

JAROSŁAWA RUTKOWSKA, AGATA ADAMSKA, MAŁGORZATA BIAŁEK

PORÓWNANIE SKŁADU KWASÓW TŁUSZCZOWYCH ZAWARTYCH W TŁUSZCZU MLEKA KLACZY I KRÓW

Streszczenie

Celem pracy była ocena składu kwasów tłuszczowych (KT) tłuszczu mlecznego klaczy i porównanie ze składem KT tłuszczu mleka krowiego, ze szczególnym uwzględnieniem KT istotnych w żywieniu człowieka. Materiał badawczy stanowiło 10 prób mleka klaczy i 10 prób mleka krowiego, pobieranych od zwierząt w okresie żywienia zimowego i letniego, z regionu mazowieckiego. W próbach oznaczano zawartość substancji tłuszczowej, stosując metodę Rose-Gottlieba oraz skład KT z użyciem chromatografii gazowej (GC). Analiza składu KT mleka klaczy wykazała dużą zawartość nasyconych KT: kaprylowego C8:0 (od 2,81 do 5,17 %), kaprynowego C10:0 (od 6,30 do 11,34 %) i laurynowego C12:0 (od 6,94 do 9,79 %). Nienasycone KT mleka klaczy były reprezentowane głównie przez: kwas linolowy C18:2 9c12c (od 12,29 do 13,78 %) i α -linolenowy C18:3 9c12c15c (od 3,74 do 5,10 %). Mleko krowie wyróżniała większa zawartość następujących nasyconych KT: masłowego C4:0 (od 2,37 do 2,63 %), kapronowego C6:0 (od 1,78 do 2,06 %) i stearynowego C18:0 (od 10,77 do 10,89 %) oraz znacznie mniejsza zawartość wielonienasyconych KT: linolowego (od 1,17 do 1,22 %) i α -linolenowego (od 0,38 do 0,48 %). W tłuszczu mleka krowiego występowały przede wszystkim specyficzne KT syntetyzowane w procesie biouwodorowania, tj. kwas wakceny C18:1 11t oraz CLA C18:2 9c11t. Zawartość KT w mleku obu gatunków zwierząt charakteryzowała się dużą zmiennością w zależności od sezonu.

Słowa kluczowe: mleko klaczy, mleko krowie, skład kwasów tłuszczowych

Wprowadzenie

W europejskiej strefie geograficznej najszersze zastosowanie w żywieniu człowieka ma mleko krowie. Natomiast mleko klaczy jest jednym z podstawowych produktów żywnościowych wykorzystywanych przez ludzi w regionie centralnej Azji. Podstawowym produktem żywnościowym wytwarzanym z mleka klaczy w procesie fermentacji jest tradycyjny napój o nazwie kumys, produkowany obecnie na skalę przemysłową. Mleko klaczy wzbudza zainteresowanie wśród naukowców w Europie

Dr inż. J. Rutkowska, mgr inż. A. Adamska, mgr inż. M. Białek, Katedra Technologii Gastronomicznej i Higieny Żywności, Wydz. Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, ul. Nowoursynowska 159 C, 02-776 Warszawa

ze względu na swój specyficzny skład [6, 10]. We Włoszech trwają badania nad zastosowaniem mleka klaczy jako substytutu mleka krowiego w żywieniu dzieci z alergią. Dotychczas przeprowadzone doświadczenia dowodzą, że 96 % dzieci z alergią na mleko krowie, toleruje mleko klaczy [3]. Dalsze badania nad mlekiem klaczy pozwolą wyznaczyć nowe kierunki zastosowania tego produktu w żywieniu człowieka.

Mleko klaczy znacznie różni się składem w porównaniu z mlekiem krowim. Produkt ten charakteryzuje się większą zawartością cukru mlekowego (laktozy, na poziomie 5,8 - 7,0 g/100 ml), mniejszą zawartością białka (na poziomie 1,3 - 2,8 g/100 ml) oraz mniejszą zawartością tłuszczu (1,2 - 2,95 g/100 ml). Różnice dotyczą również składu oraz zawartości składników mineralnych i witamin [10, 11].

Stwierdzono również różnice w składzie kwasów tłuszczowych (KT) w porównaniu z mlekiem innych ssaków [10]. Na ilościowe i jakościowe różnice składu KT tłuszczu mlekowego klaczy i krowiego miały wpływ głównie: sposób żywienia oraz budowa przewodu pokarmowego tych gatunków zwierząt. W przewodzie pokarmowym klaczy zachodzą znikome, lub w ogóle nie zachodzą, procesy hydrogenacji, natomiast w przewodzie pokarmowym krów są one powszechne i bardzo złożone. Zróżnicowane funkcje i różnorodność procesów zachodzących w przewodzie pokarmowym klaczy i krowy są przyczyną różnorodnego składu mleka obydwu gatunków zwierząt.

Celem pracy była ocena składu kwasów tłuszczowych (KT) tłuszczu mlekowego klaczy i porównanie ze składem KT tłuszczu mleka krowiego, ze szczególnym zwróceniem uwagi na zawartość KT istotnych w żywieniu człowieka.

Materiał i metody badań

Materiał badawczy stanowiło 10 prób mleka klaczy i 10 prób mleka krów pobieranych w okresie żywienia zimowego (oborowego) i letniego (pastwiskowego), z regionu mazowieckiego.

Próby mleka klaczy pochodziły od dwóch klaczy rasy polskiej zimnokrwistej, które były w tym samym okresie laktacji w momencie pobierania prób. Do badań pobrano 5 prób mleka od pierwszej klaczy w okresie żywienia zimowego – w lutym oraz 5 prób mleka od drugiej klaczy w okresie żywienia letniego – w czerwcu. Żywienie zimowe klaczy składało się z: siana, owsa i słomy owsianej. Żywienie letnie obejmowało: duży udział trawy oraz niewielką ilość owsa.

W przypadku mleka krowiego próby pochodziły od reprezentatywnego dla regionu mazowieckiego stada bydła rasy czarno-białej z domieszką rasy holsztyńsko-fryzyskiej. Próby mleka krowiego były również pobierane w lutym i czerwcu. Żywienie zimowe krów składało się z: kiszonki z kukurydzy, kiszonki z trawy, mieszanki paszowej, siana. Żywienie pastwiskowe obejmowało: trawę, mniejsze niż w okresie żywienia oborowego ilości kiszonki z kukurydzy, kiszonki z trawy, mieszanki paszowej.

Ekstrakcję i oznaczenie zawartości substancji tłuszczowej z prób mleka wykonywano w trzech powtórzeniach metodą Rose-Gottlieba – IDF-ISO-AOAC Nr 905.02 [1]. Estry metylowe kwasów tłuszczowych przygotowywano wg AOAC Method Nr 963.22 [2]. Transmetylację prób prowadzono przy użyciu mieszaniny stężonego kwasu siarkowego(VI) (95 %) i metanolu, a następnie bezpośrednio konwersję do estrów metylowych kwasów tłuszczowych (FAME).

Analizę profilu kwasów tłuszczowych jako estrów metylowych (FAME) substancji tłuszczowej wyekstrahowanej z mleka prowadzono techniką chromatografii gazowej (GC) wg PN-EN ISO 5508 [13], wykorzystując aparat HP-Agilent 6890N. Zastosowano kolumnę z wysokopolarną fazą stacjonarną Rtx 2330 (dł. 100 m; 0,25 mm ID; 0,2 μ m Th.) (Restek Corp. USA) 0,25 mm. Do identyfikacji KT zastosowano wzorzec Supelco 37 No:47885-U (Sigma Aldrich). Rezultaty wyrażano w postaci udziału procentowego w całkowitej ilości estrów metylowych.

Analizę statystyczną przeprowadzono w celu stwierdzenia istotności różnic wartości poszczególnych KT w tłuszczu mlecznym kłaczy i krów, wykorzystując program Statistica 9 PL (StatSoft, Inc. 2010). Procentową zawartość KT w tłuszczu mlecznym kłaczy i krowy, jako próby niezależne, porównywano z wykorzystaniem testu t-Studenta. Testowanie prowadzono na poziomie $\alpha = 0,05$.

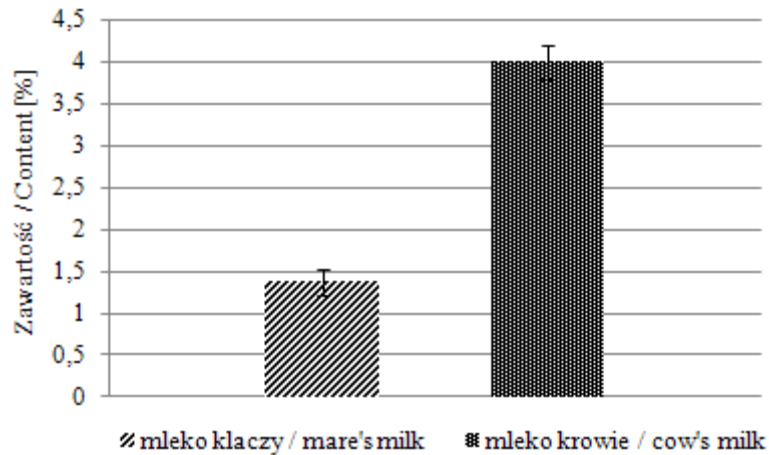
Wyniki i dyskusja

Zawartość substancji tłuszczowej w badanych próbach

W próbach mleka kłaczy stwierdzono znacznie mniejszą zawartość substancji tłuszczowej, średnio 1,37 g/100 g mleka, w porównaniu z próbami mleka krowiego, w których średnia zawartość tłuszczu wynosiła 4,00 g/100 g mleka (rys. 1). Wyniki te były niższe od otrzymanych przez Pikula i Wójtowskiego [12], którzy w mleku kłaczy oznaczyli 2,06 g suchej masy w 100 g mleka. Należy podkreślić, że badania zostały przeprowadzone w tym samym miesiącu laktacji, co analizowane próby. Większą zawartość substancji tłuszczowej stwierdzono również w badaniach Hoffmana i wsp. [8], wynosiła ona średnio 2,08 g/100 g mleka również w pierwszym miesiącu laktacji. Przyczynę tych różnic można wyjaśnić odmiennym sposobem żywienia zwierząt.

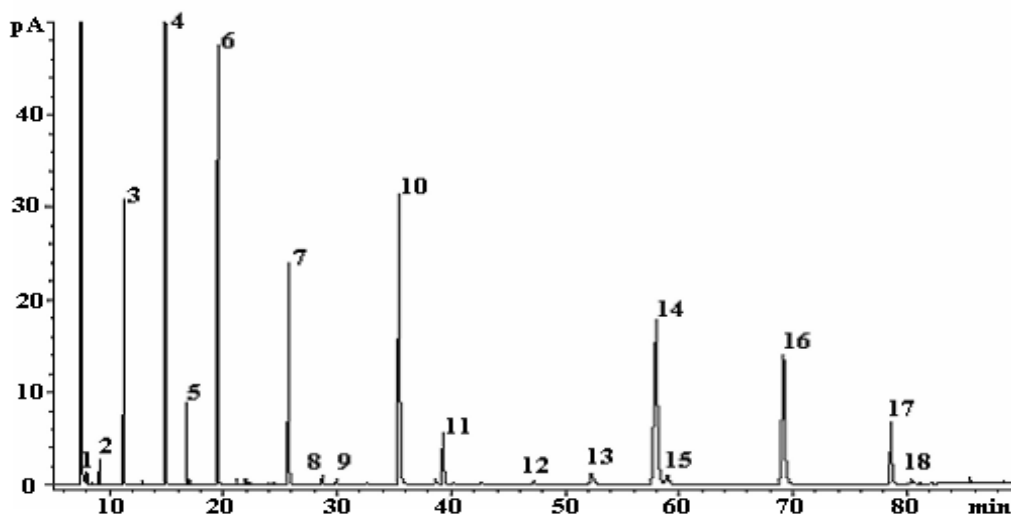
Identyfikacja składu KT w mleku kłaczy

Przykładowy rozdział i identyfikację KT w tłuszczu mlecznym kłaczy metodą GC przedstawiono na chromatogramie zamieszczonym na rys. 2.



Rys. 1. Średnia zawartość substancji tłuszczowej w próbach mleka klaczy i krowy.

Fig. 1. Average content of fatty matter in cow's and mare's milk samples.



Identyfikacja/Identification: 1-C4:0; 2-C6:0; 3-C8:0; 4-C10:0; 5-C10:1; 6-C12:0; 7-C14:0; 8-C14:1; 9-C15:0; 10-C16:0; 11-C16:1; 12-C17:1; 13-C18:0; 14-C18:1 9c; 15-C18:1 11c; 16-C18:2 9c12c; 17-C18:3 9c12c15c; 18-C18:2 9c11t.

Rys. 2. Rozdział i identyfikacja kwasów tłuszczowych w tłuszczu mlecznym klaczy metodą GC.

Fig. 2. Separation and identification of fatty acids in mare's milk fat by GC method.

W analizowanych próbach substancji tłuszczowej mleka klaczy zidentyfikowano 18 KT. W grupie krótkołańcuchowych nasyconych KT C4:0-C10:0 (SCSFA) były to kwasy: masłowy C4:0, kapronowy C6:0, kaprylowy C8:0, kaprynowy C10:0. Wśród

kwasów nasyconych średnio- i długołańcuchowych oznaczono: laurynowy C12:0, mirystynowy C14:0, pentadecanowy C15:0, palmitynowy C16:0 oraz stearynowy C18:0. Kwasy jednonienasycone – MUFA były reprezentowane przez: decenowy C10:1, tetradecenowy C14:1, palmitooleinowy C16:1, margarooleinowy C17:1, oleinowy C18:1 9c i oktadecenowy C18:1 11c. W grupie kwasów wielonienasyconych – PUFA stwierdzono obecność kwasu linolowego C18:2 9c12c, kwas α -linolenowego C18:3 9c12c15c, oraz sprzężonego kwasu linolowego C18:2 9c11t. Podobny skład KT stwierdzono w badaniach Pikula i Wójtowskiego [12] oraz Csapo i wsp. [5].

Porównanie składu KT tłuszczu mlecznego krów i kłaczy

Analiza chromatograficzna metodą GC wykazała znaczne zróżnicowanie składu KT tłuszczu mlecznego krów i kłaczy. W tab. 1. przedstawiono zawartość kwasów tłuszczowych w tłuszczu mlecznym pochodzącym od dwóch gatunków ssaków z okresu żywienia zimowego (oborowego) i letniego (pastwiskowego). Analiza statystyczna wykazała istotne różnice pod względem zawartości i składu kwasów tłuszczowych ($p < 0,05$) tłuszczu mlecznego pomiędzy badanymi gatunkami zwierząt.

SCSFA są cennym składnikiem lipidów zwierzęcych niewystępującym w tłuszczach roślinnych. Ich prozdrowotny wpływ przejawia się m.in. działaniem przeciwmiażdżycowym i przeciwnowotworowym [14]. Kwasy te wchłaniane są z przewodu pokarmowego bez tworzenia chylomikronów, dzięki czemu nie przyczyniają się do wzrostu poziomu lipidów we krwi, są również niezbędne do właściwego funkcjonowania nabłonka jelita grubego [4, 14]. SCSFA, a w szczególności kwas masłowy C4:0, wykazują również działanie hamujące wzrost drobnoustrojów patogennych [4]. Zarówno w próbach zimowych, jak i letnich, stwierdzono większą zawartość kwasu masłowego C4:0 i kapronowego C6:0 w tłuszczu krowim w porównaniu z tłuszczem mleka kłaczy. W przypadku kwasu kaprylowego C8:0 większą zawartość oznaczono w tłuszczu mlecznym kłaczy: 2,81 % w próbach zimowych i 5,17 % w próbach letnich, natomiast w mleku krowim odpowiednio 1,03 i 1,12 %. Szczególnie istotnym KT spośród SCSFA, odróżniającym tłuszcz mleczny obu gatunków ssaków, był kwas kaprynowy C10:0. W tłuszczu kłaczy jego zawartość była 2- lub 3-krotnie większa (na poziomie 6,30 % w okresie zimowym i 11,34 % w okresie letnim) niż w tłuszczu mleka krowiego (odpowiednio 3,01 i 2,59 %). Nieznacznie mniejsze zawartości wymienionych KT uzyskali Pikul i Wójtowski [12], wg których poszczególne KT stanowiły: kwas masłowy – 0,09 %; kwas kapronowy – 0,19 %; kwas kaprylowy – 2,60 %; kwas kaprynowy – 5,74 %. Natomiast Malacarne i wsp. [10] podali większe zawartości SCSFA (kwas masłowy – 0,20 %; kwas kapronowy – 0,40 %; kwas kaprylowy – 3,30 %; kwas kaprynowy – 8,60 %) w porównaniu z analizowanymi próbkami.

Tabela 1

Skład kwasów tłuszczowych mleka krowiego i mleka klaczy pochodzących z dwóch okresów - okresu żywienia zimowego i okresu żywienia letniego [%].

Fatty acid composition in cow's milk and mare's milk originating from two periods - period of winter feeding and period of summer feeding [%].

Kwasy tłuszczowe Fatty acids	Okres żywienia zimowego Period of winter feeding		Różnice Differences	Okres żywienia letniego Period of summer feeding		Różnice Differences
	Mleko krowie n=5 Cow's milk	Mleko klaczy n=5 Mare's milk		Mleko krowie n=5 Cow's milk	Mleko klaczy n=5 Mare's milk	
SCSFA						
C4:0 masłowy / butyric	2,63	0,13	*	2,37	0,16	*
C6:0 kapronowy / caproic	2,06	0,27	*	1,78	0,39	*
C8:0 kaprylowy / caprylic	1,30	2,81	*	1,12	5,17	*
C10:0 kaprynowy / capric	3,01	6,30	*	2,59	11,34	*
Σ SCSFA	12,67	16,46	*	10,99	26,84	*
MCSFA i / and LCSFA						
C12:0 laurynowy / lauric	3,66	6,94	*	3,12	9,79	*
C14:0 mirystynowy / myristic	12,24	7,29	*	11,03	7,75	*
C15:0 pentadekanowy pentadecanoic	1,11	0,18	*	0,95	0,22	*
C16:0 palmitynowy / palmitic	32,16	23,13	*	30,41	17,92	*
C18:0 stearynowy / stearic	10,89	1,2	*	10,77	1,26	*
Σ MCSFA i LCSFA	56,41	31,8	*	53,16	27,15	*
MUFA						
C10:1 decenowy / decanic	0,33	0,88	*	0,30	1,51	*
C14:1 tetradecenowy tetradecanic	0,26	0,57	*	0,33	0,38	*
C16:1 palmitooleinowy palmitoleic	1,53	5,97	*	1,31	3,21	*
C17:1 margaroleinowy margaroleic	0,27	0,39	*	0,30	0,27	NI/NS
C18:1 9c oleinowy / oleic	18,88	21,91	*	22,42	19,74	*
C18:1 11c oktadecenowy octadecanic	0,63	1,32	*	0,69	0,91	*
C18:1 11t wakcenowy vaccenic	1,08	0,00	*	1,65	0,00	*
Σ MUFA	22,99	31,04	*	27,00	26,03	*
PUFA						
C18:2 9c12c linolowy / linoleic	1,17	12,29	*	1,22	13,78	*

c.d. Tab. 1

C18:3 9c12c15c α -linolenowy α -linolenic	0,38	5,10	*	0,43	3,74	*
C18:2 9c11t CLA	0,43	0,05	*	0,67	0,14	*
Σ PUFA	1,98	17,44	*	2,32	17,66	*

* $p < 0,05$; NI statystycznie istotne / NS statistically insignificant;

SCSFA (Short-Chain Saturated Fatty Acids);

MCSFA i LCSFA (Middle-Chain Saturated Fatty Acids and Long-Chain Saturated Fatty Acids);

MUFA (Monounsaturated Fatty Acids);

PUFA (Polyunsaturated Fatty Acids).

W grupie nasyconych KT: MCSFA i LCSFA na uwagę zasługuje większa zawartość kwasu stearynowego C18:0 w tłuszczu mleka krowiego zarówno z okresu zimowego, jak i z letniego (odpowiednio 10,89 i 10,77 %), w porównaniu z tłuszczem mleka kłaczy (odpowiednio 1,20 i 1,26 %). Kwas stearynowy jest związkiem powstającym w procesie biouwodowania w żywcu przeżuwaczy, co uzasadnia jego większą zawartość w mleku krowim [16]. Również inni autorzy stwierdzili mniejszą zawartość kwasu stearynowego (od 1,31 do 1,55 %) w tłuszczu mleka kłaczy [5, 12].

Podobnie tłuszcz mleka kłaczy charakteryzowała mniejsza zawartość kwasu mirystynowego C14:0 (7,29 i 7,75 %), podczas gdy w odpowiedniej próbie mleka krowiego stwierdzono: 12,24 i 11,03 % kwasu C14:0. W tłuszczu mleka krowiego stwierdzono również dwukrotnie większą zawartość sumy nasyconych MCSFA i LCSFA (w okresie zimowym 56,41 % i letnim 53,16 %) w porównaniu z mlekiem kłaczy (odpowiednio 31,80 i 27,15 %). Odwrotną tendencję stwierdzono natomiast, porównując zawartość kwasu laurynowego C12:0. Mleko kłaczy charakteryzowało się większą zawartością C12:0 (na poziomie 6,94 % w okresie zimowym i 9,79 % w okresie letnim) niż mleko krowie (zawierające odpowiednio 3,66 i 3,12 % C12:0).

W grupie MUFA głównym KT w tłuszczu mlecznym obu gatunków ssaków był kwas oleinowy C18:1 9c. Stwierdzono statystycznie istotne różnice ($p < 0,05$) zawartości tego kwasu pomiędzy gatunkami ssaków, jednak nie były one tak znaczące, jak w przypadku innych KT. W okresie żywienia zimowego w tłuszczu mleka kłaczy stwierdzono 21,91 %, natomiast w tłuszczu mleka krowiego 18,88 %, kwasu C18:1 9c. W okresie żywienia letniego wykazano odwrotną tendencję dotyczącą zawartości C18:1 9c. W mleku krowim było go 22,42 % a w mleku kłaczy 19,74 %. Zawartość kwasu oleinowego C18:1 9c w mleku kłaczy była podobna do oznaczonej w innych badaniach, wynoszącej 21,92 % [12]. W tłuszczu mleka kłaczy stwierdzono również większą zawartość kwasów: decenowego C10:1, tetradecenowego C14:1, palmitoleinowego C16:1, margaroleinowego C17:1, oktadecenowego C18:1 11c w porównaniu z tłuszczem mleka krowiego, niezależnie od okresu żywienia (tab. 1). Jedynie kwas C17:1 w okresie letnim występował w większych ilościach w tłuszczu mleka krowiego

(tab. 1). Stwierdzono również, że znacznie większym udziałem ilościowym w tłuszczu mleka klaczy charakteryzował się kwas palmitooleinowy C16:1, jego zawartość wynosiła 5,97 % w okresie zimowym i 3,21 % w okresie letnim, natomiast w tłuszczu mleka krowiego była znacznie mniejsza, odpowiednio 1,53 i 1,31 %.

Najistotniejszą cechą odróżniającą skład KT mleka klaczy od krowiego jest obecność kwasu wakcenenowego C18:1 11t, o udowodnionych właściwościach przeciwnowotworowych i przeciwmiażdżycowych. Jest on produktem biouwodorowania nienasyconych KT, charakterystycznym dla zwierząt przeżuwających [15]. W tłuszczu mleka krowiego stwierdzono zawartość kwasu wakcenenowego C18:1 11t wynoszącą 1,08 % w okresie żywienia oborowego i 1,65 % w okresie żywienia pastwiskowego. Natomiast w mleku klaczy (jak można było przewidywać) nie stwierdzono obecności kwasu wakcenenowego, podobnie jak w badaniach prowadzonych w Wielkopolsce [12]. Śladowe zawartości C18:1 11t, zaledwie 0,03 % w pierwszym miesiącu laktacji, stwierdzili jedynie Hoffman i wsp. [8].

Stwierdzono również różnice zawartości PUFA w tłuszczu mlecznym badanych gatunków ssaków. W tłuszczu mleka klaczy zawartość PUFA wynosiła: 17,44 % w okresie zimowym i 17,66 % w okresie letnim, a w tłuszczu mleka krowy była znacznie mniejsza: odpowiednio 1,98 i 2,32 %. Tak wysoka zawartość PUFA w tłuszczu mleka klaczy była spowodowana wysokim udziałem w składzie KT kwasów linolowego C18:2 9c12c i α -linolenowego C18:3 9c12c15c zaliczanych do NNKT. W próbach z okresu żywienia zimowego stwierdzono: 12,29 % C18:2 9c12c i 5,10 % C18:3 9c12c15c, natomiast próby z okresu letniego zawierały ich odpowiednio 13,78 i 3,74 %. Znacznie większa zawartość wielonienasyconych KT (PUFA) w tłuszczu mleka klaczy, głównie dzięki dużej zawartości kwasu linolowego C18:2 9c12c i α -linolenowego C18:3 9c12c15c, jest charakterystyczna dla zwierząt tego gatunku [17]. Podobnie dużą zawartość kwasu linolowego i α -linolenowego w mleku klaczy, odpowiednio: 17,95 i 5,15 % stwierdzili Pikul i Wójtowski [12]. Natomiast Malacarne i wsp. [10] uzyskali mniejszą zawartość kwasu C18:2 9c12c (9,60 %) oraz znacznie większą zawartość C18:3 9c12c15c (9,40 %).

Kolejnym KT odróżniającym tłuszcz mleczny obu ssaków jest sprzężony kwas linolowy C18:2 9c11t (CLA). W wielu pracach wykazano, że większa zawartość sprzężonego CLA jest charakterystyczna dla tłuszczu mleka krowiego [10, 17]. W analizowanych próbach mleka krowiego oznaczono 0,43 % CLA w okresie zimowym i 0,67 % w okresie letnim. Natomiast w mleku klaczy zawartość CLA wynosiła odpowiednio: 0,05 i 0,14 %. Podobne wyniki uzyskali Pikul i Wójtowski [12], wg których w mleku klaczy w 1 miesiącu laktacji było 0,07 % CLA. Stwierdzona większa zawartość CLA w próbach mleka klaczy, pochodzących z okresu żywienia pastwiskowego, mogą potwierdzać zjawisko wzmożonej działalności mikroflory (zasiedlającej część żołądka), biorącej udział w trawieniu włókna pokarmowego i przyczyniającej się do

hydrogenacji nienasyconych KT. Zjawisko to potwierdzili Hoffman i wsp. [8], którzy oznaczyli niewielkie ilości kwasu wakcenenowego C 18:1 11t (0,03 - 0,16%), jednak nie oznaczyli CLA.

Zarówno w okresie żywienia zimowego, jak i letniego, w tłuszczu mleka klaczy stwierdzono kilkakrotnie większą zawartość kwasu linolowego oraz α -linolenowego niż w mleku krowim. Natomiast próby tłuszczu mleka krowiego charakteryzowały się znacznie większą zawartością sprzężonego kwasu linolowego C18:2 9c11t – CLA oraz wakcenenowego C18:1 11t, którego nie stwierdzono w tłuszczu mleka klaczy.

Analizując skład tłuszczu mlecznego obu gatunków zwierząt należy wziąć pod uwagę, że zwierzęta roślinożerne, w związku z małą zawartością związków lipidowych w paszy oraz niewielką ich dostępnością, wykształciły niezwykle sprawne mechanizmy trawienia tłuszczów. Mechanizmy te różnią się znacznie w zależności od gatunku zwierząt [9]. Podstawowe różnice dotyczą budowy żołądka, konie mają żołądek jednokomorowy złożony, natomiast bydło żołądek wielokomorowy. Konsekwencją różnic w budowie żołądka są odmienne przemiany składników lipidowych (nienasyconych KT) dostarczonych wraz z paszą. W żołądku konia zachodzą niewielkie lub w ogóle nie zachodzą procesy hydrogenacji nienasyconych KT prowadzone przez mikroflorę jelitową. Stwierdzone niewielkie zawartości CLA (0,05 i 0,14 %) w badanych próbach mleka klaczy świadczą o aktywności bakterii symbiotycznych zasiedlających część bezgruczołową żołądka, zwaną „workiem ślepym” i pełniących podobną rolę jak mikroflora żwacza [9]. Natomiast przewód pokarmowy przeżuwaczy wyróżnia obecność żołądka wielokomorowego, którego najistotniejszą częścią, jest żwacz. W nim zachodzi proces biouwodorowania z udziałem bakterii typu *Butyrivibrio fibrisolvens*. Substratami w tym procesie są nienasycone KT (głównie kwas linolowy i α -linolenowy) dostarczane do organizmu zwierząt wraz z paszą. Z wymienionych nienasyconych KT powstają niezwykle istotne pod względem żywieniowym kwasy: wakcenenowy i CLA [7, 9, 17]. Z tego powodu w krowim tłuszczu mlecznym zawartość PUFA jest mniejsza w porównaniu z tłuszczem mleka klaczy. Stwierdzona w zrealizowanym doświadczeniu duża zawartość PUFA w tłuszczu mleka klaczy potwierdza tę prawidłowość. W wielu badaniach wykazano również, że skład długołańcuchowych KT oraz niektórych nienasyconych KT jest bezpośrednio zależny od składu kwasów tłuszczowych zawartych w paszy, którą żywione są zwierzęta tego gatunku [7, 8]. Zważywszy na ograniczony dostęp do pastwiska badanego stada krów, różnice zawartości PUFA tłuszczu mlecznego w dwóch badanych okresach nie były znaczące (1,98 i 2,32 %). Większy udział żywienia pastwiskowego przeżuwaczy bezpośrednio wpływa na większe zawartości PUFA w mleku [9]. Natomiast w mleku klaczy zawartość PUFA w próbach z dwóch badanych okresów była na tym samym poziomie (17,44 i 17,66 %), pomimo wysokiego udziału żywienia pastwiskowego w okresie letnim.

W przeciwieństwie do składu lipidów mleka klaczy skład mleka krowiego, głównie zawartość nasyconych oraz niektórych nienasyconych KT, zależy wprost od aktywności procesu biouwodorowania kwasów tłuszczowych, dostarczonych wraz z paszą, przez bakterie żwaczowe. Wielkość procesu biouwodorowania zależy głównie od składu paszy treściwej w dawce żywieniowej. Mniejszy udział paszy treściwej w tej dawce przejawia się tendencją do zmniejszenia proporcji nasyconych KT, a wzrostem udziału kwasu oleinowego C18:1 9c, linolowego C18:2 9c12c i α -linolenowego C18:3 9c12c15c w mleku krowim [11, 17].

Wnioski

1. Stwierdzono sezonowe zmiany zawartości poszczególnych kwasów tłuszczowych zarówno w mleku klaczy, jak i w mleku krowim.
2. W porównaniu z tłuszczem mleka krowiego skład kwasów tłuszczowych tłuszczu mleka klaczy charakteryzował się:
 - mniejszą zawartością kwasu masłowego C4:0 i kapronowego C6:0,
 - 2-krotnie większą zawartością kwasu kaprylowego C8:0,
 - 2-, a nawet 3-krotnie większą zawartością kwasu kaprynowego C10:0,
 - mniejszą zawartością kwasów stearynowego C18:0 i mirystynowego C14:0, a większą kwasu laurynowego C12:0,
 - większą zawartością kwasu palmitoleinowego C16:1,
 - znacznie większą zawartością wielonienasyconych KT: kwasu linolowego C18:2 9c12c i α -linolenowego C18:3 9c12c15c,
 - śladowymi zawartościami CLA oraz nieobecnością kwasu wakcenenowego C18:1 11t.
3. Ze względu na skład kwasów tłuszczowych mleka klaczy może ono stanowić cenne źródło zarówno krótkołańcuchowych nasyconych KT, jak i PUFA.

Literatura

- [1] AOAC: Official Methods of Analysis. International. Method Nr IDF-ISO-AOAC Nr 905.02. Gravimetric method (Röse-Gottlieb), 2000.
- [2] AOAC: Official Methods of Analysis. International. Method Nr 963.22: Methyl esters of fatty acids in oils and fats, 2000.
- [3] Businco L., Giampietro P.G., Lucenti P., Lucaroni F., Pini C., Di Felice G., Iacovacci P., Curadi C., Orlandi M.: Allergenicity of mare's milk In children with cow's milk allergy. *J. Allergy Clin. Immunol.*, 2000, **105**, 1031-1034.
- [4] Cichosz G.: Tłuszcz mlekowy. Niezastąpiony składnik diety. Krajowy Związek Spółdzielni Mleczarskich, Warszawa 2006.
- [5] Csapo J., Stefler J., Martin T.G., Makray S., Casapo-Kiss Z.: Composition of mares' colostrum and milk. Fat content, fatty acid composition and vitamin content. *Int. Dairy J.*, 1995, **5**, 393-402.

- [6] Di Cagno A., Tamborinob A., Gallo G., Leone C., De Angelis M., Facciad M., Amirante P., Gobbetti M.: Uses of mares' milk in manufacture of fermented milks. *Int. Dairy J.*, 2004, **14**, 767-775.
- [7] Dusza L. (pod red.): Fizjologia zwierząt z elementami anatomii. Wyd. ART, Olsztyn 1998.
- [8] Hoffman R.M., Kronfeld D.S., Herbein J.H., Swecker W.S., Cooper W.L., Harris P.H.: Dietary carbohydrates and fat influence milk composition and fatty acid profile of mare's milk. *J. Nutr.*, 1998, **128**, 2708-2711.
- [9] Krzymowski T., Przala J. (pod red.): Fizjologia zwierząt. Wyd. VIII. WRiL, Warszawa 2005.
- [10] Malacarne M., Martuzzi M., Summer A., Mariani P.: Protein and fat composition of mare's milk: some nutritional remarks with reference to human and cow's milk. *Int. Dairy J.*, 2002, **12**, 869-877.
- [11] Meyer H., Coenen M.: Żywnienie koni. PWRiL, Warszawa 2009.
- [12] Pikul J., Wójtowski J.: Fat and cholesterol content and fatty acid composition of mares' colostrum and milk during five lactation months. *Livestock Science*, 2008, **113**, 285-290.
- [13] PN-EN ISO 5508:1996. Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Analiza estrów metylowych kwasów tłuszczowych metodą chromatografii gazowej.
- [14] Przybojewska B., Rafalski H.: Kwasy tłuszczowe występujące w mleku a zdrowie człowieka. Krótkołańcuchowe nasycone kwasy tłuszczowe SCFA (cz. 1). *Przegl. Mlecz.*, 2003, **4**, 148-151.
- [15] Przybojewska B., Rafalski H.: Kwasy tłuszczowe występujące w mleku a zdrowie człowieka. Kwas wakcenowy *cis* i *trans*. *Przegl. Mlecz.*, 2003, **9**, 343-346.
- [16] Stołyhwo A., Rutkowska J.: Tłuszcz mleczny: struktura, skład i właściwości prozdrowotne. W: *Chemia żywności – odżywcze i zdrowotne właściwości składników żywności – pod red. Z.E. Sikorskiego*. WNT, Warszawa 2007, ss. 39-90.
- [17] Woods V.B., Faeron A.M.: Dietary sources of unsaturated fatty acid for animal and their transfer into meat, milk and eggs: A review. *Livestock Science*, 2009, **126**, 1-20.

COMPARISON OF FATTY ACID COMPOSITION IN MARE'S AND COW'S MILK FAT

S u m m a r y

The objective of the study was to assess the composition of fatty acids (FA) in the mare's milk fat and to compare them with the composition of FA in the cow's milk fat, with a focus on the FA appearing essential in human nutrition. The research material consisted of 10 mare's milk samples and 10 cow's milk samples taken from the milk of the animals during the winter and summer feeding periods, in the Mazovia region. In each sample, the fatty matter content was determined using a Rose-Gottlieb method, as was the composition of FA using a gas chromatography (GC). The analysis of FA composition in the mare's milk showed a high content of saturated FA: caprylic C8:0 (from 2.81 to 5.17 %), capric C10:0 (from 6.30 to 11.34 %), lauric C12:0 (from 6.94 to 9.79 %). The unsaturated FA of the mare's milk were represented mainly by the linoleic acid C18:2 9c12c (from 12.29 to 13.78 %) and the α -linolenic acid C18:3 9c12c15c (from 3.74 to 5.10 %). The cow's milk was characterized by a higher content of the following saturated FA: butyric acid C4:0 (from 2.37 to 2.63 %), caproic acid C6:0 (from 1.78 to 2.06 %), and stearic acid C18:0 (from 10.77 to 10.89 %), as well as by a significantly lower content of polyunsaturated FA: linolenic (from 1.17 to 1.22 %) and α -linolenic acid (from 0.38 to 0.48 %). Particularly, specific FA synthesized in the bio-hydrogenation process were found in the cow's milk, i.e. the vaccenic acid C18:1 11t (from 1.08 to 1.65 %) and CLA C18:2 9c11t (from 0.43 to 0.67 %). The content of FA in the milk of those two animal species was characterized by the high season-dependent variation.

Key words: mare's milk, cow's milk, fatty acid composition 