%. Udział wody w masie sera w przypadku próbek zapakowanych w dwuwarstwową folię PE70/PET12 wynosił 68,4%. Stwierdzono ogólny spadek zawartości wody w twarogach przechowywanych w polilaktydzie (BIO 521 i BIO 130). W przypadku pozostałych czterech wyrobów doświadczalnych zaobserwowano przyrost zawartości wody (rys. 38).

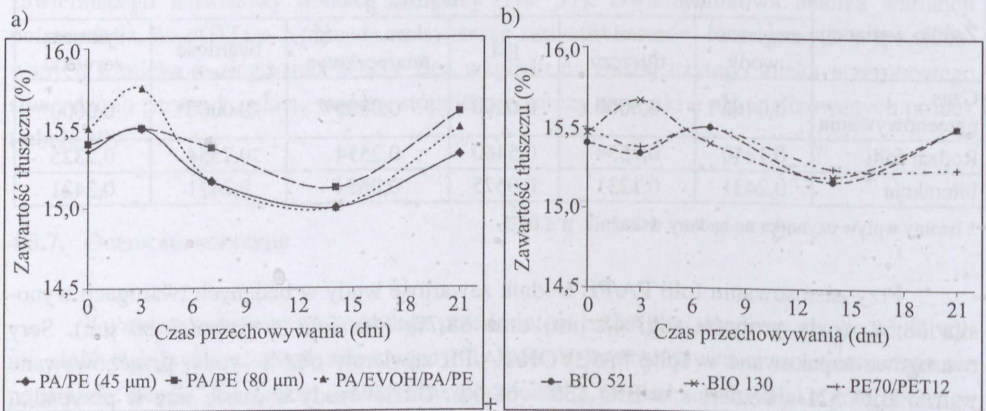




Rys. 38. Zawartość wody w kwasowych serach twarogowych w zależności od materiału opakowaniowego oraz czasu przechowywania: a) kwasowe sery twarogowe zapakowane w folie PA/PE i PA/EVOH/PA/PE; b) kwasowe sery twarogowe zapakowane w folie BIO 521, BIO 130 i PE70/PET12

#### 4.6.2. Zawartość tłuszczu

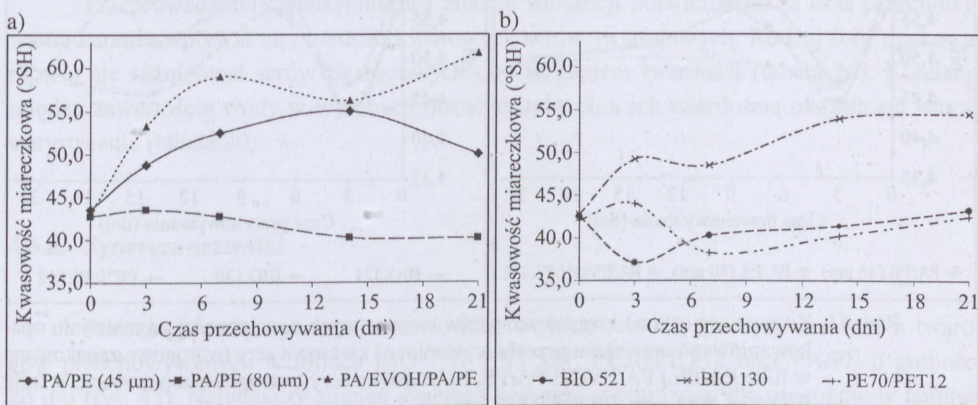
Zawartość tłuszczu w badanych serach twarogowych mieściła się w zakresie 15,27–15,45% (rys. 39). Rodzaj folii opakowaniowej nie różnicował wyrobów doświadczalnych pod względem zawartości tłuszczu. Wpływ czasu przechowywania okazał się również nieistotny statystycznie (tabela 26). Największą zawartością tłuszczu charakteryzował się ser twarogowy zapakowany w BIO 130 (średnio 15,45%), a najmniejszą wyrób doświadczalny przechowywany w folii PA/PE o grubości 45 μm (średnio 15,25%).



Rys. 39. Zawartość tłuszczu w kwasowych serach twarogowych w zależności od materiału opakowaniowego oraz czasu przechowywania: a) kwasowe sery twarogowe zapakowane w folie PA/PE i PA/EVOH/PA/PE; b) kwasowe sery twarogowe zapakowane w folie BIO 521, BIO 130 i PE70/PET12

### 4.6.3. Kwasowość miareczkowa

Dwuczynnikowa analiza wariancji potwierdziła istotny wpływ czasu przechowywania na kwasowość miareczkową kwasowych serów twarogowych. Rodzaj folii opakowaniowej nie różnicował istotnie próbek badawczych pod względem kwasowości miareczkowej (tabela 26). Kwasowość miareczkowa serów twarogowych bezpośrednio po zapakowaniu mieściła się w zakresie 42,56–43,40°SH (rys. 40).



Rys. 40. Kwasowość miareczkowa kwasowych serów twarogowych w zależności od materiału opakowaniowego oraz czasu przechowywania: a) kwasowe sery twarogowe zapakowane w folie PA/PE i PA/EVOH/PA/PE; b) kwasowe sery twarogowe zapakowane w folie BIO 521, BIO 130 i PE70/PET12

Podczas przechowywania zaobserwowano wzrost kwasowości prawie wszystkich wyrobów doświadczalnych (rys. 40). Wyjątek stanowił ser twarogowy w folii PA/PE o grubości 80 μm, dla którego po 21 dniach przechowywania stwierdzono ponad 6-proc. spadek kwasowości miareczkowej w porównaniu z dniem produkcji.

Największy przyrost kwasowości (o 41,95%) zaobserwowano dla twarogu przechowywanego w folii PA/EVOH/PA/PE, a najmniejszy, zaledwie 1,5%, dla sera twarogowego zapakowanego w folię BIO 521. Największą kwasowością miareczkową podczas przechowywania charakteryzował się ser twarogowy zapakowany w folię PA/EVOH/PA/PE (średnio 39,52°SH), natomiast najmniejszą w polilaktyd BIO 521 (średnio 55,45°SH).

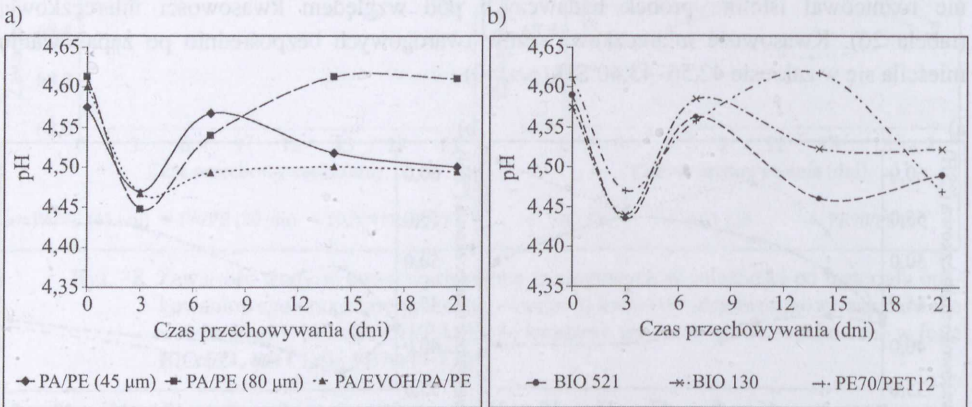
### 4.6.4. Kwasowość czynna (pH)

Porównując kwasowość czynną serów twarogowych w dniu produkcji oraz po przechowywaniu, stwierdzono spadek pH prawie wszystkich wyrobów doświadczalnych. Wyjątek stanowił ser twarogowy zapakowany w folię PA/PE o grubości 80 μm, który charakteryzował się jednakowym pH w dniu produkcji i po zakończeniu przechowywania (4,61 pH) – rys. 41.

Największy spadek pH stwierdzono w przypadku sera przechowywanego w folii PE70/PET12 (o 3,03%), natomiast najmniejszy dla twarogu zapakowanego w folię BIO 130



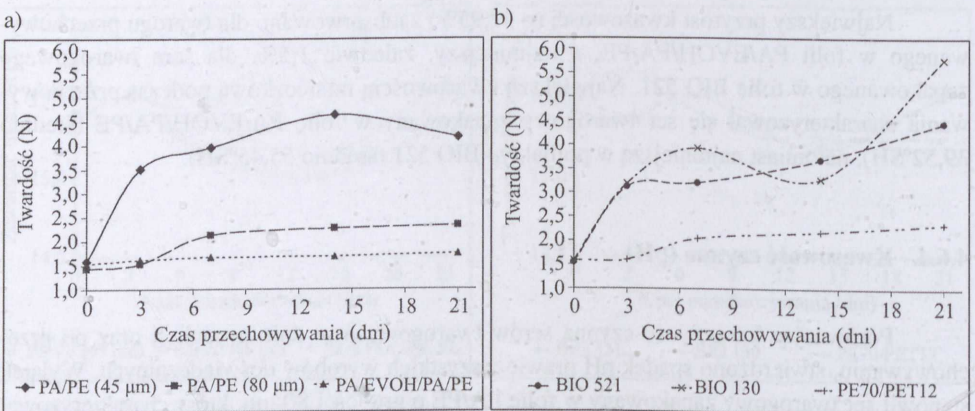
(o 1,31%). Najwyższą kwasowość czynną podczas przechowywania (średnio 4,5 pH) zaobserwowano w przypadku sera twarogowego zapakowanego w materiał PA/EVOH/PA/PE. Analiza statystyczna potwierdziła istotny wpływ czasu składowania na kwasowość czynną badanych twarogów. Wpływ rodzaju opakowania okazał się nieistotny statystycznie (tabela 26).



Rys. 41. Kwasowość czynna kwasowych serów twarogowych w zależności od materiału opakowaniowego oraz czasu przechowywania: a) kwasowe sery twarogowe zapakowane w folie PA/PE i PA/EVOH/PA/PE, b) kwasowe sery twarogowe zapakowane w folie BIO 521, BIO 130 i PE70/PET12

#### 4.6.5. Twardość

Największą twardością podczas przechowywania charakteryzowały się kwasowe sery twarogowe przechowywane w folii PA/PE o grubości 45 μm, natomiast najmniejszą zapakowane w folię PA/EVOH/PA/PE (średnio 1,6 N) – rys. 42.



Rys. 42. Twardość kwasowych serów twarogowych w zależności od materiału opakowaniowego oraz czasu przechowywania: a) kwasowe sery twarogowe zapakowane w folie PA/PE i PA/EVOH/PA/PE; b) kwasowe sery twarogowe zapakowane w folie BIO 521, BIO 130 i PE70/PET12

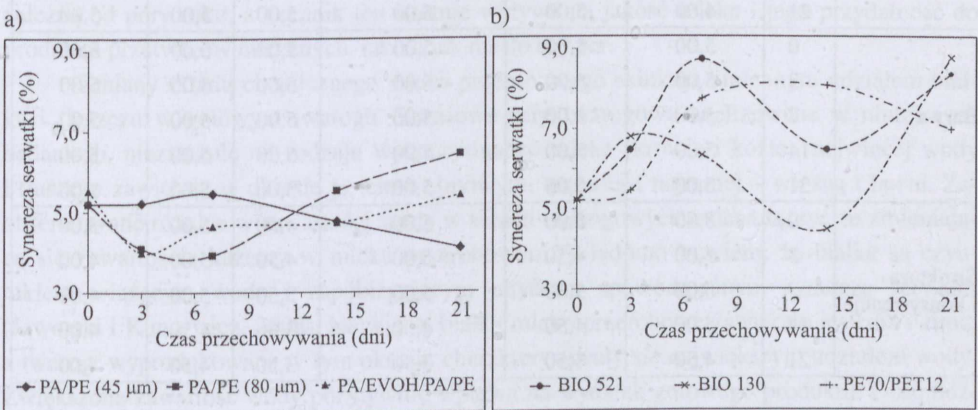
Podczas przechowywania stwierdzono wzrost twardości wszystkich wyrobów doświadczalnych, a był on największy, bo ponad 3,5-krotny, dla sera zapakowanego w polilaktyd BIO 130 (rys. 42). Pod względem wzrastającej twardości sery twarogowe można uszeregować następująco (twardość w folii opakowaniowej):

PA/EVOH/PA/PE < PE70/PET12 / PA/PE (80  $\mu$ m) < BIO 521 < BIO 130 < PA/PE (45  $\mu$ m)

Przeprowadzona dwuczynnikowa analiza wariancji potwierdziła, że czas przechowywania istotnie wpływał na twardość kwasowych serów twarogowych. Rodzaj folii opakowaniowej nie różnicował serów twarogowych pod względem twardości (tabela 26). Korelacja między zawartością wody w wyrobach doświadczalnych a ich twardością okazała się istotna statystycznie (tabela 20).

#### 4.6.6. Syneresa serwatki

Podczas przechowywania obserwowano zwiększanie się syneresy serwatki z twarogów przechowywanych w foliach BIO 130, BIO 521, PE70/PET12 oraz PA/PE o grubości 80  $\mu$ m (rys. 43). Największy stopień syneresy serwatki stwierdzono dla twarogów w laminatach BIO 130 i BIO 521. Wyniósł on, odpowiednio, 68,2 oraz 60,0%. Ser twarogowy przechowywany w folii PA/EVOH/PA/PE charakteryzował się najmniejszą syneresą serwatki podczas przechowywania (średnio 4,8%). Czas przechowywania istotnie wpływał na wydzielanie się serwatki z kwasowych serów twarogowych (tabela 26). Stwierdzono istotną korelację między pH twarogów a obserwowaną syneresą serwatki (tabela 20).



Rys. 43. Syneresa serwatki z kwasowych serów twarogowych w zależności od materiału opakowaniowego oraz czasu przechowywania: a) kwasowe sery twarogowe zapakowane w folie PA/PE i PA/EVOH/PA/PE; b) kwasowe sery twarogowe zapakowane w folie BIO 521, BIO 130 i PE70/PET12



#### 4.6.7. Ocena sensoryczna

Cechy sensoryczne kwasowych serów twarogowych przechowywanych w różnych rodzajach folii opakowaniowej ulegały stopniowemu pogarszaniu się w miarę upływu czasu przechowywania (tabela 27). Najlepszym smakiem charakteryzowały się wyroby doświadczalne przechowywane w laminacie PA/PE. Badane twarogi nie różniły się natomiast barwą oraz zapachem. Najlepszą strukturę i konsystencję stwierdzono w przypadku sera twarogowego przechowywanego w laminacie PA/PE o grubości 45  $\mu\text{m}$ , z kolei najgorszą dla twarogu zapakowanego w folię BIO 521.

Tabela 27. Zmiany cech sensorycznych (ocena punktowa) kwasowych serów twarogowych w zależności od materiału opakowaniowego oraz czasu przechowywania

Wyróżnik	Dzień	Folia					
		PA/PE (45 $\mu\text{m}$ )	PA/PE (80 $\mu\text{m}$ )	PA/EVOH/PA/PE	BIO 521	BIO 132	PE70/PET12
		Liczba punktów					
Smak	0	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
	3	5,00	5,00	4,50	5,00	5,00	5,00
	7	5,00	5,00	3,50	4,00	5,00	5,00
	14	5,00	5,00	3,50	4,00	3,50	3,50
	21	4,00	4,00	3,00	3,50	3,50	3,50
Zapach	0	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
	3	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
	7	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
	14	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
	21	4,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Barwa	0	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
	3	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
	7	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
	14	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
	21	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Struktura i konsystencja	0	5,00	5,00	5,00	4,50	5,00	5,00
	3	5,00	4,50	5,00	4,50	5,00	4,00
	7	5,00	5,00	5,00	3,50	5,00	4,00
	14	5,00	4,50	4,50	3,50	4,50	4,00
	21	4,50	4,50	3,50	3,50	4,50	4,00

## 5. Dyskusja

Podstawą produkcji kwasowych serów twarogowych jest proces koagulacji kazeiny, zachodzący w wyniku ukierunkowanej fermentacji mlekowej, prowadzonej przez bakterie starterowe dodane do mleka (Szpendowski i in., 2007). Podczas wyrobu twarogu dochodzi do koncentracji białka i tłuszczu zawartego w mleku przerobowym. Kluczowym składnikiem tworzącym matrycę sera, w której unieruchamiane są kuleczki tłuszczowe, jest kazeina (Wendorff, 2005).

W toku badań własnych stwierdzono, że skład chemiczny kwasowych serów twarogowych, zarówno wyprodukowanych z mleka krowiego, jak i koziego, był zależny od zmian sezonowych w składzie mleka przerobowego, a zaobserwowane zjawiska znajdują potwierdzenie w badaniach innych autorów. Chojnowski i Dec (2002) podają, że pora roku determinuje zawartość poszczególnych składników chemicznych w mleku, w tym głównie białka i tłuszczu. Stanek i in. (2004) zaobserwowali, podobnie jak autorka niniejszej publikacji, wyraźnie wyższy udział tłuszczu i białka w mleku pozyskanym w okresie jesienno-zimowym w porównaniu z mlekiem z sezonu wiosenno-letniego. Także Górska i in. (2006) potwierdzają występowanie sezonowych wahań w dziennej wydajności oraz zawartości białka i tłuszczu w mleku krów czarno-białych, jak i czerwono-białych. Wymienieni autorzy stwierdzili, że latem wielkość dziennego udoju jest wyższa, jednakże zawartość białka i tłuszczu niższa niż zimą. Podobnie Żywica i in. (2008), Topyła (2006), jak również Sawa i in. (2000) informują, że jesienią koncentracja tłuszczu i białka w mleku jest wyższa w porównaniu z latem. Haenlein (2003) oraz Barron i in. (2001) podkreślają, że zmienność składu mleka jest cechą zależną od pory roku, a czynnik ten istotnie wpływa na jakość mleka i jego przydatność do produkcji przetworów mlecznych, takich jak masło czy ser.

Zmiany składu chemicznego mleka przerobowego skutkują zmiennym udziałem białka i tłuszczu w gotowym twarogu. Kwasowe sery twarogowe analizowane w niniejszych badaniach, niezależnie od rodzaju wykorzystanego mleka (krowie i kozie), najwięcej wody i tłuszczu zawierały w okresie jesienno-zimowym, natomiast najmniej – wiosną i latem. Zaobserwowane różnice w zawartości wody w serach twarogowych można łączyć ze zmieniającą się zawartością kazeiny w mleku przerobowym. Wiadomo bowiem, że białka są czynnikiem wiążącym wodę i zapobiegającym ubytkom spowodowanym synerезą serwatki (Jaworski i Kuncewicz, 2008). Najwięcej białka mleko przerobowe zawierało jesienią i zimą, a twarogi wyprodukowane w tym okresie charakteryzowały się największym udziałem wody. Zwiększona zawartość wody pozytywnie wpływa na wydatek gotowego produktu. Dość liczne publikacje potwierdzają, że korzystniejszym składem chemicznym, z punktu widzenia wydajności produkcji, charakteryzuje się mleko pozyskiwane w okresie jesienno-zimowym (Barłowska i in., 2004, 2005; Litwińczuk i in., 2006d; Barłowska, 2007). Lindmark-Mansson i in. (2000, 2003) w swoich badaniach wykazali, że wydajność procesu oraz jakość uzyskanych przetworów mlecznych, w tym także twarogu, są ściśle uzależnione od zmian stężenia



poszczególnych składników w mleku, co ma bezpośredni związek z porą roku, warunkami klimatycznymi i sposobem żywienia krów. Specyfika trawienia przeżuwaczy wymaga stosowania jednorodnego żywienia i każda gwałtowna zmiana pasz skutkuje spadkiem produktywności i zmianami w składzie mleka, które wpływa na jakość uzyskanego przetworu. Co więcej, uważa się, że zmienność procentowego udziału poszczególnych składników w mleku jest bardziej zależna od stosowanej paszy niż predyspozycji genetycznych krów (Lyatuu i East-ridge, 2003). Podobnie Jasińska i in. (2010) oraz Reklewska i in. (2003) utrzymują, że sposób żywienia bydła modyfikuje procentowy skład chemiczny mleka. Odżywianie rzutuje głównie na zawartość tłuszczu i białka, przy czym najbardziej wrażliwy na zmiany w sposobie żywienia i stosowanej paszy jest tłuszcz. Mleko z okresu żywienia oborowego zawiera więcej tłuszczu niż mleko od krów wypasanych na pastwiskach.

Badania omawiane w niniejszej rozprawie potwierdziły, że również w twarogach z mleka koziego zawartość wody i tłuszczu jest zależna od sezonowych zmian w składzie mleka przerobowego. Guo i in. (2001, 2004) twierdzą, że jakość oraz wydatek sera wyprodukowanego z mleka koziego są determinowane ogólnie pojętą jakością użytego mleka przerobowego, a wahania w zawartości poszczególnych składników są uzależnione od sezonu. Prasad i in. (2005) podają, że wpływ pory roku na skład mleka koziego jest związany głównie ze zmianami w sposobie żywienia zwierząt. Karma kóz w czasie roku zmienia się znacząco, a ta dywersyfikacja może mieć wpływ na cechy produktów z mleka koziego. Vondrášková i in. (2011) twierdzą, że kozy modyfikują swoje zwyczaje żywieniowe zgodnie ze zmianami pór roku ze względu na dostępność składników pokarmowych. W większym stopniu niż inne gatunki mają możliwość wyboru spośród dostępnych pasz, a także części roślin. Wybierają pokarm o najwyższej zawartości białka, największej strawności, ale także na podstawie dostępności, cech smakowo-zapachowych oraz doświadczenia (Provenza i in., 2003).

Mimo że w badaniach własnych wykorzystano mleko krowie o znormalizowanej zawartości tłuszczu, to otrzymane sery twarogowe istotnie różniły się jego udziałem. Można przypuszczać, że różnice te były determinowane m.in. zmienną zwięzłością skrzepu twarogowego, który jest bardziej zwarty, gdy w mleku występuje większa zawartość białka. Zwarty skrzep umożliwia skuteczniejsze zatrzymywanie tłuszczu. Na szybkość tworzenia się i przepuszczalność matrycy twarogu wpływa także tempo ukwaszania, które zmienia się wraz z sezonem w wyniku zmian zachodzących we właściwościach buforujących mleka. Stopień wiązania tłuszczu w skrzepie twarogowym zależy nie tylko od jego koncentracji w mleku, ale również od stopnia dyspersji i wielkości kuleczek tłuszczowych. Zjawisko to zyskuje na znaczeniu w przypadku produkcji serów twarogowych z mleka niehomogenizowanego i może po części tłumaczyć zróżnicowaną zawartość tłuszczu w serach twarogowych z mleka koziego w poszczególnych porach roku, gdyż mleko kozie wykorzystywane do wyrobu twarogów nie było homogenizowane. Stopień dyspersji tłuszczu w mleku ulega w pewnym stopniu zmianom w ciągu roku (Grega i in., 2000; Barłowska i Litwińczuk, 2006), co prawdopodobnie również kształtowało jego retencję w twarogu. Także na ogół mniejsza zawartość tłuszczu w serach twarogowych z mleka koziego, w porównaniu z twarogami wyprodukowanymi z mleka krów, mogła być spowodowana faktem, że mleko kozie nie było homogenizowane. W związku z tym obserwowano podstój tłuszczu mlekowego, co prawdopodobnie utrudniało



wiązanie go w skrzepie. Wydzielanie tłuszczu na powierzchni mleka mogło także sprzyjać zwiększonemu przechodzeniu frakcji tłuszczowej mleka do serwatki.

Zaobserwowana w wyrobach doświadczalnych obniżona zawartość wody w okresie wiosenno-letnim mogła być także spowodowana wysoką temperaturą otoczenia, gdyż uważa się, że temperatura powyżej 25°C wpływa niekorzystnie na zawartość kazeiny w mleku (Umpaphol i in., 2010). Jak podają Özrenk i Selcuk Inci (2008), istnieje negatywna korelacja pomiędzy temperaturą otoczenia a zawartością tłuszczu i białka w mleku. Ponadto uważa się, że również stosunek światła do ciemności determinuje skład mleka (Barber i in., 2001). W rzeczywistości, gdy jest on wysoki prowadzi to do zmniejszenia zawartości tłuszczu i białka w mleku, prawdopodobnie na skutek większego wydzielania prolaktyny, której stężenie w osoczu jest wyższe latem niż zimą (Yetismeyen, 2000).

Zmiany zawartości wody obserwowane podczas przechowywania wyrobów doświadczalnych okazały się istotne statystycznie jedynie w przypadku twarogów z mleka krowiego. Natomiast zawartość tłuszczu bez względu na rodzaj użytego mleka przerobowego nie zmieniała się istotnie. Dodatkowo stwierdzono, że twarogi z mleka koziego odznaczały się większą zawartością wody w porównaniu z serami twarogowymi wyprodukowanymi z mleka krowiego. Potwierdzenie zaobserwowanych zależności stanowiąc mogą wyniki pracy Śmietany i in. (2003), którzy nie odnotowali istotnych zmian w składzie chemicznym twarogów przechowywanych w warunkach chłodniczych. Podobnie Dmytrów i in. (2010b), analizując fizykochemiczne i sensoryczne cechy kwasowego sera twarogowego wyprodukowanego z mleka krowiego, koziego oraz mieszaniny mleka koziego i krowiego, zaobserwowali, że czas przechowywania nie wpływał istotnie na zawartość tłuszczu w próbkach badawczych. Brak istotnych zmian zawartości wody w serach twarogowych z mleka koziego można tłumaczyć większym udziałem białka w mleku kóz (stanowiącego czynnik wiążący wodę) w porównaniu z mlekiem krowim. Potwierdzeniem tego jest mniejsza synereza serwatki w twarogach z mleka koziego.

W literaturze tematu podkreśla się, że skład chemiczny mleka przerobowego, mający bezpośrednie odzwierciedlenie w zawartości poszczególnych składników w produkcie gotowym, w znacznym stopniu jest również uzależniony od kraju pochodzenia krów (Sawicka i in., 2000; Kuczaj i Blicharski, 2001; Wroński i in., 2001; Wielgosz-Groth i Groth, 2002; Czerniawska-Piątkowska, 2004; Piłarczyk i in., 2004; Skrzypek i Szykalski, 2006). W toku przeprowadzonych analiz wykazano, że istotnie wyższą zawartością wody i niższą zawartością tłuszczu charakteryzowały się kwasowe sery twarogowe wyprodukowane z mleka krów importowanych ze Szwecji. Fakt ten należy wiązać z niższą zawartością tłuszczu oraz wyższym udziałem białka w mleku tych krów. Wyniki uzyskane przez autorkę niniejszej pracy znajdują częściowe potwierdzenie w badaniach Kuczaja (2004), który stwierdził istotne różnice w składzie mleka pierwiastek importowanych ze Szwecji i Holandii. Autor jednak podaje, że mleko uzyskane od pierwiastek po reproduktorach szwedzkich cechowało się nie tylko wyższą zawartością białka, ale także tłuszczu. Jednakże w tu opisywanych badaniach własnych większą koncentrację tłuszczu stwierdzono w mleku krów importowanych z Holandii, a w konsekwencji także w twarogach z niego wyprodukowanych.



Zawartość wody w serach twarogowych, stanowiących przedmiot badań, istotnie zależała od rodzaju zastosowanej kultury starterowej oraz czasu przechowywania. Jednakże wpływ obu czynników na zawartość tłuszczu w wyrobach doświadczalnych okazał się nieistotny statystycznie. Lektura dostępnego piśmiennictwa nie pozwala na całkowite poparcie zaobserwowanych zależności. Z jednej strony źródła literaturowe podają, że skład chemiczny oraz ogólnie pojęta jakość serów w dużym stopniu zależą od aktywności biochemicznej szczepionek czystych kultur bakterii stosowanych w procesie technologicznym (Kornacki i in., 2002; Dzwolak i in., 2006). Z drugiej zaś podają, że zakwas nie wpływa na zawartość wody i tłuszczu w twarogu (Dmytrów i in., 2007a; Kurkowska, 2007). Zaobserwowany w niniejszych badaniach własny istotny wpływ kultur starterowych na zawartość wody w kwasowych serach twarogowych może mieć związek z odmiennym składem jakościowym i ilościowym stosowanych szczepionek. Szczepy mezofilnych paciorkowców mlekowych, wchodzące w skład kultur starterowych, charakteryzują się bowiem zróżnicowaną aktywnością fermentacyjną oraz aromatotwórczą. Największą aktywność fermentacyjną (kwaszącą) wykazują szczepy *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* i *Lactococcus lactis* ssp. *cremoris*. Znacznie mniej kwasu mlekowego produkują bakterie *Leuconostoc mesenteroides* ssp. *cremoris* (Reps i Kornacki, 2008). Zmiany kwasowości wynikające ze wzrostu kultur zakwasu determinują stopień odwapnienia skrzepu, a tym samym dezintegrację micel kazeiny. Proces ten w decydujący sposób wpływa na podstawową strukturę twarogu oraz stosunek zawartości wody do kazeiny. Istotne zmiany zawartości wody w twarogach doświadczalnych najprawdopodobniej były spowodowane również synerезą serwatki, w istotnym stopniu zmieniającą się w miarę upływu czasu przechowywania twarogów. Zawartość tłuszczu w badanych serach, jak wcześniej wspomniano, nie ulegała istotnym zmianom podczas przechowywania. O stabilizacji zawartości tłuszczu w chłodniczo przechowywanych serach twarogowych donoszą m.in. Śmietana i in. (2003).

Dokonując przeglądu piśmiennictwa, trudno odnaleźć informacje na temat zależności pomiędzy zastosowaniem kultur probiotycznych a składem chemicznym kwasowych serów twarogowych. Jednakże wszystkie zaobserwowane zależności znajdują mniej lub bardziej bezpośrednie potwierdzenie w rezultatach badań innych autorów, dotyczących oceny stabilności przechowalniczej serków kwasowo-podpuszczkowych zawierających bakterie probiotyczne oraz probiotycznych serów podpuszczkowych dojrzewających. Badania omawiane w niniejszej pracy wykazały istotny wpływ szczepów probiotycznych oraz czasu przechowywania na zawartość wody w serach twarogowych, zarówno z mleka koziego, jak i krowiego. Natomiast zawartość tłuszczu w wyrobach doświadczalnych nie była zależna od obecności w zakwasie kultur probiotycznych oraz nie zmieniała się istotnie w miarę upływu czasu przechowywania. Sery twarogowe z mleka koziego charakteryzowały się mniejszą zawartością tłuszczu niż twarogi wyprodukowane z mleka krowiego. Zaobserwowany istotny wpływ bakterii probiotycznych na zawartość wody w próbkach doświadczalnych można częściowo poprzeć wynikami badań Djurić i in. (2005). Autorzy ci wykazali, że obecność w szczepionce kultur probiotycznych różnicowała sery twarogowe kwasowo-podpuszczkowe pod względem zawartości tłuszczu, białka, laktozy i fosforu. Przeważnie informacje związane z wpływem



kultur probiotycznych na skład chemiczny produktów mlecznych, w niewielkim stopniu mogące pomóc w wyjaśnieniu uzyskanych wyników, dotyczą serów podpuszczkowych.

Wśród naukowców panuje przekonanie, że wzbogacenie zakwasu w szczepy probiotyczne nie oddziałuje na skład chemiczny uzyskanego sera podpuszczkowego dojrzewającego (Corbo i in., 2001; Bergamini i in., 2005; Buriti i in., 2005b, 2007; Ong i Shah, 2009). Wpływ kultur probiotycznych na zawartość wody w twarogach zaobserwowany w tu omawianych badaniach mógł być związany ze zmianami kwasowości próbek doświadczalnych, która również w istotny sposób zależała od obecności w zakwasie probiotyków. Kwasowość wpływa bowiem na stosunek zawartości wody do kazeiny. Mniejszą zawartość tłuszczu w twarogach z mleka koziego można tłumaczyć, jak wcześniej wspomniano, utrudnioną retencją tłuszczu w skrzepie, będącą wynikiem użycia do produkcji mleka koziego niehomogenizowanego.

Analizując wyniki badań własnych, stwierdzono odwrotnie proporcjonalną zależność między zawartością wody w twarogach wyprodukowanych z mleka krowiego a stopniem synerезy serwatki. I tak, wyrób kontrolny, odznaczający się najmniejszą synerезą serwatki, zawierał najwięcej wody. Natomiast największą ilość wydzielonej serwatki oraz najmniejszą zawartość wody stwierdzono w twarogu zawierającym szczep *B. bifidum*. Podobnych zależności nie zaobserwowano w przypadku kwasowych serów twarogowych z mleka koziego. Wiadomo, że miejscowe naprężenia w sieci żelu twarogowego prowadzą do przegrupowań i lokalnego wydzielania serwatki (Dmytrów i in., 2010a). Zatem zmiany zawartości wody zaobserwowane w toku niniejszych badań własnych mogą być bezpośrednim odzwierciedleniem zjawiska synerезy i gromadzenia się serwatki w opakowaniu (Mazur, 2009).

Istotny wpływ na zawartość wody i tłuszczu w kwasowych serach twarogowych wyprodukowanych z mleka krowiego, jak i koziego wywierała mikrobiologiczna transglutaminaza zastosowana w procesie technologicznym. Zwiększenie dodatku enzymu skutkowało obniżeniem zawartości wody i zwiększeniem udziału tłuszczu w analizowanych twarogach. Zmiany zawartości wody obserwowane podczas przechowywania badanych serów twarogowych okazały się istotne statystycznie, natomiast zawartość tłuszczu nie zmieniała się istotnie. Uzyskane wyniki badań są częściowo zbieżne z rezultatami prac innych autorów. Lauber i in. (2000) twierdzą, że mTGaza tworzy stabilną matrycę białkową unieruchamiającą w swoim wnętrzu inne składniki mleka. Zmiany konformacyjne prowadzą do „zamknięcia” w sieci białkowej m.in. tłuszczu, powodując stabilizację lub nawet zwiększenie jego zawartości w gotowym produkcie, co zaobserwowano również w tu omawianych badaniach własnych. Lauber i in. (2000) uważają jednak, że w matrycy białkowej jest unieruchamiana także woda, przez co zwiększa się jej zawartość w produkcie. Jednak w niniejszych badaniach własnych, jak już wcześniej wspomniano, stwierdzono, że dodatek mTGazy powodował obniżenie zawartości wody w twarogu. Schorsch i in. (2000b) twierdzą, że zawartość wody i tłuszczu w skrzepie kwasowym jest uzależniona w głównej mierze od stężenia dodanego enzymu.

Rodzaj zastosowanego opakowania nie różnicował serów badawczych pod względem zawartości wody i tłuszczu. Czas przechowywania istotnie wpływał na udział wody w masie sera, natomiast zawartość tłuszczu nie zmieniała się istotnie. Stopniowy ubytek wody w twarogach w miarę upływu czasu przechowywania stwierdzono także we wcześniejszych bada-



niach. Dmytrów i in. (2007b) oraz Karczewska i in. (2005) zaobserwowali, niezależnie od zastosowanych materiałów opakowaniowych, istotny statystycznie spadek zawartości wody w twarogu. Podobnie Pluta i in. (2003) stwierdzili obniżanie się zawartości wody w miarę upływu czasu przechowywania serów twarogowych pakowanych: próżniowo, w modyfikowanej atmosferze, a także bezpróżniowo. Zmniejszenie zawartości wody w wyrobach doświadczalnych można tłumaczyć synerią serwatki i gromadzeniem się jej w opakowaniu (Pikul i in., 2006). Spadek zawartości wody w twarogach przechowywanych w foliach BIO 130 i BIO 521 zaobserwowany w niniejszych badaniach własnych był związany najprawdopodobniej z właściwościami PLA, które charakteryzuje się znacznie większą przepuszczalnością pary wodnej w porównaniu z innymi materiałami, np. PA/PE czy też polistyrenem (Dmytrów i in., 2011). Fakt ten potwierdzają Holm i in. (2006a i b), którzy stwierdzili, że ser pakowany w PLA (BIO 521) wykazywał nawet do 10 razy większe ubytki wody w porównaniu z produktem przechowywanym w opakowaniach z polistyrenu. Przyrost zawartości wody stwierdzony w przypadku czterech pozostałych wyrobów doświadczalnych można tłumaczyć, na podstawie badań Karczewskiej i in. (2005), procesem fizycznego dojrzewania twarogu, zachodzącym w temperaturze poniżej 8°C. Polega on na pęcznieniu białek i wchłanianiu wolnej wody.

Wyniki przeprowadzonych badań dowodzą, że kwasowość badanych serów twarogowych była determinowana przez porę roku, rodzaj zastosowanej kultury starterowej, obecność w zakwasie szczepów probiotycznych oraz dodatek mTGazy. Również czas przechowywania w istotnym stopniu wpływał na kwasowość twarogów będących przedmiotem badań. Zmiany kwasowości podczas przechowywania serów twarogowych stwierdzili także inni autorzy (Mazur, 2009; Dmytrów i in., 2011). Analiza statystyczna nie pozwoliła jednak na jednoznaczne oszacowanie oddziaływania na kwasowość próbek badawczych kraju pochodzenia krów, natomiast wpływ opakowania okazał się nieistotny statystycznie. W czasie przechowywania stwierdzono początkowy wzrost i następujący po nim spadek kwasowości analizowanych twarogów. Zaobserwowane przemiany znajdują potwierdzenie w dostępnym piśmiennictwie, które podaje, że do ważnych czynników wpływających na zmiany kwasowości ogólnej serów twarogowych w pierwszych trzech dniach przechowywania należą temperatura i czas, w jakim następuje wychłodzenie twarogów (Pluta i in., 2003). W tym okresie najczęściej obserwuje się wzrost kwasowości miareczkowej serów, a po jego zakończeniu gwałtowny spadek, który można tłumaczyć zahamowaniem rozwoju paciorkowców mlekowych, a nawet ich częściowym wymieraniem. Spadkowi kwasowości towarzyszy zmniejszenie zawartości laktozy i wzrost pH. Ostateczne pH sera jest nie tylko wynikiem produkcji kwasu mlekowego przez kultury starterowe rozkładające laktozę, ale także jest związane z pojemnością buforową medium. Obecność mikroorganizmów konkurujących i substancji hamujących, występowanie bakteriofagów lub innych czynników czy też zabiegi technologiczne mogą doprowadzić do spowolnienia rozwoju kultur i ograniczenia produkcji kwasu mlekowego (Pandey i in., 2003). Dodatkowo środowisko zachodzących przemian może stanowić w pewnym zakresie czynnik łagodzący wpływ wyróżnionych elementów, a jego oddziaływanie jest uzależnione od składu chemicznego mleka. Także różnice w zawartości wody w serach mogą prowadzić do zróżnicowania ich kwasowości przez wpływ na zawartość laktozy,



której woda jest rozpuszczalnikiem. Kornacki i in. (2002) twierdzą, że w technologii produkcji serów twarogowych szczególnie ważny jest dobór aktywnych, a jednocześnie stabilnych LAB, które powinny zapewnić szybkie przyrosty kwasowości, przy czym końcowy jej poziom nie powinien być wysoki ze względu na możliwość przekwaszenie twarogu.

Wszystkie kwasowe sery twarogowe analizowane przez autorkę w niniejszej monografii charakteryzowały się normatywną kwasowością czynną, która według Szpendowskiego i in. (2007) świadczy o prawidłowo przeprowadzonym procesie ukwaszania mleka do momentu osiągnięcia pH charakterystycznego dla punktu izoelektrycznego. Zaobserwowane sezonowe różnice w kwasowości badanych serów twarogowych można tłumaczyć zróżnicowaną zawartością witamin oraz aminokwasów w mleku, która może modyfikować rozwój bakterii wprowadzanych z zakwasem. Kwasowość gotowego produktu jest ściśle związana z kwasowością surowców wykorzystywanych w przetwórstwie, parametrami obróbki cieplnej stosowanej w procesie technologicznym, a także rodzajem mleka. Zawartość poszczególnych składników w mleku kozim ma bezpośredni wpływ na jego zdolność do ukwaszania. Wysoki procentowy udział białka i składników mineralnych sprzyja aktywności LAB. Ponieważ skład mleka koziego zależy od stadium laktacji, żywienia, a więc i pory roku, podatność na ukwaszanie jest uzależniona także od tych czynników (Raynal-Ljutovac i in., 2005). Mleko o dużej zawartości białka wykazuje większe właściwości buforujące.

W dostępnej literaturze nie znaleziono wyczerpujących informacji na temat zmian kwasowości zachodzących podczas przechowywania kwasowych serów twarogowych z mleka koziego w zależności od sezonu. Napotkać jednak można publikacje dotyczące tych zagadnień w przypadku różnych rodzajów mleka fermentowanego (Jasińska i in., 2005; Hsieh i in., 2012). Jasińska i in. (2005) w swoich badaniach, które dotyczyły wpływu zmian sezonowych w składzie mleka koziego na cechy jakościowe kefiru, stwierdzili, że okres pozyskania surowca ma istotny wpływ na kwasowość produktu gotowego. Podobnie Hsieh i in., (2012), porównując przebieg fermentacji podczas produkcji kefiru z mleka koziego i krowiego, stwierdzili, że cechy mleka przerobowego, zależne m.in. od sezonu, istotnie wpływają na wzrost i aktywność metaboliczną grzybków kefirowych.

Mimo że dostępna literatura dostarcza bogatych informacji na temat użyteczności krów w zależności od rasy, środowiska bytowania oraz kraju pochodzenia, to brak jest danych dotyczących przemian fizykochemicznych w serach twarogowych wyprodukowanych z mleka różnych zwierząt. Należy przypuszczać, że o zaobserwowanych zmianach kwasowości serów twarogowych wyprodukowanych z mleka krów pochodzących z różnych krajów zdecydował skład chemiczny mleka i wynikające z tego różnice we właściwościach buforujących. Ponadto wiadomo, że przebieg fermentacji jest uzależniony od specyfiki wymagań żywieniowych LAB, które nawet przy małych różnicach w składzie chemicznym surowca charakteryzują się odmienną aktywnością metaboliczną.

Najprawdopodobniej zróżnicowana aktywność metaboliczna bakterii była również przyczyną zaobserwowanych różnic w kwasowości serów twarogowych wyprodukowanych z zastosowaniem kultur probiotycznych. W literaturze przedmiotu brak jest wyczerpujących informacji na temat zmian kwasowości zachodzących podczas przechowywania serów twarogowych zawierających szczepy probiotyczne zarówno z mleka krowiego, jak i koziego. Dość liczne są



jednak publikacje dotyczące tych zagadnień w przypadku różnych rodzajów serów podpuszczkowych oraz mleka fermentowanego (Burns i in., 2012; Domagała i in., 2012; El-Dieb i in., 2012). Na ogół utrzymuje się, że probiotyki nie powinny zwiększać zakwaszenia produktu (Heller, 2001). Przyrost kwasowości miareczkowej wyrobów kontrolnych stwierdzony w tu omawianych badaniach własnych można tłumaczyć aktywnością metaboliczną kultur starterowych, objawiającą się produkcją kwasu mlekowego. Zakwaszenie środowiska spowodowane fermentacją laktozy przez paciorkowce zakwasu sprzyja wzrostowi *Lactobacillus* sp., który doskonale rozwija się w fermentowanych produktach mleczarskich (Dabiza i in., 2006). Może to prowadzić do zwiększonej produkcji kwasu mlekowego, a w konsekwencji do zakwaszenia środowiska. Zależności takiej nie zaobserwowano jednak w niniejszych badaniach własnych, gdyż bez względu na rodzaj mleka przerobowego ser twarogowy zawierający szczep *L. acidophilus* charakteryzował się najmniejszą kwasowością. Farnworth i in. (2007) stwierdzili, że bakterie probiotyczne w pewnych warunkach mogą wraz z typowymi mikroorganizmami zakwasu współuczestniczyć w fermentacji. Wykazano również (Roy, 2005), że do zmian kwasowości sera, przez produkcję kwasu octowego, mogą także przyczyniać się bifidobakterie. Wyrób doświadczalny zawierający szczep *B. bifidum* wykazywał największą kwasowość spośród badanych twarogów. Jednakże wpływ *Bifidobacterium* sp. na kwasowość produktu nie jest jednoznaczny, ponieważ poszczególne szczepy różnią się zdolnościami wzrostowymi w zależności od składu szczepowego bakterii kwasu mlekowego oraz rodzaju zastosowanego mleka przerobowego (Heidarpour i in., 2008). I tak, mleko pochodzące od kóz charakteryzuje się większą zawartością łatwo dostępnych stymulatorów wzrostu, dzięki czemu bakterie mają zwiększoną możliwość produkcji kwasu mlekowego (Masle i Morgan, 2001). Istnieją szczepy będące bardziej aktywne w mleku kozim, ale także takie, których aktywność jest większa w mleku krów, gdyż poszczególne rodzaje LAB wykazują specyficzną aktywność proteolityczną wobec poszczególnych frakcji kazeiny (Dmytrów i in., 2010b).

W czasie przechowywania badanych twarogów stwierdzono sukcesywne, istotne statystycznie zmniejszanie się liczebności LAB, jak i szczepów *L. acidophilus* LA 5 oraz *B. bifidum* BB 12, jednakże do poziomu niedyskwalifikującego twarogów jako produktów o właściwościach probiotycznych, czyli zawierających nie mniej niż  $10^6$ – $10^7$  żywych komórek na 1 g produktu (Boylston i in., 2004; Ross i in., 2005). Tendencję tę zaobserwowano w obu rodzajach twarogu, przy czym ser twarogowy kwasowy wyprodukowany z mleka kóz charakteryzował się znacznie wyższą zawartością LAB, a także probiotyków w porównaniu z serem wyprodukowanym z mleka krowiego. O normatywnej zawartości probiotyków w świeżym serze kwasowym podczas przechowywania donoszą także inni autorzy. Radošević i in. (2007) stwierdzili, że wyprodukowany przez nich ser zawierał znacznie wyższą liczbę żywych komórek *L. acidophilus*, niż jest to wymagane dla produktów o właściwościach probiotycznych. Bakterie probiotyczne podczas wyrobu mlecznych produktów fermentowanych są stosowane jako mikroflora dodatkowa, a uzyskane przetwory często są traktowane jedynie jako ich „nośnik” w drodze do konsumenta. Takie podejście do probiotyków spowodowane jest, według Vinderoli i in. (2009), wolniejszym wzrostem tych szczepów w mleku w porównaniu z tradycyjnymi kulturami starterowymi. Na ogół uważa się, że bifidobakterie charakteryzują się słabym wzrostem w mlecznych produktach fermentowanych, a wiele prac dowo-



dzi, że nie wszystkie produkty probiotyczne zawierają ich rekomendowany poziom (Vinderola i in., 2000a, b; Janer i in., 2004; Mazochi i in., 2010; Shahab Lavasani i in., 2011). Twierdzi się także, że przeżywalność bifidobakterii jest znacznie mniejsza w mleku kozim niż krowim, jednakże jest to ściśle uzależnione od wymagań wzrostowych szczepu oraz rodzaju produktu. Podobnego zjawiska nie stwierdzono w niniejszych badaniach własnych, a analizowane kwasowe sery twarogowe wyprodukowane z mleka koziego zawierały znacznie więcej żywych komórek bakterii *L. acidophilus* oraz *B. bifidum*.

Dotychczas w zasadzie nie prowadzono badań dotyczących różnic w przeżywalności szczepów probiotycznych w kwasowych serach twarogowych w zależności od rodzaju mleka przerobowego. Fakt ten utrudnia interpretację uzyskanych wyników. Dostępna literatura podaje jednak, że lepszą przeżywalność probiotyków w serach z mleka fermentowanego obserwowano w przypadku wykorzystania do produkcji mleka krowiego. Z drugiej jednak strony Šimunek i Evačić (2009) oraz Masle i Morgan (2001) uważają, że mleko pochodzące od kóz zawiera więcej łatwo dostępnych stymulatorów wzrostu, dzięki czemu bakterie mają lepsze warunki wzrostowe. Interakcja z kulturami starterowymi lepiej rozwijającymi się w mleku kozim może także sprzyjać przeżywalności probiotyków w twarogu z mleka koziego. Być może lepsza przeżywalność bakterii probiotycznych w wyrobach doświadczalnych z mleka kóz jest właśnie wynikiem współdziałania bakterii zawartych w zakwasie i szczepów probiotycznych. O lepszym wzroście bakterii probiotycznych w mleku kozim pisali także Božanić i in. (2004) oraz Masuda i in. (2005). Do Espirito Santo i in. (2011) podają, że zasadniczą rolę w przeżywalności bakterii probiotycznych odgrywa struktura żywności. Zwięzła matryca białkowa twarogu może stanowić czynnik ułatwiający przeżywalność szczepów probiotycznych. Spadek liczebności bakterii probiotycznych zaobserwowany w niniejszych badaniach własnych mógł być spowodowany zwiększaniem się kwasowości środowiska. Wielu autorów twierdzi bowiem, że większość szczepów bifidobakterii jest wrażliwa na pH poniżej 4,6, dlatego też kwasowość czynna gotowego produktu nie powinna być większa od wspomnianej, w przeciwnym razie liczebność populacji bifidobakterii zacznie gwałtownie spadać (Vinderola i in., 2002; Boylston i in., 2004). Uważa się, że szczepy *L. acidophilus* są bardziej wrażliwe na kwaśne środowisko niż *B. bifidum* (Vinderola i in., 2000b).

W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono istotny wpływ mTGazy na kwasowość badanych serów twarogowych, a twarogi wyprodukowane z mleka krowiego charakteryzowały się wyższym pH w porównaniu z serami z mleka koziego. Z badań Faergemanda i in. (1999) wynika, że mTGaza zmniejsza dostępność niskocząsteczkowych peptydów niezbędnych do rozwoju i namnażania bakterii wprowadzanych z zakwasem. Wynikiem tego może być zmniejszona produkcja kwasu mlekowego i w rezultacie wyższe pH twarogu. Zjawisko to może tłumaczyć spadek kwasowości twarogów wraz ze wzrostem dodatku mTGazy zaobserwowany w niniejszych badaniach własnych. Neve i in. (2001) twierdzą, że dodatek mTGazy do mleka przerobowego powoduje brak równowagi we wzroście bakterii zakwasu żyjących w symbiozie, a tym samym spadek liczebności żywych komórek bakterii kwasu mlekowego w porównaniu z mlekiem niepoddanym działaniu enzymu. Zmniejszenie kwasowości twarogów spowodowane obecnością mTGazy może być dodatkowo spotęgowane faktem, że produktem ubocznym siewowania jest amoniak (Kołakowski i Sikorski, 2001).



Także na podstawie badań Sharmy i in. (2001) oraz De Jonga i Koppelmana (2002) zmniejszenie kwasowości miareczkowej sera można wytłumaczyć faktem, że oprócz reakcji sieciowania, dwie inne reakcje są katalizowane przez mTGazę: deamidacja i włączenie aminy. Wszystkie te reakcje wpływają na wzrost ilości wolnego amoniaku zmniejszającego kwasowość środowiska.

Pluta i in. (2003) podają, że podczas przechowywania twarogów obserwuje się systematyczny wzrost kwasowości, przy czym jest on niezależny od zastosowanego systemu pakowania. Również w tu omawianych badaniach własnych nie stwierdzono istotnej zależności między kwasowością wyrobów doświadczalnych a rodzajem użytego opakowania. Zaobserwowano, podobnie jak w pracy wymienionych autorów, przyrost kwasowości prawie wszystkich analizowanych twarogów. Steinka i Stankiewicz (2002) donoszą o wzroście kwasowości serów twarogowych przechowywanych zarówno w opakowaniach hermetycznych, jak i rozhermetyzowanych. Również Karczewska i in. (2005) uważają, że podczas składowania serów twarogowych dochodzi do spadku pH. Żuraw i in. (2002) twierdzą, że końcowe pH wywiera wpływ na teksturę sera przez przemiany strukturalne białek związane z odczynem środowiska.

Przyrost twardości wszystkich analizowanych serów twarogowych zaobserwowany podczas przechowywania potwierdza dostępne piśmiennictwo. Niejednokrotnie wykazywano, że w czasie chłodniczego składowania twarogów zwiększa się ich twardość (Ziółkowski i in., 2004; Dmytrów i in., 2007a i b; Bohdziewicz, 2010). Zaobserwowane zjawisko cytowani autorzy tłumaczą krystalizacją tłuszczu mlekowego w temperaturze poniżej 8°C, a w mniejszym stopniu synerieżą serwatki. Ostatnio w publikacjach coraz częściej jest podejmowana problematyka dotycząca zależności pomiędzy twardością a składem chemicznym produktów mleczarskich. Twierdzi się, iż wraz ze wzrostem zawartości wody w serach twarogowych obserwuje się spadek twardości. Odwrotna zależność występuje w odniesieniu do białka, wraz ze wzrostem bowiem zawartości tego składnika odnotowuje się zwiększenie twardości twarogu (Dmytrów i in., 2007a i b). Jak podaje Prentice (za Bonczar i Walczycką, 2001), zawartość wody jest ujemnie skorelowana prawie ze wszystkimi parametrami tekstury, w tym także z twardością. Podobną zależność zaobserwowała Jakuszkowiak (2005), która stwierdziła, że wraz ze zmniejszaniem zawartości wody w serach twarogowych wzrasta ich twardość. O korelacji między zawartością wody i twardością donosi także Mazur (2009). Madadlou i in. (2007) twierdzą, że sery w czasie przechowywania podlegają zmianom strukturalnym spowodowanym utratą wody i przemianami biochemicznymi. Podobnego zdania są Bhaskaracharya i Shah (2001), którzy uważają, że zmniejszenie zawartości wody powoduje przyrost twardości sera. Ahmad i in. (2005) donoszą, że gatunki sera o większej zawartości wody charakteryzują się delikatniejszą siecią białkową, co potęguje miękkość sera, który wykazuje skłonność do pękania. Na kształtowanie się struktury serów twarogowych znaczny wpływ wywiera również zawartość tłuszczu. Wzrost jego ilości w mleku sprzyja otrzymywaniu serów lepszej jakości. Poprawia się jednolitość oraz plastyczność masy serowej. Śmietana i in. (2003) podają, że tłuszcz odgrywa stabilizującą rolę w kształtowaniu się właściwości reologicznych twarogu w czasie przechowywania. Rezultaty badań własnych nie w pełni są zgodne z informacjami zawartymi w literaturze tematu. Istotną korelację pomiędzy zawar-



tością wody w serach twarogowych a ich twardością stwierdzono jedynie w przypadku twarogów wyprodukowanych z mleka przerobowego zawierającego dodatek mTGazy. Wraz ze wzrostem jej udziału zmniejszała się zawartość wody w próbkach doświadczalnych i jednocześnie wzrastała ich twardość. Także w przypadku kwasowych serów twarogowych wyprodukowanych z udziałem zakwasu wzbogaconego o szczepy probiotyczne stwierdzono, że największą twardością wśród serów z mleka krowiego charakteryzował się twaróg zawierający *B. bifidum* i wykazujący najmniejszą zawartość wody. Wśród serów z mleka koziego największą twardością charakteryzował się wyrób kontrolny o najmniejszej zawartości wody. Analogiczną zależność stwierdzono w przypadku twarogu wyprodukowanego z zastosowaniem kultury starterowej Lyofast MS 062 CM. Twaróg ten cechował się najmniejszą średnią zawartością wody oraz największą twardością. Korelacja między zawartością wody a twardością wyrobów doświadczalnych była istotna także dla twarogów wyprodukowanych z zastosowaniem szczepionek Choozit™ i Ferment Lactique. W pozostałych przypadkach nie zaobserwowano bezpośredniego związku między składem chemicznym twarogów a ich twardością.

Na podstawie uzyskanych rezultatów stwierdzono, że odpowiedni dobór kultury starterowej odgrywa istotną rolę w kształtowaniu twardości kwasowych serów twarogowych. Według Dzwolaka i in. (2006) zakwas ukierunkowuje proces fermentacyjny w produkcji sera oraz wpływa na tempo synerezy skrzepu. Proces ten, jak wiadomo, warunkuje ostateczną teksturę twarogu, ponieważ właściwe proporcje między ilością wapnia koloidalnego (związanego z kazeiną) i wapnia rozpuszczalnego w fazie wodnej sera determinują jego podstawową strukturę. Podobnie Dmytrów i in. (2007a) zaobserwowali, że w zależności od wykorzystanej w produkcji kultury starterowej twarogi cechowały się różną twardością.

W toku przeprowadzonych badań stwierdzono także, że na twardość wyrobów doświadczalnych wpływały również kultury probiotyczne, co potwierdzają opracowania innych autorów. Vinderola i in. (2009) utrzymują, że bakterie probiotyczne są zdolne modyfikować cechy reologiczne produktu przez wpływ na kwasowość czynną. W związku z powyższym największą twardość twarogu zawierającego *B. bifidum* można łączyć z najniższym pH, a w przypadku próbek z mleka krowiego – najmniejszą zawartością wody. Różnice w kwasowości, a w konsekwencji różny stopień uwodnienia kazeiny determinują właściwości reologiczne badanych twarogów (Everett i Auty, 2008). Białko to w największym stopniu wiąże wodę przy pH 5,2. Obniżenie kwasowości czynnej powoduje wzrost uwodnienia oraz współtowarzyszący spadek twardości (Fox i in., 2000; Buriti i in., 2007). Większa zawartość wody w matrycy białkowej czyni ją mniej elastyczną i bardziej podatną na destrukcję. Fakt ten wynika z działania wody – zarówno bezpośredniego (jako plastyfikatora), jak i pośredniego (zmniejszenie stężenia kazeiny w matrycy sera czyni ją mniej elastyczną i bardziej podatną na deformację, ponieważ zmniejsza się ilość połączeń między- i wewnątrzbiałkowych).

W ciągu ostatnich kilkunastu lat ukazało się wiele interesujących prac dotyczących zastosowania mTGazy w mleczarstwie, m.in. do poprawy cech reologicznych jogurtu (Lauber i in., 2000; Lorenzen i in., 2005; Aprodu i in., 2011) oraz produkcji serów podpuszczkowych dojrzewających (Cozzolino i in., 2003; Bönisch i in.; 2008; Di Pierro i in., 2010). Brak jest jednak danych na temat wpływu sieniowania enzymatycznego mleka przerobowego na jakość



uzyskanych kwasowych serów twarogowych. Wiadomo jednakże, że żele otrzymane w wyniku ukwaszenia mleka są stabilizowane głównie przez reakcje niekowalencyjne. Transglutaminaza, tworząc wiązania kowalencyjne pomiędzy molekułami białka, prowadzi do otrzymania żelów, które są odmienne w strukturze (Schorsch i in., 2000a i b). Lorenzen i in. (2002a i b) i Rodriquez-Nogales (2006) twierdzą, że wytrzymałość żelu w próbce zawierającej mTGazę jest nawet dwukrotnie większa niż w próbce bez dodatku enzymu. Także Lorenzen i in. (2005) podają, że sieciowanie białek poprzedzające ukwaszanie powoduje zwiększenie wytrzymałości żelu i redukcję wycieku serwatki ze skrzepu kwasowego. Jak wiadomo, ubytki wody związane z synerезą serwatki powodują zmiany twardości.

W przypadku twarogów z mleka krowiego sezon nie wpływał na synerезę, natomiast wyciek serwatki z serów wyprodukowanych z mleka koziego istotnie zmieniał się wraz z zmianą pory roku. Zaobserwowane różnice w ilości serwatki wydzielanej z serów twarogowych w zależności od pory roku należy tłumaczyć zmieniającą się zawartością białek w mleku przerobowym, które – jak już wcześniej wspomniano – są czynnikiem wiążącym wodę, zapobiegającym synerезie oraz zwiększającym stabilność produktu. Także z badań Lorenzena i in. (1999) wynika, że na stopień synerезy serwatki ma wpływ zawartość białka w mleku, gdyż im jest go więcej, tym mniejsze zjawisko synerезy. Śmietana i in. (2003) podkreślają, że nie określono jednoznacznych przyczyn synerезy serwatki w czasie przechowywania twarogu, ale przypuszcza się, że może być ona spowodowana stosowaniem zbyt dużego podciśnienia w czasie pakowania serów (wyciek serwatki jest wynikiem wyrównywania ciśnienia osmotycznego). Jednakże w tu omawianych badaniach własnych, w celu zapobieżenia wymuszonemu uwalnianiu serwatki z wyrobów doświadczalnych, podczas pakowania sera twarogowego zastosowano opcję „soft air” zapobiegającą nadmiernemu obkurczeniu folii na produktach „delikatnych”, dlatego też zaobserwowanego zjawiska wydzielania serwatki nie należy łączyć z parametrami pakowania.

Weryfikacja statystyczna potwierdziła istotny wpływ rodzaju zastosowanej kultury starterowej oraz szczepów probiotycznych na ilość wydzielanej serwatki. Zaobserwowane różnice w synerезie można tłumaczyć faktem, że to właśnie bakterie znajdujące się w zakwasie, przez zróżnicowane zakwaszanie środowiska, decydują o kurczeniu się skrzepu kazeinowego i ilości wydzielanej wolnej serwatki. Największą synerезę serwatki z serów twarogowych z mleka krowiego zawierających szczepy probiotyczne stwierdzono w przypadku twarogu z *B. bifidum*, który jednocześnie charakteryzował się najniższym pH w czasie przechowywania. Dla twarogów z mleka koziego nie stwierdzono takiej zależności, ponieważ największa synerезa serwatki dotyczyła próbki otrzymanej przez ukwaszenie mleka zakwasem zawierającym w swoim składzie szczep *L. acidophilus*. Twaróg ten charakteryzował się w najmniejszą kwasowością czynną. Fox i wsp. (2000) oraz Souza i Saad (2009) zjawisko uwalniania serwatki wiążą ze wzrostem koncentracji jonów wodorowych wynikającym ze stopniowego zakwaszania środowiska, zmniejszeniem sił odpychania i agregacją micel kazeiny. Zależność między pH środowiska a synerезą powodującą wypływ serwatki opisują także Goncu i Alpkent (2005).

Przeprowadzona analiza statystyczna potwierdziła, że na stopień synerезy serwatki z serów twarogowych wpływa dodatek do mleka przerobowego mTGazy. Istotny wpływ



czasu przechowywania na synerzę serwatki potwierdzono jedynie w przypadku serów twarogowych z mleka krowiego. Największym wyciekem serwatki charakteryzował się wyrób kontrolny, najmniejszym natomiast twaróg wyprodukowany z mleka zawierającego największy dodatek mTGazy. Fakt ten potwierdzają rezultaty badań Radošević i in. (2007), którzy stwierdzili, że świeży ser kwasowy wyprodukowany z dodatkiem mTGazy wykazuje mniejszą synerzę serwatki niż próbka niezawierająca enzymu. Zaobserwowane zjawisko zmniejszania się synerzy serwatki wraz ze wzrostem procentowego dodatku enzymu do mleka przerobowego na twaróg można tłumaczyć faktem, że sieciowanie pozwala na zwiększenie retencji białek serwatki w skrzepie twarogowym. Ich zwiększony udział w twarogu zmniejsza zjawisko synerzy. Bohdziewicz (2010) twierdzi, że mTGaza, biorąc udział w łączeniu poprzecznym sąsiednich łańcuchów lub w powstawaniu pętli łańcucha polipeptydowego, prowadzi do zmian konformacji białka, modyfikując teksturę, stabilność otrzymanego żelu oraz zdolność wiązania wody. Neve i wsp. (2001) przypuszczają, że przyczyną zmniejszonego wydzielania serwatki z serów twarogowych wyprodukowanych z mleka zawierającego mTGazę jest zmniejszona, w wyniku działalności enzymu, przepuszczalność matrycy białkowej sera. Również Lauber i in. (2000) uważają, że mTGaza formuje stabilną sieć białkową unieruchamiającą w swoim wnętrzu wodę.

Omawiane badania własne potwierdziły, że wszystkie uwzględnione czynniki (pora roku, kraj pochodzenia krów, kultura starterowa, szczepy probiotyczne, mTGaza oraz rodzaj folii opakowaniowej) w mniejszym lub większym zakresie wpływały na jakość sensoryczną kwasowych serów twarogowych będących przedmiotem badań. Największy wpływ na cechy sensoryczne twarogów wywierały mTGaza oraz kultura starterowa. W miarę upływu czasu składowania chłodniczego następowało nieznaczne pogarszanie się wyróżników jakości sensorycznej. Jedynie barwa próbek badawczych pozostawała niezmiennie biała mimo wydłużania się czasu przechowywania. Najlepszym smakiem i zapachem cechowały się sery twarogowe wyprodukowane w okresie wiosenno-letnim. Uzyskane rezultaty badań znajdują potwierdzenie w literaturze tematu. Już wcześniej bowiem zauważono, że przetwory mleczarskie uzyskane wiosną i latem odznaczają się wyższą zawartością związków aromatyzujących, co czyni ich smak i zapach atrakcyjniejszym dla konsumentów (Gambelli i in., 1999). Również Schlichtherle-Cerňy i in. (2004) wykazali, że sezonowość żywienia zwierząt bezpośrednio wpływa na jakość sensoryczną przetworów zarówno z mleka krowiego, jak i koziego.

Sery twarogowe wyprodukowane z mleka krów importowanych z Holandii i Szwecji różniły się głównie pod względem smaku i zapachu. Ponieważ dotychczas nie prowadzono badań choćby w niewielkim zakresie dotyczących związku między krajem pochodzenia krów a cechami sensorycznymi twarogów wyprodukowanych z ich mleka, należy przypuszczać, że zaobserwowane różnice w profilu smakowo-zapachowym serów wynikały z nieco odmiennego składu chemicznego mleka, z którego zostały wyprodukowane. Jak już wcześniej wspomniano, istnieje związek pomiędzy zawartością białka i tłuszczu a cechami sensorycznymi serów (Rubino i Chilliard, 2003; Djurić i in., 2005). Niejednokrotnie wykazywano, że czynnikiem decydującym o powodzeniu procesu produkcji kwasowych serów twarogowych oraz jakości uzyskanych produktów jest dobór odpowiedniego zakwasu (Jakuszkowiak, 2005;



Dmytrów i in., 2007a). Mezofilne kultury paciorkowców stosowane w produkcji twarogów, poza ukwaszeniem i wytworzeniem skrzepu mleka, nadają także aromat i smak typowy dla tego rodzaju produktów (Usajewicz, 2008). Kultury starterowe zastosowane w niniejszych badaniach własnych w wyraźny sposób determinowały jakość sensoryczną ocenianych twarogów, a zaobserwowane różnice między wyrobami doświadczalnymi wynikały prawdopodobnie ze zróżnicowanego składu wykorzystanych kultur starterowych. Bakterie kwasu mlekowego, nawet w niewielkim stopniu różniące się aktywnością metaboliczną, mogą w wyraźny sposób różnicować produkty pod względem ich walorów smakowo-zapachowych. Ponadto korzystne zmiany cech sensorycznych produktów mleczarskich są związane z przemianami nie tylko laktozy i kwasu mlekowego, ale także innych składników. Istotne znaczenie ma zdolność niektórych gatunków do produkcji aldehydu octowego oraz diacetylu (Usajewicz, 2008). Rezultaty niniejszych badań własnych znajdują potwierdzenie w pracy Śmietany i in. (2003), w której stwierdzono, że obserwowane różnice w strukturze i konsystencji różnych rodzajów tradycyjnego polskiego twarogu należy przypisać zróżnicowanemu składowi szczepionek bakteryjnych. Jak podają Ziółkowski i in. (2004), decydujące znaczenie w kształtowaniu cech sensorycznych serów twarogowych ma udział w zakwasach mleczarskich szczepów aromatyzujących, tj. *L. lactis* ssp. *lactis* var. *diacetylactis* i *Leuconostoc*, ponieważ mikroorganizmy te, produkując ditlenek węgla, w ekstremalnych przypadkach mogą powodować powstawanie nadmiernej nabrzmiałej i porowatej konsystencji, czego nie zaobserwowano w przypadku analizowanych twarogów. Z drugiej strony zastosowanie szczepów *Leuconostoc* przyczynia się do złagodzenia smaku i zapachu twarogów w wyniku transformacji aldehydu octowego, produkowanego przez *L. lactis* ssp. *lactis* var. *diacetylactis*, do diacetylu (Usajewicz, 2008).

Pomimo że opinie na temat oddziaływania probiotyków na cechy sensoryczne gotowych produktów są podzielone, to niejednokrotnie podkreśla się, że ważne jest, aby użycie szczepów probiotycznych nie wpływało negatywnie na smak, teksturę oraz wygląd uzyskanych przetworów (Mc Brearty i in. 2001; Philips i in., 2006). Szczepy *L. acidophilus* i *B. bifidum* wykorzystane w tu omawianych badaniach własnych w zróżnicowany sposób wpływały na jakość sensoryczną gotowego produktu. W dostępnej literaturze brak jest wyczerpujących informacji na temat wpływu szczepów probiotycznych na cechy smakowo-zapachowe, wygląd oraz strukturę i konsystencję kwasowych serów twarogowych. Radošević i in. (2007) jako nieliczni donoszą, że świeży ser kwasowy zawierający szczep *L. acidophilus* charakteryzuje się lepszym smakiem i zapachem niż wyrób kontrolny wyprodukowany bez dodatku probiotyków. Rezultaty zaobserwowane w niniejszych badaniach własnych można interpretować głównie, przez analogię, na podstawie prac dotyczących mleka fermentowanego oraz różnego rodzaju serów podpuszczkowych. Corbo i in. (2001) uważają, że wprowadzenie bifidobakterii i innych probiotyków do sera podpuszczkowego nie wpływa na zapach, teksturę oraz inne cechy sensoryczne gotowego produktu. Bergamini i in. (2005), analizując wpływ metody wprowadzenia bakterii probiotycznych na ich przeżywalność w półtwardym serze argentyńskim, wykazali, że zastosowanie szczepów *L. acidophilus* nie jest tak obiecujące jak użycie *L. paracasei*. Dodatkowo podkreślali, że w ocenie sensorycznej ser zawierający pierwszy z wymienionych szczepów był określany jedynie jako „znośny”, tymczasem



drugi uznano za dobry. Odmiennego zdania są Gomes i Malcata (1998), którzy utrzymują, że *L. acidophilus* wywiera pozytywny wpływ na cechy sensoryczne serów. Podobnie Kasimoğlu i in. (2004) stwierdzili, że szczep ten może być stosowany w celu poprawy aromatu i tekstury sera. Także Saarela i in. (2000) oraz Buriti i in. (2007) uważają, że niektóre kultury probiotyczne, np. ABT (zawierająca *L. acidophilus*, *Bifidobacterium* sp. i *S. thermophilus*), są stosowane w celu wydobycia preferowanego smaku i zapachu produktów, w których są użyte. Niektórzy autorzy podkreślają, że oddziaływanie bakterii probiotycznych na cechy sensoryczne serów jest ściśle uzależnione od rodzaju szczepu oraz jego ilościowego udziału w zakwasie (Milanović i in. 2003). Stabilność cech sensorycznych serów twarogowych oraz łagodność smaku twarogu zawierającego *B. bifidum*, obserwowane w tu omawianych badaniach własnych, znajdują potwierdzenie w wynikach badań Djurić i in. (2005). Autorzy ci oceniali przydatność szczepów probiotycznych (*L. acidophilus*-5, *Bifidobacterium*-12 i *S. thermophilus*) w porównaniu z tradycyjnie stosowanymi w produkcji serka twarogowego typu quarg. Wyniki analizy sensorycznej przeprowadzonej przez nich wykazały, że użycie mikroorganizmów o właściwościach probiotycznych, w połączeniu z tradycyjną szczepionką, prowadziło do uzyskania produktów dobrej jakości, o łagodnym aromacie. Natomiast zaszczepienie mleka wyłącznie kulturami probiotycznymi skutkowało otrzymaniem produktu znacznie gorszej jakości. Brak oddziaływania zastosowanych probiotyków na cechy sensoryczne twarogów z mleka koziego jest związany najprawdopodobniej z typowymi dla tego rodzaju mleka cechami smakowo-zapachowymi trudnymi do zamaskowania i nierzadko przesłaniającymi inne walory przetworów z tego mleka. Dodatkowo na znaczeniu zyskuje fakt, że rozwój bakterii zawartych w zakwasie zależy od wielu czynników, m.in. składu chemicznego mleka, zawartości tlenu w środowisku, potencjału redoks oraz aktywności wody (Heller i in., 2003). Różnice w cechach fizykochemicznych obu rodzajów mleka przerobowego mogą wpływać specyficznie na aktywność metaboliczną probiotyków. Co więcej, przypuszcza się, że chłodzenie serów redukuje lub całkowicie hamuje interakcje między aktywnymi mikroorganizmami a składnikami środowiska. Zakres oddziaływania temperatury nie pozostaje jednak bez związku z rodzajem zastosowanego mleka przerobowego. Stopień interakcji składników mleka i bakterii jest uzależniony od ilości węglowodanów możliwych do wykorzystania, stopnia hydrolizy białek, a więc dostępności wolnych aminokwasów, a także zaawansowania hydrolizy lipidów mleka. Ważne są także interakcje między bakteriami zakwasu a probiotykami, mogące dodatkowo transformować środowisko reakcji. Oprócz współdziałania często spotykane jest zjawisko antagonizmu między bakteriami. Opiera się ono na produkcji metabolitów, które hamują lub dezaktywują, mniej lub bardziej efektywnie, mikroflorę dodatkową wprowadzaną z zakwasem (Usajewicz, 2008). Wśród substancji ograniczających aktywność układu starter-probiotyk wymienia się bakteriocyny. Należy jednak brać pod uwagę także antagonizm spowodowany przez inne substancje, tj. wodór, nadtlenek wodoru, kwas benzoesowy, aminy biogenne i kwas mlekowy. Na ilość powstających związków ograniczających rozwój bakterii probiotycznych ma niewątpliwie wpływ rodzaj zastosowanego mleka przerobowego.

Wykorzystanie w procesie technologicznym mikrobiologicznej transglutaminazy wyraźnie wpływało na cechy sensoryczne gotowego produktu. Najbardziej zauważalne różnice



dotyczyły struktury i konsystencji, ale także smaku i zapachu badanych serów twarogowych. Ze względu na podkreślaną delikatność jako najbardziej pożądaną w grupie serów z mleka krowiego wytypowano twaróg, w którym zastosowano dodatek preparatu w ilości 0,04%. Zwiększenie jego udziału do poziomu 0,06% powodowało, że ser był określany jako mniej smaczny i suchy. W przypadku serów twarogowych z mleka koziego najlepiej sprawdził się dodatek preparatu na poziomie 0,06%. W dostępnym piśmiennictwie nie odnaleziono informacji na temat związku między mTGazą a cechami sensorycznymi twarogów otrzymanych z mleka zawierającego dodatek tego enzymu. Większość dostępnych danych dotyczy użycia enzymu w produkcji jogurtu i serów podpuszczkowych dojrzewających (Lorenzen, 2002a i b; Milanović i in., 2007; Bönsch i in., 2008). Według tych autorów wygląd produktu po zastosowaniu mTGazy zmienia się z typowego dla kazeinowych żeli kwasowych do przypominającego otrzymany w wyniku działania ciepła żelu białek serwatkowych. Podkreślana delikatność twarogów wyprodukowanych z zastosowaniem mTGazy w ilości 0,02 i 0,04% może być tłumaczona faktem, że żele kwasowe z mleka poddanego działaniu mTGazy charakteryzują się delikatniejszą matrycą zawierającą „cieńsze” cząsteczki białka w porównaniu z próbką otrzymaną z mleka niezawierającego enzymu (Faergemand i Qvist, 1999). Zbyt sucha konsystencja twarogu z mleka krowiego wyprodukowanego z największym dodatkiem enzymu wynikała najprawdopodobniej z nadmiernego sieciowania, powodującego wzrost naprężeń w skrzepie twarogowym i synerезy (Neve i in., 2001). Dmytrów i in. (2010a), badając wpływ mTGazy na wybrane cechy jakościowe twarogu, wykazali, że na deskryptory sensoryczne kwasowego sera twarogowego oddziałuje także sposób wprowadzenia preparatu enzymatycznego do mleka.

Wyniki przeprowadzonej oceny sensorycznej twarogów stanowiących przedmiot badań wykazały, że analizowane kwasowe sery twarogowe przechowywane w różnych rodzajach folii opakowaniowej różniły się głównie smakiem i zapachem. Zaobserwowana odmienność cech sensorycznych mogła mieć związek ze zróżnicowanymi zmianami zawartości wody i kwasowości twarogów. Zjawiska te prawdopodobnie wynikały z różnic w przepuszczalności pary wodnej, tlenu i ditlenku węgla przez poszczególne rodzaje opakowań.

W podsumowaniu należy stwierdzić, że wszystkie czynniki uwzględnione w badaniach własnych kształtują jakość sensoryczną i stabilność przechowalniczą kwasowych serów twarogowych. Rezultaty przeprowadzonych badań dowodzą, że na jakość twarogów w największym stopniu kolejno wpływały: zastosowanie w procesie wyrobu twarogów transglutaminazy, pora roku, rodzaj kultury starterowej oraz szczepy probiotyczne. Mniejszą rolę odgrywał kraj pochodzenia krów oraz rodzaj folii opakowaniowej.

## 6. Wnioski

Oceniane czynniki, tj. pora roku, kraj pochodzenia krów, kultury starterowe i probiotyczne, mikrobiologiczna transglutaminaza oraz folia opakowaniowa, w zróżnicowany sposób wpływały na jakość sensoryczną oraz stabilność przechowalniczą kwasowych serów twarogowych.

1. Twarogi stanowiące przedmiot badań charakteryzowały się dobrą jakością sensoryczną oraz normatywnymi właściwościami fizykochemicznymi. Barwa wszystkich badanych kwasowych serów twarogowych podczas przechowywania pozostawała jednolicie biała, a stwierdzone różnice między poszczególnymi wyrobami doświadczalnymi dotyczyły głównie ich smaku i zapachu oraz struktury i konsystencji. Wyroby doświadczalne cechowały się normatywną kwasowością oraz zawartością wody i tłuszczu.

2. Stwierdzono istotny statystycznie przyrost twardości prawie wszystkich kwasowych serów twarogowych podczas przechowywania oraz na ogół istotną korelację między zawartością wody w twarogach a ich twardością. Zależność pomiędzy twardością a zawartością tłuszczu okazała się nieistotna statystycznie. Synereza serwatki z kwasowych serów twarogowych istotnie zależała od ich pH.

3. Sery twarogowe otrzymane z mleka koziego charakteryzowały się mniejszą zawartością tłuszczu, większą zawartością wody oraz mniejszą twardością.

4. Twarogi wyprodukowane w okresie jesienno-zimowym cechowały się najwyższą zawartością wody i tłuszczu oraz największą twardością. Najniższe pH wykazywały sery wyprodukowane wiosną, natomiast najwyższe otrzymane latem. Pora roku nie wpływała istotnie na synerezę serwatki z kwasowych serów twarogowych.

5. Sery twarogowe wyprodukowane z mleka krów importowanych z Holandii charakteryzowały się istotnie niższą zawartością wody, wyższą zawartością tłuszczu, większą twardością oraz niższym pH w porównaniu z twarogami z mleka krów pochodzących ze Szwecji.

6. Kultury starterowe w istotnym stopniu determinowały jakość sensoryczną kwasowych serów twarogowych. Najlepszymi cechami sensorycznymi charakteryzowały się twarogi wyprodukowane z użyciem kultur starterowych CHN-19, Choozit<sup>TM</sup> oraz FLDAN. Rodzaj szczepionki starterowej istotnie wpływał na zawartość wody, kwasowość, twardość oraz synerezę serwatki z kwasowych serów twarogowych.

7. Szczepy probiotyczne wpływały na jakość sensoryczną kwasowych serów twarogowych z mleka krowiego. Twaróg zawierający szczep *Bifidobacterium bifidum* BB 12 cechował się znacznie lepszymi cechami sensorycznymi w porównaniu z serem twarogowym wyprodukowanym z zastosowaniem szczepu *Lactobacillus acidophilus* LA 5. Szczepy probiotyczne nie wpływały natomiast na cechy sensoryczne serów twarogowych z mleka koziego.



8. Probiotyki istotnie różnicowały kwasowe sery twarogowe z obu rodzajów mleka pod względem zawartości wody, kwasowości i twardości oraz synerazy serwatki. Podczas przechowywania stwierdzono istotne statystycznie zmniejszenie liczebności mezofilnych paciorkowców mlekowych oraz szczepów probiotycznych. Wyższą końcową liczebnością kultur starterowych oraz szczepów probiotycznych charakteryzowały się sery twarogowe z mleka koziego w porównaniu z twarogami wyprodukowanymi z mleka krów.

9. Jakość sensoryczna kwasowych serów twarogowych była zależna od zastosowania w procesie technologicznym mikrobiologicznej transglutaminazy. Stwierdzono istotną statystycznie zależność pomiędzy wielkością procentowego dodatku enzymu do mleka a zawartością wody i tłuszczu we wszystkich analizowanych twarogach. Proporcjonalnie do zwiększającej się ilości preparatu enzymatycznego zawierającego mikrobiologiczną transglutaminazę w mleku przerobowym malała syneraza serwatki oraz zwiększała się twardość wyrobów doświadczalnych.

10. Najlepszą jakością sensoryczną charakteryzowały się sery twarogowe zapakowane w folię PA/PE. Rodzaj opakowania nie różnicował serów twarogowych pod względem ocenianych wskaźników fizykochemicznych.

## Piśmiennictwo

- AHMAD N.H., EL SODA M., HASSAN A.N., FRANK J. 2005. Improving the textural properties of acid-coagulated (Karish) cheese using exopolysaccharide producing cultures. *LWT – Food Sci. Technol.*, 38: 843–847.
- ALAMPRESE C., FOSCHINO R., ROSSI M., Pompei C., Savani L. 2002. Survival of *Lactobacillus johnsonii* La 1 and influence of its addition in retail-manufactured ice cream produced with different sugar and fat concentrations. *Int. Dairy J.*, 12: 201–208.
- ALBANELL E., CAJA G., SUCH X., MARISTELA S., AHMED A.K., CASALS R. 2003. Determination of fat, protein, casein, total solids, and somatic cell count in goat's milk by near-infrared reflectance spectroscopy. *J. AOAC Int.*, 86(4): 746–752.
- ALBENZIO M., CAMPANOZZI A., D'APOLITO M.D., SANTILLO A., PETTOELLO MANTOVANI M. 2012. Differences in protein fraction from goat and cow milk and their role on cytokine production in children with cow's milk protein allergy. *Small Rumin. Res.*, 105: 201–205.
- ANEMA S.G., LAUBER S., LEE S.K., HENLE T., Klostermeyer H. 2005. Rheological properties of acid gels prepared from pressure- and transglutaminase-treated skim milk. *Food Hydrocolloids*, 19: 879–887.
- ANTUNAC N., SAMARŽIJA D., HAVRANEK J.L., PAVIĆ V., MILOČ B. 2001. Effects of stage and number of lactation on the chemical composition of goat milk. *Czech J. Anim. Sci.*, 46(12): 548–553.
- APRODU I., GURAU G., IONESCU A., BANU I. 2011. The effect of transglutaminase on the rheological properties of yogurt. Scientific Study and Research: Chemistry and Chemical Engineering. *Biotechnology, Food Industry*, 12(2): 185–196.
- ARAÚJO E.A., DE CARVALHO A.F., DOS SANTOS LEANDRO E., FURTADO M.M., DE MORAES C.A. 2009. Production of cottage-like symbiotic cheese and study of probiotic cells survival when exposed to different stress levels. *Pesqui. Agropecu. Tropic.*, 39(2): 111–118.
- AWAISHEH S.S. 2011. Development of probiotic soft cheese manufactured using goat's milk with the addition of thyme. *Milchwissenschaft*, 66(1): 51–54.
- BABUCHOWSKI A., BEDNARSKI W., REPS. A. 2001. *Biotechnologia żywności*. Warszawa, WNT, 366–371.
- BARAŃKIEWICZ K., JABŁECKA J. 2008. Sery twarogowe. Historia i walory odżywcze. *Cukiernictwo i Piekarstwo*, 6: 52–54.
- BARBER D.G., GOBINS N.R., HANNAH I.J.C., POPPI D.P., CANT J.P. 2001. An approach to identifying factor affecting milk protein concentration in dairy cattle. *Aust. J. Dairy Technol.*, 56(2): 155–168.
- BARŁOWSKA J.B. 2007. Wartość odżywcza i przydatność technologiczna mleka krów 7 ras użytkowych w Polsce. *Rozpr. Nauk. AR Lubl.*
- BARŁOWSKA J.B., LITWIŃCZUK Z. 2006. Technological usefulness of milk from two local breeds maintained in the regions with great grassland share. *Arch. Tierz., Dummerstorf*, 49: 207–213.
- BARŁOWSKA J.B., LITWIŃCZUK Z., KRÓL J., TOPYŁA B. 2004. Właściwości fizyko-chemiczne i zawartość składników mineralnych w mleku krów w okresie żywienia letnio-jesiennego. *Zesz. Nauk. Prz. Hod.*, 74: 27–32.
- BARŁOWSKA J.B., LITWIŃCZUK Z., TOPYŁA B. 2005. Parametry fizykochemiczne tłuszczu mleka krów różnych ras z okresu żywienia wiosenno-letniego. *Med. Weter.*, 61(8): 937–939.
- BARŁOWSKA J.B., SZWAJKOWSKA M., LITWIŃCZUK Z., KRÓL J. 2011a. Nutritional value and technological suitability of milk from various animals species used for dairy production. *CRFSFS*, 10: 291–302.



- BARŁOWSKA J.B., SZWAJKOWSKA M., LITWIŃCZUK Z., MATWIEJCZUK A. 2011b. The influence of cow breed and feeding system on the dispersion state of milk fat content of cholesterol. *Rocz. Nauk. PTZ*, 7(3): 57–65.
- BARRON L., LABASTIDA E., PEREA S., CHABIOVARRI F., VEGA C., VICENTE M., TORRES M., NAJERA A., VIRTO M., SANTISTEBAN A., PEREZ-ELORTONTO F., ALBISU M., SALMERON J., MEDINA C., TORRE P., IBANEZ C., RENOBALLES M. 2001. Seasonal change in the composition of bulk raw ewe's milk used for Idiazabal cheese manufacture. *Int. Dairy J.*, 11: 771–778.
- Basic properties of transglutaminase. Product information sweet.* 2000. Ajinomoto Co. Inc., Tokyo, Japan.
- BAŞYIĞIT G., KULEAŞAN H., KARAHAN A.G. 2006. Viability of human-derived probiotic lactobacilli in ice cream produced with sucrose and aspartame. *J. Ind. Microbiol. Biot.*, 33: 796–800.
- BERGAMINI C.V., HYNES E.R., QUIBERONI A., SUÁREZ V.B., ZALAZAR C.A. 2005. Probiotic bacteria as adjunct starters, influence of the addition methodology on their survival in a semi-hard Argentinean cheese. *Food Res. Int.*, 38: 597–604.
- BERGAMINI C.V., HYNES E.R., ZALAZAR C.A. 2006. Influence of probiotic bacteria on the proteolysis profile of a semi-hard cheese. *Int. Dairy J.*, 16: 856–866.
- BHASKARACHARYA R.K., SHAH N.P. 2001. Texture and microstructure of mozzarella. *Dairy Ind. Int.*, 66: 42–45.
- BIELECKA M. 1984. *Zakwasy mleczarskie. Instrukcje Technologiczne Produkcji Zakwasów.* Warszawa, CZSM: 31.
- BOHDZIEWICZ K. 2009. Twaróg – pierwszy świeży ser świata. *Prz. Mlecz.*, 2: 4–7.
- BOHDZIEWICZ K. 2010. Wpływ transglutaminazy na proces produkcji, wydatek oraz jakość twarogów. *Prz. Mlecz.*, 2: 4–9.
- BONCZAR G., WALCZYCKA M. 2001. Zależność między parametrami chemicznymi a teksturą świeżej i parzonej masy serowej z mleka owczego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 3: 24–31.
- BÖNISCH M.P., HEIDEBACH T.C., KULOZIK U. 2008. Influence of transglutaminase protein-linking on the rennet coagulation of casein. *Food Hydrocolloids*, 22(2): 288–297.
- BÖNISCH M.P., HUSS M., WEITL K., KULOZIK U. 2007. Transglutaminase cross-linking of milk proteins and impact on yoghurt gel properties. *Int. Dairy J.*, 17: 1360–1371.
- BORNAZ S., SAHLI A., ATTALAH A., ATTIA H. 2009. Physicochemical characteristics and renneting properties of camels' milk: a comparison with goats', ewes' and cows' milks. *Int. J. Dairy Technol.* 62(4): 505–513.
- BOYLSTON T.D., VINDEROLA C.G., GHODDUSI H.B., REINHEIMER J.A. 2004. Incorporation of Bifido-bacteria into cheese, challenges and rewards. *Int. Dairy J.*, 14: 375–387.
- BOŻANIĆ R., TRATNIK L.J., HERCEG Z., MARIĆ O. 2004. The influence of milk powder, whey protein concentrate and inulin on the quality of cow and goat acidophilus milk. *Acta Alimentaria*, 33(4): 337–346.
- BRODZIAK A., LITWIŃCZUK A., TOPYŁA B., WOLANCIUK A. 2012. Wpływ interakcji sezonu produkcji z rasą i systemem żywienia krów na wydajność i właściwości fizykochemiczne mleka. *Rocz. Nauk. PTZ*, 8(1): 19–27.
- BROUCEK J., MIHINA S., RYBA S., UHRINCAT M., TRAVNICEK J., SOCH M. 2007. Effects of high temperatures on milk production of dairy cows in east central Europe. In: *6th Intern. Dairy Housing Conf. American Society of Agricultural and Biological Engineers*, 16–18 June, Minneapolis, Minnesota, Curran Associates, Inc.: 248–253.
- BURITI F.C.A., OKAZAKI T.Y., ALEGRO J.H.A., SAAD S.M.I. 2007. Effect of a probiotic mixed culture on texture profile and sensory performance of Minas fresh cheese in comparison with the traditional products. *Archiv. Latinoam. Nutr.*, 57(2): 179–185.
- BURITI F.C.A., ROCHA J.S., ASSIS E.G., SAAD S.M.I. 2005a. Probiotic potential of Minas fresh cheese prepared with the addition of *Lactobacillus paracasei*. *LWT – Food Sci. Technol.*, 38(2): 173–180.



- BURITI F.C.A., ROCHA J.S., SAAD S.M.I. 2005b. Incorporation of *Lactobacillus acidophilus* in Minas fresh cheese and its implications for textural and sensorial properties during storage. *Int. Dairy J.*, 15(12): 1279–1288.
- BURNS P., CUFFIA F., MILESI M., VINDEROLA G., MEINARDI C., SABBAG N., HYNES E. 2012. Technological and probiotic role of adjunct cultures of non-starter lactobacilli in soft cheeses. *Food Microbiol.*, 30: 45–50.
- BYLUND G. 2010. Cheese. Tradition and basic knowledge. In: *Dairy Processing Handbook*. Lund, Tetra Pak Processing System AB, 287–329.
- CALVO M.V., CASTILLO I., DÍAZ-BARCOS V., REQUENA T., FONTECHA J. 2007. Effect of a hygienized rennet paste and a defined strain starter on proteolysis, texture and sensory properties of semi-hard goat cheese. *Food Chem.*, 102(9): 917–924.
- CARDARELLI H.R., BURITI F.C.A., CASTRO I.A., SAAD S.M.I. 2008. Inulin and oligofructose improve sensory quality and increase the probiotic viable count in potentially symbiotic petit-suisse cheese. *LWT – Food Sci. Technol.*, 41: 1037–1046.
- CEBALLOS L.S., RAMOS MORALES E., DE LA TORRE ADARVE G., CASTRO J.D., MARTINEZ L.P., SAMPELAYO M.R.S. 2009. Composition of goat and cow milk produced under similar conditions and analyzed by identical methodology. *J. Food Comp. Anal.*, 22: 322–329.
- CHOJNOWSKI W., DEC B. 2002. Wpływ pory roku na wydatek sera twarogowego typu cottage cheese. *Prz. Mlecz.*, 10: 457–459.
- CHOROSZY B., CHOROSZY Z., TOPOLSKI P. 2007. Jakość mleka krów rasy simentalskiej w zależności od systemu utrzymania. *Rocz. Nauk. PTZ*, 3(2): 97–102.
- CICHOCKI M., WROŃSKI M., SZYDŁOWSKI R. 2007. Użytkowość mleczna krów żywionych z zastosowaniem systemu TMR lub PMR. *Acta Sci. Pol., Zootechnica* 1, 6(2): 15–20.
- CLARK S., SHERBON J.W. 2000. Genetic variants of  $\alpha_{s1}$ -CN in goat milk: bred distribution and associations with milk composition and coagulation properties. *Small Rumin. Res.*, 38: 135–143.
- Codex Standard 283-1978:2011. *Codex General Standard for Cheese*, FAO/WHO.
- CORBO M.R., ALBENZIO M., DE ANGELSI M., SEVI A., GOBBETTI M. 2001. Microbiological and biochemical properties of Canestrato Pugliese hard cheese supplemented with bifidobacteria. *J. Dairy Sci.*, 84: 551–561.
- COZZOLINO A., DI PIERRO P., MARINIELLO L., SORRENTINO A., MASI P., PORTA R. 2003. Incorporation of whey proteins into cheese curd by using transglutaminase. *Biotechnol. Appl. Biochem.*, 38: 289–295.
- CROISSANT A.E., WASHBURN S.P., DEAN L.L., DRAKE A. 2007. Chemical properties and consumer perception of fluid milk from conventional and pasture-based production systems. *J. Dairy Sci.*, 90(11): 4942–4953.
- CZERNIAWSKA-PIĄTKOWSKA E. 2004. Wydajność i skład mleka utrzymywanych w Polsce pierwiastek w porównaniu z ich matkami w Szwecji. *Med. Weter.*, 60(12): 1320–1322.
- CZERNIAWSKI B. 2002. Proekologiczne projektowanie opakowań z tworzyw sztucznych. *Opakowanie*, 6: 6–10.
- CZERNIAWSKI B. 2003. Functional and ecological characteristics as well as sanitary and hygienic evaluation of Eco Lean materials and packages. *Prz. Mlecz.*, 8: 302–305.
- DA CRUZ A.G., BURITI F.C.A., DE SOUZA C..H.B, FARIA J.A.F., SAAD S.M.I. 2009. Probiotic cheese, health benefits, technological and stability aspects. *Trends Food Sci. Tech.*, 20: 344–354.
- DABIZA N.M.A., EFFAT B.A., SHARAF O.M. 2006. Antibacterial effect of probiotic isolated from dairy products. *DLR*, 102(3): 114–121.
- DANKÓW G., PIKUL J. 2011. Przydatność technologiczna mleka koziego do przetwórstwa. *Nauka Przyr. Technol.*, 5(2): 1–15.
- DARUKARADHYA J., PHILLIPS M., KAILASAPATHY K. 2006. Selective enumeration of *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium* sp., starter lactic acid bacteria and non-starter lactic acid bacteria from Cheddar cheese. *Int. Dairy J.*, 16: 439–445.



- DE JONG G.A.H., KOPPELMAN S.J. 2002. Transglutaminase catalyzed reactions, impact on food applications. *J. Food Sci.*, 67: 2798–2806.
- DI PIERRO P., MARINIELLO L., SORRENTINO A., GIOSAFATTO C.V.L., CHIANESE L., PORTA R. 2010. Transglutaminase-induced chemical and rheological properties of cheese. *Food Biotechnol.*, 24(2): 107–120.
- DJURIĆ M., PANIĆ M., MILANOVIĆ S., CARIĆ M.D., TEKIĆ M.N., KRSTIĆ D., ALBIJANIĆ B. 2005. Probiotic starters versus traditional starter in Quarg production. *Ann. Faculty Eng. Hunedoara – Int. J. Eng.*, 3(3): 154–163.
- DIJURIĆ M.S., ILIĆIĆ M.D., MILANOVIĆ S.D., CARIĆ M.D., TEKIĆ M.N. 2007. Nutritive characteristics of probiotic Quarg as influenced by type of starter. *Acta Periodica Technologica*, 38: 11–19.
- DMYTRÓW I., JASIŃSKA M., DMYTRÓW K. 2010a. Effect of microbiological transglutaminase on selected physicochemical properties of tvarog. *Italian J. Food Sci.*, 4(22): 449–460.
- DMYTRÓW I., KRYŻA K., DMYTRÓW K. 2007a. The effect of starter inoculation type on selected qualitative attributes of acid curd cheeses (tvarogs) under cooling conditions. *EJPAU*, 10(4): #04.
- DMYTRÓW I., KRYŻA K., DMYTRÓW K., LISIECKI S. 2007b. Wpływ opakowania na wybrane cechy jakościowe kwasowego sera twarogowego przechowywanego w warunkach chłodniczych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 1(50): 64–76.
- DMYTRÓW I., MITUNIEWICZ-MAŁEK A., DMYTRÓW K. 2010b. Fizykochemiczne i sensoryczne cechy kwasowego sera twarogowego wyprodukowanego z mleka koziego oraz mieszaniny mleka koziego i krowiego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2(69): 46–61.
- DMYTRÓW I., SZCZEPANIK G., KRYŻA K., MITUNIEWICZ-MAŁEK A., LISIECKI S. 2011. Impact of polyalactic acid packaging on the organoleptic and physicochemical properties of tvarog during storage. *Int. J. Dairy Technol.*, 64: 1–8, doi, 10.1111/j.1471-0307.2011.00700.
- DO ESPIRITO SANTO A.P., PEREGO P., CONVERTI A., PLIVEIRA M.N. 2011. Influence of food matrices on probiotic viability. *Trends Food Sci. Technol.*, 22: 377–385.
- DOMAGAŁA J. 2001a. Możliwość zastosowania mikrobiologicznej transglutaminazy w mleczarstwie. *Przem. Spoż.*, 11: 36–48.
- DOMAGAŁA J. 2001b. Nowe możliwości kształtowania tekstury jogurtu. *Prz. Mlecz.*, 4: 178–181.
- DOMAGAŁA J., WSZOŁEK M. 2002. Wpływ transglutaminazy na czas podpuszczkowego krzepnięcia mleka i teksturę skrzepu. W: *Postęp w technologii, technice o organizacji mleczarstwa*. Mater. VIII Sesj. Nauk., Olsztyn, 21–22.02.2002 r. Olsztyn, Zakład Poligraficzny UW-M w Olsztynie: 246.
- DOMAGAŁA J., WSZOŁEK M., DUDZIŃSKA A. 2012. The influence of the fortification method and starter cultures type on the texture and microstructure of probiotic yoghurts prepared from goat's milk. *Milchwissenschaft*, 67(2): 172–176.
- DUBEUF J.P., MORAND-FEHR P., RUBINO R. 2004. Situation, changes and future of goat industry around the world. *Small Rumin. Res.*, 51: 165–173.
- DZWOLAK I., PRZYBYLSKI R., JANKOWSKI P., ŻURAW J. 2006. Wpływ stosowanego zakwasu roboczego na wydatek sera. *Prz. Mlecz.*, 2: 8–10.
- EISSA A.S., KHAN S. 2005. Acid-induced gelation of enzymatically modified, preheated whey proteins. *J. Agric. Food Chem.*, 53: 5010–5017.
- EL-DIEB S.M., ABD RABO F.H.R., BADRAN S.M., ABD EL-FATTAH A.M., ELSHAGHABEE F.M.F. 2012. The growth behavior and enhancement of probiotic viability in bioyoghurt. *Int. Dairy J.*, 22: 44–47.
- European Directive 90/220/EEC of 23.04.1990 on the deliberate release into the environment of genetically modified organisms. *OJEC L* 117: 15–27.
- European Directive 94/62/EEC of 20.12.1994 on packaging and packaging waste. *OJEC L* 365: 10–23.
- European Directive 2002/72/EEC of 06.08.2002 relating to plastic materials and articles intended to come into contact with foodstuffs. *OJEC L* 220: 18–58.



- EVERETT D.W., AUTY M.A.E. 2008. Cheese structure and current methods of analysis. *Int. Dairy J.*, 18: 759–773.
- FAERGEMAND M., QVIST K.B. 1999. Transglutaminase: Effect on rheological properties, microstructure and permeability of set style acid skim milk gel. *Food Hydrocolloids*, 11: 287–292.
- FAERGEMAND M., SØRENSEN M.V., JØRGENSEN U., BUDOLFFSEN G., QVIST K.B. 1999. Transglutaminase: Effect on instrumental and sensory texture of set style yoghurt. *Milchwissenschaft*, 54: 563–566.
- FARNSWORTH J.P., HENDRICKS G., GOTCHEVA V., AKUZAWA R., GUO M.R. 2002. Effects of enzymatic crosslinking on the consistency and structure of probiotic goat milk yogurt. *J. Dairy Sci.*, 85(1): 120.
- FARNSWORTH J.P., LI J., HENDRICKS G.M., GUO M.R. 2006. Effects of transglutaminase treatment on functional properties and probiotic culture survivability of goat milk yogurt. *Small Rumin. Res.*, 65: 113–121.
- FARNWORTH E.R., MAINVILLE I., DESJARDINS M.P., GARDNER N., FLISS I., CHAMPAGNE C. 2007. Growth of probiotic bacteria and bifidobacteria in a soy yogurt formulation. *Int. J. Food Microbiol.*, 116: 174–181.
- FEKADU B., SORYAL K., ZENG S., VAN HEKKEN D., BAH B., VILLAQUIRAN M. 2005. Changes in goat milk composition during lactation and their effect on yield and quality of hard and semi-hard cheeses. *Small Rumin. Res.*, 59: 55–63.
- FERNANDES DE SÁ E.M., BORDIGNON-LUIZ M.T. 2010. The effect of transglutaminase on the properties of milk gels and processed cheese. *Int. J. Dairy Technol.*, 63: 243–251.
- FOX P.F., GUINEE T.P., COGAN T.M., MC SWEENEY P.L.H. 2000. *Fundamentals of cheese science*. Gaithersburg, Aspen. Publishers, Inc., ISBN 0-8342-1260-9.
- FRITZEN-FREIRE C.B., MÜLLER C.M.O., LAURINDO J.B., PRUDÊNCIO E.S. 2010. The influence of *Bifidobacterium* Bb-12 and lactic acid incorporation on the properties of Minas Frescal cheese. *J. Food Eng.*, 96: 621–627.
- GAMBELLI L., MANZI P., PANFILI G., VIAVANTI V., PIZZOFERRATO L. 1999. Constituents of nutritional relevance in fermented milk products commercialized in Italy. *Food Chem.*, 66: 353–358.
- GANTNER V., MIJIĆ P., KUTEROVAC K., SOLIĆ D., GANTNER R. 2011. Temperature-humidity index values and their significance on the daily production of dairy cattle. *Mljekarstvo*, 61(1): 56–63.
- GERRARD J.A. 2002. Protein-protein crosslinking in food: Methods, consequence, applications. *Trends Food Sci. Technol.*, 13: 391–399.
- GERRARD J.A. 2006. Protein Cross-Linking in Food. In: *Food Biochemistry and Food Processing*. Vol. 2. *Water, Enzymology, Biotechnology and Protein Cross-linking*. Ed. Y.H. Hui. USA, Blackwell Publishing, 223–234.
- GOMES A.M.P., MALCATA F.X. 1998. Development of probiotic cheese manufactured from goat milk, response surface analysis via technological manipulation. *J. Dairy Sci.*, 81: 1492–1507.
- GONCU A., ALPKENT Z. 2005. Sensory and chemical properties of white pickled cheese produced using kefir, yoghurt or a commercial cheese cultures as a starter. *Int. Dairy J.*, 15: 771–776.
- GÓRSKA A., MRÓZ B., RYMUZA K., DĘBSKA M. 2006. Zmiany w zawartości białka i tłuszczu w mleku krów czarno-białych i czerwono-białych w zależności od stadium laktacji i pory roku. *Rocz. Nauk. PTZ*, 2(1): 113–119.
- GÓRSKA-WARSEWICZ H. 2008. Rola opakowania w budowie marek na rynku produktów mleczarskich. *Prz. Mlecz.*, 7: 48–49.
- GREGA T., SADY M., KRASZEWSKI J. 2000. Technological usefulness of milk of Simmental cows. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 27: 331–339.
- GUO M., PARK Y.W., DIXON P.H., GILMORE J.A., KINDSTEDT P.S. 2004. Relationship between the yield of cheese (Chevre) and chemical composition of goat milk. *Small Rumin. Res.*, 52: 103–107.
- GUO M.R., DIXON P.H., PARK Y.W., GILMORE J.A., KINDSTEDT P.S. 2001. Seasonal changes in the chemical composition of Commingled goat milk. *J. Dairy Sci.*, 84(Suppl. E): 79–83.



- HAENLEIN G.F.W. 2001. Past, present, and future perspectives of small ruminant dairy research. *J. Dairy Sci.*, 84: 2097–2115.
- HAENLEIN G.F.W. 2003. *Nutritional value of dairy products of ewe and goat milk*, <http://www.ag.udel.edu/extension/information/goatmgt/gm-10.htm>, dostęp 2.06.2010.
- HAENLEIN G.F.W. 2004. Goat milk in human nutrition. *Small Rumin. Res.*, 51: 155–163.
- HALES C.F. 2003. Funkcjonalność opakowań. *Opakowanie*, 2: 26–27.
- HAN X.Q., PFEIFER J.K., LINCOURT R.H., SCHUERMAN J.M. 2003. *Process of making cheese product using transglutaminase*. U.S. Patent 6 572 901 B2.
- HAN X.Q., SPRADLIN J.E. 2000. *Process of making cheese product using transglutaminase and a non-rennet protease*. European Patent 1 57 411 A2.
- HEIDARPOUR M., MOKHTARI F., MIRDMADI S., GHARASHI A. 2008. Isolation and Identification of *Bifidobacterium* sp. in Iranian Traditional Dairy Products. *Res. J. Biol. Sci.*, 3(9): 979–983
- HELLER K.J. 2001. Probiotic bacteria in fermented foods, product characteristics and starter organism. *Am. J. Clin. Nutr.*, 73: 374S–379S.
- HELLER K.J., BOCKELMANN W., SCHREZENMEIR J., DE VRESE M. 2003. Cheese and its potential as a probiotic food. In: *Handbook of Fermented Functional Food*. Ed. E. Fanworth. London, CRC Press LLC: 204–225.
- HILLER B., LORENZEN P.CH. 2009. Functional properties of milk proteins as affected by enzymatic oligomerisation. *Food Res. Int.*, 42: 899–908.
- HINZ K., HUPPERT T., KULOZIK U., KELLY A.L. 2007. Influence of enzymatic cross-linking on milk fat globule and emulsifying properties of milk proteins. *Int. Dairy J.*, 17: 289–293.
- HOLM V.K., MORTENSEN G., RISBO J. 2006a. Quality changes in semi-hard cheese packaged in a poly(lactic) material. *Food Chem.*, 97: 401–410.
- HOLM V.K., MORTENSEN G., VISHART M., PETERSEN M.A. 2006b. Impact of poly-lactic acid packaging material on semi-hard cheese. *Int. Dairy J.*, 16: 931–939.
- HSIEH H.H., WANG S.Y., CHEN T.L., HUANG Y.L., CHEN M.J. 2012. Effects of cow's and goat's milk as fermentation media on the microbial ecology of sugar kefir grains. *Int. J. Food Microbiol.* doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2012.04.014.
- HUPPERTZ T., DE KRUIF C.G. 2007. Ethanol stability of casein micelles cross-linked with transglutaminase. *Int. Dairy J.*, 17: 436–441.
- IDF Standard 306:1995. IDF Guideline determination of acidifying activity of dairy cultures. *Bulletin of the IDF 306*. Brussels, Belgium.
- IMM J.Y., LIAN P., LEE C.M. 2000. Gelation and water binding properties of transglutaminase-treated skim milk powder. *J. Food Sci.*, 65: 200–205.
- Instrukcja Technologiczna CZSM 342/88. *Sery twarogowe niedojrzewające*.
- JAKUSZKOWIAK A. 2005. *Wpływ rodzaju zastosowanej szczepionki twarogowej na wybrane wskaźniki fizykochemiczne kwasowych serów twarogowych przechowywanych w warunkach chłodniczych*. Praca magisterska, AR Szczecin, maszynopis.
- JANER C., PELÁEZ C., REQUENA T. 2004. Caseinomacropptide and whey protein concentrate enhance *Bifidobacterium lactis* growth in milk. *Food Chem.*, 86: 263–267.
- JANUŚ E. 2009. Urea level in cow's milk fed on total mixed ration (TMR) and traditional system in summer and winter season. *J. Central Eur. Agric.*, 10(1): 33–40.
- JANUŚ E., BORKOWSKA D. 2007. Ocena zbilansowania dawek pokarmowych dla krów na podstawie składu chemicznego mleka. *Ann. UMCS*, 25(2): 33–38.
- JAROS D., JACOB M., OTTO C., ROHM H. 2010. Excessive cross-linking of caseins by microbial transglutaminase and its impact on physical properties of acidified milk gels. *Int. Dairy J.*, 20: 321–327.
- JAROS D., PARTSCHEFELD C., HENLE T., ROHM H. 2006. Transglutaminase in dairy product, chemistry, physics, applications. *J. Texture Stud.*, 37: 113–155.

- JASIŃSKA M., DMYTRÓW I., MITUNIEWICZ-MAŁEK A., WAŚIK K. 2010. Cow feeding system vs. quality of milk use for acid-curd cheese (tvarog) production. *EJPAU*, 13(2), #15, <http://www.ejpau.media.pl>, dostęp 15.01.2010.
- JASIŃSKA M., ŁYCZKO K., DMYTRÓW I., MITUNIEWICZ-MAŁEK A. 2011. Porównanie właściwości fizyko-chemicznych mleka krów żywionych systemem TMR w wybranych gospodarstwach regionu zachodniopomorskiego. *Rocz. Nauk. PTZ*, 7(3): 75–84.
- JASIŃSKA M., MITUNIEWICZ-MAŁEK A., WAŚIK K. 2005. Wpływ okresu pozyskania mleka koziego na cechy jakościowe kefiru w czasie przechowywania. *Folia Univ. Agric. Stetin., Scientia Alimentaria*, 246(4): 171–182.
- JAWORSKI J., KUNCEWICZ A. 2008. Właściwości fizykochemiczne mleka. W: *Mleczarstwo*. T. 1. Red. S. Ziąjka. Olsztyn, Wydaw. UW-M, ISBN 978-83-7299-536-0.
- KAILASAPATHY K., CHIN J. 2000. Survival and therapeutic potential of probiotic organisms with reference to *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium* spp. *Immunol. Cell Biol.*, 78: 80–88.
- KAMIENIECKI H., JASIŃSKA M., CZERNAWSKA-PIĄTKOWSKA E., SZEWCZUK M., DMYTRÓW I., RZEWUCKA-WÓJCİK E., DURNAŚ B. 2008. Użytkowość krów importowanych z Holandii i Szwecji z uwzględnieniem jakości fizykochemicznej mleka. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 35(2): 131–136.
- KARCZEWSKA D., PIKUL J., PŁUSZKA H., CHUDY S. 2005. Zmiany wybranych cech fizykochemicznych tradycyjnie pakowanego tvarogu w zależności od rodzaju użytego materiału opakowaniowego. *Chłodnictwo*, 40(10): 46–51.
- KASIMOĞLU A., GÖNCÜOĞLU M., AKGÜN S. 2004. Probiotic white cheese with *Lactobacillus acidophilus*. *Int. Dairy J.*, 14: 1067–1073.
- KILIÇ B.G., KULEAŞAN H., ERALP I., KARAHAN A.G. 2009. Manufacture of Turkish Beyaz cheese added with probiotic strains. *LWT – Food Sci. Technol.*, 42: 1003–1008.
- KOLANOWSKI W. 2000. Śmietankowe, tłuste i chude. *Prz. Gastronom.*, 5: 10–11.
- KOLANOWSKI W. 2001. Białe zdrowie. *Prz. Gastronom.*, 6: 10–15.
- KOŁAKOWSKI E. 2003. Transglutaminaza i możliwość jej wykorzystania w przetwórstwie rybnym. *Mag. Przem. Ryb.*, 3(33): 5–10.
- KOŁAKOWSKI E. 2005. Enzymy i ich wykorzystanie w modyfikacji białek żywnościowych. W: *Enzymatyczna modyfikacja składników żywności*. Red. E. Kołakowski, W. Bednarski, S. Bielecki, Szczecin, Wydaw. AR: 82–88.
- KOŁAKOWSKI E., SIKORSKI Z.E. 2001. Transglutaminaza i jej wykorzystanie w przemyśle żywnościowym. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2(27): 5–15.
- KONDRATOWICZ J., PIEKARSKA J., BURCZYK E. 2010. Ekologiczne funkcje opakowań stosowanych do chłodzonej żywności. *Chłodnictwo*, 45(1–2): 78–82.
- KONOJACKI Z. 2001. Folie barierowe GAŚIORPAK. *Prz. Mlecz.*, 3: 120–121.
- KORNACKI K., KŁĘBUKOWSKA L., PRUSZYŃSKA M. 2002. Wpływ rodzaju szczepionek bakterii fermentacji mlekowej na jakość mikrobiologiczną tvarogów. *VIII Sesja Nauk. Postęp w Technologii, Technice i Organizacji Mleczarstwa*, Olsztyn 21–22.02.2002. Olsztyn, Zakład Poligraficzny UW-M w Olsztynie: 375–383.
- KOWALSKI Z.M. 2001. Aktualne problemy w żywieniu krów wysokomlecznych. W: *Forum Hodowli i Produkcji Bydła*. Mater. na Konf. Nauk.-Tech., Poznań, 2–3.03.2001. [b.w.]: 6–12.
- KOWALSKI Z.M., KAMIŃSKI J. 2000. Niektóre problemy żywienia krów wysokowydajnych. *Adv. Agric. Sci.*, 4: 77–98.
- KRAJEWSKA-KAMIŃSKA E., ŚMIETANA Z., BOHDZIEWICZ K. 2007. Otrzymywanie i charakterystyka tvarogów kwasowych zawierających szczepy bakterii probiotycznych. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 57(4B): 325–328.
- KRASZEWSKI J., MANDECKA B., WAWRZYŃCZAK S. 2005. Comparison of feeding efficiency of high-yielding cows in TMR and PMR systems. *Ann. Anim. Sci.* 5(2): 335–344.



- KRZYŻEWSKI J., SŁONIEWSKI K., STRZAŁKOWSKA N. 2001. Zawartość mocznika w mleku krów oraz perspektywy wykorzystania tego wskaźnika w zarządzaniu stadem krów mlecznych. *Zesz. Nauk. Prz. Hod.*, 55: 53–65.
- KUCZAJ M. 2004. Analiza wartości użytkowej krów rasy czarno-białej importowanych z Holandii i ich rówieśnic ras czarno- i czerwono-białej odchowanych w kraju. *Med. Weter.*, 60(12): 1317–1319.
- KUCZAJ M., Blicharski P. 2001. Zawartość białka i tłuszczu w mleku krów rasy czarno-białej importowanych do Polski oraz ich matek utrzymywanych w Holandii. *Med. Weter.*, 7: 518–521.
- KUMAZAWA Y., MIWA N. 2005. *Process for producing cheese curd*. U.S. Patent 2005/123645 A1.
- KURKOWSKA J. 2007. *Wpływ szczepionki twarogowej na wybrane cechy jakościowe sera twarogowego*. Praca magisterska, AR Szczecin, maszynopis.
- LANTTO R., PUOLANNE E., KATINA K., NIEMISTÖ M., BUCHERT J., AUTIO K. 2007. Effect of lactase and transglutaminase on the textural and water-binding properties of cooked chicken breast meat gels. *Eur. Food Res. Technol.*, 225: 75–83.
- LAUBER S., HENLE T., KLOSTERMEYER H. 2000. Relationship between the crosslinking of caseins by transglutaminase and the gel strength of yoghurt. *Eur. Food Res. Technol.*, 210: 305–309.
- LEE D.S., MATSUMOTO S., MATSUMURA Y., MORI T. 2002. Identification of the  $\epsilon$ -(gamma-glutamyl)lysine cross-linking sites in  $\alpha$ -lactalbumin polymerized by mammalian and microbial transglutaminases. *J. Agric. Food Chem.*, 50: 7412–741.
- LEROY F., DE VUYST L. 2004. Lactic acid bacteria as functional starter cultures for food fermentation industry. *Trends Food Sci. Technol.*, 15: 67–78.
- LINDMARK-MANSSON H., FONDEN R., PETERSSON H.E. 2003. Composition of Swedish dairy milk. *Int. Dairy J.*, 13: 409–425.
- LINDMARK-MANSSON H., SVENSSON U., PAULSSON M., ALDEN G., FRANK B., JOHNSON G. 2000. Influence of milk components, somatic cells and supplemental zinc on milk process ability. *Int. Dairy J.*, 10: 423–433.
- LITWIŃCZUK A., BARŁOWSKA J., KRÓL J., SAWICKA W. 2006a. Porównanie składu chemicznego i zawartości mocznika w mleku krów czarno-białych i simentalskich z okresu żywienia letniego i zimowego. *Ann. UMCS, Sec. EE*, 24(10): 67–72.
- LITWIŃCZUK Z., CHABUZ W., STANEK P., JANKOWSKI P. 2006b. Bydło simentalskie w Polsce. *Prz. Hod.*, 9: 22–26.
- LITWIŃCZUK Z., CHABUZ W., STANEK P., SAWICKA W. 2006c. Genetic potential and reproductive performance of Whitebacks – Polish native breed cows. *Arch. Tierz.*, 49, Special Issue: 289–296.
- LITWIŃCZUK Z., TETER U., TETER W., STANEK P., CHABUZ W. 2006d. Ocena wpływu niektórych czynników na wydajność i jakość mleka w gospodarstwach farmerskich. *Rocz. Nauk. PTZ*, 2(1): 133–140.
- LORENZEN P.C. 2000a. Renneting properties of transglutaminase-treated milk. *Milchwissenschaft*, 55: 433–437.
- LORENZEN P.C. 2000b. Techno-functional properties of transglutaminase-treated milk proteins. *Milchwissenschaft*, 55: 667–670.
- LORENZEN P.C. 2007. Effect of varying time/temperature conditions of preheating and enzymatic cross-linking on techno-functional properties of reconstituted dairy ingredients. *Food Res. Int.*, 40: 700–708.
- LORENZEN P.C., MAUTNER A., SCHLIMME E. 1999. Effect of enzymatic crosslinking of milk proteins on the resulting properties of yoghurt products. *Kiel. Milchwirtsch. Forschungsber.*, 51: 89–97.
- LORENZEN P.C., NEVE H. 2003. Enzymatic crosslinking of proteins in the manufacture of fermented milk. In: *Fermented Milk*. Belgia, IDF: 241–249.
- LORENZEN P.C., NEVE H., MAUTNER A., SCHLIMME E. 2002a. Auswirkungen der enzymatischen Quervernetzung von Milcheiweiß auf die Eigenschaften von Speisequark und auf die Quarkausbeute. *Kiel. Milchwirtsch. Forschungsber.*, 54: 125–135.

- LORENZEN P.C., NEVE H., MAUTNER A., SCHLIMME E. 2002b. Effect of enzymatic cross-linking of milk proteins on functional properties of set-style yogurt. *Int. J. Dairy Technol.*, 55: 152.
- LORENZEN P.C., SCHRADER K., EINHOFF K., ROHENKOHL H. 2005. Einfluss der enzymatischen Quervernetzung von Milcheiweiß auf die Eigenschaften gerührter Joghurt und Dickmilcherzeugnisse. *Kiel. Milchwirtsch. Forschungsber.*, 57: 97–115.
- LUJERDEAN A., BUNEA A., MIREȘAN V. 2007. Seasonal related changes in the major nutrients of bovine milk (total protein, lactose, casein, total fat and dry matter). *Universitatea de Științe Agricole și Medicină Veterinară Iași Lucrări Științifice, Seria Zootehnie*, 52(14): 372–374.
- LYATU E.T., EASTRIDGE M.L. 2003. Nutritional factors affecting milk production, milk composition, milk urea nitrogen, and plasma urea nitrogen. Research and Reviews. *Dairy Bulletin of The Ohio State University*, [http://www.ohioline.osu.edu/sc163/sc163\\_11.html](http://www.ohioline.osu.edu/sc163/sc163_11.html), dostęp 21.03.2009.
- MADADLOU A., KHOSROWSHAHI ASL A., MOUSAVI M.E., FARMANI J. 2007. The influence of brine concentration on chemical composition and texture of Iranian White cheese. *J. Food Eng.*, 81: 330–335.
- MARUYAMA L.Y., CARDARELLI H.R., BURITI F.C.A., SAAD S.M.I. 2006. Textura instrumental de queijo petit-suisse potencialmente probiótico, influência de diferentes combinações de gomas. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, 26: 386–393.
- MARZEC A. 2007. Tekstura żywności. *Przem. Spoż.*, 61(5): 6–10.
- MASLE I., MORGAN F. 2001. Compositional factors involved in the variable acidification capacity of goat milk by lactic starters. *Lait*, 81: 561–569.
- MASUDA T., OHKAWA Y., KANEKO D., UMEZU S., ITOH T. 2005. Trial production of fermented goat milk containing probiotic *Lactobacillus acidophilus*. *Nippon Shokuhin Kagaku Kaishi*, 52(3): 131–134.
- MATTILA-SANDHOLM T., MYLLÄRINEN P., CRITTENDEN R., MOGENSEN G., FONDÉN R., SAARELA M. 2002. Technological challenges for future probiotic food. *Int. Dairy J.*, 12: 173–182.
- MAZOCHI V., MATOS JUNIOR F.E., VAL C.H. DINIZ D.N., RESENDE A.F., NICOLI J.R., SILVA A.M. 2010. Probiotic yogurt produced with goat milk supplemented with *Bifidobacterium* sp. *Braz. J. Vet. An. Sci.*, 62(6): 1486–1490.
- MAZUR J. 2009. Zmiany tekstury w trakcie przechowywania w różnych warunkach kwasowych serów twarogowych otrzymanych metodą tradycyjną. *Inż. Rol.* 2(111): 99–106.
- MC BREARTY S., ROSS R., FITZGERALD G., COLLINS J., WALLACE J., STANTON C. 2001. Influence of two commercially available bifidobacteria cultures on Cheddar cheese quality. *Int. Dairy J.*, 11: 599–610.
- MEDINA M., NUÑEZ M. 2004. Cheeses made from ewe's and goat's milk. In: *Cheese, Chemistry, Physics and Microbiology*. Vol. 2. Eds. P.F. Fox, P.L.H. McSweeney, T.M. Cogan, T.P. Guinee. Amsterdam, Elsevier: 279–299.
- MENENDEZ O., SCHWARZENBOLZ U., ROHM H., HENLE T. 2004. Casein gelation under simultaneous action of transglutaminase and glucono- $\delta$ -lactone. *Nahrung*, 48: 165–168.
- MILANOVIĆ S., CARIĆ M. 2000. The application of biotechnology in the dairy industry. *J. Sci. Agric. Res.* 61(1–2): 275–288.
- MILANOVIĆ S., CARIĆ M., DURIĆ M.S., DURAKOVIĆ K.G. 2007. Physico-chemical properties of probiotic yoghurt with transglutaminase. *Acta Periodica Technologica*, 38: 45–52.
- MILANOVIĆ S., CARIĆ M., PANIĆ M. 2003. Effect of probiotic on Quarg quality. *Food Industry – Milk and Dairy Product*, 14: 11–19.
- MILANOVIĆ S., CARIĆ M., PANIĆ M., VUKANIĆ A. 2000. Dietary Quarg with functional flavour. *Food Industry – Milk and Dairy Product*, 12: 48–54.
- MILANOVIĆ S., PANIĆ M., CARIĆ M. 2004. Quality of Quarg produced by probiotic application. *Acta Period. Technol.*, 35: 37–48.
- MINAKOWSKI D. 2006. Żywnienie krów w aspekcie wymagań produkcji mleka wysokiej jakości. *Hodowca Bydła*, 3: 8–11.



- MIOČ B., PRPIĆ Z., VNUČEC I., BARAČ Z., SUŠIĆ V., SAMARŽIJA D., PAVIĆ V. 2008. Factors affecting goat milk yield and composition. *Mljekarstvo*, 58(4): 305–313.
- MOLIK E., BONCZAR G., ZEBROWSKA A., MISZTAŁ T., PUSTKOWIAK H., ZIĘBA D. 2011. Effect of day length and exogenous melatonin on chemical composition of sheep milk. *Archiv für Tierzucht*, 54(2): 177–187.
- MOON J., HONG Y., HUPPERTZ T., FOX P.F., KELLY A. 2009. Properties of casein micelles cross-linked by transglutaminase. *Int. J. Dairy Technol.*, 62(1): 27–32.
- MULTIPACK, Polska, www.multipack.com.pl, dostęp 12.02.2011.
- MYLLÄRINEN P., BUCHERT J., AUTIO K. 2007. Effect of transglutaminase on rheological properties and microstructure of chemically acidified sodium caseinate gels. *Int. Dairy J.*, 17: 800–807.
- NEVE H., LORENZEN P.C., MAUTNER A., SCHLIMME E., HELLER K.J. 2001. Effect of transglutaminase treatment on the production of set skim milk yoghurt, Microbiological aspect. *Kiel. Milchwirtsch. Forschungsber.*, 53: 347–361.
- OBANDO C.M., BRITO C., SCHÖBITZ T., BAEZ M., HORZELLA R. 2010. Viability of the probiotic microorganism *Lactobacillus casei* 01, *Lactobacillus acidophilus* La-5, *Bifidobacterium bifidum* BB12 during cottage cheese shelf life. *Vitae*, 17(2): 141–148.
- ONG L., HENRIKSSON A., SHAH N.P. 2006. Development of probiotic cheddar cheese containing *Lactobacillus acidophilus*, *Lb. casei*, *Lb. paracasei* and *Bifidobacterium* sp. and the influence of these bacteria on proteolytic patterns and production of organic acid. *Int. Dairy J.*, 16: 446–456.
- ONG L., SHAH N.P. 2009. Probiotic Cheddar cheese, Influence of ripening temperatures on survival of probiotic microorganism, cheese composition and organic acid profiles. *LWT – Food Sci. Technol.*, 42: 1260–1268.
- ÖZER B., KIRMACI H.A., ÖZTEKIN S., HAYALOĞLU A., ATAMER M. 2007. Incorporation of microbial transglutaminase into non-fat yogurt production. *Int. Dairy J.*, 17: 199–207.
- ÖZER B., KIRMACI H.A., ŞENEL-E., ATAMER M., HAYALOĞLU A. 2009. Improving the viability of *Bifidobacterium bifidum* BB-12 and *Lactobacillus acidophilus* LA-5 in white-brined cheese by microencapsulation. *Int. Dairy J.*, 19: 22–29.
- ÖZRENK E. 2006. The use of transglutaminase in dairy products. *Int. J. Dairy Technol.* 59: 1–7.
- ÖZRENK E., SELCUK INCI S. 2008. The effect of seasonal variation on the composition of cow milk in Van Province. *Pakistan J. Nutr.*, 7(1): 161–164.
- PANDEY P.K., RAMASWAMY H.S., ST-GELAIS D. 2003. Evaluation of pH kinetics during various stages of Cheddar cheese-making from raw, pasteurized, micro-filtered and high-pressure-treated milk. *Lebensm.-Wiss. U.-Technol.*, 36: 497–506.
- PANFIL-KUNCEWICZ H., KUNCEWICZ A. 2000a. Effect of packaging method on stability of curd cheeses. *Nat. Sci.*, 6: 153–162.
- PANFIL-KUNCEWICZ H., KUNCEWICZ A. 2000b. Stability of curd cheese packed in carbon dioxide atmosphere. *Nat. Sci.*, 6: 143–151.
- PANFIL-KUNCEWICZ H., ZAJĄC K., GIERSZEWSKI M., KUNCEWICZ A. 2001. Quality and shelf-life of tvarog packed in shrink film. *Milchwissenschaft*, 56(12): 678–680.
- PARK Y.W. 2006. Goat milk. Chemistry and nutrition. In: *Handbook of Milk of Non-bovine Mammals*. Eds. Y.W. Park, G.F.W. Haenlein. Oxford, Blackwell Publishing: 34–58.
- PARK Y.W., JUAREZ M., RAMOS M., HAENLEIN G.F.W. 2007. Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small Rumin. Res.*, 68(1–2): 88–113.
- PHILLIPS M., KAILASAPATHY K., TRAN L. 2006. Viability of commercial probiotic cultures (*L. acidophilus*, *Bifidobacterium* sp., *L. casei*, *L. paracasei* and *L. rhamnosus*) in cheddar cheese. *Int. J. Food Microbiol.*, 108: 276–280.
- PIECZONKA W. 1995. *Standardization of quality and research methods*. Kraków, Wydaw. AR w Krakowie: 89.
- PIENIAK-LENDZION K., NIEDZIÓŁKA R. 2004. Znaczenie mleka koziego w żywieniu człowieka. *Wiad. Zoot.*, 1: 39–44.



- PIETRASIK Z. 2003. Binding and textural properties of beef gels processed with kappa-carrageenan, egg albumin and microbial transglutaminase. *Meat Sci.*, 63(3): 317–324.
- PIJANOWSKI E., DŁUŻEWSKI M., DŁUŻEWSKA A., JARCZYK A. 2004. *Ogólna technologia żywności*. Warszawa, WNT, ISBN 978-83-204-3610-5.
- PIKUL J., KARCZEWSKA D., CAIS-SOKOLIŃSKA D., DANKÓW R. 2006. Physicochemical, microbiological and sensory changes occurring in tvarog wrapped in Eco Lean and vacuum packed during refrigerated storage. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 15(56): 173–178.
- PILARCZYK R., KAMIENIECKI H., WÓJCIK J., CZERNIAWSKA-PIĄTKOWSKA E. 2004. Porównanie wydajności oraz składu mleka krów pierwiastek importowanych do Polski i ich matek w Holandii. *Med. Weter.*, 60(8): 832–835.
- PLUTA A., WNUK B., ZIARNO M., BERTHOLD A. 2003. Wpływ system pakowania twarogu na jego jakość. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 4(37): 330–340.
- PN-A-86122:1968. *Mleko. Metody badań*.
- PN-A-86232:1973. *Mleko i przetwory mleczarskie. Sery. Metody badań*.
- PN-A-86300:1991. *Mleko i przetwory mleczarskie. Sery twarogowe niedojrzewające*.
- PN-EN ISO 6579. *Mikrobiologia żywności i pasz. Horyzontalna metoda wykrywania Salmonella sp.*
- PN-EN ISO 6658:1998. *Analiza sensoryczna. Metodologia. Wytyczne ogólne*.
- PN-EN ISO 6887-1: 1999. *Mikrobiologia żywności i pasz. Przygotowanie próbek, zawiesiny wyjściowej i rozcieńczeń dziesięciokrotnych do badań mikrobiologicznych. Ogólne zasady przygotowania zawiesiny wyjściowej i rozcieńczeń dziesięciokrotnych*.
- PN-EN ISO 6888-1:1999. *Mikrobiologia żywności i pasz. Horyzontalna metoda oznaczania liczby gronkowców koagulazo-dodatnich (Staphylococcus aureus i innych gatunków)*.
- PN-EN ISO 11290-2:2000. *Mikrobiologia żywności i pasz. Horyzontalna metoda wykrywania obecności i oznaczania liczby Listeria monocytogenes. Metoda oznaczania liczby*.
- PN-ISO 4121:1998. *Analiza sensoryczna. Metodologia. Ocena produktów żywnościowych przy użyciu metod skalowania*.
- PN-ISO 11036:1999. *Analiza sensoryczna. Metodologia. Profilowanie tekstury*.
- PN-ISO 15214:2002. *Mikrobiologia żywności i pasz. Horyzontalna metoda oznaczania liczby mezofilnych bakterii fermentacji mlekowej. Metoda płytkowa w temperaturze 30°C*.
- PN-ISO 21528:2005. *Mikrobiologia żywności i pasz. Horyzontalna metoda wykrywania i oznaczania liczby Enterobacteriaceae. Część 1. Wykrywanie i oznaczanie liczby metodą NPL z przednamnaniem*.
- PODKÓWKA W., PODKÓWKA Z. 2004. Żywienie wysokowydajnych krów w systemie TMR. *Zesz. Nauk. Prz. Hod.*, 74: 9–23.
- PRASAD H., TEWARI H.A., SENGAR O.P.S. 2005. Milk yield and composition of the Beetle breed and their crosses with Jamunpari, Barbari and Black Bengal breeds of goat. *Small Rumin. Res.*, 58(2): 195–199.
- PROVENZA F.D., VILLALBA J.J., DZIBA L.E., ATWOOD S.B., BANNER R.E. 2003. Linking herbivore experience, varied diets, and plant biochemical diversity. *Small Rumin. Res.*, 49: 257–274.
- PUCHAJDA Z., SZTEYN J. 2008. Pozyskiwanie mleka. W: *Mleczarstwo*. Red. S. Ziajka. Olsztyn, Wydaw. UW-M: 9–52.
- RADOŠEVIĆ V., TONKOVIĆ K., GREGUREK L., KOS B., ŠUŠKOVIĆ J. 2007. Production of fresh probiotic cheese with addition of transglutaminase. *Mljekarstvo*, 57(1): 15–29.
- RASIAH I.A., SUTTON K.H., LOW F.L., LIN H.M., GERRARD J.A. 2005. Crosslinking of wheat dough proteins by glucose oxidase and the resulting effects on bread and croissants. *Food Chem.*, 89: 325–332.
- RAYNAL-LJUTOVAC K., GABORIT P., LAURET A. 2005. The relationship between quality criteria of goat milk, its technological properties and the quality of the final products. *Small Rumin. Res.*, 60: 167–177.



- REKLEWSKA B., BERNATOWICZ E., REKLEWSKI Z., NAŁĘCZ-TARWACKA T., KUCZYŃSKA B., ZDZIARSKI K., OPRZADEK A. 2003. Zawartość biologicznie aktywnych składników w mleku krów zależnie od podsystemu żywienia i sezonu. *Zesz. Nauk. Prz. Hod.*, 68(1): 85–98.
- REPS A., KORNACKI K. 2008. Biopreparaty i dodatki do mleczarstwie. W: *Mleczarstwo*. T. 1. Red. S. Ziajka. Olsztyn, Wydaw. UW-M: 205–245.
- RODRIGUEZ-NOGALES J.M. 2006. Enhancement of transglutaminase-induced protein cross-linking by preheat treatment of cow's milk, a statistical approach. *Int. Dairy J.*, 16: 26–32.
- ROSS R.P., DESMOND C., FITZGERALD G., STANTON C. 2005. Overcoming the technological hurdles in the development of probiotic foods. *J. Appl. Microbiol.*, 98: 1410–1417.
- ROSS R.P., FITZGERALD G., COLLINS K., STANTON C. 2002. Cheese delivering biocultures, probiotic cheese. *Aust. J. Dairy Technol.*, 57(2): 71–78.
- ROY D. 2005. Technological aspects related to the use of bifidobacteria in dairy products. *Lait*, 85(1–2): 39–56.
- Rozporządzenie Komisji (WE) nr 1662/2006 z dnia 6 listopada 2006 roku zmieniające Rozporządzenie (WE) nr 853/2004 Parlamentu Europejskiego i Rady ustanawiające szczególne przepisy dotyczące higieny w odniesieniu do żywności pochodzenia zwierzęcego. *DzUrz. UE L 320* z 18.11.2006 roku: 1–10.
- Rozporządzenie Komisji (WE) nr 1441/2007 z dnia 5 grudnia 2007 roku zmieniające Rozporządzenie (WE) nr 2073/2005 w sprawie kryteriów mikrobiologicznych dotyczących środków spożywczych. *DzUrz. UE L 322* z 7.12.2007 roku: 12–29.
- RUBINO R., CHILLIARD Y. 2003. Relationship between feeding system and goat milk and cheese quality. EAAP. In: *54<sup>th</sup> Annual Meeting*, Rzym: 341.
- SAARELA M., MOGENSEN G., FONDÉN R., MÄTTÖ J., MATTILA-SANDHOLM T. 2000. Probiotic bacteria, safety, functional and technological properties. *J. Biotechnol.*, 84: 197–215.
- SAWA A., CHMIELNIK H., BOGUCKI M., CIEŚLAK M. 2000. Wpływ wybranych czynników pozagentrycznych na wydajność, skład i zawartość komórek somatycznych w mleku wysoko wydajnych krów. *Zesz. Nauk. Prz. Hod.*, 51: 165–170.
- SAWICKA E., TRELA J., SZEWCZYK A. 2000. Wartość produkcyjna bydła czarno-białego importowanego z Holandii i Niemiec. *Zesz. Nauk. Prz. Hod.*, 51: 179–187.
- SCHAEFFER S., FUNDA E. 2004. *Method for producing transglutaminase-cross-linked proteins of vegetable origin. Protein gels and use thereof*. U.S. Patent 2004/0241284 A1.
- SCHLICHTERLE-CERNY M.I., IMHOF G., FERNANDEZ-GARCIA E., BOSSET J.O. 2004. Changes in terpene composition from pasture to cheese. In: *Proceedings Cheese Art 2004*. 6<sup>th</sup> Intern. Meeting Mountain Cheese, Ragusa, Donnafugata Castle, Włochy, June 1–2. [b.w.]: 1–14.
- SCHORSCH C., CARRIE H., CLARK A.H., NORTON I.T. 2000a. Cross-linking casein micelles by microbial transglutaminase conditions for formation of transglutaminase-induced gels. *Int. Dairy J.*, 10: 519–528.
- SCHORSCH C., CARRIE H., NORTON I.T. 2000b. Cross-linking casein micelles by a microbial transglutaminase. Influence on cross links in acid-induced gelation. *Int. Dairy J.*, 10: 529–539.
- SEVI A., ANNICCHIARICO G., ALBENZIO M., TAIBI L., MUSCIO A., DELL'AQUILA S. 2001. Effects of solar radiation and feeding time on behavior, immune responses and production of lactating ewes under high ambient temperature. *J. Dairy Sci.*, 84: 629–640.
- SHAHAB LAVASANI A.R., EHSANI M.R., MIRDAMANDI S., MOUSAVI S.M. 2011. Effect of *Bifidobacterium lactis* on some physico-chemical and organoleptical properties of Lighvan cheese. *Afr. J. Biotechnol.*, 10(69): 15600–15606.
- SHARMA R., LORENZEN P.C., QVIST K.B. 2001. Influence of transglutaminase treatment of skim milk on the formulation of  $\epsilon$ -( $\gamma$ -glutamyl)lysine and susceptibility of individual cross-linked by transglutaminase. *J. Dairy Sci.*, 89: 1906–1914.
- SHARP M.D., MC MAHON D.J., BROADBENT J.R. 2008. CoMParative evaluation of yogurt and low-fat Cheddar cheese as delivery media for probiotic *Lactobacillus casei*. *J. Food Sci.*, 73(7): M375–M377.



- ŠIMUNEK M., EWAČIĆ S. 2009. Effect of inulin on the growth of *Bifidobacterium longum* BB536 in fermented goat's and cow's milk. *Mlječarstvo*, 59(3): 209–216.
- SKRZYPEK R., BRZOWSKA K., URBAŃCZYK I., JARMUŻ W. 2006. Użytkowość mleczna krów importowanych z Danii. W: *Zastosowanie osiągnięć nauk podstawowych w hodowli bydła*. Red. J. Szarek. Kraków, Wydaw. AR Kraków: 41–45.
- SKRZYPEK R., SZUKALSKI L. 2006. Użytkowość krów rasy czarno-białej importowanych z Holandii i Niemiec oraz krów wyhodowanych w Polsce. *Med. Weter.*, 62(2): 197–2000.
- SMIDDY M.A., MARTIN J.E.G.H., KELLY A.L., DE KRUIF C.G., HUPPERTZ T. 2006. Stability of casein micelles cross-linked by transglutaminase. *J. Dairy Sci.*, 89: 1906–1914.
- SOUZA C.H.B., SAAD S.M.I. 2009. Viability of *Lactobacillus acidophilus* La-5 added solely or in co-culture with a yoghurt starter culture and implications on physico-chemical and related properties of Minas fresh cheese during storage. *LWT – Food Sci. Technol.*, 42: 633–640.
- STANEK P., LITWIŃCZUK Z., TETER U., JANKOWSKI P. 2004. Skład chemiczny i jakość cytologiczna mleka krów czarno-białych utrzymywanych w gospodarstwach farmerskich Lubelszczyzny, z uwzględnieniem pory roku i ich dziennej produktywności. *Zesz. Nauk. Prz. Hod.*, 72(1): 153–159.
- STEINKA I., PRZYBYŁOWSKI P. 1998. Jakość mikrobiologiczna kwasowych serów twarogowych a metody pakowania. *Przem. Spoż.*, 11: 47–49.
- STEINKA I., STANKIEWICZ J. 1999. System pakowania twarogów – aspekty higieniczne. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 4(21): 106–116.
- STEINKA I., STANKIEWICZ J. 2002. Ocena stabilności cech fizykochemicznych twarogów w zależności od warunków związanych z systemem i hermetyką opakowań. W: *Postęp w Technologii, Technice i Organizacji Mleczarstwa*. Mater. VIII Sesj. Nauk., Olsztyn, 21–22.02. Olsztyn, Zakład Poligraficzny UW-M w Olsztynie: 427–436.
- SZARKOWSKI K., SABLİK P., LACHOWSKI W. 2009. Żywienie krów wysokomlecznych a poziom mocznika w mleku. *Acta Sci. Pol., Zootechnica*, 8(3): 39–46.
- SZCZEPANIK A., LIBUDZISZ Z. 2001. Przydatność technologiczna mleka koziego. *Przem. Spoż.*, 2: 35–36.
- SZPENDOWSKI J., ŚMIETANA Z., PŁODZIEN T., LEWANDOWSKI K., OW CZARZAK A., BUCZMA E. 2007. Technologia serów twarogowych o podwyższonej wartości odżywczej. *Prz. Mlecz.*, 1: 4–9.
- ŚMIETANA Z., BOHDZIEWICZ K., DERENGIEWICZ W. 2006. Sery – żywność funkcjonalna, atrakcyjna i bezpieczna. *Prz. Mlecz.*, 3: 4–8.
- ŚMIETANA Z., SZPENDOWSKI J., BOHDZIEWICZ K. 2003. Charakterystyka tradycyjnego „polskiego twarogu” otrzymywanego według własnej nowoczesnej techniki i technologii. *Prz. Mlecz.*, 4: 126–129.
- Technical Data Sheet V02, BIO 130*. Polyfilms SAS, Francja, www.polyfilms.eu, dostęp 15.03.2008.
- Technical Data Sheet V02, BIO 521*. Polyfilms SAS, Francja, www.polyfilms.eu, dostęp 15.03.2008.
- THOMANN S., BRECHENMACHER A., HINRICH S. 2008. Strategy to evaluate cheesemaking properties of milk from different goat breeds. *Small Rumin. Res.*, 74: 172–178.
- TOPYŁA B. 2006. *Wpływ wybranych czynników na wartość odżywczą mleka ze szczególnym uwzględnieniem profilu kwasów tłuszczowych*. Praca doktorska, AR Lublin, maszynopis.
- TRESPALACIOS P., PLA R. 2007. Simultaneous application of transglutaminase and high pressure to improve functional properties of chicken meat gel. *Food Chem.*, 100: 264–272.
- UMPAPHOL H., CHAKRIYARAT S., INTARACHOTE P., SRIKHAO A., TUDSRI S., VAJRABUKKA C. 2010. *Effect of seasonal variations on production of Australian Friesian Sahiwal (AFS<sub>3</sub>) cows in Thailand*, <http://www.lib.ku.ac.th/KUJN/TAB000125480427.pdf>, dostęp 5.06.2011.
- USAJEWICZ I. 2008. Mikrobiologia mleka i jego przetworów. W: *Mleczarstwo*, T. 1. Red. S. Ziajka. Olsztyn, Wydaw. UW-M: 188–199.
- VAN TUIL R., FOWLER P., LAWTHORP M., WEBER C. J. 2000. Properties of biobased packaging material. In: *Biobased packaging materials for the food industry. Status and 18 perspectives*. Ed. C.J. Weber. Frederiksberg Denmark, The Royal Veterinary and Agricultural University: 13–39.



- VASBINDER A.J., ROLLEMA H.S., BOT A., DE KRUIF C.G. 2003. Gelation mechanism of milk as influenced by temperature and pH, studied by the use of transglutaminase cross-linked casein micelles. *J. Dairy Sci.*, 86: 1556–1563.
- VIELFÄLTIG P. 2003. Niewyczerpalne możliwości w zastosowaniu bakteryjnych kultur starterowych. *Mięso Wędliny*, 3: 16–20.
- VINDEROLA C.G., BAILO N., REINHEIMER J.A. 2000a. Survival of probiotic microflora in Argentinian yoghurts during refrigerated storage. *Int. Dairy J.*, 33: 97–102.
- VINDEROLA C.G., MOCCHIUTI P., REINHEIMER J.A. 2002. Interactions among lactic acid starter and probiotic bacteria used for fermented dairy products. *J. Dairy Sci.*, 85: 721–729.
- VINDEROLA C.G., PROSELLO W., Ghiberto D., REINHEIMER J.A. 2000b. Viability of probiotic (*Bifidobacterium*, *Lactobacillus acidophilus* and *Lactobacillus casei*) and nonprobiotic microflora in Argentinian fresco cheese. *Int. Dairy J.*, 83: 1905–1911.
- VINDEROLA C.G., PROSELLO W., MOLINARI F., Ghiberto D., REINHEIMER J.A. 2009. Growth of *Lactobacillus paracasei* A13 in Argentinian probiotic cheese and its impact on the characteristic of the product. *Int. J. Food Microbiol.*, 135: 171–174.
- VONDRÁŠKOVÁ B., ČERMÁK B., ALLISON G., KLIMEŠ F., KOBES M., LÁD F., BROUČEK J., ŠPIČKA J., SAMKOVÁ E. 2011. Effect of the feeding of *Plantago Lanceolata* with meadows hay on milk efficiency of goats. *Slovak J. Animal Sci.*, 44(2): 59–64.
- WALSH D.J., CLEARY D., MC CARTHY E., MURPHY E., FITZGERALD R.J. 2003. Modification of the nitrogen solubility properties of soy protein isolate following proteolysis and transglutaminase crosslinking. *Food Res. Int.*, 36: 677–683.
- WAWRZYŃCZAK S., KRASZEWSKI J., MANDECKA B., MANDECKI A. 2000. Badania nad przydatnością systemów TMR i PMR w żywieniu krów wysokomlecznych w szczytowym okresie laktacji. *Zesz. Nauk., Chów Hod. Bydła*, 51: 211–217.
- WEDHOLM A., HALLÉN E., LARSEN L.B., LINDMARK-MANSSON H., KARLSSON A.H., ALLMERE T. 2006. CoMParison of milk protein composition in a Swedish and a Danish dairy herd using reversed phase HPLC. *Acta Agr. Scand A-An*, 56: 8–15.
- WENDORFF B. 2005. *Milk composition and cheese yield. Publications and Proceedings*. Department of Food Science, University of Wisconsin, <http://www.ansci.wisc.edu>, dostęp 14.03.2010.
- WHITE S.L., BERTRAND J.A., WADE M.R., WASHBURN S.P., GREEK J.T., JENKINS T.C. 2001. Comparison of fatty acids content of milk from Jersey and Holstein cows consuming pasture or a Total Mixed Ration. *J. Dairy Sci.*, 84: 2295–2301.
- WIELGOSZ-GROTH Z., GROTH I. 2002. Porównanie mleczności krów rasy holsztyńsko-fryzyjskiej wyhodowanych w Polsce i Holandii. *Zesz. Nauk. Prz. Hod.*, 62: 55–62.
- WROŃSKI M., CICHOCKI M., KOSAKOWSKA J. 2001. Efektywność użytkowania importowanych z Holandii pierwiastek holsztyńsko-fryzyjskich w porównaniu z pierwiastkami uzyskanymi z własnego chowu. *Zesz. Nauk. Prz. Hod.*, 59: 289–300.
- WRÓBLEWSKA B., KOŁAKOWSKI P., PAWLIKOWSKA K., TROSYŃSKA A., KALISZEWSKA A. 2009. Influence of the addition of transglutaminase on the immunoreactivity of milk proteins and sensory quality of kefir. *Food Hydrocolloid*, 23: 2434–2445.
- WSZOLEK M. 2005. Zagospodarowanie mleka koziego. *Wiad. Zoot.*, 4: 35–40.
- YASIR S.B.M., SUTTON K.H., NEWBERRY M.P., ANDREWS N.R., GERRARD J.A. 2007. The iMPact of transglutaminase on soy proteins and tofu texture. *Food Chem.*, 104: 1491–1501.
- YETISMEYEN A. 2000. *Milk technology*. Ankara, Ankara University Agriculture Faculty Press No, 1511.
- YOKOYAMA K., NIO N., KIKUCHI Y. 2004. Properties and application of microbial transglutaminase. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 64: 447–454.
- ZIARNO M. 2007. Charakterystyka komercyjnych kultur starterowych stosowanych w przemyśle mleczarskim. *Med. Weter.*, 63(8): 909–913.
- ZIARNO M., TRUSZKOWSKA K. 2005. Właściwości mleka koziego i jego przetworów. *Prz. Mlecz.*, 3: 4–8.

- ZIÓŁKOWSKI T., PANFIL-KUNCEWICZ H., STANIEWSKA K., SZPENDOWSKI J. 2004. Durability of tvarogs produced with modified technology and packed with different methods. *Pol. J. Nat. Sci.*, 2: 163–170.
- ZIÓŁKOWSKI T., STANIEWSKA K., PANFIL-KUNCEWICZ H. 2003. Metody pakowania a bezpieczeństwo i trwałość tvarogów i serów dojrzewających. *Prz. Mlecz.*, 7: 269–272.
- ZMARLICKI S. 2000. Postęp w zakresie pakowania żywności w modyfikowanej atmosferze oraz pakowania aktywnego. *Przem. Spoż.*, 11: 31–35.
- ŻAKOWSKA H. 2009. Opakowania z polilaktydu (PLA) do wyrobów przemysłu mleczarskiego. *Prz. Mlecz.*, 8: 40–42.
- ŻBIKOWSKI T., ŻBIKOWSKA A. 2003. New technological processes in creation of dairy products. *Prz. Mlecz.*, 4: 31.
- ŻURAW J., JEŚIAK Z., CHOJNOWSKI W. 2002. *Technologia serów twardych i półtwardych*. Warszawa, Oficyna Wydawnicza „Hoża”: 66.
- ŻURKOWSKI M., NIEMCZEWSKI C., ZWIERZCHOWSKI L., ZIĘBA G., LITWIŃCZUK Z. 2004. Określenie zmienności struktury genetycznej bydła polskiego czerwonego i białogrzbietego na podstawie polimorfizmu 24 sekwencji mikrosatelitarnych DNA. *Pr. Mater. Zootech.*, 62: 59–72.
- ŻYWICA R., SZPENDOWSKI J., BANACH J., JAMIOŁKOWSKI. 2008. Wpływ zmian sezonowych składu chemicznego mleka na wydatek serów tvarogowych. *Prz. Mlecz.*, 11: 12–16.





## **Selected technological factors as determinants of sensory quality and storage stability of acid curd cheeses**

### **Summary**

The effects of some technological factors such as season, country of origin of cows (the Netherlands and Sweden), type of starter cultures, use of probiotic strains (*Lactobacillus acidophilus* LA 5 and *Bifidobacterium bifidum* BB 12), addition of microbial transglutaminase to the processing milk and type of packaging film, on sensory characteristics and some physicochemical indicators of acid-curd cheeses (tvarogs) during cool storage were examined. All the examined cheeses underwent sensory evaluation and were analysed for moisture content, lipid content, titratable acidity, pH and the amount of whey drainage. Additionally, the cheeses were tested rheologically, which depended on hardness evaluation using the double compression test (TPA). In the experiment on the effect of probiotic strains on the quality of tvarogs the applied leavenings and obtained cheeses were tested microbiologically. The total number of lactic acid bacteria and the number of live cells of probiotic bacteria were determined. The analysis of tvarogs was conducted directly after their production and packaging, as well as after 3, 7, 14 and 21 days of storage at the temperature of  $5\pm 1^\circ\text{C}$ . The examined factors (time of year, country of origin of cows, starter and probiotic strains, microbial transglutaminase and packaging material) were found to affect sensory characteristics and almost all the examined physicochemical indicators of acid-curd cheeses during 21 days of cool storage. It was found that evaluated factors (season, the country of origin of the cows, starter cultures and probiotics, microbial transglutaminase and packing material) in different ways affect the sensory quality and the storage stability of tvarogs. All analysed samples were characterized by good sensory quality, normative acidity and water and fat contents. In addition, a statistically significant increase in the hardness of nearly all the acid-curd cheese during storage. Tvarog made from goat's milk had less fat content, higher water content and lower hardness. The highest sensory quality was characterized by acid-curd cheese produced in the autumn and winter, and using starter cultures CHN-19, and FLDAN Choozit<sup>TM</sup>. For the storage stability of the curd in the most affected in succession: microbial transglutaminase, season, type of starter culture and probiotic strains. Lesser role played by the country of origin of the cows and packing material.





# Gewählte verfahrenstechnische Faktoren als Determinanten sensorischer Qualität und Lagerungsstabilität von Sauermilchquarks

## Zusammenfassung

Es wurde sensorische Qualität und Lagerungsstabilität von Sauermilchquarks in Abhängigkeit von der Jahreszeit, des Herkunftslandes der Kühe (Niederlande und Schweden), der Art von Starterkulturen, der probiotischen Bakterienstämme (*Lactobacillus acidophilus* LA 5 und *Bifidobacterium bifidum* BB 12), der Zugabe der mikrobiologischen Transglutaminase zu der verarbeiteten Milch als auch von der Art der Verpackungsfolie bestimmt. Die untersuchten Quarks wurden sensorisch bewertet und es wurden auch der Wasser- und Fettgehalt, die Titrationsazidität, pH-Wert und die Synärese der Molke bestimmt. Darüber hinaus wurden die Quarks rheologisch analysiert, wobei ihre Härte mit Hilfe des Tests des doppelten Zusammendrückens TPA bewertet wurde. Im Rahmen der Prüfung des Einflusses von probiotischen Bakterienstämmen auf die Qualität von Quarks wurden in verwendeten Säureweckern und Versuchsprodukten die Menge von mesophilen Milchstreptokokken und probiotischen Bakterienstämmen bestimmt. Die Analyse von Quarks wurde unmittelbar nach der Produktion und dem Verpacken und nach dem 3., 7., 14. und 21. Tag der Aufbewahrung bei einer Temperatur von  $5\pm 1^{\circ}\text{C}$  durchgeführt. Es wurde festgestellt, dass die bewerteten Faktoren (Jahreszeit, Herkunftsland der Kühe, Starter- und probiotische Kulturen, mikrobiologische Transglutaminase und Verpackungsmaterial) in verschiedener Weise die sensorische Qualität und die Lagerungsstabilität von Sauermilchquarks beeinflussten. Die hergestellten Quarks kennzeichneten sich durch eine gute sensorische Qualität, normengerechte Azidität und den normengerechten Wasser- und Fettgehalt. Außerdem stellte man eine statistisch bedeutende Zunahme der Härte von fast allen Sauermilchquarks während der Aufbewahrung fest. Die aus Ziegenmilch erzeugten Quarks kennzeichneten sich durch einen niedrigeren Fettgehalt, höheren Wassergehalt und kleinere Härte. Die höchste sensorische Qualität wiesen die während der Herbst- und Winterperiode unter Verwendung von Starterkulturen CHN-19, Choozit<sup>TM</sup> und FLDAN hergestellten Quarks nach. Die Lagerungsstabilität von Quarks wurde im höchsten Maße von folgenden Faktoren beeinflusst: mikrobiologische Transglutaminase, Jahreszeit, Art der Starterkultur und probiotische Bakterienstämme. Eine kleine Rolle spielten das Herkunftsland der Kühe und die Art der Verpackungsfolie.











Biblioteka Główna  
Zachodniopomorskiego Uniwersytetu  
Technologicznego w Szczecinie

**W. 148360**



012-148360-00-0

**W 17.01**

ISBN 978-83-7663-131-8