

Genetyczne i środowiskowe uwarunkowania profilu kwasów tłuszczowych mleka

JOANNA BARŁOWSKA, ZYGMUNT LITWIŃCZUK*

Pracownia Instrumentalnej Analizy Żywności, *Katedra Hodowli Bydła Wydziału Biologii i Hodowli Zwierząt UP, ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin

Barłowska J., Litwińczuk Z.

Genetic and environmental conditioning of milk fatty acids profile

Summary

Fat content and its composition in milk are mainly determined by the animals' genotype and their feeding system. A similar fat content characterizes cow and goat milk; however, in buffalo and sheep milk it is almost twice as high. The fatty acids profile of cow milk is the most similar to buffalo milk. In comparison to cow milk, the fat of sheep and the goat milk contains more caproic, caprylic as well capric acid and in sheep milk also lauric, myristic and linoleic acid. The presence of linoleic acid in goat milk was not confirmed; however, a lower content of the stearic and oleic acid was noticed in sheep milk.

Numerous authors indicate breed as a decisive factor in milk fat content and fatty acids profile. They claim that in milk with a higher fat content the proportion of short and medium chain fatty acids increases, and in relation to that the biggest differences in that range between Jersey (with the highest fat content) and Holstein breed (with the lowest) were demonstrated. The differences in milk fat composition between breeds are connected with metabolic processes of fatty acids synthesis, mainly with the activity of enzyme Δ^9 -desaturase. High positive genetic correlations among the acids with a short and medium chain, i.e. to C14:0 ($r = 0.48 - 0.93$) as well as a little lower between the polyunsaturated and monounsaturated acids ($r = 0.11 - 0.84$) were noticed.

Feeding has a significant impact on milk fatty acids profile. Providing vegetable oils usually leads to the growth of an unsaturated fatty acids proportion at the cost of saturated ones. Similarly, providing fish oils as a source of C20:5 and C22:6 acids can enlarge of their share in cow and goat milk fat. It is thought that pasture feeding leads to the rise of the proportion of unsaturated fatty acids, particularly PUFA, in this CLA. It was demonstrated that the level of polyunsaturated fatty acids was higher in milk of cows pastured in mountain regions in comparison with lowland ones. It was related to the positive influence of plants from among the Compositae, Rosaceae and Plantaginaceae families, which are presented in larger quantities in the growth of natural meadows. Moreover, the year time, lactation stage, and size of fat globules has an influence on certain milk fatty acid contents.

Keywords: fat of milk, fatty acids, genetic factors, environmental factors

Mleko ze względu na dużą zawartość nasyconych kwasów tłuszczowych często wiązane jest przyczynowo ze zwiększonym ryzykiem wystąpienia wielu zaburzeń metabolicznych i powstających na ich podłożu chorób, tj. otyłości, miażdżycy, kamicy pęcherzyka żółciowego, cukrzycy typu II, nowotworów, szczególnie jelita grubego (4). Mleko i produkty mleczarskie dostar-

czają człowiekowi w diecie od 15% do 25% tłuszczu, w tym 25-35% to kwasy nasycone (7). Tłuszcz mleczny zawiera ok. 400 kwasów tłuszczowych, z czego zaledwie około 15 występuje w ilości ponad 1% (14).

Zawartość tłuszczu w mleku i jego skład determinowane są głównie czynnikami genetycznymi i żywieniowymi. Zmiany w zawartości tłuszczu i profilu kwasów

Tab. 1. Zawartość tłuszczu i udział wybranych kwasów tłuszczowych w mleku różnych gatunków zwierząt (13, 20)

Gatunek	Zawartość tłuszczu (%)	Kwasy tłuszczowe (g/100 g)											
		C4:0 masłowy	C6:0 kapro- nowy	C8:0 kapry- lowy	C10:0 kapro- nowy	C12:0 laury- nowy	C14:0 miry- stynowy	C16:0 palmy- nowy	C16:1 palmeto- leinowy	C18:0 steary- nowy	C18:1 oleinowy	C18:2 linolowy	C18:3 linole- nowy
Krowa	4,4	3,3	1,6	1,3	3,0	3,1	9,5	26,3	2,3	14,6	29,8	2,4	0,8
Bawół	7,8	3,6	1,6	1,1	1,9	2,0	8,7	30,4	3,4	10,1	28,7	2,5	2,5
Koza	4,5	2,6	2,9	2,7	8,4	3,3	10,3	24,6	2,2	12,5	28,5	2,2	-
Owca	7,6	4,0	2,8	2,7	9,0	5,4	11,8	25,4	3,4	9,0	20,0	2,1	1,4

tłuszczowych wynikają głównie z różnic międzygatunkowych (tab. 1). Dane te wskazują, że mleko krowie i kozie mają podobną zawartość tłuszczu, natomiast w mleku bawolim i owczym jest go prawie dwukrotnie więcej. Również w profilu kwasów tłuszczowych widoczne są istotne różnice międzygatunkowe. Najbardziej pod tym względem podobny jest tłuszcz mleka krowiego i bawolego. Tłuszcz mleka owczego w porównaniu z krowim zawiera więcej kwasu kapronowego, kaprylowego, kaprynowego, laurynowego, mirystynowego i linoleinowego, a mniej stearynowego i oleinowego. Tłuszcz mleka koziego zawiera w porównaniu z krowim więcej kwasu kapronowego, kaprylowego, kaprynowego. W mleku kozim nie stwierdzono obecności kwasu linoleinowego.

Wielu autorów (2, 19, 28, 29) wskazuje na rasę, jako czynnik decydujący o zawartości tłuszczu w mleku i o profilu kwasów tłuszczowych. W tab. 2 przedstawiono średnią zawartość tłuszczu w mleku krów różnych ras. Wynika z nich, że największe różnice w tym zakresie są między rasą jersey i holsztyńską. Różnice te są również widoczne w przypadku zawartości poszczególnych kwasów tłuszczowych w mleku (tab. 3). Mleko krów rasy jersey znacznie różni się w porównaniu do innych ras zawartością kwasów tłuszczowych krótko- i średniołańcuchowych oraz C18:1 9-cis. Widoczne są również duże różnice w zawartości CLA w mleku między rasami. Z badań przeprowadzonych przez zespół Lawlessa i wsp. (19) wynika, że tłuszcz mleczny krów rasy montbeliard charakteryzował się wyższą, a rasy normandzkiej niższą zawartością CLA w porównaniu do holsztyńskiej.

Tab. 2. Średnia zawartość tłuszczu w mleku krów różnych ras (2, 12)

Rasa	n	Tłuszcz (%)
Holsztyńska*	9102	3,70
Polski holsztyńsko-fryz odmiany czarno-białej**	744	4,32
Polski holsztyńsko-fryz odmiany czerwono-białej**	366	4,39
Jersey**	206	5,34
Jersey*	6354	5,13
Simentalska**	601	4,30
Polska czerwona**	302	4,46
Białogrzbieta**	226	4,33
Polska czarno-biała**	213	4,10
Ayrshire*	3362	3,99
Guernsey*	6956	4,87
Brown-Swiss*	2621	4,16

Objaśnienia: *Gaunt, 1980; **Barłowska, 2007

White i wsp. (29) wykazali, że mleko produkowane przez krowy rasy holsztyńskiej miało znacznie wyższe stężenie CLA niż jersey. Kelsey i wsp. (17) oceniając wpływ rasy holsztyńskiej i brunatnego bydła szwajcarskiego (brown-swiss) na zawartość kwasów tłuszczowych w mleku, w tym CLA, stwierdzili, że tłuszcz z mleka holsztyńców zawierał więcej CLA, ale różnice te nie były znaczące. Czynnikiem rasowym stanowił mniej niż 0,1% całkowitej zmienności w koncentracji CLA w tłuszczu mleka. W badaniach Lawlessa i wsp. (19) wykazano także

Tab. 3. Różnice w profilu kwasów tłuszczowych mleka krów różnych ras w porównaniu z rasą holsztyńską (28)

Kwas tłuszczowy	Różnice w zawartości kwasów tłuszczowych w mleku w porównaniu do rasy holsztyńskiej (w %)							
	Guernsey ¹	Jersey ¹	Jersey ²	Jersey ³	Brown-Swiss ³	Brown-Swiss ⁴	Montbeliarde ⁵	Normande ⁵
n	25	10	8	23	29	106	29	27
C4:0			-2,43	-4,90	-1,47	+12,36	-5,50	-2,75
C6:0	+20,73	+8,54	+16,67 (*)	+3,32 (*)	+2,21	+7,32	-2,54	+0,85
C8:0	+13,16	+15,79	+38,46 (**)	+7,55 (**)	+5,03 (**)	+13,13	+1,02	+5,10
C10:0	+14,29 (**)	+34,10 (**)	+43,33 (**)	+13,59 (**)	+4,08 (**)	+14,22	+6,98	+9,30
C10:1	+12,50	+70,83					-16,67	0,00
C12:0	+7,59 (**)	+36,90 (**)	+42,86 (***)	+16,90 (**)	+6,34 (**)	+14,41	+6,46	+10,77
C14:0	+5,64	+9,26	+8,62 (*)	+2,36	+2,14	+4,66	+2,61	+1,87
C14:1 cis	-11,31	-4,76				-1,64	-28,09	-10,11
C15:0	-6,80	-2,04				-6,76		
C16:0	+7,20 (**)	+5,63 (**)	-6,79 (*)	-1,24	-1,70	-0,96	-11,49	-8,15
C16:1 9-cis	-7,14 (**)	-16,67 (**)		-9,55	-1,51	-13,08		
C18:0	+4,64	+1,12	12,50	+6,61 (**)	-6,83 (**)	-3,42	+10,89	+14,93
C18:1 9-cis	-11,15 (**)	-12,92 (**)	-12,72 (**)	-9,51	+3,91	-1,96	+5,37	+1,37
C18:2	-4,92	-4,64	0,00	+1,58	-4,74	-5,80	+5,94	+3,96
CLA						-6,82	+13,07	-5,11
C18:3	-19,79	-32,29	-16,67	+15,50 (*)	-6,98	-2,56	+1,22	-6,10

Objaśnienia: ¹ Stull i wsp., 1964; ² Beaulieu i Palmquist, 1995; ³ DePeters i wsp., 1995; ⁴ Kelsey i wsp., 2003; ⁵ Lawless i wsp., 1999 (porównane do holenderskiego holsztyńca); *różnice istotne przy $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$

Tab. 4. Profil kwasów tłuszczowych w mleku krów 7 ras (2)

Rasa	n	Kwasy tłuszczowe (%)						Proporcje		
		SFA	SFA _{smc}	SFA _{lc}	UFA	MUFA	PUFA	SFA/ UFA	MUFA/ SFA	PUFA/ SFA
Polski holsztyno-fryz odmiany czarno-białej	55	66,32 ^{CD}	16,60 ^B	49,71 ^B	33,51 ^{bc}	30,53 ^{bc}	2,98 ^A	2,09 ^{bc}	0,47 ^b	0,05 ^a
Polski holsztyno-fryz odmiany czerwono-białej	87	62,43 ^{AB}	14,23 ^A	49,34 ^B	37,20 ^{de}	32,98 ^d	4,32 ^{BC}	1,86 ^{ab}	0,55 ^d	0,07 ^{bcd}
Jersey	50	74,83 ^E	19,78 ^C	55,05 ^C	25,17 ^a	22,27 ^a	2,90 ^A	3,07 ^d	0,30 ^a	0,04 ^a
Simentalska	82	64,08 ^{BC}	15,61 ^{AB}	48,47 ^{AB}	35,92 ^{cd}	30,79 ^{bc}	5,12 ^C	1,90 ^{ab}	0,49 ^{bc}	0,09 ^{cd}
Polska czerwona	34	67,36 ^D	14,10 ^A	53,25 ^C	32,53 ^b	29,28 ^b	3,24 ^{AB}	2,27 ^c	0,45 ^b	0,05 ^{ab}
Białogrzbieta	65	63,40 ^{AB}	15,42 ^{AB}	47,98 ^{AB}	36,60 ^{de}	32,36 ^{cd}	4,24 ^{BC}	1,87 ^{ab}	0,53 ^{cd}	0,07 ^{bc}
Polska czarno-biała	41	61,28 ^A	14,33 ^{AB}	46,94 ^A	38,72 ^e	33,37 ^d	5,35 ^C	1,73 ^a	0,57 ^d	0,10 ^e
Średnio	414	65,21	15,68	49,78	34,68	30,57	4,13	2,07	0,49	0,07

Objaśnienia: a, b, c, d, e – różnice w kolumnach między średnimi wartościami istotne przy $p \leq 0,05$; A, B, C, D, E – istotne przy $p \leq 0,01$; kwasy tłuszczowe: SFA – nasycone, SFA_{smc} – nasycone krótkołańcuchowe, SFA_{lc} – nasycone długołańcuchowe, UFA – nienasycone, MUFA – jednonienasycone, PUFA – wielonienasycone

istotne różnice w zawartości kwasów tłuszczowych (zwłaszcza dla C16:0) u krów tej samej rasy (holsztyńskiej), ale pochodzących z Irlandii i Holandii. Autorzy sugerują, że na różnice te mogą wpływać dodatkowe czynniki, tj.: środowisko żywca (pH, czas przeżuwania itp.) i różnice fizjologiczne (rozmiar jelita, aktywność gruczołu mlekowego itp.). Pešek i wsp. (26), porównując profil kwasów tłuszczowych mleka krów dwóch ras (simentalskiej i holsztyńskiej) żywionych jednakowo, wykazali niższy udział kwasów nasyconych ($p \leq 0,05$) i wyższy nienasyconych, w tym wielonienasyconych w mleku krów rasy simentalskiej. W badaniach Barłowskiej (2), w których oceniano mleko krów 7 różnych ras użytkowanych w Polsce (tab. 4), wykazano również, że u krów o najwyższej zawartości tłuszczu w mleku (jersey – 5,34% i polska czerwona – 4,56%) najwyższy był udział nasyconych kwasów tłuszczowych (SFA), odpowiednio: 74,83% i 67,36%, w tym głównie długołańcuchowych (SFA_{lc}): 55,05% i 53,25%. Najniższy udział tych kwasów był natomiast w mleku krów rasy polskiej czarno-białej, gdzie zawartość tłuszczu wynosiła 4,10% (odpowiednio: 61,28% i 46,94%). Odwrotną tendencję stwierdzono w przypadku udziału nienasyconych kwasów tłuszczowych, tzn. u rasy jersey i polskiej czerwonej najniższy był udział UFA (25,17% i 32,53%), w tym MUFA (22,27% i 29,28%) i PUFA (2,90% i 3,24%). Nieco niższy w stosunku do krów rasy polskiej czerwonej udział PUFA stwierdzono w mleku krów rasy polski holsztyno-fryz odmiany czarno-białej (2,98%). Wysoką zawartość tych kwasów stwierdzono natomiast w mleku pozostałych ras rodzimych, tzn. białogrzbieta (4,24%) i polskiej czarno-białej (5,35%) oraz simentalskiej (5,12%) i polskiego holsztyno-fryza odmiany czerwono-białej (4,32%).

Zależności te znajdują potwierdzenie w pracach innych autorów (5, 13, 15), którzy twierdzą, że w mleku o wyższej zawartości tłuszczu wzrasta udział krótko- i średniołańcuchowych kwasów tłuszczowych. W związku z tym w mleku krów rasy jersey w porównaniu do mleka holsztynów (5) lub krów rasy duńskiej czerwonej i duńskiej czarno-białej (13) wyższa była zawartość

kwasów krótkołańcuchowych i palmitynowego (C16:0) na niekorzyść kwasu oleinowego (C18:1). Åkerlind i wsp. (1), prowadząc badania w rasie szwedzkiej czerwono-białej, wyróżnił grupy krów produkujące mleko z niską i wysoką zawartością tłuszczu. W mleku krów o wysokiej zawartości tłuszczu wyższa była zawartość kwasów C6:0, C8:0, C10:0, C12:0, C13:0, C14:0 i C16:0, natomiast w mleku krów o niskiej zawartości tłuszczu stwierdzono wyższe zawartości C4:0 i nienasyconych kwasów tłuszczowych (od C18). White i wsp. (29), oznaczając kwasy tłuszczowe w mleku dwóch ras krów (holsztyńskiej i jersey), żywionych całkowicie wymieszaną dawką (TMR) i na pastwisku, stwierdzili, że mleko krów rasy jersey miało większy udział kwasów C6:0, C8:0, C10:0, C12:0, C14:0 i C18:0 niż rasy holsztyńskiej. W mleku krów tej drugiej rasy było natomiast więcej kwasów C4:0, C16:0, C18:1 i CLA (cis-9, trans-11). Należy również podkreślić, że w mleku krów rasy holsztyńskiej korzystających z pastwiska było ponad dwukrotnie więcej CLA (0,71%) niż w mleku krów rasy jersey żywionych TMR (0,32%).

Kelsey i wsp. (17) wiążą różnice w składzie tłuszczu mlecznego między rasami z metabolicznymi procesami syntezy kwasów tłuszczowych. Tłumaczą to aktywnością enzymu Δ^9 -desaturazy. Jej aktywność pozwala na konwersję kwasu C18:1 trans 11 do C18:2 cis-9, cis-12, a następnie endogenną produkcję głównego izomeru CLA (cis-9, trans-11). Autorzy ci sugerują, że fenotypowe różnice w zawartości CLA w mleku związane są częściowo z genetycznie uwarunkowaną aktywnością tego enzymu. Wykazali różnice w aktywności enzymu Δ^9 -desaturazy pomiędzy rasą holsztyńską a brunatnym bydłem szwajcarskim (szwycy) na podstawie indeksu Δ^9 -desaturazy, czyli stosunku produkt/(produkt + substrat), tzn. cis-9, trans-11 CLA/(cis-9, trans-11 CLA + trans-11 18:1).

Karijord i wsp. (15) przedstawili natomiast korelacje genetyczne między głównymi kwasami tłuszczowymi mleka (tab. 5). Wykazali dodatnie korelacje między kwasami tłuszczowymi należącymi do tej samej klasy, tzn. nasyconymi, jednonienasyconymi i wielonienasy-

Tab. 5. Korelacje genetyczne między głównymi kwasami tłuszczowymi szacowane na 7000 próbek mleka (15)

	C6:0	C8:0	C10:0	C12:0	C14:0	C14:1	C15:0	C16:0	C16:1	C17:0	C18:0	C18:1	C18:2
C8:0	0,89												
C10:0	0,70	0,93											
C12:0	0,59	0,88	0,97										
C14:0	0,48	0,71	0,80	0,84									
C14:1	-0,03	0,12	0,01	0,21	0,10								
C15:0	-0,20	-0,07	-0,05	0,01	0,06	0,11							
C16:0	-0,25	-0,38	-0,35	-0,30	-0,27	0,01	-0,22						
C16:1	-0,28	-0,29	-0,29	-0,21	-0,32	0,32	-0,49	0,46					
C17:0	0,08	0,17	0,15	0,17	0,28	0,11	0,77	-0,36	-0,60				
C18:0	0,22	0,10	0,10	-0,08	-0,01	-0,58	0,26	-0,49	-0,70	0,33			
C18:1	-0,57	-0,60	-0,68	-0,63	-0,65	0,12	0,04	-0,28	0,25	-0,08	-0,14		
C18:2	-0,02	-0,05	-0,19	-0,20	-0,38	0,11	-0,59	-0,30	-0,12	-0,13	-0,07	0,61	
C18:3	-0,38	-0,35	-0,48	-0,39	-0,52	0,39	0,25	-0,23	0,29	-0,09	-0,30	0,84	0,65

conymi. Wysokie dodatnie korelacje były pomiędzy kwasami o krótkim i średnim łańcuchu (do C14:0) oraz nieco niższe między wielonienasyconymi i jednonienasyconymi. Kwas C16:0 był ujemnie skorelowany ze wszystkimi kwasami, z wyjątkiem C14:1 i C16:1. W przypadku kwasu C18:3 stwierdzono dodatnie współzależności ze wszystkimi kwasami jednonienasyconymi.

Innym ważnym parametrem genetycznym jest odziedziczalność. Renner i wsp. (27) wyliczyli, że dla zawartości kwasów o krótkim i średnim łańcuchu oraz dla rodziny C18 współczynniki odziedziczalności były na poziomie: 0,26; 0,25 i 0,04. Różniły się one jednak od tych, które podają Karijord i wsp. (15), odpowiednio: 0,13; 0,14 i 0,10.

Panuje opinia (6, 11, 30), że żywienie ma istotny wpływ na udział kwasów tłuszczowych w mleku krów. Podawanie olejów roślinnych krowom prowadzi z reguły do wzrostu udziału kwasów tłuszczowych nienasyconych, kosztem kwasów nasyconych. Podobnie, podawanie olejów rybnych jako źródła kwasów C20:5 i C22:6 może zwiększyć ich udział w tłuszczu mleka krów i kóz. Kelly i wsp. (16) porównywali trzy rodzaje olejów roślinnych dodawanych do paszy i ich wpływ na stężenie CLA w mleku i zauważyli, że dodatek oleju o najwyższym stężeniu kwasu linolowego (oleju słonecznikowego) spowodował najwyższe stężenie CLA w mleku. Palmquist i Griinari (25) analizowali wpływ proporcji oleju rybnego i słonecznikowego jako suplementów diety TMR u krów na skład kwasów tłuszczowych mleka. Wykazali, że wraz ze wzrostem udziału w diecie oleju rybnego wzrastała liniowo zawartość kwasów: C20:4 n-6 ($p \leq 0,001$), C20:5 n-3 ($p \leq 0,01$), C22:5 n-3 ($p \leq 0,01$) i w mniejszym stopniu kwasu C22:6 ($p \leq 0,05$). Najwyższą zawartość CLA cis-9, trans-11 stwierdzili dla proporcji oleju rybnego do słonecznikowego wynoszącej 1:3. Wyższy udział oleju rybnego obniżał zawartość tego kwasu.

Uważa się, że żywienie pastwiskowe podwyższa udział nienasyconych kwasów tłuszczowych, szczegól-

nie PUFA, w tym również CLA. Krowy żywione na pastwisku produkują więcej PUFA (5,7 g/100 g FA) niż żywione kiszonkami (2,8 g/100 g FA) (11). Większą zawartość PUFA w mleku (3,02 g/100 g tłuszczu) otrzymuje się przy stosowaniu zielonki z lucerny niż przy żywieniu kiszonką z tej rośliny (2,31 g/100 g tłuszczu) (30). Poziom wielonienasyconych kwasów tłuszczowych jest również wyższy w mleku krów pasących się w górach (2,18 g/100 g tłuszczu) niż na nizinach (0,81 g/100 g tłuszczu) (9, 10). Związane jest to z odmiennym składem porostu łąk. Na zwiększenie zawartości w mleku CLA i C18:1 wpływają bowiem rośliny z rodziny złożonych (*Compositae*), różowatych (*Rosaceae*) i babkowatych (*Plantaginaceae*), które występują w większych ilościach w poroście łąk naturalnych (9). Natomiast w mleku krów żywionych kiszonkami zmniejsza się udział MUFA (6, 11, 30).

W badaniach Nałęcz-Tarwackiej (23) porównano skład kwasów tłuszczowych mleka u krów żywionych systemem TMR i tradycyjnie (tab. 6), potwierdzając jednoznacznie, że istotnie najwyższy udział kwasów korzystnie oddziałujących na zdrowie człowieka był w mleku pozyskiwanym w okresie letnim, przy żywieniu tradycyjnym, tzn. od krów wypasanych na pastwisku. Najwyższy natomiast udział kwasów tłuszczowych nasyconych i cholesterolu całkowitego uzyskano w mleku pozyskiwanym z intensywnej produkcji, tzn. od krów żywionych systemem TMR.

Na zawartość poszczególnych kwasów tłuszczowych w mleku wpływa również pora roku, stadium laktacji czy wielkość kuleczek tłuszczowych. Większa zawartość PUFA występuje w mleku krów żywionych latem (3,884 g/100 g) niż zimą (3,154 g/100 g tłuszczu) (18). Na podobne tendencje wskazują również Lock i Garnsworthy (21), którzy uzyskali najwyższą zawartość PUFA w mleku (6,4 g/100_{FAME}) w lipcu, a najniższą w listopadzie (4,5 g/100_{FAME}). Palmquist i wsp. (24), oceniając mleko pozyskane w lutym, maju, sierpniu i grudniu, stwierdzili, że najwyższa zawartość kwasów krótkołań-

Tab. 6. Zawartość wybranych kwasów tłuszczowych i cholesterolu całkowitego (g/100 g tłuszczu) w tłuszczu mleka krów żywnych systemem TMR i tradycyjnie (23)

Kwasy tłuszczowe	TMR	Tradycyjny	
		sezon letni	sezon zimowy
Korzystne:			
C4:0 (BA)	3,039 ^A	3,187 ^{AB}	3,381 ^B
C18:1 trans 11(TVA)	1,971 ^B	3,038 ^C	1,651 ^A
C18:1 cis (OA)	22,233 ^a	23,479 ^{Ab}	22,049 ^B
C18:2 (LA)	2,035 ^B	1,838 ^A	1,783 ^A
C18:2 c 9 t11 (CLA)	0,371 ^A	0,783 ^C	0,515 ^B
C18:3 (LNA)	0,533 ^A	0,781 ^C	0,634 ^B
C20:4 (AA)	0,135 ^B	0,110 ^A	0,123 ^B
C20:5 (EPA)	0,069 ^C	0,058 ^B	0,047 ^A
C22:5 (DPA)	0,052 ^A	0,075 ^B	0,046 ^A
C22:6 (DHA)	0,0124 ^A	0,0138 ^{AB}	0,0119 ^A
n-6	2,169 ^B	1,948 ^A	1,907 ^A
n-3	0,752 ^A	0,993 ^B	0,786 ^A
Niekorzystne:			
C12:0	2,812 ^a	2,989 ^b	2,990 ^b
C14:0	9,704 ^B	8,839 ^A	9,493 ^B
C16:0	31,149 ^B	25,511 ^A	30,447 ^B
Cholesterol całkowity	0,471 ^B	0,263 ^A	0,262 ^A
WKT	0,465 ^C	0,255 ^A	0,336 ^B

Objaśnienia: a, b – różnice pomiędzy systemami żywienia istotne przy $p \leq 0,05$; A, B, C – istotne przy $p \leq 0,01$

cuchowych (C4:0-C10:0) była w lutym, średniołańcuchowych (C12:0 i C14:0) w grudniu, a kwasu C18:2 w maju.

Michalski i wsp. (22), analizując profil kwasów w małych i dużych kuleczkach tłuszczu, stwierdzili, że najwyższy udział kwasów C6:0, C8:0, C10:0, C12:0, C14:0 i C18:1 cis 9 był w małych kuleczkach z mleka pozyskanego wiosną. Natomiast małe kuleczki z mleka pozyskanego w okresie zimowym miały najwyższy udział kwasu C16:0. Duże kuleczki tłuszczowe z mleka z okresu zimowego miały najwyższy udział kwasu C18:0 i C18:2 cis 9, 12.

W badaniach przeprowadzonych przez autorów (3) wykazano także wpływ fazy laktacji u krów na profil kwasów tłuszczowych mleka. Stwierdzono wyższy udział krótko- i średniołańcuchowych kwasów nasyconych w pierwszym okresie laktacji, tj. pomiędzy 30. a 120. dniem. Zawartość CLA była natomiast najwyższa w końcowym okresie laktacji. Podobne wyniki uzyskali również Åkerlind i wsp. (1), wskazując na tendencję do zwiększania się CLA w końcowym stadium laktacji.

Podsumowując należy stwierdzić, że genotyp zwierząt, w tym przypadku jako gatunek i rasa samicy oraz system żywienia to dwa najważniejsze czynniki decydujące o zawartości tłuszczu w mleku i o profilu jego kwasów tłuszczowych.

Piśmiennictwo

- Åkerlind M., Holtenius K., Bertilsson J., Emanuelson M.: Milk composition and feed intake in dairy cows selected for high or low milk fat percentage. *Livestock Prod. Sci.* 1999, 59, 1-11.
- Barłowska J.: Wartość odżywcza i przydatność technologiczna mleka krów 7 ras użytkowanych w Polsce. Praca hab. AR, Lublin 2007.
- Barłowska J., Litwińczuk Z., Topyla B.: Parametry fizykochemiczne tłuszczu mleka krów różnych ras z okresu żywienia wiosenno-letniego. *Medycyna Wet.* 2005, 61, 937-939.
- Bartnikowska E., Obiedziński M. W., Grześkiewicz S.: Rola i znaczenie żywienia sprzężonych dniów kwasu linolowego. *Przem. Spoż.* 1999, 7, 16-18, 42.
- Beaulieu A. D., Palmquist D. L.: Differential effects of high fat diets on fatty acid composition in milk of Jersey and Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 1995, 78, 1336-1344.
- Brzóska F.: Effect of copper inhibitors in diet on cow's yield, milk composition and cholesterol level in milk and blood plasma. *Ann. Anim. Sci.* 2004, 4, 1, 43-55.
- Chilliard Y., Ferlay A., Doreau M.: Contrôle de la qualité nutritionnelle des matières grasses du lait par l'alimentation des vaches laitières: acides gras trans, polyinsaturés, acide linoléique conjugué. *INRA Prod. Anim.* 2001, 14, 323-335.
- Christie W. W.: Composition and structure of milk lipids, [w:] Fox P. F. (ed.): *Advanced Dairy Chemistry. Lipids*. Chapman and Hall, London, UK 1995, 2, 1-36.
- Collomb M., Bütikofer U., Sieber R., Bosset J. O., Jeangros B.: Conjugated linoleic acid and trans fatty acid composition of cow's milk fat produced in lowlands and highlands. *J. Dairy Res.* 2001, 68, 519-523.
- Collomb M., Bütikofer U., Sieber R., Jeangros B., Bosset J. O.: Composition of fatty acid in cow's milk fat produced in the lowlands, mountains and highland of Switzerland using high-resolution gas chromatography. *Intern. Dairy J.* 2002, 12 (8), 649-659.
- Elgersma A., Ellen G., van der Horst H., Boer H., Dekker P. R., Tamminga S.: Quick changes in milk fat composition from cows after transition from fresh grass to a silage diet. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2004, 117, 13-27.
- Gaunt S. N.: Genetic variation in the yields and contents of milk constituents. *Bull. Int. Dairy Fed.* 1980, 125, 73-82.
- Hermansen J. E., Pedersen J.: Milk composition in relation to breeding and feeding. *Cattle Production Research. Danish status and Perspectives*. Landhusholdningsselskabets Forlag, Copenhagen, 1987, 140-154.
- Jensen R. G.: The composition of bovine milk lipids. *J. Dairy Sci.* 2002, 85, 295-350.
- Karjod O., Standahl N., Syrstad O.: Sources of variation in composition of milk fat. *Z. Tierzüch. Züchtgsbiol.* 1982, 99, 81-93.
- Kelly M. L., Berry J. R., Dwyer D. A., Griinari J. M., Chouinard P. Y., Van Amburgh M. E., Bauman D. E.: Dietary fatty acid sources affect conjugated linoleic acid concentrations in milk from lactating dairy cows. *J. Nutr.* 1998, 128, 881-885.
- Kelsey J. A., Corl B. A., Collier R. J., Bauman D. E.: The effect of breed, parity, and stage of lactation on conjugated linoleic acid (CLA) in milk fat from dairy cows. *J. Dairy Sci.* 2003, 86, 2588-2597.
- Kuczyńska B., Reklewska B., Karaszewska A.: Profil kwasów tłuszczowych w mleku wymieniowym i zbiorczym krów czarno-białych z kilku rejonów Polski. *Zesz. Nauk. Przegł. Hod.* 1999, 44, 143-150.
- Lawless F., Stanton C., L'Escop P., Devery R., Dillon P., Murphy J. J.: Influence of breed on bovine milk cis-9, trans-11 conjugated linoleic acid content. *Livest. Prod. Sci.* 1999, 62, 43-49.
- Litwińczuk A., Litwińczuk Z., Barłowska J., Florek M.: Surowce zwierzęce – ocena i wykorzystanie. PWRiL, Warszawa 2004.
- Lock A. L., Garnsworthy P. C.: Season variation in milk conjugated linoleic acid and Δ^9 -desaturase activity in dairy cows. *Livest. Prod. Sci.* 2003, 79, 47-59.
- Michalski M.-C., Ollivon M., Briard V., Leconte N., Lopez C.: Native fat globules of different sizes selected from raw milk: thermal and structural behavior. *Chem. Physics Lipids* 2004, 132, 247-261.
- Nalecz-Tarwacka T.: Wpływ wybranych czynników na zawartość funkcjonalnych składników tłuszczu mleka krów. Praca hab. SGGW, Warszawa 2006.
- Palmquist D. L., Beaulieu A. D., Barbano D. M.: Feed and animal factors influencing milk fat composition. *J. Dairy Sci.* 1993, 76, 1753-1771.
- Palmquist D. L., Griinari J. M.: Milk fatty acid composition in response to reciprocal combinations of sunflower and fish oils in the diet. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2006, 131, 358-369.
- Pešek Peem., Špička J., Samková E.: Comparison of fatty acid composition in milk fat of Czech Pied cattle and Holstein cattle. *Czech J. Anim. Sci.* 2005, 50, 122-128.
- Renner E., Kosmack U.: Genetische Aspekte zur Fettsäurezusammensetzung des Milchfettes. 2. Genetische Korrelationen zum Fettgehalt und zur Fettleistung. *Züchtungskunde* 1974, 46, 257-264.
- Soyeurt H., Gengler N.: Genetic variability of fatty acids in bovine milk. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 2008, 12, 203-210.
- White S. L., Bertrand J. A., Wade M. R., Washburn S. P., Greek J. T., Jenkins T. C.: Comparison of fatty acid content of milk from Jersey and Holstein cows consuming pasture or a Total Mixed Ration. *J. Dairy Sci.* 2001, 84, 2295-2301.
- Whiting C. M., Mutsvangwa T., Walton J. P., Cant J. P., McBride P. W.: Effects of feeding either fresh alfalfa or alfalfa silage on milk fatty acids content in Holstein dairy cows. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2004, 113, 27-37.

Adres autora: dr hab. inż. Joanna Barłowska, ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin; e-mail: joanna.barłowska@up.lublin.pl