

# Profil kwasów tłuszczowych, koncentracja cholesterolu i podatność na lipolizę frakcji tłuszczowej mleka koziego<sup>\*</sup>)

NINA STRZAŁKOWSKA, ARTUR JÓZWIK, EMILIA BAGNICKA, EWA POŁAWSKA, JÓZEF KRZYŻEWSKI, BOŻENA PYZEL, JAROSŁAW OLAV HORBAŃCZUK

Instytut Genetyki i Hodowli Zwierząt PAN, ul. Postępu 1, 05-552 Wólka Kosowska

Strzałkowska N., Józwik A., Bagnicka E., Poławska E., Krzyżewski J., Pyzel B., Horbańczuk J. O.

**Fatty acid profiles, cholesterol concentration, and susceptibility to lipolytic fat fraction in goat's milk**

Summary

World production of goat milk has increased in the last 20 years, especially in developed countries. Goat milk is differentiated from cow milk in many parameters, among others in size of fat globules and fatty acid profiles. Milk fat is one of the main milk components and decides about its nutritive, energetic and technological values. The components of goat milk fat are triglycerides (ca. 95%), diglycerides (2%), monoglycerides (0.08%), phospholipids (1%), free fatty acids (0.28%), total cholesterol (0.5%) and fat soluble vitamins (A, D, E, K). The fatty acid profile of goat milk differs from those of cow milk mainly because goat milk contains twice as much of short chain fatty acid (C6:0; C8:0; C10:0) as does milk from cows. Those fatty acids decide about its sensory and organoleptic and health-promoting parameters. The content of cholesterol in goat milk depends of many factors, primarily the feeding system and secondary stage of lactation. It can reach values between 2 and 24 mg/100ml of milk. Cholesterol is mainly connected to fat globules. The lipolytic phenomenon, which occurs in the fat fraction, is connected with an increase of the free fatty acid concentration and other substances that have an undesirable influence on milk quality and its products.

**Keywords:** fat, fatty acids, goat, cholesterol, lipolysis, milk

Mleko kozie jest składnikiem diety człowieka od około 10 tys. lat, kiedy udomowiono pierwsze kozy na Środkowym Wschodzie (11). Z danych FAO wynika, że w okresie ostatnich 20 lat produkcja mleka koziego na świecie wzrosła o 58%, z jednoczesnym wzrostem liczby tych zwierząt o 55%. Produkcja mleka od tego gatunku zwierząt wynosi obecnie około 14,8 mln ton, co stanowi około 2% całkowitej produkcji mleka na świecie.

Rosnące zainteresowanie mlekiem kóz znajduje odzwierciedlenie w podejmowanych w wielu krajach licznych badaniach, których tematyka dotyczy czynników mających bezpośredni lub pośredni wpływ na skład chemiczny, jakość i przydatność technologiczną oraz wartość odżywczą mleka kóz (11, 13).

Wyniki badań potwierdzają, że mleko kozie stanowi bogate źródło składników odżywczych i prozdrowotnych. Właściwości prozdrowotne mleka kóz uwa-

runkowane są obecnością m.in. składników frakcji białkowej (kazeina, białka serwatkowe, wybrane peptydy) oraz frakcji tłuszczowej (kwasy tłuszczowe, witaminy A, E, fosfolipidy, sfingomieliny) (1, 12). Około 95% frakcji tłuszczowej mleka kóz stanowią triglicerydy, kolejnymi składnikami tej frakcji mleka są: diglicerydy (2%), monoglicerydy (0,08%), fosfolipidy (1%), wolne kwasy tłuszczowe (0,28), cholesterol całkowity (0,5%) i cholesterol w formie estrowej (0,02%). Istotnymi elementami lipidów mleka są witaminy rozpuszczalne w tłuszczach A, D, E. Zawartość tłuszczu w mleku oraz jego skład chemiczny i udział poszczególnych kwasów tłuszczowych zmieniają się w zależności od szeregu czynników zarówno genetycznych, jak i środowiskowych, m.in.: rasy, żywienia, okresu laktacji itp. (13, 17, 28).

## Skład chemiczny i profil kwasów tłuszczowych mleka kóz

Czynnikiem, który istotnie zmienia zawartość tłuszczu w mleku kóz, jest rasa. W zależności od rasy koncentracja tłuszczu wynosi od 2,5% do 7,1% (33). Naj-

<sup>\*</sup>) Badania zrealizowano w ramach projektu „Biożywność – innowacyjne, funkcjonalne produkty pochodzenia zwierzęcego” nr POIG.01.01.02-014-090/09 współfinansowanego przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka 2007-2013 oraz tematu statutowego nr S.V-3.

wyższą zawartością tłuszczu odznacza się mleko pochodzące od karłowatych kóz, hodowanych w krajach afrykańskich, u kóz szlachetnych hodowanych w Europie zawartość tłuszczu w mleku wynosi około 3,5% (11, 17). Tłuszcz pochodzący z mleka koziego jest szybciej i dokładniej trawiony w przewodzie pokarmowym człowieka w porównaniu z tłuszczem mleka krowiego. Uwarunkowane to jest m.in. nieco odmienną strukturą fizyczną kuleczek tłuszczowych. Charakteryzują się one mniejszą średnicą (2-4 µm) i są w porównaniu z kuleczkami mleka krowiego w naturalny sposób zemulgowane (11). Otacza je membrana fosfolipidowo-białkowa, wytwarzana przez niektóre komórki wydzielnicze gruczołu mlekowego (FGM – fat globule membrane). Otoczka ta zbudowana jest z białek, fosfolipidów, gangliozydów i steroli. W 100 g mleka koziego znajduje się od 30 mg do 40 mg fosfolipidów, które w około 60% występują w otoczce (17). Cechą charakterystyczną kuleczek tłuszczowych mleka koziego jest brak zdolności skupiania się w mleku schłodzonym, co jest uwarunkowane brakiem specyficznego białka aglutyniny. Dzięki tym własnościom mleko kozie jest naturalnie homogenizowane.

W skład tłuszczu mleka koziego wchodzi kilkaset kwasów tłuszczowych. Udział poszczególnych kwasów jest bardzo zróżnicowany. Zaledwie 5 kwasów, tj.: kaprynowy (C:10), mirystynowy (C14:0), palmitynowy (C16:0), stearynowy (C18:0) i oleinowy (C18:1 cis), stanowi ponad 75% całej puli kwasów tłuszczowych występujących w mleku kozim (11). Podobne wyniki w odniesieniu do ww. kwasów uzyskano w badaniach Strzałkowskiej i wsp. (29). Tłuszcz występujący w mleku kóz jest bardzo bogatym źródłem kwasów tłuszczowych krótkołańcuchowych (kapronowy – C6:0, kaprylowy – C8:0, kaprynowy – C10:0). Wymienione kwasy są syntetyzowane *de novo* w gruczole mlekowym (5). Udział tych kwasów w puli kwasów tłuszczowych, wchodzących w skład tłuszczu mleka kóz, jest ponad dwukrotnie wyższy w porównaniu z mlekiem krów (ok. 18% vs. 8%) (5, 22). Koncentracja ww. krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych w mleku kóz jest bardzo ważna, ponieważ decyduje o właściwościach sensorycznych, organoleptycznych i prozdrowotnych mleka oraz uzyskanych z niego produktów (30). Unikalną cechą tłuszczu mleka koziego, w porównaniu z krowim, jest stosunek kwasu laurynowego (C12:0) do kwasu kaprynowego (C10:0), (0,46 vs. 1,16) (11). Wskaźnik ten jest bardzo istotny, ponieważ może być wykorzystywany do wykrywania zafałszowań mleka koziego mlekiem krowim. Dominującą grupą kwasów tłuszczowych w mleku kóz są kwasy nasycone, których udział w tłuszczu mleka wynosi od ok. 67% (21) do ok. 75% (33). W puli kwasów nasyconych największą pozycję stanowi kwas palmitynowy (C16:0). Należy podkreślić, że wysoka koncentracja tego kwasu w tłuszczu mleka kóz nie jest cechą specyficzną dla tego gatunku zwierząt, ale cha-

rakterystyczną dla większości ssaków (11). Z kolei udział jednonienasyconych kwasów tłuszczowych (MUFA) w całej puli kwasów tłuszczowych znajdującej się w tłuszczu mleka kóz może wynosić od około 20% (33) do ok. 32% (30). Najwyższym udziałem w grupie MUFA odznacza się kwas oleinowy. Jest on charakterystyczny dla mleka większości ssaków (20). Najcenniejszą z punktu widzenia korzystnego wpływu na zdrowie konsumentów grupą kwasów są wielonienasycone kwasy tłuszczowe (PUFA); stanowią one od 3% do 5% całkowitej puli kwasów (21). W grupie PUFA jednym z najcenniejszych kwasów jest skonjugowany kwas linolowy (CLA). Zarówno ten kwas, jak i jego izomery (zwłaszcza cis-9, trans-11 i trans-10, cis-12) charakteryzują się szczególnie wysoką aktywnością biologiczną (18). Należy zaznaczyć, że głównym źródłem CLA w diecie człowieka jest tłuszcz mleka. Pokrywa on 75% dziennego zapotrzebowania organizmu człowieka na ten składnik. Zawartość CLA w mleku w największym stopniu jest determinowana przez czynniki żywieniowe (8). Wyniki badań Rodriguez-Alcala i wsp. (21) wskazują również na wpływ innych czynników na jego koncentrację w mleku kóz, m.in. stadium laktacji, rasy i wieku zwierząt. W warunkach żywienia pastwiskowego synteza izomeru cis-9, trans-11- CLA w gruczole mlekowym zwierząt może osiągać nawet 91% całkowitej ilości CLA znajdującej się w tłuszczu mleka (14). W badaniach Strzałkowskiej i wsp. (28) zawartość CLA w mleku kóz wzrastała istotnie wraz z przebiegiem laktacji. Była ona jednakże niższa w porównaniu z wynikami badań innych autorów (17). Ponadto wykazano, że wraz z przebiegiem laktacji wzrasta koncentracja najbardziej pożądaných z dietetycznego punktu widzenia kwasów tłuszczowych, tj. MUFA oraz PUFA, które są źródłem tzw. składników funkcjonalnych, wykazujących korzystny wpływ na organizm człowieka (10).

### Koncentracja cholesterolu w mleku kóz

Cholesterol jest niezbędnym składnikiem błon komórkowych, otoczki mielinowej tkanki nerwowej i lipoprotein osocza, pełni rolę prekursora hormonów sterydowych i jest konieczny do syntezy kwasów żół-

Tab. 1. Zawartość kwasów tłuszczowych oraz cholesterolu w tłuszczu mleka różnych gatunków (g/100 g)

Kwasy	g/100 g tłuszczu			
	kobieta	krowa	koza	owca
Omega-3	1,38	2,32	0,30	0,77
Omega-6	14,73	3,71	3,37	4,42
CLA	0,42	0,55	0,84	1,10
Kwasy nasycone	45,30	58,20	65,00	66,00
Kwasy jednonienasycone	24,10	25,30	27,00	25,00
Kwasy wielonienasycone	16,53	6,58	4,51	5,19
Cholesterol	0,150	0,380	0,341	0,288

ciowych oraz witaminy D (31). W mleku składnik ten budzi dużo kontrowersji. Wyniki badań prowadzonych w ostatnich latach zmieniają nieco poglądy na temat wpływu tłuszczu mleka na ryzyko choroby wieńcowej u ludzi. Okazało się, że jedynie 14% kwasów tłuszczowych obecnych w tłuszczu mleka podwyższa poziom cholesterolu w osoczu krwi, natomiast aż 45% obniża jego poziom, a pozostałe 41% uważa się za neutralne (20). Z kolei López-Aliaga i wsp. (16) wykazali, że zastosowanie w diecie dla szczurów liofilizowanego mleka koziego wpłynęło na obniżenie koncentracji cholesterolu oraz triglicerydów w surowicy badanych zwierząt. Efekt zmniejszenia koncentracji cholesterolu w surowicy krwi u szczurów według cytowanych autorów był spowodowany wysokim udziałem w mleku kóz kwasów tłuszczowych średniołańcuchowych (34%), podczas gdy w mleku krów udział tych kwasów jest dużo niższy (21%). Należy podkreślić, że wysoki udział wymienionych kwasów tłuszczowych w diecie wpływa na spadek syntezy endogennego cholesterolu oraz na jego wchłanianie w jelicie cienkim.

Cholesterol stanowi w mleku około 0,5% całkowitej ilości lipidów, zaledwie 20% cholesterolu jest syntetyzowane w gruczole mlekowym, zaś pozostała ilość przenika do mleka z surowicy krwi. Około 20% cholesterolu w mleku kóz występuje w postaci estrów z kwasami tłuszczowymi, a pozostałe 80% w postaci wolnej. Przeciętnie 67,5% wolnego cholesterolu i 42% zesteryfikowanego jest związanych z kuleczkami tłuszczowymi.

Koncentracja cholesterolu w mleku kóz, według różnych autorów, mieści się w granicach od 2 do 24 mg/100 ml (2, 11, 17). Poziom tego związku w mleku jest pochodną wielu czynników, z których najważniejsze to: system żywienia, pora roku, stadium laktacji, rasa (25-27).

W badaniach Strzałkowskiej i wsp. (24) wykazano ścisły związek między wartością wskaźnika wyrażającego stosunek ilości cholesterolu do ilości tłuszczu w mleku a miesiącem laktacji, zawartością tłuszczu w mleku, jego ilością wydalaną w dobowej ilości mleka oraz z dzienną wydajnością mleka. Ponadto stwierdzono wpływ miesiąca laktacji i poziomu wydajności mleka kóz na ilość cholesterolu wydalanego z mlekiem w ciągu doby. Najmniej cholesterolu zawierało mleko produkowane w drugim miesiącu, tj. w szczycie laktacji, a najwięcej w miesiącu piątym (odpowiednio, około 15,7 i 19,1 mg/100 ml). W końcowym stadium laktacji zawartość cholesterolu w mleku okazała się nieznacznie mniejsza od stwierdzonej w miesiącu piątym.

Zawartość cholesterolu w produktach z mleka koziego jest związana z poziomem tego związku w mleku. Pironen i wsp. (19) w swoich badaniach wykazali, że koncentracja cholesterolu w mleku o zawartości 1,5% tłuszczu wynosi 6,2 mg/100 ml, w śmietanie o zawartości 38% tłuszczu 77 mg/100 ml, a w serach

od 33 do 82 mg/100 g, w zależności od zawartości suchej masy. Z kolei Park (17) w swoich badaniach wykazał, że zawartość cholesterolu w mleku świeżym, skondensowanym, w proszku i w serze wynosiła, odpowiednio: 11,0, 24,9, 119,5 i 91,7 mg/100 g produktu. Zawartość cholesterolu w produktach uzyskanych z mleka koziego jest bardzo ważna, ponieważ w procesie przechowywania tych artykułów, szczególnie w nieodpowiednich warunkach, z dostępem światła i w obecności tlenu powstają związki chemiczne będące produktem utleniania cholesterolu (PUCh) (23). PUCh są grupą związków charakteryzujących się bardzo dużą reaktywnością, w przeciwieństwie do cholesterolu, którego cząsteczka jest mało reaktywna i są niebezpieczne, gdyż są inicjatorami reakcji wolnorodnikowych, a w konsekwencji mogą powodować zmiany aterosenne i nowotworowe (3).

### **Lipoliza tłuszczu mleka kóz z uwzględnieniem roli bakterii psychrotrofowych**

W ostatnich kilkudziesięciu latach wprowadzenie nowoczesnych technologii chłodzenia, transportu i przechowywania mleka spowodowało, że proces lipolizy tłuszczu mleka znalazł się w centrum uwagi technologów mleczarstwa (4).

Lipoliza, czyli rozkład tłuszczu mleka, prowadzi do uwalniania wolnych kwasów tłuszczowych (WKT), mono- i diglicerydów z triglicerydów. Rozmiar lipolizy mierzony ilością powstających WKT ma decydujący wpływ na parametry organoleptyczne (smak, zapach) mleka świeżego, pogarsza przydatność technologiczną mleka jako surowca dla przemysłu mleczarskiego, a w konsekwencji obniża jakość uzyskanych z niego produktów (29). Proces lipolizy ogranicza przydatność mleka jako surowca szczególnie do produkcji mleka UHT, skondensowanego, proszku mlecznego oraz napojów mlecznych. Należy także dodać, że z takiego mleka uzyskuje się mniejszą wydajność sera i masła, o niekorzystnym smaku i zapachu. Ponadto z badań Danków i wsp. (9) wynika, że wysoka zawartość WKT w mleku kóz (> 9,5 mg/l) może być przyczyną hamowania aktywności bakteryjnych kultur starterowych przy produkcji napojów fermentowanych. W badaniach Wszolek i wsp. (32) wykazano, że zawartość WKT powyżej 5,6 mg/l hamuje rozwój mikroflory zakwasów.

W procesie lipolizy obok WKT powstaje również cały szereg innych substancji m.in. metyloketony, alkanole, laktony, które nadają charakterystyczny kozi zapach mleku i produktom z niego uzyskanym (4). Specyficzny zapach kozi warunkują w największym stopniu następujące wolne kwasy tłuszczowe: C6:0, C8:0, C10:0 oraz kwasy posiadające rozgałęzione łańcuchy (3-metylobutanowy, 4-metylooktanowy i 4-etylooktanowy) (15).

Jedną z głównych przyczyn występowania procesów lipolizy tłuszczu mleka jest działalność drobno-



ustrojów (tzw. psychrotrofów), których enzymy katalizują hydrolizę tłuszczu zawartego w mleku. Specyficzną cechą drobnoustrojów psychrotrofowych jest zdolność do proliferacji i działania w niskich temperaturach, które są optymalne do przechowywania mleka po udoju, tj. ok. 4°C. Obniżenie temperatury mleka powoduje modyfikacje jego cech fizykochemicznych na skutek zmian dotyczących głównie fazy koloidalnej i tłuszczowej (7). Chłodzenie jest czynnikiem powodującym zmiany składu mikroflory mleka, polegające na wzroście liczby drobnoustrojów psychrotrofowych, w porównaniu z innymi gatunkami bakterii, występującymi w mleku. Drobnoustroje psychrotrofowe są szczególnie niepożądane w mleku, ponieważ wykazują aktywność nie tylko lipolityczną, ale także proteolityczną. Powodują więc niekorzystne zmiany w najważniejszych składnikach mleka, tj. tłuszczu i białku (4). Psychrotrofy dostają się do mleka na skutek nieprzestrzegania zasad higieny w procesie pozyskiwania, magazynowania, transportu i obróbki technologicznej mleka. Źródłem tej szkodliwej mikroflory mogą być także: chory gruczoł mlekowy, niesprawne dojarki, niewłaściwa pasza zadawana zwierzętom i inne. Dominującymi drobnoustrojami psychrotrofowymi są bakterie z rodzaju: *Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Flavobacterium*, *Aerobacter*, *Listeria*, *Escherichia*. W zależności od pierwotnego zakażenia, temperatury i czasu przechowywania, psychrotrofy mogą stanowić od 10% do 90% mikroflory mleka. Według Chillarda i wsp. (4), lipoliza bakteryjna ma znaczenie tylko w mleku, które jest w znacznym stopniu zakażone florą bakteryjną. Jeśli natomiast zakażenie jest umiarkowane, całkowita liczba drobnoustrojów jest mniejsza niż ( $< 10^5$ ), to ten rodzaj lipolizy nie ma większego znaczenia. Należy jednak podkreślić, że o ile enzymy rodzime mleka i enzymy bakteryjne mają podobną strukturę chemiczną, to różnią się one zasadniczo wrażliwością na wysoką temperaturę. Enzymy rodzime mleka można inaktywować działaniem odpowiedniej temperatury, podczas gdy enzymy bakteryjne mogą przetrwać nawet w procesie gotowania, dlatego często efekt działania enzymów bakteryjnych może uwidaczniać się dopiero w produktach mleczarskich (6, 34). Z badań Cogan (6) wynika, że ilość wydzielonej do mleka lipazy zależy nie tylko od całkowitej liczby bakterii, ale także od rodzaju, gatunku i szczepu. Niektóre szczepy bakterii powodują niekorzystne zmiany tłuszczu mleka już przy liczbie  $10^3$ /ml. Należy także podkreślić, że zwiększenie udziału mikroflory psychrotrofowej w ogólnym zakażeniu mleka powoduje ograniczenie liczby bakterii, których uboczne produkty przemiany materii zakwaszają środowisko, co powoduje jego alkalizację, ponieważ przemiana laktozy ustępuje miejsca hydrolizie nie tylko tłuszczu, ale także białka. Alkalizacja mleka spowodowana działalnością psychrotrofów ma wpływ na zmiany w procesie krzepnięcia mleka pod wpływem

podpuszczki, co skutkuje mniejszą wydajnością serów zarówno twarogowych, jak i twardych. Skrzep uzyskany z takiego mleka ma luźną konsystencję, zmieniony smak i zapach oraz charakteryzuje się mniejszą trwałością (17). Lipazy wydzielone przez psychrotrofy powodują rozkład tłuszczu z wydzielaniem wolnych kwasów tłuszczowych, które wpływają na ograniczenie aktywności pożądanego mikroflory mleka (m.in. paciorkowców), ponieważ kwasy te gromadzą się na powierzchni ścian komórkowych. Drobnoustroje psychrotrofowe stanowią bardzo niebezpieczny rodzaj mikroflory, gdyż wpływają na przydatność technologiczną mleka koziego jako surowca i tym samym na jakość uzyskiwanych z niego gotowych produktów mleczarskich.

Podsumowując należy podkreślić, że tłuszcz mleka koziego charakteryzuje się wysoką wartością biologiczną uwarunkowaną znacznym udziałem kwasów tłuszczowych o krótkich łańcuchach. Na wysoką wartość biologiczną tłuszczu wpływają: obecność witamin rozpuszczalnych w tłuszczu oraz lekkostrawność, która jest spowodowana między innymi stosunkowo niską temperaturą topnienia. Występowanie tłuszczu w mleku kóz w postaci drobnych kuleczek powoduje, że może być on wchłaniany bezpośrednio przez ściany jelit bez udziału enzymów lipolitycznych i bez uprzedniego zemulgowania solami żółci. Umożliwia to stosowanie mleka kóz w żywieniu dzieci i osób starszych o osłabionej aktywności enzymatycznej układu pokarmowego.

Zjawiskiem niekorzystnie wpływającym na wartość tłuszczu mleka jest lipoliza, spowodowana m.in. przez mikroflorę psychrotrofową, która oddziałuje nie tylko na mleko i jego skład, ale wpływa także na jakość uzyskanych z takiego mleka produktów. Poziom cholesterolu w mleku kóz jest pochodną stadium laktacji, poziomu wydajności oraz koncentracji tłuszczu.

## Piśmiennictwo

1. Barłowska J., Litwińczuk Z.: Właściwości odżywcze i prozdrowotne tłuszczu mleka. *Medycyna Wet.* 2009, 65, 171-174.
2. Bernacka H., Simińska E.: Próba określenia uwarunkowań zmienności cholesterolu w mleku kóz w okresie laktacji. *Rocz. Nauk. Zoot. Supplement* 2005, 21, 139-142.
3. Brown A., Jessup W.: Oxysterols and atherosclerosis. *Atherosclerosis* 1999, 142, 1-28.
4. Chilliard Y., Ferlay A., Rouel J., Lamberet G.: A review of nutritional and physiological factors affecting goat milk lipid synthesis and lipolysis. *J. Dairy Sci.* 2003, 86, 1751-1770.
5. Chilliard Y., Rouel J., Leroux C.: Goats alpha-s1 casein genotype influence its milk fatty acid composition and delta-9 desaturation ratios. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2006, 131, 474-487.
6. Cogan T. M.: A review of heat resistant lipase and proteinases and the quality of dairy products. *Int. J. Dairy Technol.* 1997, 1, 95-105.
7. Collins Y. F., Mc Sweeney P. L. H., Wilkinson M. G.: Lipolysis and free fatty acid catabolism in cheese: a review of current knowledge. *Int. Dairy J.* 2003, 13, 841-866.
8. 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, 3, 405-410.
9. Danków R., Wójtowski J., Pikul J., Gut A.: Jakość i przydatność mleka koziego do przetwórstwa. *Ann. Warsaw Agric. Univ.* 2000, 37, 60-73.

10. Gajdušek S., Jelinek P., Pavel J., Fialova M.: Changes in composition of fatty-acids of the fat in goat milk during lactation. *Živoč. Výr.* 1993, 38, 849-858.
11. Haenlein G. F. H.: Goat milk in human nutrition. *Small Rumin. Res.* 2004, 51, 155-165.
12. Józwick A., Bagnicka E., Strzałkowska N., Śliwa-Józwick A., Horbańczuk K., Cooper R. G., Pyzel B., Krzyżewski J., Świergiel A. H., Horbańczuk J. O.: The oxidative status of milking goats after per os administration of N-acetyl-cysteine. *Anim. Sci. Pap. Rep.* 2010a, 28, 143-152.
13. Józwick A., Strzałkowska N., Bagnicka E., Łagodziński Z., Pyzel B., Chyliński W., Czajkowska A., Grzybek W., Słoniweska D., Krzyżewski J., Horbańczuk J. O.: The effect of feeding linseed cake on milk field and milk fatty acid profile in goats. *Anim. Sci. Pap. Rep.* 2010b, 28, 245-251.
14. Kay J. K., Mackle T. R., Auldist M. J., Thomsan N. A., Bauman D. E.: Endogenous synthesis of cis-9, trans-11 conjugated linoleic acid in dairy cows fed fresh pasture. *J. Dairy Sci.* 2004, 87, 369-378.
15. Le Quere J. L., Pierre A., Riaublanc A., Demaizieres D.: Characterization of aroma compounds in the volatile fraction of soft goat cheese during ripening. *Lait* 1998, 78, 279-290.
16. López-Aliaga I., Alférez J. M., Nestares M. T., Ros P. B., Barrionuevo M., Campos M. S.: Goat milk feeding caused an increase in biliary secretion of cholesterol and a decrease in plasma cholesterol levels in rats. *J. Dairy Sci.* 2005, 88, 1024-1030.
17. Park Y. W., Juárez M., Ramos M., Haenlein G. F. W.: Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small Rumin. Res.* 2007, 68, 88-113.
18. Parodi P. W.: Health benefits of conjugated linoleic acid. *Food Ind. J.* 2002, 5, 222-259.
19. Pironen V., Toivo J., Lampi A. M.: New data for cholesterol contents in meat, fish, milk, eggs and their products consumed in Finland. *J. Food Comp. and Analysis.* 2002, 15, 705-713.
20. Renner E.: Importance of milk and its different components for human nutrition and health. *Nutri. Re.* 1995, 17, 1209-1228.
21. Rodríguez-Alcalá L. M., Harte F., Fontecha J.: Fatty acid profile and CLA isomers content of cow, ewe and goat milks processed by high pressure homogenization. *Innovative Food Sci. Emerging Technol.* 2009, 10, 32-36.
22. Sanz Sampelayo M. R., Chilliard Y., Schmidely Ph., Boza J.: Influence of type of diet on the fat constituents of goat and sheep milk. *Small Rumin. Res.* 2007, 68, 42-63.
23. Siebert R.: Oxidised cholesterol in milk dairy products. *Int. Dairy J.* 2005, 15, 191-206.
24. Strzałkowska N., Bagnicka E., Józwick A., Krzyżewski J.: Concentration of total cholesterol in milk of Polish White Improved goats during the whole lactation. *Arch. Tierz. (Special Issue)* 2006, 49, 166-173.
25. Strzałkowska N., Józwick A., Bagnicka E., Horbańczuk J. O., Krzyżewski J.: Studies upon genetic and environmental factors affecting the cholesterol content of cow milk. I. Relationship between the polymorphic form of beta-lactoglobulin, somatic cell count, cow age and stage of lactation and cholesterol content of milk. *Anim. Sci. Pap. Rep.* 2009, 27, 95-103.
26. Strzałkowska N., Józwick A., Bagnicka E., Horbańczuk J. O., Krzyżewski J.: Studies upon genetic and environmental factors affecting the cholesterol content of cow milk. II. Effect of silage type offered. *Anim. Sci. Pap. Rep.* 2009, 27, 199-206.
27. Strzałkowska N., Józwick A., Bagnicka E., Krzyżewski J., Cooper R. G., Horbańczuk J. O.: Factors affecting the cholesterol content of cow milk conserved feeds in a TMR system throughout the year. *Mljekarstvo* 2010, 22, 45-55.
28. Strzałkowska N., Józwick A., Bagnicka E., Krzyżewski J., Horbańczuk K., Pyzel B., Horbańczuk 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, 27, 263-272.
29. Strzałkowska N., Józwick A., Bagnicka E., Krzyżewski J., Horbańczuk K., Pyzel B., Siwiec D., Horbańczuk J. O.: The concentration of free fatty acids in goat milk as related to the stage of lactation, age and somatic cell count. *Anim. Sci. Pap. Rep.* 2010, 28, 389-395.
30. Talpur F. N., Bhanger M. I., Memon N. N.: Milk fatty acid composition of indigenous goat and ewe breeds from Sindh, Pakistan. *J. Food Comp. Analysis.* 2009, 22, 59-64.
31. Wilson T. A., Ausman L. M., Lawton C. W., Iegsted D. M., Nicolosi R. J.: Comparative cholesterol lowering properties of vegetable oils: beyond fatty acids. *J. Am. College Nutrition* 2000, 19, 610-615.
32. Wszolek M.: Przydatność technologiczna mleka koziego. *Przegl. Mlecz.* 1997, 1, 12-14.
33. Zan M., Stibil J. V., Rogelj I.: Milk fatty acid composition of goats grazing on alpine pasture. *Small Rumin. Res.* 2006, 64, 45-52.
34. Ziarno M., Zareba D.: Charakterystyka i występowanie bakterii rodzaju *Paenibacillus* w mleku i przetworach mleczarskich. *Medycyna Wet.* 2010, 66, 600-604.

Adres autora: dr hab. Nina Strzałkowska, ul. Postępu 1, 05-552 Wólka Kosowska; e-mail: N.Strzałkowska@ighz.pl