

Charakterystyka tłuszczu mleka koziego i możliwości modyfikacji składu kwasów tłuszczowych^{*)}

TOMASZ SZMATOŁA, JOANNA BARŁOWSKA, ZYGMUNT LITWIŃCZUK*

Katedra Towaroznawstwa i Przetwórstwa Surowców Zwierzęcych, *Pracownia Ekologicznej Produkcji Żywności Pochodzenia Zwierzęcego Wydziału Biologii i Hodowli Zwierząt UP, ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin

Szmatoła T., Barłowska J., Litwińczuk Z.

Characteristics of goat milk fat and the possibility of modifying the fatty acid composition

Summary

Goat's milk, despite its similarity to cow's milk in chemical composition, shows a significant difference in terms of the structure and composition of the fat. Milk fat globules in goat's milk, with an approximate size of 2.76 μm (ranging from 0.73 to 8.58 μm), are smaller than those in cow's milk, in which their size is approximately 3.51 μm (ranging from 0.92 to 15.75 μm). Moreover, goat's milk is characterized by a generally lower cholesterol level (16.90 – 18.09 mg/100 g milk) than cow's milk (25.60-31.40 mg/100 g of milk). Compared to cow's milk fat, goat's milk fat contains 54.6% more of C6:0, 69.9% more of C8:0, 80.2% more of C10:0, and 56.3% more of CLA, but 75% less of C4:0. Nutrition is an important factor modifying the fatty acid profile of goat's milk. Pasture feeding, compared with green forage feeding, exerts a positive influence on the proportion of n6/n3 fatty acids and increases the content of the fatty acids C18:1 t6-11, C18:1 t12-14 + c6-8, C18:1 c14 + t16, C18:2 t11c15, and C18:2 c9t13 + t8c12, as well as that of the isomers CLA c9t11 + t7c9 + t8c10 and t11c13 + c9c11. Goats fed higher doses of concentrate (65%) produced milk with higher contents of C4:0 and C6:0 fatty acids and a significantly higher content of C18:0 and all trans C18 fatty acid, i.e. C18:1, C18:2 c9, t11. The addition of rapeseed results in a higher content of C18:0, vaccenic acid C18:1 t11 and some of cis C18 fatty acids (C18:1 c9, C18:2 c9,t11 and C18:3 c9,c12,c15). Goats fed corn silage produced milk containing more of the following fatty acids: C16:1 ω 7, C17:0, C18:1 ω 9 and C20:0. The study also showed the effect of various feed additives, such as garlic oil, on the fatty acid profile. An increased amount of garlic oil in the diet was followed by a reduction in non-esterified fatty acids (including C14:0, C15:0 and C16:0) and a proportional increase in C18 fatty acids, both monounsaturated and polyunsaturated, mainly CLA c9, t11 and CLA c12, t10. The fatty acid composition of goat's milk is therefore not constant, as it depends mainly on the fodder content. It should be noted, however, that pasture feeding is the easiest and cheapest feeding system, which increases the content of polyunsaturated fatty acids, including CLA.

Keywords: goat's milk, fatty acids, fat globules, modification of fat

Mleko kozie charakteryzuje się podstawowym składem chemicznym podobnym do mleka krowiego (tab. 1). Różnice występują w składzie jakościowym białka i tłuszczu. Spowodowane jest to głównie odmienną budową i rozmiarem miceli kazeinowych, kuleczek tłuszczowych oraz proporcją frakcji białkowych. Mleko kozie, w porównaniu do mleka krowiego, cechuje się także zwiększoną ilością substancji mineralnych oraz korzystniejszymi właściwościami prozdrowotnymi, takimi jak: niższa alergenicność, lepsza strawność, pojemność buforowa, lepsze właściwości immunologiczne i antybakteryjne (10, 19). Gorsza jest natomiast jego przydatność technologiczna, gdyż wykazuje niższą wytrzymałość na obróbkę cieplną, ma

bardzo krótki czas krzepnięcia, a powstały skrzep jest bardziej podatny na rozrywanie (5).

Tłuszcz jest główną substancją określającą wartość energetyczną mleka, przyczynia się do polepszenia jego właściwości odżywczych i przydatności technologicznej. Jest syntetyzowany w formie kuleczek tłuszczowych w części podstawowej komórek nabłonka gruczołowego wymienia. Kuleczki tłuszczu mlecznego mają średnicę od mniejszej niż 0,1 μm do około 18 μm i składają się z triacylogliceroli otoczonych naturalną biologiczną membraną, która zbudowana jest z wielu związków, takich jak: cholesterol, enzymy, glikoproteiny i glikolipidy (13, 14). Lipidy stanowią 30% membrany i dzielą się na: fosfolipidy (25%), cerebrozydy (3%) i cholesterol (2%). Pozostałe 70% składu membrany stanowią białka (18).

^{*)} Praca wykonana w ramach projektu nr N N311 633838 finansowanego przez MNiSzW.

Tab. 1. Skład chemiczny mleka kóz i krów

Składniki	Miary statystyczne	Mleko kozie	Mleko krowie	Piśmiennictwo
Woda (%)	min-max	86,80-88,50	86,50-87,70	(10)
	$\bar{x} \pm SD$	87,38 \pm 0,06	86,70 \pm 0,13	(15)
Sucha masa (%)	min-max	11,50-13,20	12,30-13,50	(10)
	$\bar{x} \pm SD$	12,62 \pm 0,06	13,30 \pm 0,13	(15)
Tłuszcz (%)	min-max	3,07-5,10	3,40-4,20	(10)
	$\bar{x} \pm SD$	4,04 \pm 0,05	4,14 \pm 0,09	(15)
	\bar{x} (min-max)	4,07 (3,06-6,02)	4,09 (3,23-5,34)	(5)
Białko (%)	min-max	2,90-3,76	3,20-3,50	(10)
	$\bar{x} \pm SD$	3,32 \pm 0,03	3,48 \pm 0,03	(15)
	\bar{x} (min-max)	3,26 (2,38-4,43)	3,42 (2,54-4,19)	(5)
Kazeina (%)	min-max	2,60-2,90	2,50-2,70	(10)
Białka serwatkowe (%)	min-max	1,80-2,57	2,26-3,18*	(4, 17*)
Laktoza (%)	min-max	4,10-4,50	4,60-4,70	(10)
	$\bar{x} \pm SD$	4,27 \pm 0,02	4,70 \pm 0,02	(15)
	\bar{x} (min-max)	4,51 (4,08-5,09)	4,82 (4,40-5,33)	(5)
Związki mineralne (%)	min-max	0,71-0,87	0,65-0,81	(10)

Stan dyspersji tłuszczu

Obecne w mleku kozim kuleczki tłuszczowe mają z reguły mniejszą średnicę niż w mleku krowim. Przeciętna ich średnica w mleku kozim wynosi 2,76 μm (z wahaniami od 0,73 do 8,58 μm), zaś w mleku krowim 3,51 μm (od 0,92 do 15,75 μm). Z większym rozproszeniem kuleczek tłuszczowych mleka koziego wiąże się również większa powierzchnia, jaką zajmują w 1 ml (21,778 cm^2), podczas gdy w mleku krowim tylko 17,117 cm^2 . Około 90% kuleczek tłuszczowych w mleku kozim ma średnicę mniejszą niż 5,21 μm , zaś w mleku krowim mniejszą niż 6,42 μm (3). W związku z mniejszą ich średnicą w mleku kozim, jak i ich większym stanem rozproszenia, możliwy jest lepszy dostęp do nich enzymów lipolitycznych, co wiąże się z wyższą strawnością tego mleka (9). Ponadto w mleku kozim brak jest aglutyniny, co związane jest z brakiem występowania efektu aglomeracji kuleczek tłuszczowych i utrudnieniami w procesie odwirowywania tłuszczu (13). Wielkość kuleczek tłuszczu ma szczególne znaczenie w procesach technologicznych, takich jak: rozdział składników mleka, ubijanie śmietanki czy też w serowarstwie (23). Przy produkcji serów ma to istotne znaczenie, gdyż większy stan dyspersji tłuszczu mlekowego wiąże się z relatywnie większą powierzchnią otoczek kuleczek tłuszczowych, które więcej wiążą wody, dlatego też sery produkowane z mleka koziego mają z reguły konsystencję bardziej miękką (5). Mleko kozie charakteryzuje się również z reguły niższą zawartością choleste-

rolu (16,90-18,09 mg/100 g mleka) w porównaniu do krowiego (25,60-31,40 mg/100 g mleka) (5).

Udział kwasów tłuszczowych

Mleko kozie charakteryzuje się nieco odmiennym profilem kwasów tłuszczowych w porównaniu do mleka krowiego (7). Tłuszcz mleka koziego zawiera o 54,6% więcej kwasu C6:0, o 69,9% C8:0, o 80,2% C10:0 i o 56,3% CLA, a mniej o 75% kwasu C4:0 w porównaniu do mleka krowiego (6). Różnice występują również w rozmieszczeniu lipazy lipoproteinowej. W mleku kozim rozmieszczona jest ona w 46% na powierzchni kuleczek tłuszczowych, również w 46% w serum mleka, a na powierzchni miceli kazeinowych w 8%. W mleku krowim z kazeiną związane jest natomiast 76% lipazy, z serum 17%, a tylko 6% z tłuszczem (7), dlatego mleko kozie jest bardziej podatne na procesy lipolityczne oraz na spontaniczną lipolizę, która jest indukowana chłodzeniem świeżego mleka. Właściwość ta, wraz z wyższą zawartością krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych jest przyczyną tzw. „zapachu koziego”.

Krótkołańcuchowe kwasy tłuszczowe, takie jak kwas kaprynowy i kaprylowy, które w mleku kozim występują w większej ilości niż w krowim, mogą znaleźć zastosowanie jako suplement w terapii pacjentów z zespołem złego wchłaniania, zaburzeniami metabolicznymi, niedokrwistością, demineralizacją kości oraz przy niedożywieniu niemowląt i hipercholesterolemii (21). Park i Haenlein (20) twierdzą natomiast, że charakterystyczną cechą odróżniającą tłuszcz mleka koziego od mleka krowiego jest wyższa zawartość kwasów C12:0 (laurynowego) i C10:0 (kaprynowego), co może być wykorzystane jako wskaźnik zafałszowania mleka koziego mlekiem krowim.

Nienasycone kwasy tłuszczowe mogą zawierać jedno lub kilka wiązań trans. W przypadku kwasów tłuszczowych C18:1 od 5% do 15% wiązań podwójnych to wiązania typu trans w mleku kóz, krów i ludzi. W przypadku innych kwasów tłuszczowych proporcje izomerów typu trans różnią się zależnie od gatunku (7). W mleku kóz występuje nieco mniejsza ilość kwasu C18:1 niż w mleku krów (odpowiednio, około 28% u kóz i 30% u krów), co może mieć wpływ na lepszą strawność tłuszczu mleka koziego. Mleko kozie ma zawsze barwę białą, podczas gdy krowie może być kremowe. Wynika to z przekształcenia w mleku kozim całości β -karotenu w retinol, co dodatkowo powoduje, że jest ono bogatsze w witaminę A w porównaniu do mleka krowiego (10).

Mleko kozie, podobnie jak krowie, zawiera oprócz negatywnie wpływających na zdrowie człowieka (laurynowy – C12:0 i mirystynowy – C14:0), kwasy tłuszczowe o korzystnych właściwościach. Są to głównie: kwas oleinowy (C18:1) oraz z grupy wielonienasyconych, tj. kwas linolowy (C18:2), α -linolenowy (C18:3), arachidonowy (C20:4), eikozapentaenowy (C20:5), dokozaheksaenowy (C22:6) i CLA (conjugated linoleic acid), głównie izomeru cis 9 trans 11.

Tab. 2. Udział kwasów tłuszczowych w mleku kóz

Kwas tłuszczowy	Mleko kozie		
	Wartości średnie (%)	Zakres (%)	Piśmiennictwo
C4:0	2,18 2,6 ^a	1,97-2,44 3,3-4,8 ^b	(1) (19)
C6:0	2,39 2,9 ^a	2,03-2,70 1,7-3,0 ^b	(1) (19)
C8:0	2,73 2,7 ^a	2,28-3,04 1,5-3,6 ^b	(1) (19)
C10:0	9,97 8,4 ^a	8,85-11,0 6,4-11,1 ^b	(1) (19)
C10:1	0,24	0,19-0,38	(1)
C12:0	4,99 3,3 ^a	3,87-6,18 2,5-5,0 ^b	(1) (19)
C12:1	0,19	0,10-0,40	(1)
C13:0	0,15	0,06-0,28	(1)
C14:0	9,81 10,3 ^a	7,71-11,2 8,5-11,2 ^b	(1) (19)
iso-C15:0	0,13	0,12-0,15	(1)
anteiso-C15:0	0,21	0,17-0,24	(1)
C14:1	0,18	0,17-0,20	(1)
C15:0	0,71	0,46-0,85	(1)
iso-C16:0	0,24	0,17-0,40	(1)
C16:0	28,2 24,6 ^a	23,2-34,8 25,1-38,4 ^b	(1) (16)
iso-C17:0	0,35	0,24-0,52	(1)
anteiso-C17:0	0,42	0,30-0,50	(1)
C16:1	1,59 2,2 ^a	1,00-2,70 0,7-1,7 ^b	(1) (19)
C17:0	0,72	0,52-0,90	(1)
C17:1	0,39	0,24-0,48	(1)
C18:0	8,88 12,5 ^a	5,77-13,2 6,2-13,6 ^b	(1) (19)
C18:1 całkowite	19,3 28,5 ^a	15,4-27,7 15,6-28,2 ^b	(1) (19)
C18:2 całkowite	3,19 2,2 ^a	2,49-4,34 1,8-4,0 ^b	(1) (19)
C20:0	0,15	0,08-0,35	(1)
C18:3	0,42	0,19-0,87	(1)

Objaśnienia: a – autorzy cytowanej pozycji piśmiennictwa (16) wykorzystali pracę Jennes, 1980; b – autorzy cytowanej pozycji piśmiennictwa (16) wykorzystali pracę Gonc i wsp., 1979

Profil kwasów tłuszczowych mleka koziego nie jest stały (tab. 2). Różnice te wynikają zarówno z czynników genetycznych, jak i środowiskowych (głównie żywienia).

Wpływ żywienia na profil kwasów tłuszczowych

Panuje opinia (2, 8, 13, 23, 24), że żywienie ma istotny wpływ na udział poszczególnych kwasów tłuszczowych w mleku kóz. Wiele badań (9, 11, 12, 22, 24) wskazuje również, że żywienie pastwiskowe jest najprostszym i najmniej kosztownym systemem żywienia, który wpływa na zwiększenie w mleku (zarówno krow, jak i kóz) zawartości wielonienasyconych kwasów tłuszczowych, w tym CLA. Badania Renna i wsp. (22), w których oceniano zmiany w składzie kwasów tłuszczowych mleka kóz rasy valdostana po przeniesieniu zwierząt z pomieszczeń zamkniętych, gdzie podawano siano i koncentraty paszowe, na pastwisko, wskazują na korzystne zmiany w tym zakresie. Już po kilku dniach po transformacji stwierdzono istotne zmiany w składzie kwasów tłuszczowych mleka. W próbkach mleka pobranych w ostatnim dniu doświadczenia (23. dzień) proporcja kwasów n6/n3 była dwa razy mniejsza od wartości początkowej (ostatni dzień żywienia alkierzowego). Najbardziej znaczący wzrost w tym okresie badań dotyczył następujących kwasów: C18:1 t6-11, C18:1 t12-14 + c6-8, C18:1 c14 + t16, C18:2 t11c15, C18:2 c9t13 + t8c12 oraz izomerów CLA c9t11 + t7c9 + t8c10 i t11c13 + c9c11. Znacznie, ale w mniejszym stopniu, wzrosła również zawartość kwasów α -linolenowego i eikozapentaenowego.

Skład botaniczny pastwiska także jest istotnym czynnikiem różnicującym udział poszczególnych grup kwasów tłuszczowych. Collomb i wsp. (8) prowadząc takie analizy na mleku krowim, wykazali ujemne korelacje między trawami (*Poaceae*) a udziałem PUFA ($r = -0,77$) i CLA ($r = -0,73$) oraz dodatnie między astrowatymi (*Asteraceae*), odpowiednio: $r = 0,74$ i $r = 0,75$ i baldaszkowatymi (*Apiaceae*), odpowiednio: $r = 0,63$ i $r = 0,58$.

Skład dawki pokarmowej jest również istotnym czynnikiem wpływającym na profil kwasów tłuszczowych. Klebaniuk i wsp. (16) oceniali mleko pozyskane od kóz utrzymywanych w dwóch gospodarstwach, tzn. A, w którym zwierzęta żywione były sianem łąkowym, zielonką pastwiskową i mieszanką treściwą w następujących proporcjach: 1,6 : 3 : 1, oraz B, w którym żywione były sianem łąkowym, marchwią pastewną, wysłódkami suszonymi i mieszanką treściwą w proporcjach: 2 : 2 : 0,5 : 0,5. Poziom nasyconych kwasów tłuszczowych był podobny w mleku obu grup kóz, natomiast różnice zaznaczyły się w zawartości kwasów jedno- i wielonienasyconych. Tłuszcz mleczny pozyskany od kóz żywionych na pastwisku z dodatkiem pasz treściwych (gospodarstwo A) zawierał o około 3% więcej kwasów MUFA (jednonienasyconych kwasów tłuszczowych) w stosunku do tłuszczu

kóz, w których diecie znajdowała się marchew (gospodarstwo B). W przypadku kwasów PUFA (wielonienasyconych kwasów tłuszczowych) zaobserwowano odwrotną, statystycznie istotną tendencję.

Andrade i Schmidely (2) prowadzili badania na 4 grupach kóz żywionych z niskim i wysokim udziałem mieszanki treściwej oraz z dodatkiem lub bez ziarna rzepaku. Stwierdzili, że kozy z grup żywionych paszami z wysoką (65%) zawartością mieszanki treściwej wykazywały zwykle wyższą zawartość w mleku kwasów C4:0 i C6:0, jak i istotnie wyższą zawartość kwasu C18:0 oraz kwasu walcenowego C18:1 t11 i C18:2 c9,t11. Niższa natomiast była tam zawartość kwasów nasyconych (od 11 do 17 C), jak i kwasów C14:1 c9, C16:1 c9 i C18:2 c9,c12. Kozy żywione paszą z dodatkiem ziarna rzepaku miały wyższą zawartość w mleku kwasu C18:0 oraz kwasu walcenowego C18:1 t11 i części kwasów cis C18 (C18:1 c9, C18:2 c9,t11 i C18:3 c9,c12,c15).

Torii i wsp. (25) oceniali natomiast wpływ diety bogatej w błonnik na udział kwasów tłuszczowych w mleku kozim. Wykazali, że mleko kóz żywionych sianem z lucerny miało wyższą zawartość krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych oraz C17:1 ω 7 i C18:2 ω 6, natomiast żywionych sianem z owsa wykazywało zrównoważoną frekwencję krótko-, średnio- i długołańcuchowych kwasów tłuszczowych. Mleko kóz żywionych kiszonką z kukurydzy miało natomiast wyższą zawartość kwasów C16:1 ω 7, C17:0, C18:1 ω 9 i C20:0. Mleko żadnej z badanych grup kóz nie wykazywało istotnych różnic w cechach fizykochemicznych.

Zhu i wsp. (26) prowadzili badania nad wpływem dodatku oleju czosnkowego do dawki pokarmowej kóz i jego ilości na profil kwasów tłuszczowych. Podstawą żywienia tych zwierząt była kiszonka z kukurydzy (0,79 kg⁻¹ suchej masy). Wykazano, że wraz ze wzrostem stężenia oleju czosnkowego w diecie następował w mleku spadek ilości niezestryfikowanych kwasów tłuszczowych ($p \leq 0,05$). Zawartość krótko- i średniołańcuchowych (C14:0, C15:0 i C16:0) nasyconych kwasów tłuszczowych spadała, natomiast kwasów C18, zarówno jednonienasyconych, jak i wielonienasyconych, w tym głównie CLA c9, t11 i CLA c12, t10, wzrastała w sposób liniowy ($p \leq 0,05$).

Podsumowując można stwierdzić, że mleko kozie, pomimo podobnego do mleka krowiego podstawowego składu chemicznego, wykazuje duże różnice pod względem budowy i składu tłuszczu. Tłuszcz mleka koziego charakteryzuje się większym stanem dyspersji, co wpływa na lepszą jego strawność, a także przydatność do przetwórstwa. Skład kwasów tłuszczowych mleka koziego nie jest stały, a głównym czynnikiem modyfikującym jest skład dawki pokarmowej. Należy jednak zaznaczyć, że żywienie pastwiskowe jest najprostszym i najmniej kosztownym systemem żywienia, który wpływa na zwiększenie zawartości wielonienasyconych kwasów tłuszczowych, w tym CLA.

Piśmiennictwo

1. Alonso L., Fontecha J., Lozada L., Fraga M. J., Juarez M.: Fatty acid composition of caprine milk: major, branched chain and trans fatty acids. *J. Dairy Sci.* 1999, 82, 878-884.
2. Andrade P. V. D., Schmidely P.: Effect of duodenal infusion of trans10,cis12-CLA on milk performance and milk fatty acid profile in dairy goats fed high or low concentrate diet in combination with rolled canola seed. *Reprod. Nutr. Dev.* 2006, 46, 31-48.
3. Attaie R., Richter R. L.: Size distribution of fat globules in goat milk. *J. Dairy Sci.* 2000, 83, 940-944.
4. Barłowska J., Litwińczuk Z., Kędzierska-Matyssek M., Litwińczuk A.: Polymorphism of caprine α_s -casein in relation to performance of four Polish goat breeds. *Polish J. Vet. Sci.* 2007, 10, 159-164.
5. Barłowska J., Sz wajkowska M., Litwińczuk Z., Król J.: Nutritional value and technological suitability of milk from various animal species used for dairy production. *Compr. Rev. Food Sci. Food Safety* 2011, 10, 291-302.
6. Ceballos L. S., Morales E. R., de la Torre Adarve G., Castro J. D., Martinez L. P., Sampelayo M. R. S.: Composition of goat and cow milk produced under similar conditions and analyzed by identical methodology. *J. Food Compos. Anal.* 2009, 22, 322-329.
7. Chilliard Y., Ferlay A., Rouel J., Lambert G.: A review of nutritional and physiological factors affecting goat milk lipid synthesis and lipolysis. *J. Dairy Sci.* 2003, 86, 1751-1770.
8. Collomb M., Butikofer U., Sieber R., Jeangros B., Bosset J. O.: Correlation between fatty acids in cows' milk fat produced in the lowlands, mountains and highlands of Switzerland and botanical composition of the fodder. *Int. Dairy J.* 2002, 12, 661-666.
9. D'Urso S., Cutrignelli M. I., Calabro S., Bovera F., Tudisco R., Piccolo V., Infascelli F.: Influence of pasture on fatty acid profile of goat milk. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 2008, 92, 405-410.
10. Danków R., Pikul J.: Przydatność technologiczna mleka koziego do przetwórstwa. *Wyd. Uniwersytetu Przyrodniczego, Poznań* 2011, t. 5, zeszyt 2.
11. 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.
12. Ellis K. A., Innocent G., Grove-White D., Cripps P., McLean W. G., Howard C. V., Mihm M.: Comparing the fatty acid composition of organic and conventional milk. *J. Dairy Sci.* 2004, 89, 1938-1950.
13. El-Zeini H. M.: Microstructure rheological and geometrical properties of fat globules of milk from different animal species. *Pol. J. Food Nutr. Sci.* 2006, 56, 147-154.
14. Fauquant C., Briard-Bion V., Leconte N., Guichardant M., Michalski M.-C.: Membrane phospholipids and sterols in microfiltered milk fat globules. *Eur. J. Lipid Sci. Tech.* 2007, 109, 1167-1173.
15. Ghada Z., Soliman A.: Comparison of chemical and mineral content of milk from human, cow, buffalo, camel and goat in Egypt. *Egyptian J. Hosp. Med.* 2005, 21, 116-130.
16. Klebaniuk R., Kowalczyk E., Kochman G., Patkowski K., Lechtańska M.: Effect of goat nutrition on milk yield, its chemical composition and fatty acid profile of fat. *Annales UMCS* 2008 XXVI, 1-9.
17. Litwińczuk Z., Król J., Brodziak A., Barłowska J.: Changes of protein content in bovine milk from different breeds subject to somatic cell count. *J. Dairy Sci.* 2011, 94, 684-691.
18. Mansson H. L.: Fatty acids in bovine milk fat. *Food Nutr. Res.* 2008, 52, 1-3.
19. Michaelidou A. M.: Factors influencing nutritional and health profile of milk and milk products. *Small Ruminant Res.* 2008, 79, 42-50.
20. Park Y. W., Haenlein G. F. W.: Goat milk – chemistry and nutrition, [w:] Park Y. W., Haenlein G. F. W. (wyd.): *Handbook of milk of non-bovine mammals*. Blackwell Publishing Professional, Oxford, UK/Ames 2006, 34-58.
21. Pop F. D., Balteanu V. A., Vlaic A.: A comparative analysis of goat α_s -casein locus at protein and DNA levels in Carpathian goat breed. *UASVM Anim. Sci. Biotechnol.* 2008, 65, 1843-1862.
22. Renna M., Lussiana C., Cornale P., Fortina R., Mimosi A.: Changes in goat milk fatty acids during abrupt transition from indoor to pasture diet. *Small Ruminant Res.* 2012, 108, 12-21.
23. Rowney M. K., Hickey M. W., Roupas P., Everett D. W.: The effect of homogenization and milk fat fractions on the functionality of mozzarella cheese. *J. Dairy Sci.* 2003, 86, 712-718.
24. Strzałkowska N., Józwiak A., Bagnicka E., Krzyżewski J., Horbańczyk K., Pyzel B., Horbańczyk J. O.: Chemical composition, physical traits and fatty acid profile of goat milk as related to the stage of lactation. *Anim. Sci. Pap. Rep.* 2009, 29, 311-320.
25. Torii M. S., Damasceno J. C., Ribeiro L. R., Sakaguti E. S., Santos G. T., Matsu-shita M., Fukumoto N. M.: Physical-Chemical Characteristics and Fatty Acids Composition in Dairy Goat Milk in Response to Roughage Diet. *Braz. Arch. Biol. Technol.* 2004, 47, 903-909.
26. Zhu Z., Hang S., Zhu H., Zhong S., Mao S., Zhu W.: Effects of garlic oil on milk fatty acid profile and lipogenesis-related gene expression in mammary gland of dairy goats. *J. Sci. Food Agric.* 2012, doi: 10.1002/jsfa.5829.