

Joanna Ptasińska-Marcinkiewicz
Katedra Towaroznawstwa Żywności
Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie

Zmiany zawartości wybranych kwasów tłuszczowych mleka owczego w zależności od miesiąca laktacji

Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki badań zawartości kwasów tłuszczowych w mleku owczym. Badaniom poddano mleko pochodzące od owiec rasy olkuskiej, polskiej owcy górskiej i mieszańców polskiej owcy górskiej i owcy fryzyjskiej (75% x 25%). Profil kwasów tłuszczowych analizowano w zależności od miesiąca laktacji. Zaobserwowano istotne różnice w składzie kwasów tłuszczowych, jednak ich przebieg był odmienny w zależności od rasy owiec. W trzecim i czwartym miesiącu laktacji odpowiednio w mleku mieszańców i mleku owiec górskich znacząco zmniejszyła się ilość kwasów nasyconych oraz wzrosła ilość kwasów nienasyconych i nasyconych krótkołańcuchowych. W mleku owiec olkuskich zawartość kwasów nasyconych krótkołańcuchowych i kwasów nasyconych w pierwszym i trzecim miesiącu laktacji była znacząco wyższa, a zawartość kwasu oleinowego, kwasów jedno- i wielonienasyconych znacząco niższa, w porównaniu do wyników z miesiąca drugiego i czwartego. Ponadto zaobserwowano, że profil kwasów tłuszczowych mleka owczego w dwóch pierwszych miesiącach laktacji jest zbliżony.

Słowa kluczowe: mleko owcze, kwasy tłuszczowe, profil kwasów tłuszczowych, miesiąc laktacji.

1. Wprowadzenie

Zawartość tłuszczu w mleku owczym jest znacznie wyższa niż u innych ssaków i waha się w granicach od 4,5% do nawet ponad 10%. Na jego zawartość ma wpływ wiele czynników zarówno genetycznych, fizjologicznych, jak i środowiskowych [Kędzior 2005]. Syntetyzowany jest przez tkankę gruczołową wymienia ze składników z osocza krwi, tj. octanu, β -hydroksymaślanu, triglicerydów z lipoproteidów i chylomikronów oraz w mniejszych ilościach ze steroli, fosfolipidów, glicerolu i wolnych kwasów tłuszczowych [Jurczak 2005]. Tłuszcz mleczny w zasadniczej części (około 98,5%) składa się z triacylogliceroli, w tym z estryfikowanych kwasów tłuszczowych. Pięć głównych kwasów tłuszczowych, tj. $C_{10:0}$, $C_{14:0}$, $C_{16:0}$, $C_{18:0}$, i $C_{18:1}$, stanowi ponad 75% wszystkich kwasów w mleku owczym i kozim. Mleko owcze i kozie zawiera także tłuszcze proste (diacyloglicerole, monoacyloglicerole), tłuszcze złożone (fosfolipidy) i związki chemiczne rozpuszczalne w tłuszczach (sterole, estry cholesterolu, węglowodory, witaminy). Tłuszcz występuje w postaci drobnych kuleczek tworzących emulsję. Mleko owcze charakteryzuje się najmniejszym, w porównaniu z mlekiem kozim i krowim, rozmiarem kuleczek tłuszczowych, poniżej 3,5 μm , w tym około 65% poniżej 3 μm , a 80% poniżej 1,2 μm . Taki rozmiar kuleczek tłuszczowych, jak również ich duża jednorodność, wpływają korzystnie na strawność oraz szybszy metabolizm zawartego w mleku tłuszczu. Mała średnica kuleczek tłuszczowych jest także przyczyną słabszego oddzielania się tłuszczu, czyli małej zdolności podstojowej [Bonczar i Paciorek 1999, Cardak, Yetismeyen i Brückner 2003a, Park *et al.* 2007, *Podstawy chowu...* 2000, Scolozzi, Martini i Abramo 2003, *Hodowla owiec* 1998]. Jak wykazały badania, rozmiar i liczba kulek tłuszczu w mleku owczym wpływa również na właściwości reologiczne i skład chemiczny mleka oraz jego wydajność w produkcji sera. Procentowy wzrost zawartości kuleczek tłuszczu o średnicy powyżej 5 μm wpływa negatywnie na powyższe parametry. Ponadto liczba zawartych w mleku kulek tłuszczowych jest istotnie ujemnie skorelowana z ich rozmiarem [Martini i in. 2008].

Fosfolipidy stanowią około 0,8% wszystkich lipidów zawartych w mleku owczym, głównie są to fosfatydyloetanolamina, fosfatydylocholina (lecytyna) oraz sfingomielinina. Mają one zdolność do stabilizowania emulsji wodno-tłuszczowych [Kędzior 2005, Park *et al.* 2007].

Sterole stanowią mniejszościową frakcję wszystkich lipidów mleka, a ich główną składową jest cholesterol. Jego zawartość w mleku krowim wynosi około 300 mg/100 g tłuszczu, tj. około 10 mg/100 ml mleka, a w mleku owczym od 0,017% do 0,025% [Kędzior 2005, Park *et al.* 2007].

Zawartość wolnych kwasów tłuszczowych w mleku owczym jest wyższa w stosunku do mleka krowiego. Chociaż występują one w mleku w niewielkich

ilościach, pełnią istotną rolę ze względów sensorycznych. Mogą one pochodzić z krwi bądź z hydrolitycznego rozpadu triacylogliceroli. W przechowywanym mleku zwiększona zawartość wolnych kwasów tłuszczowych będzie wynikiem aktywności lipazy. Wpływ na zwiększenie się ilości wolnych kwasów tłuszczowych może mieć pora roku (lato), stadium laktacji (końcowa faza), dieta, podwyższona zawartość komórek somatycznych, a także pora dnia (wieczór) [Cardak, Yetismeyen i Brückner 2003b, Kędzior 2005].

Mleko owcze, podobnie jak kozie, charakteryzuje się wysoką zawartością krótkołańcuchowych nasyconych kwasów tłuszczowych $C_{4:0}$ – $C_{12:0}$, które są łatwo strawne oraz odpowiadają za specyficzny zapach i mogą być wykorzystywane do wykrywania zafałszowań serów owczych lub kozich dodatkiem mleka krowiego [Park *et al.* 2007, Pieczonka 1999]. Wszystkie kwasy krótkołańcuchowe oraz połowa kwasów średniołańcuchowych (C_{12} – C_{17}) są syntetyzowane z octanu i β -hydroksymaślanu w komórkach nabłonka gruczołu mlecznego. Pozostała połowa kwasów średniołańcuchowych oraz prawie wszystkie kwasy długołańcuchowe powstają z kwasów tłuszczowych plazmy krwi, pochodzących z pożywienia lub ze zgromadzonych przez organizm zwierząt zapasów tłuszczu [Cardak, Yetismeyen i Brückner 2003a].

Zawartość kwasów: linolowego, linolenowego i arachidonowego, podstawowych niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych, jest najwyższa w mleku owczym, w porównaniu z mlekiem kozim i krowim. Te egzogenne dla człowieka kwasy konieczne są dla prawidłowego funkcjonowania organizmu. Mleko owcze zawiera również najwięcej kwasów tłuszczowych trans, których ilość waha się od 2,5% do 8% w zależności od gatunku i sezonu. Zawartość tych kwasów istotna jest ze względu na fakt, że w ostatnich latach kojarzone są one ze wzrastającym ryzykiem zachorowalności na choroby serca. Jednakże zaznaczyć należy, że w przypadku tłuszczów i olei roślinnych spożywanych przez ludzi w znacznych ilościach, zwłaszcza w ostatnich latach, w wyniku uwodorniania powstaje głównie kwas $C_{18:1}$ trans-9, $C_{18:1}$ trans-10 i $C_{18:1}$ trans-12, podczas gdy składnikiem mleka jest głównie kwas $C_{18:1}$ trans-11, kwas wakcenowy. Zasadnicza różnica polega na tym, że kwas wakcenowy, będący pośrednim produktem w biouwodornianiu kwasu linolenowego $C_{18:3}$ cis-9_12_15 i linolowego $C_{18:2}$ cis-9_12, jest prekursorem w syntezie głównego izomeru kwasu CLA, tj. kwasu żwaczowego $C_{18:2}$ cis-9 trans-11. Zawartość kwasu wakcenowego stanowi około 45–60% wszystkich kwasów trans w mleku, podczas gdy kwasu $C_{18:1}$ trans-9 zaledwie około 2,6–6,1% [Goudjil *et al.* 2004, Park *et al.* 2007, Tsiplakou, Kominakis i Zervas 2008, Woods *et al.* 2005]. Wspomniany kwas CLA (*conjugated linoleic acid* – sprzężony dien kwasu linolowego, nazwa ta obejmuje wszystkie pozycyjne i geometryczne izomery kwasu linolowego zawierające wiązania podwójne sprzężone, czyli dwa wiązania podwójne oddzielone wiązaniem pojedynczym), a zwłaszcza izomer kwasu

zwaczowego ($C_{18:2}$ cis-9 trans-11), którego zawartość może sięgać nawet 73–95% całkowitej ilości CLA, ma działanie przeciwnowotworowe, przeciwcukrzycowe, przeciwmiażdżycowe, pomaga w walce z otyłością i chorobami wieńcowymi, zmniejsza oznaki miażdżycy, a także wpływa na poprawę systemu odpornościowego i chroni przed osteoporozą. Najbogatszym źródłem kwasu CLA w diecie człowieka jest mleko przeżuwaczy (z uwagi na jego syntezę dzięki obecnym w żwaczu bakteriom), a najwyższą całkowitą jego zawartość stwierdzono w mleku owczym, następnie krowim i kozim, odpowiednio 1,17%, 1,01% oraz 0,65%. Mleko owcze zawiera również najwięcej kwasu wakcenenowego, a więc prekursora CLA, jednakże dodać należy, że ich zawartość w tym mleku ulega największym sezonowym wahaniom – od 0,54% zimą do 1,28% latem [Atti, Rouissi i Othmane 2006, Bzducha 2008, Contarini, Pelizzola i Povoło 2009, Guzek i Głąbska 2008, Khanal i Olson 2004, Knight *et al.* 2004, Luna *et al.* 2005, Meluchova *et al.* 2008, Mojska 2006, Patkowska-Sokoła, Bodkowski i Jędrzejczak 2000, Tsiplakou, Kominakis i Zervas 2008, Woods *et al.* 2005, Żegarska 2005].

Dostępne w literaturze wyniki badań dokumentują wpływ okresu laktacji na skład mleka owczego. Wraz z upływem kolejnych miesięcy laktacji obserwowano wzrost zawartości suchej masy i tłuszczu. Szczególnie duże różnice w zawartości suchej masy stwierdzono w mleku owiec górskich i ich mieszańców z owcami fryzyjskimi, od ponad 3% nawet do ponad 8% [Drożdż 2000, 1999, Gwoździevicz, Ciuruś i Brzóska 1988]. Istotne zmiany zawartości tłuszczu w okresie laktacji stwierdzili m.in. A. Gwoździevicz, J. Ciuruś i B. Brzóska [1988] oraz A. Drożdż [1999] w mleku polskiej owcy górskiej i jej krzyżówek z owcą fryzyjską, S. Mroczkowski, B. Borys i D. Piwczyński [1999] w mleku mieszańców owcy wschodniofryzyjskiej i merynosa polskiego, K. Ploumi, S. Belibasaki i G. Triantaphyllidis [1998] w mleku owiec chios, A. Sevi *et al.* [2004] oraz M. Albenzio *et al.* [2005] w mleku owiec comisana oraz S. Mroczkowski i D. Piwczyński [2000] w mleku owiec suffolk. W swoich badaniach na mleku polskiej owcy długowiełnej S. Ciuryk, E. Molik i H. Pustkowiak [2001] zaobserwowali nie tylko zmiany zawartości tłuszczu w mleku, ale także istotne zmiany składu kwasów tłuszczowych. Od 4 do 7 miesiąca laktacji zwiększała się zawartość kwasów nienasyconych, natomiast zmniejszał się poziom nasyconych kwasów tłuszczowych. W końcowej fazie laktacji, kiedy zawartość tłuszczu przekraczała 10%, zmiany te miały odwrotny przebieg.

W niniejszej pracy również podjęto próbę określenia zmian w profilu kwasów tłuszczowych w mleku owczym w zależności od miesiąca laktacji.

2. Materiał badawczy i metody badań

Materiał badawczy stanowiło mleko owiec rasy: olkuskiej (OLK), polskiej owcy górskiej (POG) oraz mieszańców polskiej owcy górskiej z owcą fryzyjską (POG 75% x FRYZ 25%). Pojedynczą próbkę stanowiło mleko pobrane indywidualnie od każdej owcy. Wszystkie analizowane próbki pobierano z rannego udoju prowadzonego sposobem ręcznym. W pierwszych miesiącach laktacji udój prowadzono po wcześniejszym (około 8 godzin) oddzieleniu jagniąt od matek. Próbki po przetransportowaniu do laboratorium poddawane były badaniom. Badania składu kwasów tłuszczowych prowadzono w dwóch kolejnych latach. W sumie profil kwasów tłuszczowych określono w 222 próbkach.

Oznaczenie składu kwasów tłuszczowych wykonano metodą opisaną w normie PN-EN ISO 5508 „Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Analiza estrów metylowych kwasów tłuszczowych metodą chromatografii gazowej”. Próbki z tłuszczomierza rozdzielano w temperaturze 50°C, pobierając pipetą fazę tłuszczową, znajdującą się ponad fazą alkoholu arylowego. Kwasy tłuszczowe analizowano w postaci estrów metylowych uzyskiwanych w sposób opisany przez normę PN-EN ISO 5509 „Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Przygotowanie estrów metylowych kwasów tłuszczowych”. Analizy prowadzono na chromatografii gazowej SRI 8610C z kolumną Restek RTX 2330 (l = 105 m, Ø = 0,25 mm) z detektorem FID z zastosowaniem wodoru jako gazu nośnego. Dodatkowo opracowano i zastosowano zmodyfikowany program temperaturowy, pozwalający na rozdział i oznaczenie kwasów krótkołańcuchowych, poczynając od C₄. Jako wzorzec zastosowano *Food Industry FAME Mix* o numerze katalogowym 35077 firmy Restek. Wzorzec ten jest mieszaniną estrów metylowych 37 kwasów tłuszczowych. Kolejność elucji składników przyjęto za: *1999 Product Guide Restek* (s. 585).

Wyniki badań poddano analizie metodami statystyki matematycznej. Obliczenia wykonywano z zastosowaniem odpowiednich procedur komputerowego pakietu Statistica 8,0 PL. Analiza jednowymiarowa obejmowała obliczenie wartości średniej arytmetycznej – \bar{x} i wartości odchylenia standardowego – s_x zmiennej x , jaką była zawartość poszczególnych wybranych kwasów tłuszczowych w badanej próbce mleka owczego, oraz jednoczynnikową analizę wariancyjną, której celem było udzielenie odpowiedzi na pytanie, czy określony czynnik (kolejny rok badań, miesiąc laktacji) powoduje zróżnicowanie wyników składu kwasów tłuszczowych. Hipotezę zerową o równości wartości średnich w populacjach generalnych weryfikowano testem F-Snedecora. Dalszą analizę – *post hoc* – wykonywano testem NIR. Na zastosowanie tych testów pozwoliły wyniki testowania normalności wszystkich porównywanych rozkładów (testem Kołmogorowa-Smirnowa) oraz równości wariancji w badanych populacjach (testem Hartleya) [Dobosz 2001]. Wyniki analizy wariancyjnej zestawiono w tabeli 1 i 2.

Symbol „*” przy wartościach statystyki F-Snedecora w tabeli 2 oznacza te sytuacje, w których należy na poziomie istotności $\alpha = 0,05$ odrzucić hipotezę zerową (o braku różnicy pomiędzy wartościami średniej w badanej populacji) na rzecz hipotezy alternatywnej (nie wszystkie wartości średniej w badanej populacji są sobie równe). Symbole literowe przy wartościach średniej wskazują na występowanie istotnych różnic pomiędzy tymi wartościami w teście NIR.

Wykorzystano również skalowanie wielowymiarowe w celu syntetycznej prezentacji zróżnicowania mleka od owiec w różnym stadium laktacji pod względem składu kwasów tłuszczowych. Metoda skalowania wielowymiarowego pozwala na ocenę struktury zbioru obserwacji eksperymentalnych, tj ocenę położenia poszczególnych elementów tego zbioru w przestrzeni n -wymiarowej, gdzie n równa się liczbie zmierzonych parametrów. Usytuowanie elementów zbioru w przestrzeni wyznaczone zostaje wektorami parametrów je opisujących, a wzajemne relacje zachodzące pomiędzy poszczególnymi obiektami wynikają z wyznaczonej macierzy odległości. Końcowym zabiegiem jest transformacja wyników na tzw. mapę percepcji, a więc „przeniesienie” wszystkich punktów (elementów zbioru) z przestrzeni n -wymiarowej na płaszczyznę (w przestrzeń dwuwymiarową) lub w układ trzech współrzędnych. W analizie tej wykorzystano odległości euklidesowe, a transformację z przestrzeni n -wymiarowej na układ dwóch współrzędnych wykonano techniką głównych składowych Hotellinga [Gatnar i Walesiak 2004].

3. Wyniki badań i dyskusja

Analizę wyników dotyczących składu kwasów tłuszczowych mleka owczego przeprowadzono, stosując podział na pewne grupy kwasów tłuszczowych. Na podstawie studiów literaturowych w niniejszej pracy zaproponowano podział na następujące grupy kwasów tłuszczowych: suma kwasów nasyconych krótkołańcuchowych o łańcuchach węglowych od $C_{4:0}$ do $C_{10:0}$; suma wszystkich kwasów nasyconych (SFA *saturated fatty acids*), suma kwasów jednonienasyconych (MUFA *monounsaturated fatty acids*) oraz suma kwasów wielonienasyconych (PUFA *polyunsaturated fatty acids*). Dodatkowo przeprowadzono analizę zawartości osobno każdego z nasyconych kwasów krótkołańcuchowych lotnych z parą wodną, jak również analizę zawartości każdego z kwasów nienasyconych z grupy C_{18} . Uzasadnienie może stanowić fakt, że kwasy nasycone krótkołańcuchowe: masłowy ($C_{4:0}$), kapronowy ($C_{6:0}$), kaprylowy ($C_{8:0}$) i kaprynowy ($C_{10:0}$), podobnie jak kwasy nienasycone, są łatwo przyswajalne przez organizm człowieka (pochłaniane bez udziału kwasów żółciowych i tworzenia cząsteczek lipoproteinowych), w którym w całości wykorzystywane są jako paliwo energetyczne w mięśniach, sercu, wątrobie, nerkach i układzie nerwowym. Regulują syntezę cholesterolu

i triglicerydów w komórkach wątroby oraz działają terapeutycznie na nabłonek jelita grubego. Ponadto niektórzy autorzy sugerują, że kwas masłowy może wykazywać właściwości ochronne przed powstawaniem raka wątroby i skutecznie wspomagać leczenie nowotoru sutka i jelita grubego. Kwasy tłuszczowe są więc bardzo korzystne dla naszego organizmu. Podkreślić należy, że w mleku owczym jest tych kwasów znacznie więcej niż w mleku krowim [Cichosz 2007a i 2007b, Pieczonka 1999, Żegarska 2005]. Istotne znaczenie kwasów jednonienasyconych polega na ich bardziej efektywnym niż kwasów wielonienasyconych wpływie na obniżenie poziomu cholesterolu, a co za tym idzie zmniejszenie ryzyka chorób układu krążenia. Ponadto kwas oleinowy ($C_{18:1}$ cis-9, omega-9, n-9) wpływa na obniżenie lepkości i ciśnienia krwi [Cichosz 2007a i 2007b, Radzik-Rant 1996]. Wielonienasycone kwasy tłuszczowe, a w szczególności kwas linolowy ($C_{18:2}$ cis-9_12, omega-6, n-6) i α -linolenowy ($C_{18:3}$ cis-9_12_15, omega-3, n-3), występują w mleku w optymalnych proporcjach, tj. około 3:1. W organizmie człowieka m.in. determinują strukturę błon komórkowych, ograniczają syntezę triglicerydów, regulują sekrecję insuliny, są źródłem hormonów tkankowych. Kwas linolenowy i linolowy skutecznie redukują cholesterol (intensyfikują jego estryfikację i metabolizm), są ponadto podstawą dla powstania kwasu arachidonowego, eikozapentaenowego EPA i dokozaheksaenowego DHA [Cichosz 2007a i 2007b].

W pierwszym etapie analizy przystąpiono do oceny wpływu roku doświadczenia (tabela 1). Okazało się, że rok, w którym prowadzono badania, nie różnicował istotnie składu kwasów tłuszczowych mleka owczego (obliczone w analizie wariancyjnej wartości statystyki F-Snedecora „F” nie pozwalają na odrzucenie hipotezy zerowej). Dlatego też dalsze analizy prowadzono na wynikach z obydwu lat łącznie.

Miesiąc laktacji (tabela 2) istotnie różnicował skład wszystkich omawianych kwasów tłuszczowych mleka owczego, bez względu na rasę owiec. Jedyne wyjątek stanowił kwas kapronowy w mleku owiec olkuskich, którego zmiany zawartości w ciągu laktacji były niewielkie. G. Bonczar [1998], badając mleko owiec ille de france, stwierdziła, że pod koniec laktacji wzrasta zawartość kwasów tłuszczowych $C_{4:0}$, $C_{6:0}$, $C_{18:0}$, $C_{18:1}$ i $C_{18:3}$, maleje natomiast zawartość m.in. kwasu $C_{8:0}$, $C_{10:0}$ i $C_{18:2}$.

Najmniejszą ilość nasyconych kwasów krótkołańcuchowych oraz wszystkich kwasów nasyconych w omawianej pracy zawierało mleko owiec górskich w piątym miesiącu laktacji. Najwięcej nasyconych kwasów krótkołańcuchowych zawierało mleko mieszańców z trzeciego miesiąca laktacji, równie dużo było ich w mleku owiec olkuskich z tego samego okresu. Mleko tych ostatnich charakteryzowało się najwyższą zawartością wszystkich kwasów nasyconych. Najmniejszą ilość kwasów nienasyconych stwierdzono w mleku owiec olkuskich z trzeciego miesiąca laktacji (kwasy $C_{18:1}$ i $C_{18:2}$ trans oraz kwasy jednonienasy-

cone) oraz pierwszego miesiąca laktacji (kwas linolenowy i kwasy wielonienasycone). Najwięcej tych kwasów zawierało mleko mieszańców również z trzeciego miesiąca laktacji (kwasy $C_{18:2}$ oraz PUFA) i mleko owiec górskich z piątego miesiąca laktacji (kwas oleinowy i MUFA).

Tabela 1. Wpływ kolejnego roku doświadczenia na zawartość wybranych kwasów tłuszczowych w mleku owczym

Kwas (%)	Rok	Miara statystyczna		F
		\bar{x}	s_x	
$C_{4:0}$	2007	2,04	0,84	2,209
	2008	1,58	0,41	
$C_{6:0}$	2007	2,31	0,71	0,991
	2008	1,80	0,49	
$C_{8:0}$	2007	2,32	0,95	4,505
	2008	1,39	0,52	
$C_{10:0}$	2007	5,56	0,85	1,205
	2008	5,14	1,43	
Suma kwasów $C_{4:0}-C_{10:0}$	2007	13,33	4,50	1,066
	2008	11,04	2,54	
Suma kwasów nasyconych	2007	68,05	6,23	3,251
	2008	61,66	4,96	
$C_{18:1}$ (cis-9)	2007	24,01	4,41	1,223
	2008	27,36	3,10	
$C_{18:2}$ trans	2007	0,90	0,13	0,410
	2008	0,82	0,39	
$C_{18:2}$ (trans-9_12)	2007	0,78	0,18	0,011
	2008	0,72	0,29	
$C_{18:2}$ (cis-9_12)	2007	2,12	0,21	0,053
	2008	2,36	0,49	
$C_{18:3}$ (cis-9_12_15)	2007	1,49	0,23	0,452
	2008	1,69	0,54	
Suma kwasów jednonienasyconych	2007	29,42	5,23	2,605
	2008	34,06	4,02	
Suma kwasów wielonienasyconych	2007	6,00	1,60	0,044
	2008	6,33	1,39	

Źródło: badania własne.

Tabela 2. Wpływ miesiąca laktacji na zawartość wybranych kwasów tłuszczowych w mleku owczym

Kwas (%)	POG					POG/FRYZ					OLK							
	Miesiąc laktacji					Miesiąc laktacji					Miesiąc laktacji							
	1	2	3	4	5	F	1	2	3	4	5	F	1	2	3	4	F	
C _{4:0}	\bar{x}	1,76ab	1,78ab	1,46a	2,10b	1,31a	12,154*	1,99a	2,09ab	2,35b	1,73a	1,82a	8,272*	2,43b	1,36a	1,83ab	1,63ab	42,737*
	s_x	0,33	0,38	0,23	0,19	0,35		0,41	0,09	0,18	0,19	0,18		0,12	0,15	0,30	0,11	
C _{6:0}	\bar{x}	2,02ab	1,78ab	1,54a	2,29b	1,49a	16,319*	2,13a	1,71a	2,95b	2,13a	1,93a	28,604*	2,54	2,23	2,47	2,13	1,755
	s_x	0,30	0,39	0,11	0,18	0,30		0,16	0,24	0,31	0,33	0,07		0,72	0,25	0,12	0,21	
C _{8:0}	\bar{x}	1,89ab	1,76ab	1,27a	2,00b	1,25a	13,789*	1,63a	1,53a	2,82b	1,99a	1,59a	26,723*	2,28ab	2,11a	2,44b	2,06a	3,112*
	s_x	0,45	0,38	0,12	0,19	0,35		0,17	0,22	0,42	0,38	0,16		0,25	0,38	0,17	0,25	
C _{10:0}	\bar{x}	5,43b	5,17b	3,79a	5,31b	3,84a	6,070*	4,61a	4,34a	6,77b	6,24b	4,75a	12,966*	6,55b	5,97a	7,30b	6,30a	3,125*
	s_x	1,52	1,26	0,37	0,46	1,39		0,70	0,73	0,98	1,14	0,59		0,64	1,20	0,66	0,96	
Suma kwasów C _{4:0-C_{10:0}}	\bar{x}	11,10b	10,50b	8,06a	11,69b	7,89a	10,043*	10,36a	9,67a	14,89b	12,10ab	10,09a	18,034*	13,82b	11,66a	14,03b	12,12a	4,822*
	s_x	2,41	2,03	0,54	0,84	2,08		1,00	1,17	1,82	1,97	0,77		1,61	1,79	0,98	1,48	
Suma kwasów nasyconych	\bar{x}	62,24b	63,57b	60,46ab	57,34a	55,33a	8,810*	61,72b	61,96b	55,83a	61,89b	62,03b	12,209*	69,59b	64,46a	71,28b	61,99a	35,365*
	s_x	4,30	3,79	1,66	2,04	3,86		2,46	2,06	2,52	2,65	0,86		1,87	2,20	1,09	2,63	
C _{18:1 (cis-9)}	\bar{x}	25,42b	23,20a	25,87b	27,02c	29,29d	10,162*	27,64b	26,56ab	27,72b	25,43a	25,69a	4,298*	21,98a	25,81b	19,67a	26,16b	29,479*
	s_x	3,93	3,10	1,24	0,76	2,43		2,03	1,66	1,09	1,56	0,22		1,35	1,93	1,13	1,90	
C _{18:2 trans}	\bar{x}	0,72b	0,79b	0,56a	1,48d	1,14c	54,758*	0,65a	0,62a	1,51c	1,01b	1,09b	67,158*	0,44b	0,49b	0,28a	0,79c	26,455*
	s_x	0,11	0,15	0,15	0,19	0,18		0,15	0,15	0,11	0,07	0,11		0,17	0,12	0,01	0,09	
C _{18:2 (trans-9_12)}	\bar{x}	0,68a	0,69a	0,64a	1,20b	0,97b	33,674*	0,65a	0,63a	1,29b	0,74a	0,79a	58,083*	0,49a	0,52a	0,42a	0,66b	7,495*
	s_x	0,07	0,09	0,05	0,23	0,14		0,07	0,07	0,17	0,03	0,07		0,17	0,26	0,02	0,08	
C _{18:2 (cis-9_12)}	\bar{x}	2,10a	2,02a	2,26ab	2,57b	2,27ab	5,036*	2,10a	2,19a	3,14b	1,83a	2,05a	12,392*	1,97a	2,90b	2,23a	1,65a	24,149*
	s_x	0,34	0,42	0,31	0,30	0,22		0,28	0,28	0,76	0,19	0,20		0,20	0,50	0,11	0,23	
C _{18:3 (cis-9_12_15)}	\bar{x}	2,05b	2,33b	2,32b	1,74ab	1,37a	45,050*	1,92b	1,81b	1,83b	1,34a	1,33a	12,998*	0,77a	0,87a	1,17b	0,89a	5,479*
	s_x	0,15	0,31	0,28	0,14	0,12		0,25	0,23	0,28	0,13	0,16		0,33	0,19	0,11	0,09	

cd. tabeli 2

Kwas (%)	POG					POG/FRYZ					OLK							
	Miesiąc laktacji					F	Miesiąc laktacji					F	Miesiąc laktacji					F
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5		1	2	3	4		
Suma kwasów jednonienasyconych	\bar{x} 30,87a	29,12a	32,28ab	34,42b	37,39b	8,708*	32,11a	31,56a	35,17b	32,00a	31,66a	6,280*	25,96a	30,33b	24,03a	32,97b	43,258*	
s_x	4,02	3,11	1,33	1,57	3,28		2,12	1,69	1,49	2,08	0,17		1,80	1,73	1,17	2,07		
Suma kwasów wielonienasyconych	\bar{x} 6,79a	7,11a	7,22a	8,31b	7,33a	9,105*	5,79a	5,85a	8,70b	5,66a	5,72a	21,276*	4,20a	4,97b	4,38a	4,66ab	3,005*	
s_x	0,58	0,88	0,67	0,72	0,76		0,94	0,62	1,28	0,55	0,63		0,33	0,85	0,14	0,49		

Symbol * oznacza statystycznie istotne różnice pomiędzy wartościami średniej na poziomie $\alpha = 0,05$. Jednakowy symbol literowy przy wartościach średniej oznacza brak istotnej różnicy w teście NIR na poziomie $\alpha = 0,05$.

Źródło: badania własne.

Zawartość kwasu masłowego w mleku owiec górskich w pierwszych dwóch miesiącach była na zbliżonym poziomie (około 1,8%), a następnie zmniejszyła się. W czwartym miesiącu zanotowano najwyższą zawartość tego kwasu (2,1%), a w piątym po ponownym spadku – najniższą (1,3%). W mleku mieszańców do trzeciego miesiąca łącznie ilość kwasu $C_{4:0}$ systematycznie zwiększała się, osiągając maksymalną zawartość 2,35%. W kolejnych dwóch miesiącach nastąpił spadek, a najniższą zawartość tego kwasu zanotowano w miesiącu czwartym – 1,73%. W mleku owiec olkuskich najwięcej kwasu masłowego (2,43%) stwierdzono w pierwszym miesiącu laktacji. Po nagłym spadku, w drugim miesiącu jego ilość była najniższa (1,36%), a następnie w kolejnych dwóch miesiącach nieco zwiększyła się, przyjmując pośredni poziom. Spadek zawartości kwasu masłowego na przełomie kwietnia i maja potwierdzają badania innych autorów, jednak uzyskane przez nich zawartości były znacząco wyższe – 3,27% i 3,01% [Meluchova *et al.* 2008]. Systematyczny spadek zawartości kwasu masłowego w ciągu laktacji w mleku owiec friesland uzyskali D.D. Muir *et al.* [1993]. Dodać należy, że uzyskane przez nich wyniki były znacznie wyższe niż te w niniejszej pracy (11–6,7%).

Ilość kwasu kapronowego w mleku owiec górskich stosunkowo wysoka w pierwszym miesiącu laktacji systematycznie się zmniejszała do trzeciego miesiąca łącznie. W czwartym miesiącu nastąpił wzrost i odnotowano jego najwyższą zawartość na poziomie 2,29%, a w piątym gwałtowny spadek do poziomu zbliżonego z miesiąca trzeciego. W mleku mieszańców w pierwszym miesiącu laktacji ilość kwasu kapronowego była na średnim poziomie około 2,1%. W miesiącu drugim nastąpił spadek do najniższego zanotowanego poziomu 1,7%, a w trzecim gwałtowny wzrost do najwyższego poziomu prawie 3%. W kolejnych miesiącach następowało systematyczne zmniejszanie się ilości kwasu $C_{6:0}$ w mleku mieszańców. W miesiącu pierwszym i trzecim w mleku owiec olkuskich ilość kwasu kapronowego była na poziomie około 2,5%, a w miesiącu drugim i czwartym spadła i była na poziomie około 2,2–2,1%. Mleko owiec boutsiko charakteryzowało się istotnie wyższą zawartością kwasu $C_{6:0}$ w okresie od stycznia do marca w porównaniu z późniejszymi miesiącami laktacji [Kondyli i Katsiari 2002]. W mleku owiec długowieństych, podobnie jak w mleku owiec górskich, S. Ciuryk, E. Molik i E. Pustkowiak [2001] stwierdzili w piątym miesiącu laktacji istotne obniżenie zawartości kwasu kapronowego. Tendencja ta dotyczyła również kwasów kaprylowego i kaprynowego. Zmiany zawartości kwasów $C_{6:0}$ – $C_{10:0}$ zaobserwowano również w mleku owiec friesland. Początkowo zawartość tych kwasów obniżała się by wzrosnąć po rozpoczęciu wypasów owiec na pastwiskach. W kolejnym miesiącu następował ponowny spadek ilości tych kwasów i następnie wzrost. Do końca laktacji zawartość kwasu $C_{6:0}$ i $C_{8:0}$ była stabilna, a kwasu $C_{10:0}$ na koniec laktacji po raz kolejny wzrosła [Muir *et al.* 1993].

Zmiany zawartości kwasu kaprylowego w ciągu laktacji w mleku owiec górskich miały taki sam przebieg, jak w przypadku kwasu kapronowego. Również jego zawartość była zbliżona, najniższa w miesiącu piątym 1,25%, a najwyższa w miesiącu czwartym 2%. Podobny przebieg zmian zawartości kwasu $C_{8,0}$ w czasie wypasów odnotowali Meluchova *et al.* [2008] w mleku owiec słowackich. W mleku mieszańców i owiec olkuskich w pierwszych dwóch miesiącach laktacji ilość kwasu kaprylowego nieznacznie zmniejszała się, w miesiącu trzecim następował wzrost do maksymalnej zawartości, odpowiednio 2,82% i 2,44%, a następnie ponowny spadek mniej więcej do poprzedniego poziomu. E. Kondyli i M.C. Katsiari [2002] w mleku owiec boutsiko odnotowali istotny spadek zawartości kwasu kaprylowego i kaprynowego w miesiącu maju i czerwcu. W czerwcu ilość tych kwasów była o połowę mniejsza w porównaniu z miesiącami od stycznia do kwietnia.

Mleko owiec górskich, podobnie jak w przypadku dwóch wcześniej analizowanych kwasów, charakteryzowało się wysoką zawartością kwasu kaprynowego w miesiącu pierwszym (5,43%), w dwóch kolejnych następował spadek jego ilości, w czwartym miesiącu wzrost ponownie do 5,31%, a w piątym powrót do poziomu z miesiąca trzeciego, około 3,8%. Taką samą zawartość tego kwasu w miesiącu maju odnotowano w mleku owiec hodowanych na Słowacji. Jego ilość podobnie jak w niniejszej pracy w kolejnych miesiącach uległa zmniejszeniu do poziomu około 4% [Meluchova *et al.* 2008]. Ilość kwasu $C_{10:0}$ w dwóch pierwszych miesiącach w mleku owiec olkuskich i mieszańców nieznacznie zmniejszyła się, a miesiącu trzecim znacząco wzrosła do poziomu odpowiednio 7,30% i 6,77%. W mleku owiec olkuskich w miesiącu czwartym nastąpił istotny jednoprocentowy spadek, natomiast w mleku mieszańców – nieznaczny spadek. Dopiero w miesiącu piątym w mleku mieszańców ilość tego kwasu znacząco spadła do poziomu zbliżonego do pierwszego miesiąca – 4,75%. B. Patkowska-Sokoła i współpracownicy [2001], badając profil kwasów tłuszczowych w pierwszym miesiącu laktacji, uzyskali następujące wyniki zawartości kwasu kaprynowego: polska owca górska – 4,08% (mniej niż w niniejszej pracy), wrzosówka – 4,43%, muflon – 5,08%, merynos polski – 7,07%, charolais – 7,65%, wschodniofryzyjska aż 10,97%.

W mleku owiec górskich zawartość nasyconych kwasów krótkołańcuchowych zmniejszała się do trzeciego miesiąca laktacji, w czwartym miesiącu znacząco wzrastała a w piątym miesiącu ponownie zmniejszała się, osiągając zawartość najniższą spośród wszystkich analizowanych miesięcy laktacji. Z kolei w mleku mieszańców w dwóch pierwszych miesiącach następował spadek zawartości kwasów nasyconych lotnych z parą wodną, a ich najwyższą zawartość odnotowano w miesiącu trzecim. W miesiącu czwartym i piątym obserwowano ponowny spadek. Zmiany te, w szczególności wzrost w trzecim i czwartym miesiącu, mogą być związane ze zmianą żywienia, tj. z faktem wyprowadzenia owiec na pastwiska, który miał miejsce w przypadku owiec górskich w miesiącu czwartym,

a mieszańców w miesiącu trzecim. Jedynie w przypadku owiec olkuskich dużą zawartość tych kwasów stwierdzono w mleku z pierwszego oraz trzeciego miesiąca laktacji, a znacząco niższą w mleku z drugiego i czwartego miesiąca. Podobne zmiany zawartości poszczególnych kwasów krótkołańcuchowych, jak te zaobserwowane zwłaszcza w mleku owiec górskich i mieszańców, zanotowano w mleku owiec słowackich. Ilości tych kwasów w mleku owiec zaraz po rozpoczęciu wypasów wzrastały, a w końcowej fazie znacząco zmniejszały się [Meluchova *et al.* 2008, Ostrovsky *et al.* 2009].

Ilość wszystkich kwasów nasyconych w mleku owiec górskich systematycznie zmniejszała się z każdym upływającym miesiącem laktacji z 62,24% w pierwszym miesiącu do 55,33% w piątym. Podobną sytuację zaobserwowano w mleku owiec długowieństych, w którym jednak ilość kwasów nasyconych istotnie zwiększyła się w końcowym siódmym miesiącu laktacji [Ciuryk, Molik i Pustkowiak 2001]. Również S. Perea i współautorzy [2000] stwierdzili w mleku owiec lacha niższą zawartość kwasów nasyconych oraz krótkołańcuchowych w mleku z lipca w stosunku do mleka z kwietnia i lutego. Wyższą niż w omawianym doświadczeniu zawartość kwasów nasyconych w pierwszym miesiącu laktacji w mleku owiec górskich (68,5%) uzyskali B. Patkowska-Sokoła i współpracownicy [2001]. W mleku mieszańców zawartość kwasów nasyconych w drugim miesiącu laktacji nieznacznie wzrosła z 61,72% w pierwszym miesiącu do 61,96%. W trzecim miesiącu nastąpił istotny spadek do poziomu 55,83% i w kolejnych miesiącach ponowny znaczący wzrost do poprzedniego poziomu. W mleku owiec olkuskich, podobnie jak w przypadku sumy kwasów $C_{4:0}-C_{10:0}$, ilość wszystkich kwasów nasyconych w miesiącu drugim znacząco zmniejszyła się, w trzecim miesiącu istotnie wzrosła do poziomu 71,3%, a w czwartym ponownie obniżyła się do najniższego poziomu 62%. Podobnie jak w mleku owiec olkuskich i górskich spadek zawartości kwasów nienasyconych w miesiącu maju z 67% do 64% odnotowali B. Meluchova i współautorzy [2008]. Wyższe niż w mleku owiec olkuskich zawartości kwasów nasyconych w pierwszym miesiącu laktacji uzyskano w mleku owiec fryzyjskich, merynos polski i charolaise [Patkowska-Sokoła i in. 2001].

Mleko owiec górskich w pierwszym miesiącu laktacji charakteryzowało się zawartością kwasu oleinowego na poziomie 25,42% nieznacznie niższą niż stwierdzona przez B. Patkowską-Sokołę i współautorów [2001]. W drugim miesiącu jego ilość zmniejszyła się do 23,20%, a w kolejnych miesiącach systematycznie wzrosła aż do 29,29% w piątym miesiącu. W mleku mieszańców zawartość kwasu $C_{18:1}$ (cis-9) w pierwszym i trzecim miesiącu wynosiła około 27,7%, a w miesiącu drugim nastąpił ponadjednostkowy spadek. W dwóch ostatnich z analizowanych miesięcy ilość tego kwasu ponownie zmniejszyła się do około 25,5%. Zmiany zawartości kwasu oleinowego w mleku owiec olkuskich przebiegały sinusoidalnie, w pierwszym miesiącu jego ilość wynosiła prawie 22%, w drugim istotnie wzrosła

do 25,81%, w trzecim spadła poniżej 20%, a w czwartym ponownie istotnie wzrosła do 26,26%. A. Nudda i współautorzy [2005] zaobserwowali, że zawartość tego kwasu zwiększa się w kolejnych miesiącach laktacji. B. Meluchova i współautorzy [2008] stwierdzili spadek zawartości tego kwasu w drugim miesiącu wypasów, a następnie systematyczny wzrost aż do uzyskania początkowego poziomu około 22% w końcowym okresie wypasów.

Zawartość kwasu $C_{18:2}$ trans w mleku owiec górskich w pierwszych dwóch miesiącach była na podobnym poziomie, natomiast w miesiącu trzecim istotnie zmniejszyła się do poziomu około 0,6%. W czwartym miesiącu laktacji, po wyprowadzeniu owiec na pastwisko, nastąpił prawie dwukrotny w stosunku do trzeciego miesiąca laktacji wzrost ilości tego kwasu, a w piątym nie aż tak duży, ale znaczący spadek do poziomu 1,14%. W mleku mieszańców również w dwóch pierwszych miesiącach ilość kwasu $C_{18:2}$ trans była na zbliżonym poziomie około 0,65%, a w miesiącu trzecim, kiedy owce wyprowadzono na wypasy, ilość tego kwasu podwoiła się. W kolejnych dwóch miesiącach nastąpił istotny spadek do poziomu około 0,8%. Mleko owiec olkuskich w pierwszych trzech miesiącach laktacji zawierało około 0,4–0,5% kwasu $C_{18:2}$ trans, a w ostatnim z analizowanych miesięcy jego ilość istotnie wzrosła do poziomu 0,66%.

W pierwszych trzech miesiącach laktacji w przypadku mleka owiec górskich oraz w pierwszych dwóch miesiącach w przypadku mleka mieszańców zawartość kwasu $C_{18:2}$ (trans-9_12) była na zbliżonym poziomie (od 0,63% do 0,69%). W kolejnym miesiącu, czyli po wyprowadzeniu owiec na pastwiska, zawartość tego kwasu znacząco wzrosła do poziomu 1,20% w mleku owiec górskich i 1,29% w mleku mieszańców. W ostatnim z analizowanych miesięcy laktacji ilość kwasu $C_{18:2}$ (trans-9_12) w mleku owiec górskich nieznacznie zmniejszyła się, natomiast w mleku mieszańców ilość tego kwasu w ostatnich dwóch miesiącach zmniejszyła się istotnie, osiągając poziom zbliżony do tego z początkowej fazy laktacji. W mleku owiec olkuskich zawartość formy trans-9_12 kwasu $C_{18:2}$ była najniższa i w pierwszych trzech miesiącach wahała się w granicach 0,42–0,52%, a w czwartym miesiącu istotnie wzrosła do poziomu 0,66%.

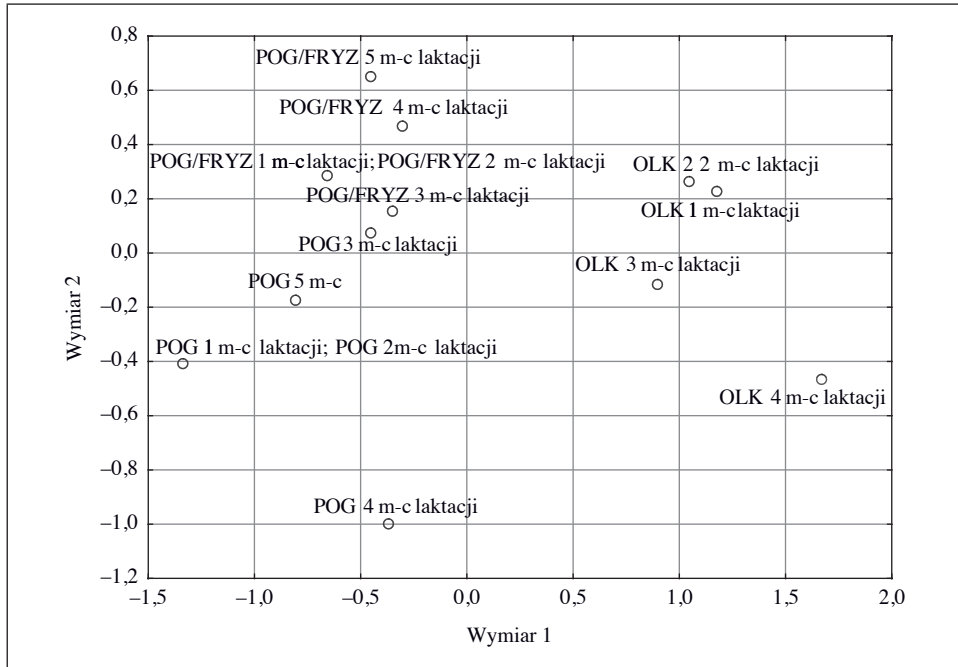
Zawartość kwasu linolowego wahała się w granicach 1,65–3,14%. Mleko owiec górskich zawierało w początkowej fazie laktacji 2,10% tego kwasu. W kolejnym miesiącu nastąpił nieznaczny spadek jego ilości, a następnie istotny wzrost do poziomu 2,57%. W ostatnim miesiącu ilość kwasu $C_{18:2}$ (cis-9_12) ponownie zmniejszyła się. Mleko mieszańców w pierwszym miesiącu laktacji zawierało tyle samo kwasu n-6, ile mleko owiec górskich. Następnie jego zawartość wzrosła, sięgając 3,14% w trzecim miesiącu laktacji. W ostatnich dwóch miesiącach nastąpił znaczący spadek do poziomu 1,83–2,05%. W mleku owiec olkuskich zawartość formy cis-9_12 kwasu $C_{18:2}$ w drugim miesiącu laktacji znacząco wzrosła, osiągając najwyższą w ciągu całej laktacji zawartość 2,90%. W kolejnych

miesiącach zawartość kwasu linolowego systematycznie zmniejszała się aż do poziomu 1,65% w ostatnim z analizowanych miesięcy laktacji. Spadek zawartości tego kwasu w miesiącu maju w stosunku do poprzedniego miesiąca potwierdzają również badania prowadzone na mleku owiec hodowanych na Słowacji, a uzyskane wartości wynosiły odpowiednio 2,94% i 2,30% [Meluchova *et al.* 2008].

Zmiany zawartości kwasu linolenowego w mleku owiec górskich i mieszańców przebiegały podobnie. Stosunkowo wysoka początkowa zawartość tego kwasu w mleku owiec górskich w miesiącu drugim i trzecim jeszcze wzrosła, osiągając poziom około 2,3%. W kolejnych dwóch miesiącach ilość kwasu linolenowego zmniejszała się, osiągając ostatecznie poziom 1,37%. W mleku mieszańców również w pierwszych trzech miesiącach laktacji zawartość kwasu C_{18:3} (cis-9_12_15) była wysoka, a w dwóch ostatnich znacząco obniżyła się do poziomu około 1,3%. Biorąc pod uwagę miesiąc laktacji, nieco niższą zawartość tego kwasu w kwietniu i maju stwierdzili B. Meluchova i współautorzy [2008]; odpowiednio 1,06% i 1,24%. Mleko owiec olkuskich w niniejszym doświadczeniu zawierało znacząco mniej kwasu linolenowego w stosunku do mleka owiec pozostałych ras, a jego zawartość w miesiącu pierwszym, drugim i czwartym wynosiła około 0,8–0,9%. Istotnie więcej tego kwasu zawierało mleko z trzeciego miesiąca laktacji – 1,17%. Jak podaje A. Nudda i współautorzy [2005], zawartość kwasu C_{18:3} (cis-9_12_15), podobnie jak kwasu CLA i wakcenenowego, zmniejsza się wraz z upływem laktacji, co jest prawdopodobnie związane ze zmianami w roślinności pastwiska, tj. w szczególności z dojrzewaniem traw, w wyniku którego zmniejsza się ilość kwasu linolenowego. Prawdopodobna jest również teza, że zielona młoda trawa stymuluje rozwój specyficznych bakterii w żwaczu, co ma wpływ na produkcję tych kwasów. Ponieważ badania te były prowadzone we Włoszech, gdzie pierwszy miesiąc doświadczenia zbiegał się w wyprowadzeniu owiec na pastwiska, uzyskane w niniejszej pracy wyniki (biorąc pod uwagę miesiąc wyprowadzenia zwierząt na pastwiska) zgodne są z uzyskanymi przez tych autorów.

Suma kwasów jednonienasyconych w mleku owiec górskich, po niewielkim spadku w miesiącu drugim (29,12% z 30,87%), systematycznie wzrastała, osiągając poziom 37,39% w piątym miesiącu laktacji. W mleku mieszańców, podobnie jak w mleku owiec górskich, zawartość kwasów jednonienasyconych w drugim miesiącu laktacji zmniejszyła się z 32,11% do 31,56%. W trzecim miesiącu laktacji mleko mieszańców zawierało najwięcej kwasów MUFA (ponad 35%), w następnym odnotowano znaczący, systematyczny spadek ilości tych kwasów. Mleko owiec olkuskich w pierwszym miesiącu laktacji zawierało około 26% kwasów jednonienasyconych. Ilość ta istotnie zwiększyła się w drugim miesiącu laktacji, następnie odniżyła się do około 24% i ponownie istotnie wzrosła do 33% w czwartym miesiącu laktacji. W niniejszej pracy suma kwasów jednonienasyconych w mleku owiec górskich w pierwszym miesiącu laktacji była wyższa niż stwierdzona przez

B. Patkowską-Sokołą i współautorów [2001], zbliżona do wartości uzyskanych przez nich w mleku wrzosówki i muflona (około 30,85%).



Rys. 1. Wyniki skalowania wielowymiarowego przedstawiające konfigurację mleka owiec różnego genotypu i z różnych miesięcy laktacji wyznaczoną profilem kwasów tłuszczowych mleka

Źródło: badania własne.

Suma kwasów wielonienasyconych w mleku owiec górskich systematycznie wzrastała, w tym istotnie w czwartym miesiącu laktacji, osiągając poziom 8,31%. W ostatnim z analizowanych miesięcy ilość kwasów PUFA obniżyła się do 7,33%. Podobnie w mleku mieszańców do trzeciego miesiąca włącznie ilość tych kwasów wzrastała aż do poziomu 8,70%, a w kolejnych dwóch miesiącach istotnie zmniejszyła się. Zmiany zawartości kwasów wielonienasyconych w mleku owiec olkuskich miały podobny przebieg, jak w przypadku kwasów jednonienasyconych. Istotnie wyższą zawartość kwasów PUFA odnotowano w drugim i czwartym miesiącu laktacji, odpowiednio 4,97% i 4,66%, w stosunku do 4,20% w pierwszym miesiącu oraz 4,38% w trzecim miesiącu laktacji. Uzyskane wyniki analiz mleka owiec górskich i mieszańców zgodne są z doniesieniami literaturowymi, które wskazują, że ilość kwasów PUFA znacząco wzrasta, gdy zwierzęta mają dostęp do młodej, świeżej trawy. Następnie w miarę dojrzewania roślinności na pastwi-

skach ilość tych kwasów zawartych w mleku zmniejsza się. Badania prowadzone na Słowacji również potwierdzają, że w końcowym okresie wypasów (wrzesień) następuje ponowny wzrost zawartości kwasów PUFA (ponad 8%) i CLA (2,7%), co związane jest ponownym dostępem do młodej roślinności [Meluchova *et al.* 2008, Ostrovsky *et al.* 2009]. Znacznie niższe zawartości kwasów wielonienasyconych w pierwszym miesiącu laktacji stwierdzono w mleku owiec charolaise (1,87%), merynosa polskiego (3,21%), owcy fryzyjskiej (3,67%) i muflona (3,77%). Jedynie mleko wrzosówki charakteryzowało się zbliżoną do mleka mieszańców zawartością kwasów PUFA – 5,6% [Patkowska-Sokoła 2001].

Jak wynika z rys. 1, przedstawiającego wyniki skalowania wielowymiarowego, biorąc pod uwagę profil kwasów tłuszczowych, mleko owiec olkuskich wyraźnie odróżnia się od mleka owiec pozostałych ras. Podobny skład wykazuje mleko owiec olkuskich z dwóch pierwszych miesięcy laktacji. Również punkty obrazujące profil kwasów tłuszczowych mleka owiec górskich z dwóch pierwszych miesięcy, a także mieszańców z dwóch pierwszych miesięcy znajdują się w bliskiej odległości. Sugeruje to, że skład mleka w dwóch pierwszych miesiącach laktacji jest podobny. Mleko owiec górskich z czwartego miesiąca laktacji wyraźnie odróżnia się od pozostałych, co spowodowane jest istotnym wzrostem zawartości kwasów nasyconych krótkołańcuchowych, wielonienasyconych oraz spadkiem zawartości kwasów nasyconych.

4. Podsumowanie

Analizując wyniki badań, należy zauważyć, że skład wszystkich omawianych kwasów tłuszczowych mleka owczego, bez względu na rasę owiec, istotnie różnił się w zależności od miesiąca laktacji. Wyjątek stanowił kwas kapronowy w mleku owiec olkuskich, którego zmiany zawartości były niewielkie. Trudno jest jednak określić pewne tendencje związane ze zmianami składu kwasów tłuszczowych w zależności od miesiąca laktacji, gdyż w zależności od rasy niektóre zmiany miały odmienny przebieg. W mleku owiec górskich i mieszańców zawartość kwasu $C_{4:0}$, $C_{6:0}$, $C_{8:0}$ oraz suma kwasów $C_{4:0}-C_{10:0}$ początkowo obniżały się, następnie zauważalny jest wzrost i ponowny spadek. Z kolei zawartość kwasów wielonienasyconych początkowo zwiększała się do trzeciego miesiąca laktacji w przypadku mleka mieszańców oraz czwartego w przypadku mleka owiec górskich, a następnie znacząco obniżyła się. W mleku owiec olkuskich zawartość kwasów nasyconych krótkołańcuchowych i kwasów nasyconych w pierwszym i trzecim miesiącu laktacji była znacząco wyższa w porównaniu z wynikami z miesiąca drugiego i czwartego, a zawartość kwasu oleinowego, kwasów jedno- i wielonienasyconych była znacząco niższa.

Należy zauważyć, że pewne zmiany w profilu kwasów tłuszczowych związane mogą być z wyprowadzeniem owiec na wiosennoletnie wypasy na halach, co potwierdzają również inne badania [Meluchova *et al.* 2008, Nudda *et al.* 2005, Ostrovsky *et al.* 2009]. Skutkowało to w pierwszym miesiącu wypasów znaczącym spadkiem ilości kwasów nasyconych i wzrostem kwasów nienasyconych oraz nasyconych krótkołańcuchowych, co w szczególności było widoczne na przykładzie mleka owiec górskich i mieszańców.

Dla jednoznacznego określenia wpływu miesiąca laktacji na skład mleka, w tym także profil kwasów tłuszczowych, należałoby w ciągu całego okresu prowadzenia doświadczenia utrzymywać zwierzęta w jednakowych warunkach przede wszystkim dotyczących żywienia (np. wyłącznie system alkiejowy). Jednak taki model doświadczenia, jaki przyjęto w pracy, stosowany jest w badaniach prawdopodobnie z uwagi na fakt, że odmiennie niż w przypadku hodowli krów, hodowla owiec wykorzystuje tradycyjny sposób uwzględniający wypasanie owiec na pastwiskach. Stąd też analizując zmiany składu mleka owczego, ocenia się mleko pozyskiwane od zwierząt utrzymywanych w sposób zwyczajowy.

Literatura

- Albenzio M. *et al.* [2005], *Proteolytic Patterns and Plasmin Activity on Ewes' Milk as Affected by Somatic Cell Count and Stage of Lactation*, „Journal of Dairy Research”, 72.
- Atti N., Rouissi H., Othmane M.H. [2006], *Milk Production, Milk Fatty Acid Composition and Conjugated Linoleic Acid (CLA) Content in Dairy Ewes Raised on Feedlot or Grazing Pasture*, „Livestock Science”, vol. 104, nr 1–2.
- Bonczar G. [1998], *Badania nad jakością i przydatnością do przetwórstwa mleka owczego*, „Przegląd Mleczarski”, nr 11.
- Bonczar G., Paciorek A. [1999], *Właściwości mleka owczego*, „Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Krakowie, Technologia Żywności”, t. 11.
- Bzducha A. [2008], *Kwasy tłuszczowe o konfiguracji trans, źródło pochodzenia a wpływ na zdrowie człowieka w kontekście znakowania środków spożywczych*, „Przegląd Mleczarski”, nr 4.
- Cardak A.D., Yetismeyen A., Brückner H. [2003a], *Quantitative Comparison of Camel, Goat and Cow Milk Fatty Acids*, „Milchwissenschaft”, vol. 58, nr 1–2.
- Cardak A.D., Yetismeyen A., Brückner H. [2003b], *Quantitative Comparison of Free Fatty Acids in Camel, Goat and Cow Milk*, „Milchwissenschaft”, nr 3/4.
- Cichosz G. [2007a], *Prozdrowotne właściwości tłuszczu mlekowego*, „Przegląd Mleczarski”, nr 5.
- Cichosz G. [2007b], *Zdrowotne skutki substytucji tłuszczu mlekowego olejami roślinnymi*, „Przegląd Mleczarski”, nr 12.
- Ciuryk S., Molik E., Pustkowiak H. [2001], *Zmiany poziomu kwasów tłuszczowych i cholesterolu w mleku polskich owiec długowiełnistych w okresie mlekowego użytkowania*, „Roczniki Naukowe Zootechniki. Suplement”, nr 12.

- Contarini G., Pelizzola V., Povolò M. [2009], *Content of Conjugated Linoleic Acid in Neutral and Polar Lipid Fractions of Milk of Different Ruminant Species*, „International Dairy Journal”, nr 19.
- Dobosz M. [2001], *Wspomagana komputerowo statystyczna analiza wyników badań*, Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, Warszawa.
- Drożdż A. [2000], *Mleczność owiec górskich i ich mieszańców F1 z trykami wschodnio-fryzjskimi*, „Roczniki Naukowe Zootechniki”, nr 3.
- Drożdż A. [1999], *Stan aktualny oraz problemy użytkowania mlecznego owiec w rejonach górskich*, III Owczarska Szkoła Wiosenna „Alternatywne kierunki wykorzystania krajowego pogłowia owiec”, Krynica 12–14.04.1999.
- Gatnar E., Walesiak M. [2004], *Metody statystycznej analizy wielowymiarowej w badaniach marketingowych*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu, Wrocław.
- Goudjil H. [2004], *Quantitative Characterization of Unsaturated and Trans Fatty Acids in Ewe's Milk Fat*, „Lait”, nr 84.
- Guzek D., Głąbska D. [2008], *Sprzężony dien kwasu linolowego w produktach mlecznych a możliwości podnoszenia właściwości prozdrowotnych żywności*, „Przegląd Mleczarski”, nr 1.
- Gwoździewicz A., Ciuruś J., Brzóska B. [1988], *Wydajność i skład chemiczny mleka polskiej owcy górskiej i jej krzyżówek z owcą fryzjską*, „Roczniki Naukowe Zootechniki”, nr 1.
- Hodowla owiec* [1998], red. M. Wójcikowska-Soroczyńska, SGGW, Warszawa.
- Jurczak M. [2005], *Mleko – produkcja, badanie, przerób*, Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- Kędzior W. [2005], *Owcze produkty spożywcze*, PWE, Warszawa.
- Khanal R.C., Olson K.C. [2004], *Factors Affecting Conjugated Linoleic acid (CLA) Content in Milk, Meat, and Egg: a Review*, „Pakistan Journal of Nutrition”, nr 2 (3).
- Knight T.W. et al. [2004], *Conjugated Linoleic Acid Concentration (CLA) in the m. Longissimus Thoracis of the Offspring of RomneyEwes Screened for High and Low CLA in their Milkfat*, „New Zealand Journal of Agricultural Research”, nr 47.
- Kondyli E., Katsiari M.C. [2002], *Fatty Acid Composition of Raw Ewe's Milk of Boutsiko Breed During Lactation*, „Milchwissenschaft”, nr 2 (57).
- Luna P. et al. [2005], *Conjugated Linoleic Acid in Ewe Milk Fat*, „Journal of Dairy Research”, nr 72.
- Martini M. et al. [2008], *Relationship between Morphometric Characteristics of Milk Fat Globules and the Cheese Making Aptitude of Sheep's Milk*, „Small Ruminant Research”, nr 74.
- Meluchova B. et al. [2008], *Seasonal Variations in Fatty Acid Composition of Pasture Forage Plants and CLA Content in Ewe Milk Fat*, „Small Ruminant Research”, nr 78.
- Mojška H. [2006], *Czy istnieje potrzeba znakowania żywności zawartością izomerów trans kwasów tłuszczowych?*, „Przemysł Spożywczy”, nr 11.
- Mroczkowski S., Borys B., Piwczyński D. [1999], *Wpływ wieku oraz stadium laktacji na produkcję mleka, morfologię oraz zdrowotność wymienia maciorek mieszańców F1 fryz x merynos*, „Zeszyty Naukowe PTZ”, nr 43.
- Mroczkowski S., Piwczyński D. [2000], *Wpływ niektórych czynników na mleczność owiec rasy suffolk i ich mieszańców*, „Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu. Konferencje”, nr 399.

- Muir D.D. *et al.* [1993], *Ovine Milk. 1. Seasonal Changes in Composition of Milk from a Commercial Scottish Flock*, „Milchwissenschaft”, nr 7 (48).
- Nudda A. *et al.* [2005], *Seasonal Variation in Conjugated Linoleic Acid and Vaccenic Acid in Milk Fat of Sheep and its Transfer to Cheese and Ricotta*, „Journal of Dairy Science”, nr 88.
- Ostrovsky I. *et al.* [2009], *Variation in Fatty Acid Composition of Ewes' Milk During Continuous Transition from Dry Winter to Natural Pasture Diet*, „International Dairy Journal”, nr 19.
- Park Y.W. *et al.* [2007], *Physico-chemical Characteristics of Goat and Sheep Milk*, „Small Ruminant Research”, nr 68.
- Patkowska-Sokoła B., Bodkowski R., Jędrzejczak J. [2000], *Zawartość sprzężonych dienów kwasu linolowego (SKL) w mięsie i mleku różnych gatunków zwierząt*, „Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu. Konferencje”, nr 399, Wrocław.
- Patkowska-Sokoła B. [2001], *Skład chemiczny i profil kwasów tłuszczowych mleka różnych ras owiec*, „Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu”, nr 429, Wrocław.
- Perea S. [2000], *Seasonal Changes in the Fat Composition of Lacha sheep's Milk Used for Idiazabal Cheese Manufacture*, „European Food Research and Technology”, nr 210.
- Pieczonka W. [1999], *Towaroznawstwo mleka*, Wydział Ekonomii w Rzeszowie, Akademia Rolnicza w Krakowie, Rzeszów.
- Ploumi K., Belibasaki S., Triantaphyllidis G. [1998], *Some Factors Affecting Daily Milk Yield and Composition in the Flock of Chios Ewes*, „Small Ruminant Research”, nr 28.
- PN-EN ISO 5508:1996 *oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Analiza estrów metylo- wych kwasów tłuszczowych metodą chromatografii gazowej.*
- PN-EN ISO 5509:2001 *oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Przygotowanie estrów metylo- wych kwasów tłuszczowych.*
- Podstawy chowu i hodowli owiec* [2000], red. B. Patkowska-Sokoła, Wydawnictwo AR, Wrocław.
- Radzik-Rant A. [1996], *Analiza składu kwasów tłuszczowych w mięsie, tłuszczu i mleku owiec rasy wrzosówka*, „Zeszyty Naukowe PTZ”, nr 23.
- Scolozzi C., Martini M., Abramo F. [2003], *A Method for Identification and Characterization of Ewe's Milk Fat Globules*, „Milchwissenschaft”, nr 9/10.
- Sevi A. *et al.* [2004], *Effects of Lambing Season and Stage of Lactation on Ewe Milk Quality*, „Small Ruminant Research”, nr 51.
- Tsiplakou E., Kominakis A., Zervas G. [2008], *The Interaction between Breed and Diet on CLA and Fatty Acids Content of Milk Fat of four Sheep Breeds Kept Indoors or at Grass*, „Small Ruminant Research”, nr 74.
- Woods V.B. *et al.* [2005], *Dietary Sources of Unsaturated Fatty Acids for Animals and their Subsequent Availability in Milk, Meat and Eggs*, Agri-Food and Biosciences Institute (AFBI), Hillsborough.
- Żegarska Z. [2005], *Składniki tłuszczu mlekowego o potencjalnym działaniu przeciwno- wotworowym*, „Przegląd Mleczarski”, nr 6.

Changes in the Content of Selected Fatty Acids of Sheep's Milk Depending on the Month of Lactation

This paper presents the results of an analysis of the composition of sheep milk fatty acids. Milk from Olkuska sheep, Polish mountain sheep, and crossbreeds of Polish mountain sheep and Friesian sheep (75% x 25%) was examined. The fatty acid profiles were analysed according to the month of lactation. Significant differences in fatty acid composition were observed for each breed. In the third and fourth month of lactation, in the milk of crossbreeds and Polish mountain sheep, respectively, saturated fatty acid content significantly decreased while the unsaturated and short-chain saturated fatty acid content increased. In the milk of Olkuska sheep, the content of short-chain saturated fatty acids and saturated fatty acids in the first and third months of lactation was significantly higher, while the content of oleic acid, mono- and polyunsaturated fatty acids was significantly lower than in the second and fourth months. It was also observed that the fatty acid profile of sheep's milk in the first two months of lactation was similar.

Keywords: sheep milk, fatty acids, profile of fatty acids, month of lactation.