

UNIwersytet PRZYRODniczy w LUBLINIE
WYDZIAŁ NAUK O ZWIERZĘTACH
I BIOGOSPODARKI

Agnieszka Wawryniuk

WPŁYW WYBRANYCH CZYNNIKÓW NA JAKOŚĆ MLEKA ORAZ TWAROGÓW
WYTWARZANYCH NA BAZIE TEGO SUROWCA, ZE SZCZEGÓLNYM
UWZGLĘDNIENIEM ZAWARTOŚCI WITAMIN LIPOFILNYCH

Autoreferat rozprawy doktorskiej

LUBLIN 2019

UNIwersytet PRZYRODniczy w LUBLINIE
WYDZIAŁ NAUK O ZWIERZĘTACH
I BIOGOSPODARKI

Agnieszka Wawryniuk

Wpływ wybranych czynników na jakość mleka oraz twarogów
wytwarzanych na bazie tego surowca, ze szczególnym
uwzględnieniem zawartości witamin lipofilnych

Autoreferat rozprawy doktorskiej

Promotor: dr hab. inż. Jolanta Król prof. uczelni

Promotor pomocniczy: dr hab. Aneta Brodziak prof. uczelni

Recenzenci: dr hab. Beata Kuczyńska prof. nadzw. SGGW
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

dr hab. Aldona Kawęcka
Instytut Zootechniki PIB w Balicach

LUBLIN 2019

Spis treści

1	WSTĘP	4
2	CEL PRACY	5
3	MATERIAŁ I METODY BADAŃ	6
3.1	MATERIAŁ BADAWCZY I PROJEKT DOŚWIADCZENIA	6
3.2	OCENA JAKOŚCI MLEKA SUROWEGO	8
3.2.1	Oznaczanie podstawowych parametrów fizykochemicznych mleka.....	8
3.2.2	Oznaczanie zawartości witamin lipofilnych w mleku	9
3.2.3	Ocena jakości mikrobiologicznej mleka zbiorczego	10
3.3	PRODUKCJA ORAZ OCENA JAKOŚCI TWAROGÓW DOŚWIADCZALNYCH.....	10
3.3.1	Schemat produkcji twarogów	10
3.3.2	Oznaczanie podstawowych parametrów otrzymanego twarogu.....	12
3.3.3	Oznaczanie zawartości witamin lipofilnych	12
3.3.4	Oznaczanie wartości odżywczej twarogów	12
3.3.5	Wydatek oraz wskaźniki retencji podstawowych składników odżywczych i witamin	13
3.3.6	Ocena jakości mikrobiologicznej twarogów	13
3.3.7	Ocena konsumencka twarogów	13
3.3.8	Oznaczanie podstawowych parametrów otrzymanej serwatki	14
3.4	ANALIZA STATYSTYCZNA.....	14
4	OMÓWIENIE WYNIKÓW	14
4.1	WYDAJNOŚĆ MLECZNA I PODSTAWOWE PARAMETRY FIZYKOCHEMICZNE MLEKA.....	14
4.2	ZAWARTOŚĆ WITAMIN LIPOFILNYCH W MLEKU	17
4.3	PODSTAWOWE PARAMETRY FIZYKOCHEMICZNE I ZAWARTOŚĆ WITAMIN LIPOFILNYCH W MLEKU ZBIORCZYM	18
4.4	PODSTAWOWE PARAMETRY FIZYKOCHEMICZNE I ZAWARTOŚĆ WITAMIN LIPOFILNYCH W SERWATCE	20
4.5	PODSTAWOWE PARAMETRY FIZYKOCHEMICZNE I WYDATEK TWAROGÓW DOŚWIADCZALNYCH.....	22
4.6	ZAWARTOŚĆ WITAMIN LIPOFILNYCH W TWAROGACH DOŚWIADCZALNYCH.....	24
4.7	WARTOŚĆ ENERGETYCZNA ORAZ WSKAŹNIKI JAKOŚCI ŻYWIENIOWEJ TWAROGÓW DOŚWIADCZALNYCH.....	26
4.8	WSKAŹNIKI RETENCJI BIAŁKA I WITAMIN LIPOFILNYCH W TWAROGACH DOŚWIADCZALNYCH	27
4.9	PARAMETRY TEKSTURY I BARWY TWAROGÓW DOŚWIADCZALNYCH	28
4.10	OCENA KONSUMENCKA TWAROGÓW DOŚWIADCZALNYCH	31
5	PODSUMOWANIE I WNIOSKI	32

1 Wstęp

Mleko i produkty mleczne stanowią istotne uzupełnienie codziennej diety w składniki pokarmowe, jak również substancje bioaktywne, tj.: białka serwatkowe, nukleotydy, peptydy, kwasy tłuszczowe, witaminy rozpuszczalne w tłuszczach, czy fosfolipidy [Radkowska, 2013; Severin i Wenshui, 2005]. Wzrost zainteresowania walorami prozdrowotnymi żywności przyczynił się w ostatnich latach do skierowania uwagi na składniki mające decydujący wpływ na stan zdrowia człowieka. Są to komponenty występujące w produkcie naturalnie, w niewielkich ilościach, które oddziałują na organizm konsumenta na poziomie fizjologicznym, behawioralnym czy odpowiedzi odpornościowej. Jednym z nich jest tłuszcz mlekowy, który łącznie z witaminami lipofilnymi A, D₃, E i K, ze względu na szczególną rolę jaką odgrywa w profilaktyce szeregu chorób, znalazł się w centrum zainteresowania naukowców, lekarzy, technologów oraz konsumentów [Gabryszuk in., 2013; Radkowska, 2015; Żebrowska i in., 2009]. Witaminy stanowią ważną grupę substancji organicznych o wysokiej aktywności biologicznej, niezbędnych do wzrostu i funkcjonowania organizmu [Morrissey i Hill, 2009]. Wśród witamin rozpuszczalnych w tłuszczach należy wymienić przede wszystkim witaminę A wraz z β -karotenem (prowitamina A), znane przede wszystkim jako remedium na problemy ze wzrokiem; witaminę D powszechnie określaną jako czynnik przeciwkrzywicy u dzieci oraz witaminę E, uważaną za składnik dietetyczny, który jest niezbędny do prawidłowej reprodukcji ludzi i zwierząt [Zaborska i in., 2014, 2015a, 2015b].

Ważne źródło witamin, w tym przede wszystkim rozpuszczalnych w tłuszczach, stanowi mleko i produkty mleczne. Krajowa konsumpcja mleka w 2018 roku wynosiła 223 litry w przeliczeniu na jedną osobę i była o 2,3% wyższa niż w roku poprzednim. Badania wskazują, że gospodarstwa domowe istotnie ograniczyły konsumpcję mleka spożywczego pitnego (o 2,9%) i jogurtów (o 1,9%). Zwiększyła się natomiast konsumpcja serów dojrzewających i topionych o 2,4%, a pozostałe produkty tj. mleko zagęszczone i w proszku, twarogi i śmietana, utrzymały się na niezmiennym poziomie. Pomimo dynamicznego wzrostu spożycia serów dojrzewających, ich konsumpcja (dane łącznie z serami topionymi w 2017 roku), jest zdecydowanie niższa niż twarogów i wynosi 0,42 kg/osobę/miesiąc. Statystyczny Polak spożywa średnio miesięcznie 0,44 kg twarogu, co w ujęciu rocznym stanowi 5,28 kg tego tradycyjnego produktu nabiałowego [Rynek mleka, 2018]. Duża popularność spożycia serów białych w Polsce wynika z wielopokoleniowej tradycji konsumpcji, ukształtowanych przyzwyczajzeń żywieniowych oraz dużej dostępności w bogatym asortymencie i stosunkowo niskiej cenie. Wysoka atrakcyjność żywieniowa twarogu wynika przede wszystkim z zawartości pełnowartościowego białka zwierzęcego,

charakteryzującego się bardzo wysoką strawnością, na poziomie 96-97% oraz stosunkowo małej wartości energetycznej. Ponadto twarogi wzbogacają dietę człowieka w lekkostrawny tłuszcz mlekowy, witaminy oraz składniki mineralne [Siemianowski i Szpendowski, 2012; Żylińska i in., 2014]. Stanowią również potencjalne źródło bioaktywnych peptydów, które wykazują pozytywny wpływ na zdrowie człowieka [Barać i in., 2017].

W ostatnich latach coraz większa liczba konsumentów zwraca uwagę nie tylko na wartość odżywczą i jakość produktów, ale także na warunki utrzymania zwierząt, ich dobrostan oraz wpływ hodowli na środowisko naturalne. Wieloaspektowe korzyści może więc przynieść pastwiskowe żywienie krów, które prowadzi do pozyskania mleka o wysokiej zawartości składników bioaktywnych, jak również sprzyja dobrostanowi zwierząt [Radkowska, 2015].

2 Cel pracy

Celem pracy była ocena jakości mleka surowego, ze szczególnym uwzględnieniem zawartości witamin rozpuszczalnych w tłuszczach, w zależności od:

- rasy krów (polska holsztyńsko-fryzyjska, simentalska),
- systemu produkcji (intensywny, tradycyjny),
- sezonu produkcji (wiosenno-letni, jesienno-zimowy),

oraz ocena jakości twarogów kwasowych wytwarzanych na bazie ocenianego surowca, także z uwzględnieniem:

- rasy krów (polska holsztyńsko-fryzyjska, simentalska),
- systemu (intensywny, tradycyjny) i sezonu produkcji (wiosenno-letni, jesienno-zimowy) oraz
- rodzaju zastosowanych kultur starterowych (szczepionka liofilizowana oraz tradycyjny zakwas).

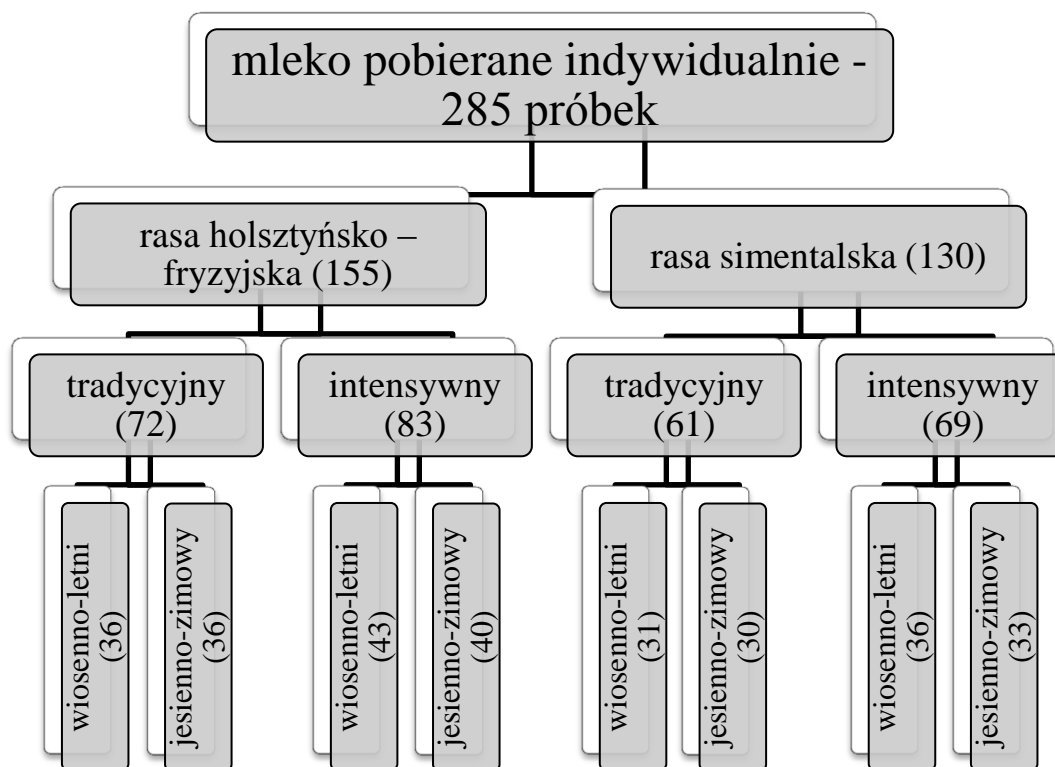
Celem dodatkowym była również ocena serwatki kwasowej uzyskanej podczas produkcji serów twarogowych, z uwzględnieniem wpływu tych samych czynników, co w przypadku serów.

3 Materiał i metody badań

3.1 Materiał badawczy i projekt doświadczenia

Projekt doświadczenia obejmował dwuetapowe przeprowadzenie badań, tj. analizę surowca, a także wytworzonych z niego produktów – serów twarogowych. W pierwszej części pobrano oraz poddano analizie mleko surowe, pozyskane indywidualnie od każdej krowy. Badaniami objęto łącznie 285 próbek mleka, w tym 155 od krów rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej i 130 od krów rasy simentalskiej (Schemat 1). Próbki mleka pobierano raz w miesiącu, zaliczając mleko pobrane w okresie maj-sierpień do sezonu wiosenno-letniego, a w okresie wrzesień-marzec do jesienno-zimowego. Badania przeprowadzono łącznie w trzech gospodarstwach utrzymujących krowy rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej i simentalskiej, w tym w jednym stosowano intensywny system produkcji mleka, a w dwóch kolejnych – system tradycyjny. Krowy z grupy I utrzymywane były w oborze wolnostanowiskowej, liczba krów w gospodarstwie wynosiła 100 szt. Gospodarstwa z grupy II można zaliczyć do niskonakładowych, średnia wielkość stada wynosiła 15 szt., krowy utrzymywane były w oborach uwiązowych. Żywienie krów z gospodarstwa I opierało się całorocznie na systemie PMR (sianokiszonka z traw + kiszonka z kukurydzy, śruta zbożowa). Natomiast żywienie krów utrzymywanych tradycyjnie w sezonie wiosenno-letnim opierało się głównie na pastwisku, oraz podawano siano, śrutę zbożową. W sezonie jesienno-zimowym krowom zadawano sianokiszonkę z traw i kukurydzy, siano i śrutę zbożową.

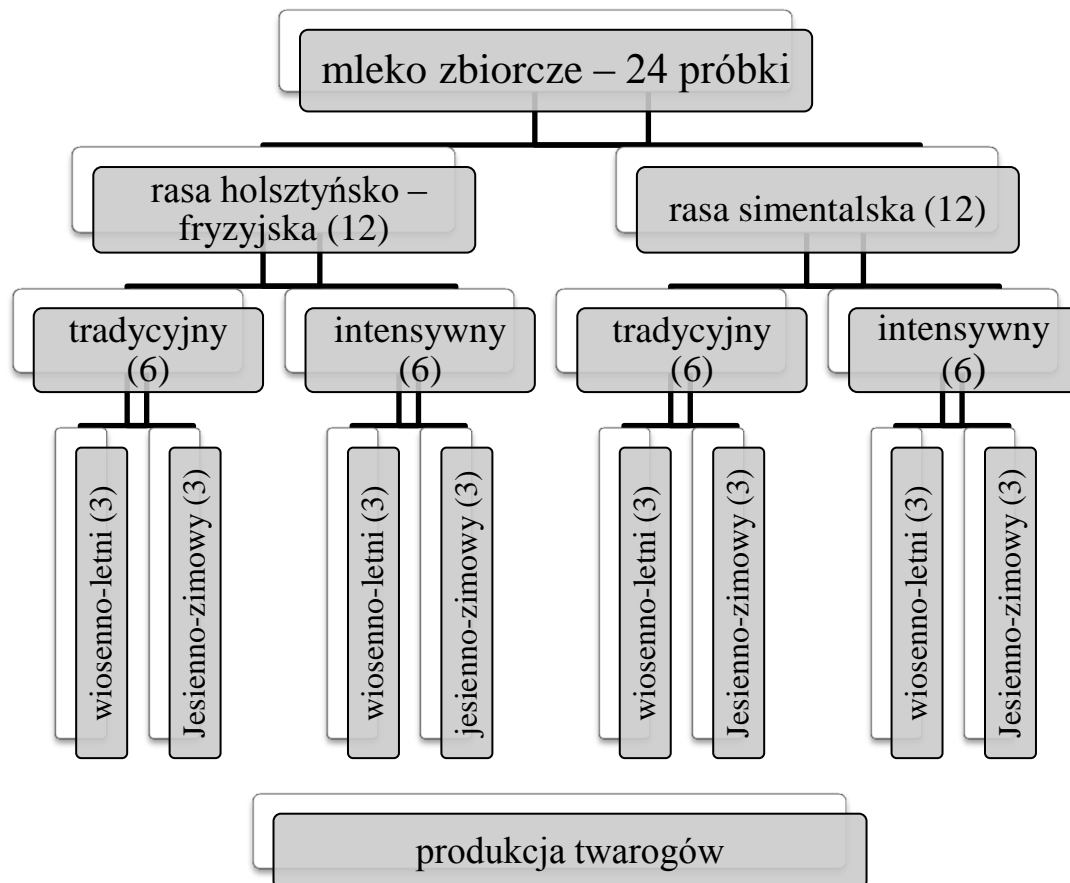
Wszystkie gospodarstwa objęte były oceną wartości użytkowej bydła mlecznego i spełniały wymagania niezbędne do produkcji mleka, które określa Rozporządzenie Komisji (WE) nr 1662/2006 z dnia 6 listopada 2006 r., zmieniające Rozporządzenie (WE) nr 853/2004 Parlamentu Europejskiego i Rady ustanawiające szczególne przepisy dotyczące higieny w odniesieniu do żywności pochodzenia zwierzęcego.



Schemat 1. System poboru próbek mleka

W drugim etapie badań, w pierwszej kolejności pobrano próbki mleka zbiorczego (łącznie 24 próbki) od krów rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej i simentalskiej (Schemat 2) i wykonano analogiczne oznaczenia, jak w przypadku próbek indywidualnych. Następnie z pobranego mleka zbiorczego przygotowano sery twarogowe kwasowe – według technologii przedstawionej na schemacie w rozdziale 3.3.1. Twarogi zostały wyprodukowane w warunkach laboratoryjnych zgodnie z tradycyjną technologią przy zastosowaniu dwóch wariantów kultur starterowych. Twarogi wytwarzano trzykrotnie w każdym z sezonów.

Otrzymane twarogi oraz serwatkę poddano analizom opisanym w rozdziałach poniżej. Wszystkie oznaczenia przeprowadzono w laboratorium Instytutu Oceny Jakości i Przetwórstwa Produktów Zwierzęcych Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie.



Schemat 2. System poboru mleka zbiorczego do produkcji twarogów

3.2 Ocena jakości mleka surowego

3.2.1 Oznaczanie podstawowych parametrów fizykochemicznych mleka

Próby mleka od poszczególnych krów oraz próby mleka zbiorczego pobierano do jałowych plastikowych pojemników o pojemności 250 ml. Pobrane próbki były przewożone w warunkach chłodniczych do laboratorium. W każdej próbce mleka surowego przeprowadzono następujące oznaczenia:

- kwasowość czynną (wartość pH) przy pomocy pH-metru (Elmetron CP-401, Polska);
- kwasowość miareczkową (potencjalną) w skali °SH (według PN-68/A-86122);
- skład chemiczny, tj. zawartość tłuszczu, białka, laktozy i suchej masy aparatem Infrared Milk Analyzer (Bentley, USA);
- zawartość kazeiny (AOAC, 2000);

- liczbę komórek somatycznych (LKS) metodą cytometrii przepływowej, aparatem Somacaunt 150 (Bentley, USA) w celu wyeliminowania próbek mleka o LKS powyżej 400 tys./ml.

3.2.2 Oznaczanie zawartości witamin lipofilnych w mleku

Stężenie wybranych witamin lipofilnych, tj. A, D₃ i E określono przy zastosowaniu metody wysokosprawnej chromatografii cieczowej w odwróconym układzie faz (RP-HPLC) (wykorzystując chromatograf cieczowy ProStar Varian, wyposażony w detektor fluorescencyjny). Próbkę mleka przygotowano w oparciu o ekstrakcję tłuszczu metodą Röse-Gottlieb'a zmodyfikowaną przez Hewavitharana i in. [1996] (Schemat 3).



Schemat 3. Przygotowanie próbek mleka do analiz HPLC

Rozdziały analizowanych związków odbywały się na kolumnie PursuitXR_s 3-C18 (Varian, USA) o długości 150 mm i średnicy 4,6 mm. Fazę mobilną stanowiła mieszanina

acetonitrylu, metanolu, wody i dichlorometanu (Sigma, Niemcy), a natężenie przepływu ustalono na 1 ml/min. W identycznych warunkach przeprowadzono analizy substancji wzorcowych. W tym celu zastosowano roztwory wzorcowe witamin, tj. α -tokoferol o czystości $\geq 97\%$ HPLC (witamina E), cholekalcyferol $\geq 98\%$ HPLC (witamina D₃) i retinol $\geq 99\%$ (witamina A) (Sigma, Niemcy). Na podstawie analizy czasów retencji odczytanych z poszczególnych chromatogramów, przy zastosowaniu programu Star 6.2 Chromatography Workstation (Varian, USA), dokonano identyfikacji jakościowej poszczególnych substancji. Analizę ilościową wykonano metodą wzorca zewnętrznego.

3.2.3 Ocena jakości mikrobiologicznej mleka zbiorczego

W przypadku prób mleka zbiorczego przeprowadzono również ocenę jakości mikrobiologicznej surowca. Ocena obejmowała oznaczenie ogólnej liczby bakterii na podłożu agarowym. Zastosowano metodę płytkową, stosując posiew wgłębny i przygotowując próbki i ich rozcieńczenia według PN-EN ISO 8261:2002. Płytki z posiewami inkubowano zgodnie z normami a następnie zliczano wyrosłe kolonie, zaś wyniki przeliczano i podano jako jtk/ml produktu.

3.3 Produkcja oraz ocena jakości twarogów doświadczalnych

3.3.1 Schemat produkcji twarogów

Wyrób tradycyjnych kwasowych serów twarogowych w warunkach laboratoryjnych przebiegał zgodnie z zaleceniami Instrukcji Technologicznej nr 342/88 Centralnego Związku Spółdzielni Mleczarskich „Sery twarogowe niedojrzewające” (Schemat 4). Surowiec do produkcji stanowiło nieznormalizowane mleko pełne, poddane obróbce cieplnej w wysokiej temperaturze – 80°C przez 10 minut. Zastosowano krótkotrwały typ koagulacji charakteryzujący się wprowadzeniem do mleka o temperaturze 32-35°C zwiększonej ilości kultur starterowych, gdzie średni czas koagulacji wynosił 6-8 godzin.

Do badań zastosowano handlowe kultury starterowe paciorkowców mlekowych, używane w przemyśle mleczarskim do produkcji śmietany i twarogów. Zastosowane kultury starterowe nr 1 - liofilizowane startery typu DVS, służące do bezpośredniego zaszczepiania mleka przerobowego bakteriami fermentacji mlekowej (Flora Danica, Chr. Hansen) oraz kultury starterowe nr 2 -tradycyjny zakwas roboczy uzyskany przy użyciu liofilizowanych szczepionek czystych kultur maślarskich.

Obie szczepionki zawierały w swoim składzie *Lactococcus lactis subsp. cremoris*, *Lactococcus lactis subsp. lactis*, *Leuconostoc mesenteroides subsp. cremoris* i *Lactococcus lactis subsp. diacetylactis*. Kultury starterowe różniły się między sobą aktywnością kwaszącą i aromatyzującą, wynikającą z różnych proporcji w liczebności wymienionych paciorkowców mlekowych. Zastosowane startery różniły się przede wszystkim zawartością szczepów *Lactococcus lactis subsp. diacetylactis*, które są odpowiedzialne za syntezę związków kształtujących cechy smakowo-zapachowe i wytwarzanie gazu CO₂. Szczepionka pierwsza zawierała mikroorganizmy z rodzaju *Lactococcus lactis subsp. diacetylactis* na poziomie 5-40% (1) zaś druga - 5-30% (2).

Proces ukwaszania prowadzono w trzech równoległych powtórzeniach. Twarogi poddano ocenie fizykochemicznej jak również sensorycznej.



Schemat 4. Produkcja twarogów doświadczalnych

3.3.2 Oznaczanie podstawowych parametrów otrzymanego twarogu

W próbce otrzymanego twarogu określano:

- masę twarogu [g];
- kwasowość czynną (wartość pH) przy pomocy pH-metru (Elmetron CP-401, Polska);
- kwasowość miareczkową (potencjalną) w skali °SH (według PN-A-86232:1973);
- zawartość białka (według PN-75/A-04018:197);
- zawartość tłuszczu (metodą Gerbera według PN-A-86232:1973);
- zawartość wody (metodą suszenia w 102°C według PN-A-86232:1973);
- parametry tekstury (twardość, siła spoistości, sprężystość, gumistość, żujność, spoistość, adhezyjność). Próbki badano testem penetracji przy zadanej głębokości 10 mm i prędkości przesuwu głowicy 1 mm/sekundę wykonując 5 powtórzeń (teksturometr Zwick/Roell ProLine Z0.5);
- natężenie barwy (miernikiem nasycenia barwy Minolta CR-310 w przestrzeni barw CIE L*a*b, gdzie: L* – jasność metryczna, a* – składowa czerwono-zielona, b* – składowa żółto-niebieska).

3.3.3 Oznaczanie zawartości witamin lipofilnych

Oznaczono stężenie wybranych witamin lipofilnych, tj. A, D₃ i E zgodnie z metodyką opisaną dla mleka (rozdział 3.2.2).

3.3.4 Oznaczanie wartości odżywczej twarogów

Wartość odżywczą twarogów doświadczalnych określono wyliczając na podstawie średnich wartości składu chemicznego wartość energetyczną oraz wskaźnik jakości żywieniowej (INQ – Index Nutritional Quality). Do obliczania wartości energetycznej wykorzystano równoważniki Atwatera netto, według których: 1 g białka = 4,0 kcal, 1 g cukrów = 4,0 kcal, 1 g tłuszczu = 9,0 kcal [Gawęcki (red.), 2010]. Wartości INQ obliczano dla białka i witamin w odniesieniu do średniego zapotrzebowania, oddzielnie dla populacji kobiet i mężczyzn według równania:

$$INQ = \frac{\text{zawartość składnika w 100 g produktu} \times \text{zapotrzebowanie na energię}}{\text{wartość energetyczna 100 g produktu} \times \text{zapotrzebowanie na składniki}}$$

W grupie kobiet przyjęto zapotrzebowanie dla osoby dorosłej o masie ciała 60 kg na: białko – 54 g/dobę; tłuszcz – 79 g/dobę (30% energii w diecie); witaminę A - 0,5 mg/dobę; witaminę E – 8 mg/dobę. W grupie mężczyzn dla osoby o masie 80 kg przyjęto następujące zapotrzebowanie : białko – 72 g/dobę; tłuszcz – 119 g/dobę (30% energii w diecie); witaminę A – 0,63 mg/dobę; witaminę E - 10 mg/dobę. Dla obu grup przyjęto zgodnie z zaleceniami zapotrzebowanie na: energię - 2000 kcal/dobę i witaminę D₃ - 15μg/dobę [Jarosz i in., 2017].

3.3.5 Wydatek oraz wskaźniki retencji podstawowych składników odżywczych i witamin

Wyliczono również wydatek otrzymanych twarogów [Bohdziewicz, 2010] oraz wskaźniki retencji białka i witamin lipofilnych (według Tippetts i in., 2012):

- wydatek twarogu - jako ilość litrów mleka zużyta na wyprodukowanie 1 kg twarogu
- retencja białka oraz witamin A, D₃ i E:

$$R [\%] = \frac{\text{zaw. składnika w twarogu (g)}}{\text{zaw. składnika w serwatce (g)} + \text{zaw. składnika w twarogu (g)}} \times 100$$

3.3.6 Ocena jakości mikrobiologicznej twarogów

W przypadku twarogów przeprowadzono również ocenę jakości mikrobiologicznej. Ocena obejmowała oznaczenie ogólnej liczby bakterii (OLD) na podłożu agarowym. Zastosowano metodę płytkową, stosując posiew wgłębny i przygotowując próbki i ich rozcieńczenia według PN-EN ISO 8261:2002 i PN-EN ISO 4833-1:2013-12. Płytki z posiewami inkubowano zgodnie z normami a następnie zliczano wyrosłe kolonie zaś wyniki przeliczano i podano jako jtk/g produktu.

3.3.7 Ocena konsumencka twarogów

Pobierane do badań sery twarogowe każdorazowo poddawane były ocenie sensorycznej. Badania wykonano w 2 sesjach, uwzględniając wymagania dla twarogów

zawarte w normie PN-A-86300:1991. Ocenę sensoryczną skrzepów twarogowych prowadzono przy zastosowaniu metody skalowania. Metoda ta polegała na ilościowym wyrażeniu określonych charakterystyk, tj.: konsystencji, barwy, smaku i zapachu, w skali 5-punktowej (gdzie 5 oznaczało ocenę bardzo dobrą, a 1 - ocenę najniższą). Ocenę sensoryczną przeprowadzał zespół składający się z ośmiu osób przeszkolonych w sposób zgodny z zaleceniami dotyczącymi wymienionej metody. W celu uniemożliwienia identyfikacji, wszystkie produkty zostały odpowiednio zakodowane. Przed podaniem testerom, twarogi były porcjowane i przechowywane godzinę w temperaturze pokojowej.

3.3.8 Oznaczanie podstawowych parametrów otrzymanej serwatki

Dodatkowo ocenie poddano również produkt uboczny – serwatkę, w której określono:

- objętość (w cylindrze [ml]);
- kwasowość czynną (wartość pH) przy pomocy pH-metru (Elmetron CP-401, Polska);
- podstawowy skład chemiczny, tj. zawartość białka ogólnego, tłuszczu, laktozy i suchej masy (aparatem Infrared Milk Analyzer, Bentley Instruments);
- zawartość witamin A, D₃ i E (według metodyki opisanej dla mleka w rozdziale 3.2.2).

3.4 Analiza statystyczna

Wyniki opracowano statystycznie wykorzystując program Statistica ver. 13.1, Dell Inc., 2016, wykorzystując jedno- i wieloczynnikową analizę wariancji z interakcją, podając średnie wartości dla poszczególnych cech oraz odchylenie standardowe.

W analizie statystycznej uwzględniono następujące czynniki:

- rasa krów (polska holsztyńsko-fryzyjska i simentalska),
- system produkcji (intensywny i tradycyjny),
- sezon produkcji (wiosenno-letni i jesienno-zimowy),
- rodzaj zastosowanych kultur starterowych (handlowa szczepionka liofilizowana oraz tradycyjny zakwas) w przypadku serwatki i twarogów.

4 Omówienie wyników

4.1 Wydajność mleczna i podstawowe parametry fizykochemiczne mleka

Istotnym czynnikiem decydującym o rentowności gospodarstw utrzymujących krowy jest ich produktywność. Wyniki badań własnych wskazują, że krowy utrzymywane

w gospodarstwie nastawionym na intensywną produkcję mleka charakteryzowały się istotnie wyższą (o około 35%) wydajnością dobową w porównaniu ze zwierzętami z gospodarstw niskonakładowych stosujących tradycyjny system żywienia. W przypadku rasy holsztyńsko-fryzyjskiej różnice na korzyść systemu intensywnego wynosiły 9,26 kg mleka, a simentalskiej – 7,1 kg.

W badaniach własnych mleko krów utrzymywanych systemem intensywnym, zarówno w przypadku rasy holsztyńsko-fryzyjskiej i simentalskiej charakteryzowało się wyższą zawartością podstawowych składników odżywczych, w tym białka. Należy zauważyć, że mleko krów rasy simentalskiej charakteryzowało się istotnie wyższą zawartością białka ogólnego niezależnie od systemu produkcji (3,39% w systemie tradycyjnym i 3,86% w intensywnym), w tym kazeiny (odpowiednio 2,72% i 2,98%) w porównaniu do mleka krów rasy holsztyńsko-fryzyjskiej (odpowiednio 3,26% i 3,66% białko ogólne; 2,56% i 2,76% kazeina). Odwrotną zależność odnotowano w przypadku koncentracji tłuszczu. Mleko krów rasy simentalskiej odznaczało się niższą zawartością tłuszczu o około 0,4 p.p. (punktu procentowego) w systemie tradycyjnym i 0,2 p.p. w intensywnym, w porównaniu do mleka krów holsztyńsko-fryzyjskich (w tradycyjnym wynosiło 3,93% a intensywnym 4,34% dla rasy simentalskiej). Przy czym należy dodać, że statystycznie istotne różnice ($p \leq 0,01$) odnotowano dla systemu tradycyjnego. Niezależnie od technologii chowu wykazano istotnie ($p \leq 0,01$) korzystniejsze proporcje białka do tłuszczu w mleku krów rasy simentalskiej, wynoszące 0,89 w systemie intensywnym i 0,83 w tradycyjnym. Dla porównania, wskaźnik ten dla mleka krów rasy holsztyńsko-fryzyjskiej wynosił odpowiednio: 0,81 i 0,78. Krowy rasy simentalskiej reprezentują kombinowany typ mleczno-mięsny, którego metabolizm różni się nieznacznie od ras typowo mlecznych. Przy dużej podaży pasz bogatych we włókno w dawce pokarmowej, krowy te mają tendencję do odkładania tłuszczu w postaci tkanki podskórnej, dlatego zawartość tego składnika w mleku utrzymuje się na średnim poziomie. Natomiast duża koncentracja białka w mleku krów rasy simentalskiej jest cechą uwarunkowaną genetycznie i wyróżnia tę rasę, jako produkującą bardzo dobry surowiec do wytwarzania serów [Litwińczuk i in., 2015; Sturaro i in., 2012].

Badania własne wskazują również na istotny wpływ systemu produkcji na LKS, która jest powszechnie stosowanym wskaźnikiem oceny stanu zdrowia wymienia oraz jakości mleka, a jednocześnie jednym z kryteriów przyjęcia mleka do skupu. Oceniane mleko spełniało wymagania obowiązującego Rozporządzenia Komisji (WE) nr 1662 z dnia 6 listopada 2006 r., według którego jednym z podstawowych kryteriów klasyfikacji mleka jest liczba komórek somatycznych. Mleko krów utrzymywanych w systemie intensywnym, rasy

holsztyńsko-fryzyjskiej zawierało 288 tys. komórek somatycznych w 1 ml mleka, natomiast simentalskiej - 195 tys./1 ml. Podobną tendencję zauważono w mleku krów utrzymywanych systemem tradycyjnym, gdzie LKS dla krów rasy holsztyńsko-fryzyjskiej była wyższa i wynosiła 310 tys. w 1 ml, zaś w mleku krów rasy simentalskiej 298 tys. w 1ml. Uważa się, że krowy ras wysoko produkcyjnych (polska holsztyńsko-fryzyjska odmiany czarno- i czerwono-białej) mają większą podatność na stany zapalne wymienia, co skutkuje zwiększoną liczbą komórek somatycznych w mleku [Litwińczuk i in., 2011]. Wyniki kwasowości, zarówno czynnej i potencjalnej świadczą również o świeżości analizowanego mleka, a zarazem o jego przydatności do przetwórstwa. Zgodnie z wymaganiami wartość pH powinna mieścić się w granicach 6,6-6,8, zaś kwasowość miareczkowa 6,0-7,5°SH. Nie wykazano statystycznie istotnych różnic pod względem kwasowości mleka.

Niezależnie od rasy krów i zastosowanego systemu produkcji w sezonie wiosenno-letnim krowy produkowały więcej mleka w porównaniu do sezonu jesienno-zimowego. Czynnikiem różnicującym wydajność mleczną krów są sezonowe różnice w jakości pasz. Zdaniem Auld i in. [2013] główną paszą w sezonie letnim, która wpływa na wzrost wydajności mleka, jest zielonka pastwiskowa. W badaniach własnych większe różnice w produkcji mleka pomiędzy sezonami (na korzyść pastwiskowego) zanotowano w systemie tradycyjnym, w których żywienie w okresie wiosenno-letnim oparte było głównie o pastwisko. W sezonie tym w porównaniu do jesienno-zimowego wydajność krów utrzymywanych w systemie tradycyjnym była wyższa o około 16,5% w przypadku rasy holsztyńsko-fryzyjskiej i o ponad 28% w przypadku simentalskiej. W systemie intensywnym, w którym żywienie nie zmieniało się sezonowo, nie stwierdzono istotnych różnic.

Mleko pozyskiwane w sezonie wiosenno-letnim, niezależnie od systemu produkcji i rasy krów charakteryzowało się istotnie niższą zawartością tłuszczu i białka, w tym kazeiny. Najwyższą zawartość tych składników zanotowano w mleku pozyskiwanym w systemie intensywnym, przy czym różnice pomiędzy sezonami w obrębie tego systemu były najmniejsze. W systemie tradycyjnym różnice sezonowe, na korzyść wiosenno-letniego (pastwiskowego), okazały się zdecydowanie większe i statystycznie istotne ($p \leq 0,01$). Mleko krów rasy holsztyńsko-fryzyjskiej, pozyskane z systemu tradycyjnego, zawierało w sezonie jesienno-zimowym istotnie więcej o 0,24 p.p. tłuszczu, 0,16 p.p. białka, 0,09 p.p. kazeiny i 0,08 p.p. laktozy w porównaniu do mleka pochodzącego z sezonu wiosenno-letniego. Istotne różnice sezonowe wykazano również dla mleka produkowanego przez krowy rasy simentalskiej. Tak jak w przypadku rasy holsztyńsko-fryzyjskiej dotyczyły one jedynie systemu tradycyjnego, co wynikało z odmiennego sposobu żywienia sezonowego w tym

systemie. Mleko pozyskiwane w sezonie wiosenno-letnim charakteryzowało się o 0,20 p.p. wyższą zawartością tłuszczu, 0,15 p.p. białka i 0,13 p.p. kazeiny w porównaniu do mleka pozyskanego w sezonie jesienno-zimowym.

W systemie intensywnym, zarówno dla rasy holsztyńsko-fryzyjskiej jak i simentalskiej nie stwierdzono istotnych różnic sezonowych w zawartości składników mleka. Litwińczuk i Szulc [2005] wyjaśniają, że w intensywnej produkcji mleka sezon jego pozyskania w coraz mniejszym stopniu wpływa na dobową produkcyjność mleczną krów oraz na skład mleka. Uzyskane wyniki badań własnych potwierdzają tę zależność.

W przypadku stosunku białka do tłuszczu nie wykazano statystycznie istotnych różnic sezonowych. Wskaźnik ten w systemie tradycyjnym kształtował się od 0,78 do 0,79 dla rasy holsztyńsko-fryzyjskiej i od 0,82 do 0,85 dla rasy simentalskiej. W systemie intensywnym wynosił odpowiednio: 0,80-0,82 i 0,89-0,90. Należy przy tym zaznaczyć, że wyższe wartości stwierdzono dla systemu intensywnego w sezonie wiosenno-letnim.

Oceniając jakość i zdrowotność krów określaną wskaźnikiem LKS dla obu ras krów, zarówno w systemie tradycyjnym jak i intensywnym, niższy poziom tego parametru stwierdzono w sezonie jesienno-zimowym, przy czym w systemie intensywnym różnice były statystycznie istotne przy $p \leq 0,05$. W sezonie wiosenno-letnim poziom LKS w mleku krów rasy holsztyńsko-fryzyjskiej wynosił 317 tys./ml, a simentalskiej – 260 tys./ml. W sezonie jesienno-zimowym wynosił odpowiednio: 260 i 144 tys./ml. Należy zauważyć, iż liczba komórek somatycznych była wyższa w systemie tradycyjnym w mleku krów rasy holsztyńsko-fryzyjskiej.

4.2 Zawartość witamin lipofilnych w mleku

Analiza wyników badań własnych, uwzględniająca wpływ systemu produkcji i rasy krów na zawartość witamin lipofilnych w mleku, wskazuje, że mleko krów utrzymywanych systemem tradycyjnym, zarówno w przypadku rasy holsztyńsko-fryzyjskiej i simentalskiej, charakteryzowało się wyższą zawartością witamin lipofilnych, w porównaniu do mleka krów tych ras utrzymywanych systemem intensywnym. Zawartość witamin lipofilnych w mleku krów utrzymywanych systemem tradycyjnym była średnio wyższa o 33% dla witaminy A, 25% dla witaminy D₃ i 43% w przypadku witaminy E. Warto podkreślić, że w mleku krów utrzymywanych systemem tradycyjnym, równocześnie wykazano niższą koncentrację podstawowych składników odżywczych, w tym tłuszczu.

Niezależnie od zastosowanego systemu produkcji mleko pozyskiwane od krów rasy simentalskiej zawierało więcej witamin lipofilnych, przy czym statystycznie istotne różnice

($p \leq 0,01$) wykazano w systemie tradycyjnym. W porównaniu do mleka krów rasy holsztyńsko-fryzyjskiej mleko pozyskiwane od rasy simentalskiej zawierało istotnie więcej witaminy A (o 0,052 μg) i E (o 0,422 mg/l).

Wpływ sezonu produkcji okazał się wysoko istotny w przypadku wszystkich analizowanych związków. Niezależnie od systemu produkcji, wyższą zawartość witamin stwierdzono w sezonie wiosenno-letnim. Należy dodać, że statystycznie istotne różnice ($p \leq 0,01$) wykazano jedynie w mleku krów pochodzących z tradycyjnego systemu produkcji. Zarówno mleko krów rasy holsztyńsko-fryzyjskiej i simentalskiej pozyskane w sezonie wiosenno-letnim okazało się bogatszym źródłem witamin lipofilnych. W przypadku mleka produkowanego przez krowy rasy holsztyńsko-fryzyjskiej w sezonie wiosenno-letnim zanotowano około 50% wzrost zawartości witaminy E i 60% wzrost witamin A i D₃ w porównaniu do mleka pozyskiwanego w sezonie jesienno-zimowym. Mleko krów rasy simentalskiej w okresie pastwiskowym zawierało o 44% więcej witaminy A, 62% witaminy D₃ i aż 72% witaminy E w stosunku do sezonu jesienno-zimowego. Przyczyną obserwowanych różnic było odmienne żywienie krów w tym systemie, oparte w sezonie wiosenno-letnim głównie na pastwisku.

4.3 Podstawowe parametry fizykochemiczne i zawartość witamin lipofilnych w mleku zbiorczym

Jednym z głównych determinantów walorów produktów mlecznych jest jakość mleka surowego. Jedynie surowiec odznaczający się odpowiednią jakością higieniczną oraz odpowiednim składem chemicznym pozwala uzyskać pełnowartościowy, trwały i smaczny produkt w pełni spełniający oczekiwania konsumentów. Oceniając wpływ rasy, systemu i sezonu produkcji wykazano analogiczne tendencje jak w mleku pobieranym indywidualnie od każdej krowy.

Mleko do przetwórstwa powinno charakteryzować się odpowiednią kwasowością, wskazującą na świeżość mleka, tj. wartość pH powinna mieścić się w granicach 6,6-6,8, zaś kwasowość miareczkowa 6,0-7,5°SH [PN-A- 86002:1999]. W badaniach własnych wszystkie oceniane próby mleka spełniały wymagania normy odnośnie kwasowości. Uzyskane wyniki wskazują również, że mleko surowe charakteryzowało się wysoką jakością higieniczną. Świadczy o tym ogólna liczba drobnoustrojów (OLD) oraz liczba komórek somatycznych (LKS). Wartości obu wskaźników jakościowych nie przekroczyły norm przyjętych za dopuszczalne według obecnie obowiązujących przepisów [Rozporządzenie Komisji (WE) nr 1662/2006 z dnia 6 listopada 2006 r.], tj. 100 tys./ml – OLD i 400 tys./ml – LKS. Istotnie

niższą LKS i OLD, a zarazem wyższą jakością mleka zbiorczego charakteryzowało się mleko pozyskane od krów rasy simentalskiej. Analiza interakcji z równoczesnym uwzględnieniem dwóch czynników, tj. rasy krów i systemu produkcji mleka wykazała, że czynniki te miały istotny ($p \leq 0,05$) wpływ na poziom LKS w badanym mleku.

Oceniając podstawowy skład chemiczny mleka zbiorczego, badania własne wykazały, że istotnie wyższą ($p \leq 0,01$) zawartością składników suchej masy charakteryzowało się mleko od krów rasy holsztyńsko-fryzyjskiej (13,15%). Uwzględniając czynniki środowiskowe stwierdzono, że mleko od krów utrzymywanych systemem intensywnym i pozyskane w sezonie jesienno-zimowym odznaczało się istotnie wyższą ($p \leq 0,01$) zawartością tego składnika, wynosząc odpowiednio: 13,48 i 13,53%. W przypadku zawartości tłuszczu określono identyczny trend, mleko zbiorcze rasy holsztyńsko-fryzyjskiej, od krów utrzymywanych systemem intensywnym oraz pozyskane w sezonie jesienno-zimowym zawierało istotnie więcej tłuszczu (odpowiednio: 4,40, 4,42 i 4,43%). Ważnym składnikiem mleka, decydującym o przydatności do przetwórstwa jest zawartość białka ogólnego, w tym kazeiny. Mleko przerobowe pochodzące od krów utrzymywanych systemem intensywnym i pozyskane w sezonie jesienno-zimowym zawierało istotnie więcej białka, w tym kazeiny. Jednocześnie wykazano, iż w tym przypadku mleko produkowane przez krowy rasy simentalskiej jest bogatszym źródłem białka ogólnego (3,57%), w tym kazeiny (2,83%). Czynniki rasowy miał statystycznie istotny ($p \leq 0,05$) wpływ na wartość stosunku białkowo-tłuszczowego. Wyższą wartość tego parametru uzyskano dla mleka krów rasy simentalskiej (0,88) w porównaniu do rasy holsztyńsko-fryzyjskiej (0,81). Nie stwierdzono równoczesnego wpływu istotnych interakcji ocenianych czynników na kwasowość mleka oraz proporcje białka do tłuszczu. Istotne interakcje uzyskano dla zawartości białka i tłuszczu w mleku.

Wyniki badań określające zawartość witamin lipofilnych wykazały, że zawartość witaminy A była statystycznie istotnie wyższa ($p \leq 0,01$) w mleku zbiorczym krów utrzymywanych systemem tradycyjnym i wynosiła 0,414 mg/l, w porównaniu do mleka z systemu intensywnego (0,320 mg/l). Analizując wpływ sezonu wykazano, że mleko zbiorcze pozyskane w sezonie wiosenno-letnim zawierało istotnie więcej witaminy A (0,464 mg/l), niż mleko z sezonu jesienno-zimowego. Nie wykazano wpływu rasy na stężenie tej witaminy w mleku. W przypadku zawartości witaminy D₃ zauważono analogiczne tendencje - mleko krów utrzymywanych systemem tradycyjnym oraz pozyskane w sezonie wiosenno-letnim zawierało istotnie więcej ($p \leq 0,01$) tej witaminy (odpowiednio: 0,607 µg/l, 0,703 µg/l) przy braku stwierdzenia wpływu rasy krów na jej poziom. Określając stężenie witaminy E należy podkreślić, że zauważono istotnie wyższą ($p \leq 0,01$) jej zawartość w mleku krów rasy

simentalskiej wynoszącą 1,713 mg/l w porównaniu do mleka krów rasy holsztyńsko-fryzyjskiej (1,399 mg/l). Wpływ pozostałych czynników był analogiczny do zawartości witamin A i D₃, tzn. mleko zbiorcze od krów utrzymywanych systemem tradycyjnym z sezonu wiosenno-letniego zawierało statystycznie istotnie więcej ($p \leq 0,01$) również witaminy E (odpowiednio: 1,694 mg/l i 1,868 mg/l). Analiza z jednoczesnym uwzględnieniem dwóch czynników (systemu i sezonu produkcji) wykazała, że czynniki te istotnie ($p \leq 0,01$) miały wpływ na zawartość wszystkich opisanych witamin lipofilnych w mleku zbiorczym. Nie stwierdzono natomiast interakcji pozostałych czynników.

4.4 Podstawowe parametry fizykochemiczne i zawartość witamin lipofilnych w serwatce

Serwatka jest jednym z istotnych produktów ubocznych w przemyśle mleczarskim, powstającym głównie przy produkcji serów, w tym również twarogowych. Analizom poddano serwatkę wydzielającą się podczas produkcji serów twarogowych w warunkach laboratoryjnych. Należy wspomnieć, że wraz z serwatką tracone są cenne składniki suchej masy mleka sięgające nawet 50-60%. Istotnie niższym ($p \leq 0,01$) czyli korzystniejszym z punktu widzenia technologicznego, odciekem serwatki charakteryzował się twaróg wyprodukowany z mleka krów rasy simentalskiej, wynosząc 554 ml. Wyższy o 7% odciek uzyskano z prób mleka pozyskiwanego od krów rasy holsztyńsko-fryzyjskiej. Zdaniem wielu autorów [Król i in., 2019; Skrzypczak i Gustaw, 2012; Skryplonek i Jasińska, 2016] dodatek białek serwatkowych wpływa na zmniejszenie wydzielania się serwatki ze skrzepu, co należy łączyć ze zdolnością wiązania wody przez białka serwatkowe. Należy zatem sądzić, iż mleko pozyskiwane od krów rasy simentalskiej zawierało więcej białek serwatkowych w porównaniu do mleka krów holsztyńsko-fryzyjskich. Natomiast Dmytrów [2015] twierdzi, że na ilość wydzielonej serwatki istotny wpływ wywiera rodzaj zastosowanej kultury starterowej. Autorka uważa, że zjawisko to można tłumaczyć tym, że bakterie obecne w szczepionkach twarogowych, dzięki zróżnicowanemu zakwaszaniu środowiska, powodują kurczenie się skrzepu kazeinowego, a tym samym decydują o różnicach wielkości wydzielanej serwatki. Zastosowane kultury starterowe w badaniach własnych istotnie ($p \leq 0,05$) różnicowały wyciek serwatki. Większe ilości serwatki uzyskano w próbach z zastosowaniem szczepionki Flora Danica (kultury starterowe 1), korzystniejsze pod tym względem były kultury starterowe 2, po użyciu których wyciek był mniejszy o około 3%.

Analizując wpływ systemu oraz sezonu wykazano, że korzystniejszym odciekem serwatki charakteryzowały się próby z mleka krów utrzymywanych systemem tradycyjnym.

Istotnie wyższym ($p \leq 0,05$) o około 3% ubytkiem technologicznym serwatki charakteryzował się twaróg wyprodukowany z mleka krów utrzymywanych systemem intensywnym. Nie wykazano natomiast istotnego wpływu sezonu na ilość wydzielającej się serwatki.

Serwatka, która powstaje podczas kwasowej koagulacji mleka przy produkcji serów twarogowych, prawidłowo przyjmuje wartości kwasowości od 4,5 do 4,7 [Wronkowska i in. 2012]. Uzyskane wyniki w badaniach własnych można zatem uznać za optymalne.

Zawartość wody w otrzymanej serwatce była na zbliżonym poziomie wynoszącym niewiele ponad 93%. Statystycznie istotne różnice w jej zawartości wykazano jedynie w przypadku sezonów. Serwatka, pozyskana przy produkcji twarogów wytworzonych w sezonie wiosenno-letnim, zawierała istotnie więcej ($p \leq 0,05$) wody w porównaniu do serwatki uzyskanej w sezonie jesienno-zimowym.

Analizowana serwatka zawierała znacznie bardziej zróżnicowaną zawartość tłuszczu i białka. System i sezon produkcji istotnie różnicowały zawartość tłuszczu ($p \leq 0,01$) oraz białka ($p \leq 0,05$) w serwatce. Dwukrotnie mniej tłuszczu stwierdzono w serwatce pozyskanej po odcieku twarogów wytworzonych z mleka krów utrzymywanych systemem tradycyjnym (o 0,16 p.p.) z sezonu wiosenno-letniego (o 0,17 p.p.) Podobne zależności stwierdzono w przypadku zawartości białka, przy czym różnice pomiędzy systemami wynosiły 0,06 p.p, a sezonami 0,05 p.p. Nie stwierdzono istotnych różnic w zawartość tych składników w zależności od rasy. Zastosowane kultury starterowe nie wpłynęły istotnie na poziom tłuszczu w serwatce. Zaprawiając mleko kulturami starterowymi 1 uzyskano natomiast istotnie więcej białka w serwatce w porównaniu do zastosowanej szczepionki 2 (0,48% vs. 0,43%).

Laktoza, stanowiąca najwyższy procent składowy serwatki, nie była statystycznie istotnie zróżnicowana i wynosiła dla wszystkich czynników od 4,50 do 4,60%.

Wykazano, że stężenie witamin A, D₃ i E w serwatce różnicował przede wszystkim sezon pozyskania mleka, z którego wyprodukowano twaróg. W przypadku każdej z witamin jej istotnie ($p \leq 0,01$) wyższe stężenie określono w serwatce po odcieku twarogów wyprodukowanych z mleka pozyskanego w sezonie wiosenno-letnim. Rasa wpływała istotnie na zawartość witaminy D₃ oraz E. Istotnie wyższą ($p \leq 0,01$) zawartość tych witamin oszacowano w serwatce po odcieku twarogów z mleka krów rasy holsztyńsko-fryzyjskiej. Serwatka po odcieku twarogów z mleka krów rasy simentalskiej zawierała o 5% mniej witaminy D₃ i o 9% - witaminy E. System utrzymania krów istotnie ($p \leq 0,01$) różnicował jedynie zawartość witaminy A w serwatce. Większą ilość witaminy A określono w serwatce po produkcji twarogów z mleka krów utrzymywanych systemem tradycyjnym 0,089 mg/l.

Pozostałe witaminy lipofilne w serwatce, niezależnie od zastosowanego systemu utrzymania krów, były na zbliżonym poziomie. Podobnie, nie wykazano statystycznie istotnych różnic w zawartości witamin lipofilnych w zależności od zastosowanych kultur starterowych.

4.5 Podstawowe parametry fizykochemiczne i wydatek twarogów doświadczalnych

Oceniając kwasowość czynną doświadczalnych twarogów z mleka krów utrzymywanych systemem tradycyjnym wykazano, że istotnie wyższą ($p \leq 0,01$) kwasowością charakteryzowały się twarogi koagulowane kulturami starterowymi 1 (szczepionka liofilizowana), niezależnie od rasy krów, od której pochodził surowiec do produkcji twarogów i sezonu pozyskania mleka. Kwasowość czynna (pH) twarogów po zastosowaniu szczepionki liofilizowanej wynosiła od 4,59 do 4,72, natomiast po zastosowaniu kultur starterowych 2 (tradycyjny zakwas) pH doświadczalnych twarogów było istotnie niższe i wynosiło od 4,43 do 4,50. Analogiczną tendencję zauważono dla twarogów wytworzonych z mleka krów utrzymywanych systemem intensywnym. Czynnikiem istotnie ($p \leq 0,01$) różnicującym kwasowość czynną twarogów był rodzaj zastosowanych kultur, a wyższym pH charakteryzowały się również twarogi po zastosowaniu kultur starterowych 1. Niezależnie od sezonu pozyskania mleka i rasy krów, od których pochodził surowiec, kwasowość potencjalna twarogów była wyższa ($p \leq 0,01$) po użyciu zakwasu (kultury starterowe 2). Kwasowość potencjalna twarogów z mleka pozyskanego w systemie intensywnym przy zastosowaniu kultur starterowych 2 wynosiła od 78,19 do 82,37°SH, przy zastosowaniu kultur starterowych 1 uzyskano niższą kwasowość potencjalną twarogów (od 66,10 do 74,25°SH). W przypadku mleka krów utrzymywanych systemem tradycyjnym stwierdzono podobne zależności, kwasowość potencjalna twarogów wytworzonych przy zastosowaniu kultur starterowych 1 przyjmowała wartości od 61,17 do 71,0°SH, natomiast przy użyciu kultur starterowych 2 uzyskano wyższą kwasowość serów (67,31-79,27°SH). Należy przy tym zaznaczyć, iż w obu systemach wyższą kwasowością charakteryzowały się twarogi wytworzone z mleka pozyskiwanego w sezonie wiosenno-letnim od krów rasy simentalskiej.

Kwasowość potencjalna zgodnie z wymaganiami normy [PN-A-86300:1991] powinna przyjmować wartości nie wyższe niż 80°SH. Dla większości twarogów wymaganie to zostało spełnione, jedynie w dwóch przypadkach stwierdzono nieco wyższe wartości (81,0 i 82,37°SH), dotyczyło to twarogów wytwarzanych z mleka krów utrzymywanych intensywnie z sezonu wiosenno-letniego przy zastosowaniu kultur starterowych 2.

Należy również zaznaczyć, iż w badanych próbkach twarogu nie stwierdzono obecności niepożądanego mikroflory.

Oceniając podstawowy skład chemiczny twarogów doświadczalnych stwierdzono wyższą zawartość tłuszczu w suchej masie i białka w twarogach na bazie surowca pozyskiwanego w sezonie jesienno-zimowym, zarówno dla systemu tradycyjnego i intensywnego. Należy zaznaczyć, iż zawartość składników suchej masy twarogu związana była bezpośrednio z jakością mleka przerobowego. Wyższą zawartość suchej masy, w tym tłuszczu zanotowano w mleku produkowanym przez krowy rasy holsztyńsko-fryzyjskiej w systemie intensywnym i również sery wytworzone na bazie tego mleka zawierały więcej suchej masy, w tym tłuszczu. W przypadku białka, bogatszym jego źródłem było mleko pozyskiwane od krów rasy simentalskiej, jak i sery wytworzone z tego surowca. Należy zauważyć, iż wraz ze wzrostem ilości tłuszczu w serach zmniejszał się udział wody. Najmniej wody zawierały sery wytworzone z mleka krów rasy holsztyńsko-fryzyjskiej pozyskiwanego w sezonie jesienno-zimowym (średnio 63,46% w systemie intensywnym i 69,08% w systemie tradycyjnym), będące jednocześnie najbogatszym źródłem tłuszczu (odpowiednio: 46,95 i 40,62%). Istotnie (przy $p \leq 0,05$) więcej wody stwierdzono w serach wytwarzanych z mleka pozyskiwanego od krów rasy simentalskiej w sezonie wiosenno-letnim. W systemie intensywnym sery zawierały średnio 72,42% wody, a w tradycyjnym 74,17%. Wyższą zawartość suchej masy, tłuszczu i białka zanotowano w twarogach po zastosowaniu kultur starterowych 2 (tradycyjny zakwas).

Określając wydatek twarogu, stwierdzono, że analizowane czynniki (rasa, system produkcji, sezon pozyskania mleka i zastosowane kultury starterowe) istotnie wpływały na wydajność sera. Zdaniem wielu autorów [Barłowska i in. 2014; Król i in., 2018; Sikora i Kawęcka, 2015; Żywica i in., 2008] wydatek sera jest przede wszystkim determinowany zawartością białka, a zwłaszcza frakcji kazeinowej. Niska zawartość białka w mleku zmniejsza istotnie wydajność sera z jednostki objętości, co w konsekwencji podnosi koszty produkcji wyrobów mleczarskich. W badaniach własnych mniejszą ilość mleka na wyprodukowanie 1 kg twarogu zużyto przy zastosowaniu surowca pochodzącego od krów rasy simentalskiej, zarówno utrzymywanych w systemie tradycyjnym i intensywnym. Należy zaznaczyć, iż mleko produkowane przez tą rasę krów w sezonie jesienno-zimowym charakteryzowało się wyższą zawartością białka, w tym kazeiny oraz wyższym stosunkiem białka do tłuszczu w porównaniu do mleka krów rasy holsztyńsko-fryzyjskiej. Wydatek twarogów wyprodukowanych z mleka krów utrzymywanych tradycyjnie, z sezonu jesienno-zimowego od krów rasy simentalskiej wynosił odpowiednio: 4,12 l/kg - kultury starterowe 1 i 3,66 l/kg - kultury starterowe 2, zaś od krów rasy holsztyńsko-fryzyjskiej odpowiednio 5,10 i 4,23 l/kg. Wydatek twarogu z sezonu wiosenno-letniego był mniej korzystny, w przypadku

mleka krów rasy simentalskiej zużycie surowca na wyprodukowanie 1 kg sera zwiększyło się średnio o 24%, a holsztyńsko-fryzyjskiej o 13%.

W przypadku mleka krów utrzymywanych systemem intensywnym, w sezonie wiosenno-letnim w porównaniu do jesienno-zimowego zużycie surowca zwiększyło się o około 23% dla twarogów z mleka krów rasy simentalskiej i około 18% dla twarogów z mleka krów rasy holsztyńsko-fryzyjskiej.

Warianty twarogów doświadczalnych znacząco różnicowały zastosowane kultury starterowe. Istotnie wyższe ($p \leq 0,01$) wydatki twarogów otrzymano po zastosowaniu tradycyjnego zakwasu (kultury starterowe 2). Tendencja ta jest szczególnie widoczna w twarogach z mleka krów utrzymywanych tradycyjnie w obu sezonach pozyskania mleka oraz w twarogach z mleka krów utrzymywanych intensywnie w sezonie jesienno-zimowym. Poprzez zastosowanie zakwasu (kultury starterowe 2) uzyskano około 15-25% niższe zużycie mleka na wytworzenie 1 kg sera.

4.6 Zawartość witamin lipofilnych w twarogach doświadczalnych

Wyniki badań własnych wskazują na wyższą zawartość witamin lipofilnych (A, D₃ i E) w twarogach wyprodukowanych z mleka pozyskanego od krów utrzymywanych systemem tradycyjnym. W sezonie jesienno-zimowym stwierdzono 15-20% wyższą zawartość wszystkich witamin lipofilnych w twarogach na korzyść tradycyjnego systemu utrzymania krów, natomiast w sezonie wiosenno-letnim wykazano ich wyższą zawartość o 30%, a nawet w przypadku zawartości witaminy D o 40% na korzyść systemu tradycyjnego. Analizując zawartość witamin lipofilnych w twarogach wyprodukowanych z mleka krów utrzymywanych systemem tradycyjnym stwierdzono ich wyższe stężenie w sezonie wiosenno-letnim. Związane jest to z większą ilością tych witamin w mleku przerobowym, co wynika z udziału pastwiska w żywieniu krów w tym sezonie. Sery wytworzone z mleka pozyskiwanego w sezonie pastwiskowym zawierały o około 10% więcej witaminy A, około 20% witaminy D₃ i około 15% witaminy E w stosunku do sezonu jesienno-zimowego. Analizując zawartość witamin lipofilnych w twarogach wytworzonych z mleka krów utrzymywanych systemem intensywnym nie wykazano istotnych różnic sezonowych, co zapewne wynika ze specyfiki żywienia, czyli stosowania przez cały rok tego samego zestawu pasz. Wykazano ponadto, że zawartość witamin była również warunkowana rasą krów, od których pozyskiwano mleko przerobowe. Twarogi z mleka krów rasy simentalskiej zawierały istotnie więcej witaminy D₃ i E niż twarogi z mleka krów rasy holsztyńsko-

fryzyjskiej. Nie stwierdzono natomiast istotnego wpływu zastosowanych kultur starterowych na stężenie witamin w twarogach doświadczalnych.

Normy zalecanego dostarczenia organizmowi witamin wynoszą, dla witaminy A: 0,5 mg dla kobiet i 0,63 mg dla mężczyzn, dla witaminy D₃: 15 µg dla obu płci, natomiast dla witaminy E: 8 mg dla kobiet i 10 mg dla mężczyzn. Należy dodać, że proponowane spożycie witaminy D jest takie samo dla obu płci, jednakże normy zalecają zwiększone spożycie (do 50 µg) w indywidualnych okolicznościach, jakimi są, m.in. pora roku i nadmierna masa ciała. Analizując stopień pokrycia zalecanego zapotrzebowania na witaminy lipofilne, wykazano, że konsumpcja 100 g sera w największym stopniu pokrywa zapotrzebowanie organizmu na witaminę A. W przypadku spożycia twarogu wyprodukowanego z mleka krów utrzymywanych systemem tradycyjnym można pokryć zapotrzebowanie organizmu na witaminę A w 28,94% dla kobiet i 22,97% dla mężczyzn. Należy zauważyć, że spożywając tę samą porcję twarogu wyprodukowanego z mleka krów utrzymywanych systemem intensywnym w mniejszym stopniu można zaspokoić dzienne zapotrzebowanie, tj. o 5-6% (22,90% dla kobiet i 18,17% dla mężczyzn). Opisane powyżej różnice były statystycznie istotne na poziomie $p \leq 0,01$. W celu pokrycia zapotrzebowania organizmu na witaminę D₃ i E, również należy spożyć mniejszą ilość twarogu wyprodukowanego z mleka krów utrzymywanych systemem tradycyjnym ($p \leq 0,05$). Należy przy tym zauważyć, iż twarogi nie są bogatym źródłem witamin D₃ i E. Poziom pokrycia zapotrzebowania na witaminę D₃ poprzez spożycie 100 g twarogu z mleka krów utrzymywanych tradycyjnie wynosił 1,25%, a witaminę E, odpowiednio: 4,67% dla kobiet i 3,74% dla mężczyzn. Dla twarogów wytworzonych z mleka krów utrzymywanych systemem intensywnym wartości pokrycia zapotrzebowania wynosiły: dla witaminy D₃ - 0,97%, dla witaminy E, odpowiednio 3,82 i 3,05%. Uwzględniając normy zalecanego zapotrzebowania organizmu na witaminy lipofilne przez twarogi wyprodukowane z mleka krów różnych ras, wykazano, że konsumpcja twarogów z mleka krów rasy simentalskiej pokryje zapotrzebowanie organizmu w wyższym stopniu. Istotnie wyższy ($p \leq 0,05$) stopień pokrycia normy zanotowano w przypadku witaminy A. Dla pozostałych witamin nie wykazano istotnych różnic. Wykazano ponadto, że wyższy stopień pokrycia zapotrzebowania na witaminy lipofilne można uzyskać poprzez spożycie twarogów wyprodukowanych z mleka pozyskanego w sezonie wiosenno-letnim. Statystycznie istotne różnice na korzyść twarogów z tego sezonu określono dla witaminy D₃ i E ($p \leq 0,05$). Dla witaminy D₃ stopień pokrycia zapotrzebowania przez 100 g twarogu z sezonu wiosenno-letniego wynosił 1,17%, zaś dla E 4,42 i 3,54% , odpowiednio dla kobiet i mężczyzn. Twarogi z sezonu jesienno-zimowego w mniejszym stopniu pokrywały zapotrzebowanie, tj. witaminy

D3 - 1,05%, witaminy E: 4,07 i 3,26%. Kultury starterowe nie miały wpływu na stopień pokrycia zalecanych ilości witamin lipofilnych przez twarogi doświadczalne.

4.7 Wartość energetyczna oraz wskaźniki jakości żywieniowej twarogów doświadczalnych

Wartość energetyczna wyprodukowanych twarogów doświadczalnych kształtowała się na poziomie 141,5-175,1 kcal/100g produktu. Istotnie wyższą ($p \leq 0,01$) wartością energetyczną (o 27%) charakteryzowały się twarogi wyprodukowane z mleka krów utrzymywanych systemem intensywnym (175,1 kcal/100g) w porównaniu z tradycyjnym (137,9 kcal/100g). Oceniając twarogi wyprodukowane z mleka pozyskiwanego z różnych sezonów, określono, że te z sezonu jesienno-zimowego miały istotnie ($p \leq 0,05$) wyższą (o 20%) wartość energetyczną wynoszącą 171,2 kcal/100g twarogu, niż sery z sezonu wiosenno-letniego (141,5 kcal/100g). W przypadku rasy krów, od których pozyskiwano mleko do produkcji twarogów, wyższą kaloryczność wykazano dla twarogów z mleka krów rasy holsztyńsko-fryzyjskiej, jednakże różnice nie były statystycznie istotne. Podobnie, nie określono istotnego wpływu zastosowanych kultur starterowych na kaloryczność twarogów.

Wskaźnik jakości żywieniowej dla białka w twarogach wynosił dla populacji kobiet 2,87 - 3,64, a dla mężczyzn 2,15 - 2,73. Wartość INQ powyżej 1 wskazuje, że twaróg jest bogatym źródłem białka i może być wykorzystywany do uzupełniania jego niedoborów w racjach pokarmowych. Szczególnie wysoki wskaźnik INQ wykazano dla twarogów z mleka krów rasy simentalskiej, wynoszący dla kobiet 3,64, a dla mężczyzn 2,73, co potwierdzono statystycznie ($p \leq 0,05$). Twarogi z mleka krów rasy holsztyńsko-fryzyjskiej charakteryzowały się o 27% niższym wskaźnikiem jakości żywieniowej białka. Nie wykazano natomiast wpływu pozostałych czynników (systemu utrzymania krów, sezonu pozyskiwania mleka oraz zastosowanych kultur starterowych) na wskaźnik INQ białka w twarogach doświadczalnych. Nie wykazano również statystycznie istotnych różnic w wartości wskaźnika INQ twarogów dla tłuszczu. Wskaźnik jakości żywieniowej tłuszczu wynosił średnio dla kobiet 1,74-1,98, a dla mężczyzn 1,15-1,31, co świadczy o dobrym zbilansowaniu tego składnika w odniesieniu do energii.

Obliczone wskaźniki jakości żywieniowej INQ dla witaminy A wskazują, że wytworzone twarogi są bardzo dobrym źródłem tej witaminy. Dla kobiet wskaźniki te kształtowały się od 2,60-4,18, a dla mężczyzn 2,07-3,31. Analizując zastosowane czynniki wykazano, że istotnie wyższym ($p \leq 0,05$) wskaźnikiem INQ charakteryzowały się twarogi wyprodukowane z mleka krów rasy simentalskiej. Wskaźnik ten dla kobiet wyniósł 3,58,

a dla mężczyzn 2,84 i był odpowiednio o 17 i 16% wyższy od INQ dla twarogów z mleka krów rasy holsztyńsko-fryzyjskiej. Twarogi wyprodukowane z mleka krów utrzymywanych systemem tradycyjnym stanowiły zdecydowanie lepsze źródło witaminy A – INQ dla kobiet 4,18, a dla mężczyzn 3,31, niż twarogi z mleka krów utrzymywanych systemem intensywnym, dla których wskaźnik INQ był niższy aż o 60%. Istotnie wyższym INQ charakteryzowały się również twarogi wyprodukowane z mleka pozyskiwanego w sezonie wiosenno-letnim, wynosząc 3,75 dla kobiet i 2,98 dla mężczyzn, co stanowiło o 27% wyższą wartość wskaźnika niż dla twarogów z sezonu jesienno-zimowego. Nie wykazano natomiast statystycznie istotnych różnic w wartości wskaźnika INQ dla witaminy A w zależności od zastosowanych kultur starterowych.

Określając wskaźnik jakości żywieniowej twarogów dla witaminy D₃, wykazano jego wartość zdecydowanie poniżej 1 (0,11-0,18), co wskazuje na niską podaż tej witaminy w stosunku do dostarczonej energii. Nie wykazano istotnego wpływu analizowanych czynników na wartości wskaźnika INQ dla witaminy D₃. Wskaźnik INQ dla witaminy E również przyjmował wartości poniżej 1, wynosząc 0,43-0,68 dla kobiet i 0,35-0,50 dla mężczyzn. Istotnie wyższe wartości wskaźnika INQ wykazano dla twarogów z mleka krów utrzymywanych systemem tradycyjnym: 0,68 i 0,54 (odpowiednio dla kobiet i mężczyzn), w porównaniu do twarogów z mleka krów utrzymywanych systemem intensywnym, odpowiednio: 0,43 i 0,35. Pozostałe czynniki nie miały wpływu na wartość INQ dla witaminy E.

4.8 Wskaźniki retencji białka i witamin lipofilnych w twarogach doświadczalnych

Nie wykazano istotnych różnic w stopniu retencji białka z surowca do wyrobu, przy czym wyższy wskaźnik retencji uzyskano w sezonie wiosenno-letnim. Wartość tego parametru dla analizowanych twarogów wynosiła od 85,63% (dla twarogu z mleka krów rasy holsztyńsko-fryzyjskiej, sezon jesienno-zimowy, kultury starterowe 1) do 88,62% (dla twarogu z mleka krów rasy simentalskiej, sezon wiosenno-letni, kultury starterowe 2).

Wykazano istotny wpływ systemu i sezonu produkcji na wielkość retencji witamin lipofilnych z surowca do produktu. Rasa miała znaczący wpływ tylko na retencje witamin D₃ i E, natomiast kultury starterowe nie wpływały istotnie na wskaźniki retencji witamin. Określając stopień retencji witaminy A należy przede wszystkim zauważyć wysoko istotny ($p \leq 0,01$) wpływ sezonu pozyskania mleka przerobowego do produkcji twarogów doświadczalnych. Niezależnie od rasy krów, wyższą retencją witaminy A odznaczały się twarogi z sezonu wiosenno-letniego wynosząc od 92,45% (w systemie intensywnym) do

95,44% (w systemie tradycyjnym). W obrębie systemu tradycyjnego różnice na korzyść sezonu wiosenno-letniego wynosiły od 0,56 do 1,02 p.p., w przypadku systemu intensywnego były niższe o 0,06 - 0,72 p.p. Należy zaznaczyć, iż w systemie intensywnym retencja witamin była istotnie niższa ($p \leq 0,05$). Wyższe parametry wskaźnika retencji w twarogach z mleka krów utrzymywanych systemem tradycyjnym stwierdzono również dla witaminy D₃ i E. Wynosząc dla witaminy D₃ średnio 94,34% a dla witaminy E 93,29%. W systemie intensywnym wskaźnik przyjmował niższe wartości średnio o 1 p.p. Wpływ sezonu na retencje witaminy D₃ i E określono na poziomie istotności $p \leq 0,05$. Należy podkreślić, iż sezon różnicował retencje witamin na korzyść sezonu wiosenno-letniego. Stopień zatrzymania witaminy D₃ w twarogu z sezonu wiosenno-letniego był o około 1 p.p wyższy w porównaniu do twarogów wytwarzanych w sezonie jesienno-zimowym. Podobne różnice sezonowe stwierdzono dla retencji witaminy E. Biorąc pod uwagę wpływ rasy krów ($p \leq 0,05$) na wskaźniki retencji witamin D₃ i E wyniki wskazują na wyższy stopień retencji tych witamin o około 1 p.p dla twarogów wyprodukowanych z mleka krów rasy simentalskiej 92,65-95,61% dla witaminy D₃ (91,66-94,04% dla twarogów z mleka krów rasy holsztyńsko-fryzyjskiej) i dla witaminy E 92,28-94,66% (91,11-92,96% dla twarogów z mleka krów rasy holsztyńsko-fryzyjskiej). W przypadku zastosowanych kultur starterowych nie wykazano żadnych istotności w relacji z retencją wszystkich omawianych witamin.

4.9 Parametry tekstury i barwy twarogów doświadczalnych

Ważnymi parametrami tekstury są twardość i adhezyjność. Twardość wyraża siłę, jaką należy przyłożyć do produktu, aby uzyskać jego określoną deformację. Adhezyjność jest pracą potrzebną do pokonania sił przyciągania pomiędzy powierzchnią produktu żywnościowego a innymi ciałami, z którymi wchodzi on w kontakt, np. język, zęby, podniebienie, nóż [Surówka, 2002; Siemianowski i in., 2015].

Analizując twardość serów twarogowych wytworzonych z mleka krów utrzymywanych systemem tradycyjnym wykazano, że w sezonie jesienno-zimowym twardsze były twarogi wyprodukowane z mleka krów rasy holsztyńsko-fryzyjskiej, gdzie parametr wynosił 0,60 - 0,63 N (niezależnie od zastosowanej kultury starterowej). W przypadku surowca pozyskanego od krów rasy simentalskiej istotnie ($p \leq 0,01$) twardsze były twarogi wyprodukowane przy udziale zakwasu (kultury starterowe 2). Twardość wynosiła 0,50 N i była wyższa o 0,10 N w porównaniu do twarogów wytworzonych przy zastosowaniu szczepionki liofilizowanej (kultury starterowe 1). Wyniki jednoznacznie wskazują, że wytwarzając sery z mleka pozyskanego w sezonie wiosenno-letnim przy zastosowaniu szczepionki liofilizowanej

(kultury starterowe 1) uzyskamy istotnie ($p \leq 0,01$) twardsze twarogi niezależnie od rasy krów, od której pozyskano mleko. Twardość wynosiła 0,53 N w przypadku twarogów z mleka krów rasy simentalskiej i 0,76 N dla holsztyńsko-fryzyjskiej i była odpowiednio 2,5- i aż 5-krotnie wyższa niż po zastosowaniu zakwasu tradycyjnego (kultury starterowe 2). Analizując twardości twarogów z mleka krów utrzymywanych systemem intensywnym, można zauważyć podobną tendencję, jak w opisanym powyżej systemie ekstensywnym. Poziom twardości zależał przede wszystkim od rodzaju zastosowanej szczepionki, przy czym przy użyciu liofilizowanych kultur starterowych uzyskano istotnie ($p \leq 0,01$ i $p \leq 0,05$) większą twardość serów doświadczalnych, niezależnie od sezonu produkcji oraz rasy krów, od których pozyskano mleko. Przy użyciu kultur starterowych 1 uzyskano, w sezonie jesienno-zimowym, twardość twarogu z mleka krów rasy simentalskiej równą 2,49 N, zaś z mleka krów rasy holsztyńsko-fryzyjskiej 1,50 N, co stanowiło w obu przypadkach 3-krotnie wyższą wartość niż przy zastosowaniu tradycyjnego zakwasu. W sezonie wiosenno-letnim twardość przy koagulacji szczepionką liofilizowaną (kultury starterowe 1) wynosiła 1,35 N dla twarogu z mleka krów rasy simentalskiej i 1,27 N dla holsztyńsko-fryzyjskiej, co stanowiło 2-krotnie oraz o 30% wyższą twardość tego sera.

Oceniając adhezyjność twarogów doświadczalnych wyprodukowanych z mleka krów utrzymywanych systemem intensywnym, w sezonie jesienno-zimowym, określono różnice adhezyjności przy użyciu do ich produkcji mleka krów rasy simentalskiej i różnych rodzajów starterów. Istotnie wyższą ($p \leq 0,01$) adhezyjność wynoszącą 1,13 mJ, uzyskano przy użyciu zakwasu (kultury starterowe 2), w porównaniu do szczepionki liofilizowanej - 0,87mJ. Twarogi wyprodukowane w sezonie wiosenno-letnim charakteryzowały się większą zmiennością pod względem adhezyjności i niezależnie od rasy krów, od której pozyskano surowiec, do ich produkcji, wykazano 2-krotnie wyższą adhezyjność przy zastosowaniu szczepionki liofilizowanej (odpowiednio: 0,92 mJ i 0,69 mJ dla twarogów z mleka krów rasy simentalskiej i holsztyńsko-fryzyjskiej). W przypadku twarogów z mleka krów utrzymywanych systemem intensywnym wykazano podobne tendencje jak dla twardości w tym systemie. Istotnie wyższą adhezyjnością w sezonie jesienno-zimowym, charakteryzowały się twarogi po zastosowaniu kultur starterowych 1, niezależnie od rasy krów, od której pozyskiwano surowiec. Dla twarogów z mleka krów rasy simentalskiej adhezyjność wynosiła 2,68 mJ, a dla holsztyńsko-fryzyjskiej 2,16 mJ (co stanowiło odpowiednio: o 8 i 33% wyższą wartość w porównaniu do zastosowanych kultur starterowych 2). W sezonie wiosenno-letnim nie wykazano żadnych istotności, adhezyjność była na zbliżonym poziomie wynosząc 1,80-1,86 mJ.

Według Lucey i in. [2003] właściwości tekstury sera zależą w dużej mierze od zawartości białka. Potwierdzają to badania Siemianowskiego i in. [2015], którzy analizowali wpływ zwiększania zawartości suchej masy na teksturę twarogów. W przeprowadzonym doświadczeniu autorzy wykazali, że twardość i adhezyjność uzyskanych twarogów zwiększała się wraz ze wzrostem zawartości białka w ich składzie. W toku przeprowadzonych analiz własnych potwierdzono, że twardość i adhezyjność twarogów jest warunkowana jego podstawowym składem chemicznym oraz zastosowanymi kulturami starterowymi. Twardszy ser kwasowy zawierał w swoim składzie wyższą zawartość białka, w przypadku mleka pochodzącego od krów utrzymywanych systemem intensywnym, był to twaróg wyprodukowany z mleka krów rasy simentalskiej (w obu sezonach produkcji). Natomiast analizując twaróg wyprodukowany z mleka pozyskanego od krów utrzymywanych systemem tradycyjnym, wykazane istotności wskazują, że twaróg o wyższej zawartości białka był jednocześnie twardszy (w przypadku obu analizowanych ras). Bez wyjątku twardość świeżych serów kwasowych w badaniach własnych warunkowały zastosowane kultury starterowe. Po zastosowaniu kultur starterowych 1, w postaci liofilizowanej szczepionki, otrzymano twaróg o wyższej twardości i adhezyjności niż przy zastosowaniu tradycyjnego zakwasu.

Analizując wyniki barwy twarogów, które wyprodukowano z mleka krów utrzymywanych systemem tradycyjnym nie wykazano statystycznie istotnych różnic w jasności serów L^* , która wynosiła 90,36-90,89. Chromatyczny parametr barwy a^* , w badanych próbkach, przyjmuje wartości ujemne, co oznacza, że twarogi mają większy udział barwy zielonej niż czerwonej. Istotnie ($p \leq 0,01$) bardziej zielone były twarogi po zastosowaniu kultur starterowych 2, niezależnie od sezonu i systemu z którego pochodziło mleko przerobowe. Udział parametru a^* w tych twarogach wynosił odpowiednio: -2,06 w sezonie jesienno-zimowym i -2,07 w wiosenno-letnim dla twarogów z mleka krów rasy simentalskiej, zaś odpowiednio: -1,97 i -2,16 dla twarogów z mleka krów rasy holsztyńsko-fryzyjskiej. Udział barwy zielonej był wyższy dla zastosowanej kultury 2 o około 10-18% dla twarogów z mleka krów rasy simentalskiej i 23-26% z mleka krów rasy holsztyńsko-fryzyjskiej. Parametr b^* przyjmując wartości dodatnie wskazuje na większy udział barwy żółtej niż niebieskiej w analizowanych twarogach doświadczalnych. Istotnie ($p \leq 0,05$) bardziej żółte były twarogi z sezonu wiosenno-letniego systemu tradycyjnego, przyjmując o około 17% wyższe wartości dla twarogów z mleka krów rasy simentalskiej i o około 30% wyższe dla holsztyńsko-fryzyjskiej. Najwyższe wartości parametru b^* przyjmował (niezależnie od rasy krów) twaróg z udziałem tradycyjnego zakwasu (kultury starterowe 2). Wyjątkiem, który

odbięły od tej tendencji był twaróg z mleka krów rasy holsztyńsko-fryzyjskiej, z sezonu wiosenno-letniego, w którym stwierdzono bardziej żółtą barwę przy zastosowaniu kultur starterowych 1. Jasność barwy L^* twarogów z mleka krów utrzymywanych systemem intensywnym była wyższa niż twarogów z mleka krów utrzymywanych systemem tradycyjnym i wynosiła 91,58-97,56 (nie wykazano istotności w obrębie danego systemu). Oceniając parametry barwy a^* i b^* w twarogach z mleka krów utrzymywanych systemem intensywnym wykazano, że były wyższe w sezonie jesienno-zimowym. Oznacza to, że twarogi z tego sezonu miały większy udział barwy zielonej i żółtej, niż te z sezonu wiosenno-letniego. Parametr a^* przyjął wartości ujemne, oprócz pomiarów barwy twarogów z mleka krów rasy holsztyńsko-fryzyjskiej z sezonu wiosenno-letniego, gdzie osiągnął wartość 0,60 i 0,17, co oznacza większy udział barwy czerwonej w tych twarogach. Pod względem zastosowanych kultur starterowych, zdecydowanie wyższymi wynikami zarówno parametru a^* i b^* charakteryzowały się twarogi wytwarzane przy użyciu liofilizowanych kultur starterowych 1.

4.10 Ocena konsumentcka twarogów doświadczalnych

Jakość i pochodzenie mleka przerobowego znajduje bezpośrednie odzwierciedlenie w wyglądzie oraz profilu smakowo-zapachowym wyprodukowanego twarogu. Przeprowadzona ocena sensoryczna potwierdziła, że niektóre z analizowanych czynników zmienności surowca w znaczący sposób wpływały na produkt gotowy. W opinii oceniających nie zauważono żadnych różnic pod względem barwy, konsystencji, smaku i zapachu twarogów z mleka krów rasy holsztyńsko-fryzyjskiej i simentalskiej. Wszystkie warianty analizowanych twarogów były ocenione wysoko, jako równie smaczne. Ocena ogólna twarogów z mleka krów holsztyńsko-fryzyjskich wynosiła 4,58 a z mleka krów simentalskich 4,55. Nie wykazano istotnego wpływu rasy krów pozyskiwanego mleka na właściwości organoleptyczne twarogów.

Analizując wyniki oceny sensorycznej twarogów, w zależności od systemu produkcji w jakim utrzymywano krowy od których pozyskiwano surowiec stwierdzono, że sery wyprodukowane z mleka krów utrzymywanych systemem tradycyjnym charakteryzowały się statystycznie istotnie bardziej pożądaną barwą ($p \leq 0,05$) oraz posiadały bardziej jędrną konsystencję. Ponadto ich zapach ($p \leq 0,01$) był ogólnie bardziej aromatyczny, a smak przyjemny ($p \leq 0,01$). Ocena ogólna twarogów z mleka krów utrzymywanych systemem tradycyjnym wynosiła 4,62 pkt w porównaniu do twarogów z mleka krów utrzymywanych systemem intensywnym - 4,41 pkt.

Degustatorzy wskazali jako bardziej pożądaną, twaróg z mleka produkowanego w sezonie jesienno-zimowym, jednakże statystycznie istotne różnice ($p \leq 0,05$) stwierdzono jedynie dla smaku sera. Smak sera z sezonu jesienno-zimowego oceniono korzystniej (4,61 pkt) w stosunku do smaku twarogu z sezonu wiosenno-letniego (4,43 pkt).

Ocena sensoryczna twarogów w badaniach własnych, uwzględniająca rodzaj zastosowanych kultur starterowych wskazuje, że miały one wpływ na konsystencję i smak serów. Smaczniejszy i posiadający bardziej zwięzłą konsystencję był twaróg przy produkcji, którego użyto kultury starterowe 1, o deklarowanej niższej zawartości paciorkowców *Lactococcus lactis subsp. diacetylactis* na poziomie 5-30%, które są odpowiedzialne za tworzenie smaku i aromatu twarogu. Wpływ czynnika zastosowanych kultur starterowych określono dla tych parametrów na poziomie istotności $p \leq 0,001$.

5 Podsumowanie i wnioski

Przeprowadzone badania dotyczące wpływu wybranych czynników na jakość mleka oraz wytwarzanych na jego bazie twarogów, ze szczególnym uwzględnieniem zawartości witamin lipofilnych pozwoliły na sformułowanie następujących uogólnień i wniosków:

1. Zanotowano istotny wpływ analizowanych czynników (rasa krów, system i sezon produkcji) na wydajność i skład chemiczny mleka, w tym zawartość witamin lipofilnych.
2. Wykazano, że krowy rasy simentalskiej, pomimo niższej wydajności dobowej i niezależnie od systemu utrzymania, produkowały mleko zawierające więcej białka, w tym kazeiny oraz mniej tłuszczu w odniesieniu do mleka krów rasy holsztyńsko-fryzyjskiej ($p \leq 0,10$). Mleko to charakteryzowało się również istotnie wyższą zawartością witamin lipofilnych, tj. A, D₃ i E.
3. Krowy utrzymywane systemem tradycyjnym produkowały mleko o wyższej zawartości witamin lipofilnych, przy niższej zawartości białka i tłuszczu ($p \leq 0,01$). Wyższą zawartością podstawowych składników odżywczych, tj.: tłuszczu, białka, w tym kazeiny i laktozy charakteryzowało się natomiast mleko krów utrzymywanych systemem intensywnym.
4. Mleko pozyskiwane w sezonie jesienno-zimowym wyróżniało się wyższą zawartością składników suchej masy, w tym białka i tłuszczu. Niezależnie od systemu produkcji, bogatszym źródłem witamin lipofilnych okazało się mleko pozyskiwane w sezonie wiosenno-letnim, przy czym statystycznie istotne różnice ($p \leq 0,01$), wykazano jedynie

w mleku produkowanym systemem tradycyjnym, w którym żywienie w sezonie wiosenno-letnim oparte było głównie na pastwisku. Mleko krów rasy simentalskiej w okresie pastwiskowym zawierało o 44% więcej witaminy A, 62% witaminy D₃ i aż 72% witaminy E w stosunku do sezonu jesienno-zimowego. W przypadku mleka produkowanego przez krowy rasy holsztyńsko-fryzyjskiej różnice te wynosiły odpowiednio; 50% dla zawartości witaminy E i 60% dla witamin A i D₃.

5. Mleko zbiorcze przeznaczone do produkcji serów twarogowych charakteryzowało się wysoką jakością higieniczną, spełniając wymagania Rozporządzenie Komisji (WE) nr 1662/2006 z dnia 6 listopada 2006 r. odnoszące się do OLD, tj. 100 tys./ml i LKS 400 tys./ml. Wyższą jakością charakteryzowało się mleko pozyskane od krów rasy simentalskiej.
6. Wydatek i jakość wytwarzanych twarogów okazały się nierozzerwalnie związane z jakością mleka przerobowego. Wyższy wydatek twarogów otrzymano przy zastosowaniu surowca pochodzącego od krów rasy simentalskiej z sezonu jesienno-zimowego, co należy łączyć z wyższą zawartością białka, w tym kazeiny w mleku. Sery wytworzone z mleka krów rasy holsztyńsko-fryzyjskiej zawierały istotnie więcej tłuszczu w suchej masie, przy niższej zawartości białka. Wraz ze wzrostem ilości tłuszczu w serach zmniejszał się udział wody.
7. Zawartość witamin lipofilnych w twarogach była warunkowana ilością tych witamin w mleku przerobowym. Wyższą ich zawartością (o ponad 30%) charakteryzowały się twarogi wytwarzane na bazie surowca pozyskanego od krów utrzymywanych systemem tradycyjnym w sezonie wiosenno-letnim. Twarogi z mleka krów rasy simentalskiej zawierały istotnie więcej witaminy D₃ i E niż twarogi z mleka krów rasy holsztyńsko-fryzyjskiej.
8. Stosowane kultury starterowe w istotny sposób różnicowały wydatek i skład chemiczny serów twarogowych. Po zastosowaniu kultur starterowych 2 (tradycyjny zakwas) uzyskano o około 15-25% niższe zużycie mleka na wytworzenie 1 kg sera, który charakteryzował się wyższą zawartością suchej masy, tłuszczu i białka. Nie stwierdzono natomiast wpływu zastosowanych kultur starterowych na poziom witamin lipofilnych w twarogach.
9. Uzyskano wysoki stopień retencji witamin lipofilnych z surowca do produktu, powyżej 90%, przy czym o wielkości retencji istotnie decydowały system i sezon produkcji mleka. Wyższymi wskaźnikami retencji odznaczały się twarogi z mleka

krów utrzymywanych systemem tradycyjnym w sezonie wiosenno-letnim. Rasa miała istotny wpływ tylko na retencję witamin D₃ i E, natomiast kultury starterowe nie wpływały istotnie na wielkość wskaźników.

10. Istotnie niższym ($p \leq 0,01$) o około 7%, czyli korzystniejszym z punktu widzenia technologicznego odciekiem serwatki charakteryzował się twaróg wytworzony z mleka krów rasy simentalskiej. Ilość wydzielającej się serwatki różnicował również system produkcji mleka (na korzyść tradycyjnego), jak również zastosowane kultury starterowe (korzystniejsze pod tym względem były kultury starterowe 2, po użyciu których wyciek był mniejszy o około 3%).
11. Oceniając parametry tekstury serów, wykazano, iż twardość i adhezyjność twarogów jest warunkowana jego podstawowym składem chemicznym oraz zastosowanymi kulturami starterowymi. Niezależnie od systemu i sezonu produkcji oraz rasy krów, od której pozyskano mleko, twarogi wytworzone przy zastosowaniu szczepionki liofilizowanej (kultury starterowe 1) charakteryzowały się istotnie ($p \leq 0,01$) większą twardością (2,5-5-krotnie) i adhezyjnością niż po zastosowaniu zakwasu tradycyjnego (kultury starterowe 2). Twardość i adhezyjność uzyskanych twarogów zwiększała się również wraz ze wzrostem zawartości białka w ich składzie.
12. Sery z mleka pozyskanego od krów utrzymywanych systemem tradycyjnym charakteryzowały się wyższym udziałem barwy żółtej, zwłaszcza w sezonie wiosenno-letnim, kiedy krowy korzystały z pastwiska.
13. W opinii panelu degustatorów sery wytwarzane z mleka krów utrzymywanych systemem tradycyjnym charakteryzowały się bardziej pożądaną barwą ($p \leq 0,05$) oraz posiadały bardziej jędrną konsystencję. Ponadto ich zapach ($p \leq 0,01$) był bardziej aromatyczny, a smak przyjemny ($p \leq 0,01$). Na konsystencję i smak serów miał również wpływ rodzaj zastosowanych kultur starterowych, przy czym smaczniejszy i o bardziej pożądaną konsystencję był twaróg przy produkcji, którego użyto kultury starterowe 1.
14. Stwierdzono, że twaróg wytworzony z mleka krów rasy simentalskiej, zwłaszcza utrzymywanych systemem tradycyjnym z sezonu wiosenno-letniego stanowi bogate źródło białka i witaminy A, na co wskazują wysokie wartości wskaźników jakości żywieniowej (INQ). Spożycie 100 g tego sera w największym stopniu pokrywa zapotrzebowanie organizmu na witaminę A, dla kobiet w 29%, a dla mężczyzn w 23%. Spożywając tą samą porcję twarogu wyprodukowanego z mleka krów

utrzymywanych systemem intensywnym, w mniejszym stopniu (o 5-6%), można pokryć dzienne zapotrzebowanie na witaminę A.

15. Podsumowując należy stwierdzić, iż wyższą jakość surowca i wytwarzanych na jego bazie serów twarogowych można uzyskać stosując tradycyjny system produkcji mleka, zwłaszcza z wykorzystaniem wypasu pastwiskowego. W związku z powyższym należałoby rozważyć możliwość oddzielnego skupu i przerobu mleka pochodzącego z tego systemu. Może ono istotnie poprawić konkurencyjność produktów mleczarskich na rynku.