

# Wpływ rodzaju skarmianych pasz objętościowych na profil kwasów tłuszczowych w mleku krów

Józef Krzyżewski, Nina Strzałkowska, Artur Józwik, Emilia Bagnicka, Jarosław O. Horbańczuk

z Instytutu Genetyki i Hodowli Zwierząt Polskiej Akademii Nauk w Jastrzębcu

W krajach rozwiniętych w standardowej diecie statystycznego konsumenta 25% energii pochodzi z mleka, produktów mlecznych i mięsa (1). Wymienione komponenty diety dostarczają organizmowi konsumentów około 50% spożywanych w całej diecie niepożądanych z dietetycznego punktu widzenia nasyconych kwasów tłuszczowych (saturated fatty acids – SFA). Według zaleceń Światowej Organizacji Zdrowia (WHO) udział SFA w pokryciu potrzeb energetycznych konsumentów nie powinien przekraczać 30%. Mleko i produkty z niego otrzymywane odgrywają istotną rolę w żywieniu człowieka ze względu na zawartość w nich podstawowych składników pokarmowych, tj. białka i tłuszczu, zawierającego ponad 400 różnych kwasów tłuszczowych. Tłuszcz mleka zawiera zarówno kwasy nasycone i o konfiguracji trans C18:1 trans-4 do C18:1 trans-16, które charakteryzują się niekorzystnym wpływem na zdrowie konsumentów (2), jak również kwasy tłuszczowe

jednienienasycone (monounsaturated fatty acids – MUFA) i wielonienasycone (polyunsaturated fatty acids – PUFA), charakteryzujące się udokumentowanym z medycznego punktu widzenia korzystnym wpływem na zdrowie konsumentów.

Udział w tłuszczu mleka poszczególnych grup kwasów jest zmienny w stosunkowo szerokich granicach i w największym stopniu uzależniony od rodzaju tłuszczu zawartego w komponentach dawki pokarmowej. Mleko produkowane w stadach komercyjnych, w których zwierzęta są żywione paszami konserwowanymi, bez udziału świeżych pasz zielonych, zawiera przeciętnie 70–75% SFA, 20–25% MUFA oraz 5% PUFA. Średniołańcuchowe nasycone kwasy tłuszczowe, tj. C12:0; C14:0 i C16:0, które stanowią największy udział w puli kwasów nasyconych, wpływają na podwyższenie zawartości cholesterolu, zwłaszcza frakcji LDL (liprotein niskiej gęstości), w surowicy krwi konsumentów (3); C14:0 w porównaniu z C16:0

stwarza aż czterokrotnie większe zagrożenie występowania chorób serca i układu krążenia. Spośród kwasów nienasyconych największym zainteresowaniem badaczy cieszy się sprzężony kwas linolowy (CLA), zwłaszcza jego izomer C18:2 cis-9, trans-11, któremu przypisuje się wyraźny, pozytywny i wielostronny wpływ na zdrowie konsumentów (4). Wahania w zawartości kwasów tłuszczowych w mleku są w największym stopniu spowodowane różnicami stosowanych diet w żywieniu krów (5).

Na zawartość tłuszczu w mleku mają wpływ czynniki genetyczne, podczas gdy na strukturę kwasów tłuszczowych wpływ mają głównie czynniki żywieniowe (5). W większości dotychczas przeprowadzonych badań, dotyczących zmiany struktury kwasów tłuszczowych w tłuszczu mleka, stosowano różnego rodzaju dodatki zawierające tłuszcz roślinny lub zwierzęcy, m.in. dodatek olejów roślinnych, całych nasion roślin oleistych, oleju rybiego lub preparatów zawierających tłuszcz chroniony. Większość wyników tego rodzaju badań, mimo walorów poznawczych, ma bardzo ograniczone znaczenie użytkowe, bowiem wprowadzenie do diet dla całej populacji krów dodatku, np. oleju rybiego czy olejów roślinnych, w praktyce jest zadaniem niewykonalnym. W związku z tym w ostatnich latach zaczęto także zwracać coraz większą uwagę na tłuszcz zawarty w paszach objętościowych, które są podstawą dawki pokarmowej w żywieniu krów mlecznych. Pasze te dostarczają substratów dla bakterii celuloリティcznych, produkujących

głównie kwasy octowy i masłowy oraz są źródłem znacznej ilości zawartych w nich kwasów tłuszczowych, w tym także kwasów nienasyconych.

Niewątpliwą zaletą tłuszczu zawarte go w paszach objętościowych jest bardzo korzystny stosunek n-6/n-3, wynoszący poniżej 4. Zatem odpowiedni zestaw tych pasz może w znacznym stopniu przyczynić się do korzystnej zmiany profilu kwasów tłuszczowych w mleku dzięki zahamowaniu lub stymulowaniu ich syntezy *de novo*. Mimo iż zawartość tłuszczu w paszach objętościowych jest relatywnie niska, bowiem rzadko przekracza 5% w suchej masie, pasze te, ze względu na dużą ilość pobieranych pasz objętościowych, w większości stosowanych diet w żywieniu krów są głównym źródłem tego składnika. Freeman i wsp. (6) podają, że w optymalnych warunkach w rajgrasie rocznym znajduje się 68 g kwasów tłuszczowych w kilogramie suchej masy, a w rajgrasie trwałym nawet 116 g/kg suchej masy. Zatem wysokowydajna krowa wypasana na pastwisku pobiera 20 kg suchej masy takiego porostu, w którym znajduje się 2,3 kg kwasów tłuszczowych (6).

Tłuszcz zawarty w paszach objętościowych, w porównaniu np. z olejem roślinnym dodawanym do diet, nie wpływa w znaczący sposób na wzrost udziału niepożądanych izomerów C18:1-trans (z wyjątkiem C18:1, trans-11), natomiast przyczynia się do zmniejszenia udziału SFA i wzrostu PUFA, w tym CLA (7). Koncentracja PUFA w roślinach w największym stopniu zależy od czynników środowiskowych, takich jak stopień nasłonecznienia w okresie wegetacji, częstość koszenia, pora roku oraz poziom nawożenia, zwłaszcza azotem (8). Trawy są bogatym źródłem n-3 PUFA. Gilliland i wsp. (9) wykazali istotne różnice w zawartości kwasu linolowego między odmianami traw (8,5–11,0 g/100 g kwasów) i linolowego (62,6–74,1 g/100 g kwasów). Clapham i wsp. (10) określili profil kwasów tłuszczowych w 13 gatunkach traw, roślin motylkowatych i ziół stosowanych najczęściej jako pasze objętościowe, uprawianych w ujednoliconych warunkach w szklarni. Zawartość kwasów tłuszczowych (mg/g suchej masy) była następująca:  $\alpha$ -linolenowego 7,0–38,4; linolowego 2,0–10,3 oraz palmitynowego 2,6–7,5. Wymienione kwasy dominowały we wszystkich gatunkach roślin i niezależnie od terminu zbioru stanowiły 93% wszystkich kwasów. Trawy, niezależnie od odmiany, charakteryzowały się ujednoliconym składem kwasów tłuszczowych; przeciętny udział C18:3 n-3 wynosił 66%, C18:2 n-6–13% i C16:0–14%. Zioła natomiast charakteryzowały się niższym udziałem C18:3 i większą zmiennością w zawartości pozostałych kwasów tłuszczowych w porównaniu z trawami.

Różnice między roślinami w zawartości kwasów tłuszczowych są większe we wczesnych stadiach wegetacji. Największy wpływ na zawartość i profil kwasów tłuszczowych mają zabiegi agrotechniczne, termin sprzętu, metoda konserwacji i poziom nawożenia azotem (11). Metoda konserwacji również wywiera istotny wpływ na zawartość i profil kwasów tłuszczowych w roślinach. Największe straty, dochodzące do 37%, związane z procesami oksydacyjnymi, dotyczą PUFA (zwłaszcza C18:3, n-3) w procesie suszenia na siano i podsuszania przed zakiszaniem (12, 13). Są one związane z systemem lipoksygenazy – mechanizmem obronnym, zapoczątkowanym w uszkodzonych komórkach w trakcie sprzętu roślin. Lipaza roślinna uwalnia niezestryfikowane kwasy C18:3 n-3 i C18:2 n-6 z uszkodzonych błon komórkowych, które są szybko przekształcane w hydroksy PUFA w obecności lipoksygenazy (14). Te zaś z kolei są katabolizowane do substancji lotnych, m. in. aldehydów i alkoholu (15). Podsuszanie traw przed zakiszaniem w okresie do 24 godzin nie miało istotnego wpływu na profil kwasów tłuszczowych w kiszonce. Poglądy autorów na temat wpływu konserwantów na zawartość i profil kwasów tłuszczowych są rozbieżne (8, 12, 16). Zmiany w koncentracji i profilu kwasów tłuszczowych w kiszonce znajdują odzwierciedlenie w składzie kwasów tłuszczowych w tłuszczu mleka. Dewhurst i wsp. (17) oraz Al-Mabruk i wsp. (18) wykazali, że w mleku krów żywionych kiszoną z koniczyny czerwonej zawartość C18:3 n-3 wynosiła 1,51 g/100 g sumy kwasów tłuszczowych.

Korzystny wpływ na profil kwasów tłuszczowych w mleku krów żywionych dietami z udziałem kiszonki z koniczyny czerwonej został potwierdzony również przez innych autorów (19, 20). Zawartość tego kwasu była 2–3-krotnie wyższa w porównaniu z mlekiem krów żywionych dietami z udziałem traw. Dodatkową zaletą żywienia krów kiszoną z koniczyny czerwonej w porównaniu z żywieniem kiszoną z traw była kilkanaście razy wyższa zawartość w mleku fitoestrogenów z grupy izoflawonoidów: biochaniny A 1,86 vs. 0,37  $\mu$ g/l, ekwolu 318 vs. 75  $\mu$ g/l oraz formononentyny 6,5 vs. 2,7  $\mu$ g/l, przy czym najkorzystniejszy wpływ na zdrowie konsumentów wywiera ekwol. Ich korzystny wpływ na zdrowie konsumentów związany jest z ich działaniem antyoksydacyjnym, kilkakrotnie silniejszym od działania witaminy E.

Żywienie krów kiszoną z koniczyny czerwonej wpływa również na zwiększenie aktywności oksydazy polifenolowej oraz substratu dla tego enzymu w postaci o-difenolu (21). Enzym ten rozkłada o-difenol do chinonów, które łącząc się z proteazą

## The effect of forage type on fatty acids profile in cow's milk

Krzyżewski J., Strzałkowska N., Józwiak A., Bagnicka E., Horbańczuk J.O., Institute of Genetics and Animal Breeding of the Polish Academy of Sciences, Jastrzebiec

The purpose of this article was to present the influence of different forage types on the cow milk content. Cow milk produced in typical, commercial herds contains relatively high concentration of undesirable fatty acids and lower concentration of mono-unsaturated (MUFA) and poly-unsaturated (PUFA), fatty acids that have positive impact on the consumers' health. The results of many experiments indicated that both concentration and profile of fatty acids in milk may be changed in relatively wide range, not only by cows' diet supplementation with various fatty additives, but also by introducing to the diets properly produced forages. The concentration and profile of unsaturated fatty acids mostly depends on species and cultivars, degree of insolation during vegetation period, technique of field-crop production, cutting frequency, season of the year and the level of nitrogen fertilization. The changes of fatty acids profile depend also on the methods of plants conservation. According to the literature, there are significant differences in the concentration of fatty acids in plants commonly used as roughage in dairy cows diet. Thus, it is possible to choose the suitable species and cultivars, produced in optimal conditions, which would contain high concentration of desirable fatty acids. Using those plants in the feeding of milking cows could allow obtain the milk with high proportion of functional fatty acids which are favorable to human health from the medical point of view. Moreover, this feeding strategy would have the positive effect on the health of milking cows and their reproduction traits.

**Keywords:** profile of fatty acids, plants, feeding strategy, dairy cows.

i lipazą inaktywują je, przyczyniając się w ten sposób do zmniejszenia tempa i rozmiarów proteolizy oraz lipolizy, zarówno w silosie, jak i w żwaczku. Zmniejszone rozmiary proteolizy sprzyjają lepszemu wykorzystaniu białka, zaś lipolizy – lepszemu wykorzystaniu kwasów tłuszczowych, dzięki zmniejszeniu rozmiarów oraz stopnia biouwodorowania nienasyconych kwasów tłuszczowych, przechodzących przez żwacz i zwiększeniu współczynnika transferu C18:3 n-3 z paszy do mleka (20). Korzystny wpływ na zawartość i profil kwasów tłuszczowych w tłuszczu mleka krów wywiera żywienie krów na pastwisku (22, 23, 24). W mleku krów wypasanych na pastwisku, w porównaniu z mlekiem krów żywionych kiszoną z kukurydzy, była istotnie wyższa zawartość PUFA i MUFA, zaś niższa SFA. Dihman i wsp. (25) porównywali zawartość CLA w mleku krów, żywionych

dieta opartą na kiszonce z kukurydzy z żywieniem krów na pastwisku, którego porost pokrywał 1/3, 2/3 lub całe zapotrzebowanie krów na składniki pokarmowe. W dietach pokrywających 1/3 lub 2/3 zapotrzebowania, w celu uzupełnienia brakujących składników pokarmowych stosowano dodatek siana z lucerny i mieszankę treściwą. Zawartość CLA w mleku krów żywionych dawką z udziałem kiszonki z kukurydzy wynosiła 0,39 g/100 g kwasów tłuszczowych, podczas gdy przy korzystaniu z pastwiska, w zależności od ilości pobieranego porostu, zawartość tego kwasu wynosiła odpowiednio: 0,89, 1,43 i 2,21 g/100 g kwasów tłuszczowych. Tak więc przy pełnym pokryciu potrzeb pokarmowych krowy porostem pastwiskowym zawartość CLA w tłuszczu mleka była o 560% wyższa w porównaniu z mlekiem krów żywionych dawką opartą na kiszonce z kukurydzy. Lock i Garnsworthy (26) wykazali, że w Wielkiej Brytanii nawet częściowe wypasanie krów na pastwisku, umożliwiające pokrycie ok. 1/3 zapotrzebowania krowy porostem pastwiskowym wpływa w podobny sposób na poziom C18:3 n-3 i CLA, jak wypasanie krów przez 8 godzin/dobę.

Korzystne zmiany w zawartości i profilu kwasów tłuszczowych w mleku krów żywionych porostem pastwiskowym lub traw skarmianych w formie świeżej znalazły odzwierciedlenie w składzie mleka produkowanego w gospodarstwach organicznych. Korzystniejszy profil kwasów tłuszczowych uzyskuje się również przy żywieniu krów sianem w porównaniu z kiszunką z kukurydzy. Bernardini i wsp. (27) wykazali, że krowy żywione sianem z traw w porównaniu ze zwierzętami żywionymi kiszunką z kukurydzy, produkowały mleko z nieco niższą zawartością nasyconych kwasów tłuszczowych (61,9 vs. 63,4%) i nieco wyższym poziomem kwasów tłuszczowych PUFA (6,1 vs. 5,8%). Zwiększenie dawki siana przyczyniło się do wzrostu koncentracji CLA i kwasów z rodziny n-3.

Shingfield i wsp. (28) porównywali profil kwasów tłuszczowych w mleku krów żywionych sianem lub kiszunką, sporządzoną z mieszanki tymotki z kostrzewą łąkową i nie stwierdzili różnic w poziomie zarówno SFA, jak i PUFA, z wyjątkiem C18:3 n-3. Krowy żywione sianem wydzieliły w mleku więcej C18:3 n-3 niż krowy żywione kiszunką, mimo iż pobierały z paszy około 50% ilości tego kwasu w porównaniu z kiszunką. Nie stwierdzono różnic w poziomie CLA i C18:1 11t w mleku krów żywionych sianem lub kiszunką. Współczynnik transferu C18:3 n-3 z diet do mleka na diecie z udziałem kiszonki z traw wynosił 0,033, podczas gdy u krów żywionych sianem z traw wskaźnik ten był wyższy i wynosił 0,172. Chilliard i wsp. (29) stwierdzili, że poziom C18:3 n-3 w mleku krów

żywionych sianem był znacznie wyższy od uzyskanego w badaniach Bartscha i wsp. (30). Według Boufaïeda i wsp. (31), kwas C18:3 n-3 zawarty w sianie z tymotki w porównaniu z trawą świeżą, kiszunką lub sianokiszunką ulegał w znacznie mniejszym stopniu biouwodorowaniu. Według Bergamo i wsp. (32) w mleku krów utrzymywanych w gospodarstwach organicznych zawartość CLA była wyższa o 33%, zaś w serze wyprodukowanym z tego mleka o 45% wyższa w porównaniu z tymi produktami uzyskanymi w gospodarstwach tradycyjnych; zawartość kwasu  $\alpha$ -linolenowego w mleku i w serze była wyższa odpowiednio o 46 i 60% oraz CLA w mleku UHT, maśle i serze ricotta wyższa odpowiednio o: 81, 72 i 91%.

Elgersma i wsp. (13) w badaniach przeprowadzonych w Holandii wykazali, że w mleku krów wypasanych na pastwisku zawartość CLA wynosiła 2,30 g/100 g tłuszczu, podczas gdy krowy otrzymujące ten sam rodzaj zielonki w oborze produkowały mleko o zawartości 1,08–1,87 g/100 g tłuszczu mleka. Zdaniem autorów było to związane z tempem pobierania zielonki. Krowa pasąca się na pastwisku pobiera zielonkę znacznie wolniej, co wywiera korzystny wpływ na funkcjonowanie mikroorganizmów żwacza (33). Wyniki badań Schroedera i wsp. (22) wykazały, że zawartość CLA w mleku krów wypasanych na pastwisku z porostem owsa ozimego była 2,6 razy wyższa (1,41 vs. 0,55% w puli kwasów tłuszczowych) w porównaniu z mlekiem krów żywionych kiszunką z kukurydzy według systemu TMR, zaś stosunek ilości SFA do PUFA i MUFA był niższy (1,85 vs. 2,22). Należy podkreślić, że u krów wypasanych na pastwisku występują duże różnice osobnicze pod względem zawartości CLA w mleku, wynoszące od 5,9 do 20,6 g/kg sumy kwasów tłuszczowych.

Niezależnie od rodzaju porostu pastwiskowego występują wyraźne zmiany sezonowe w zawartości kwasów tłuszczowych w mleku. Tomson i Van der Poel (34) w Nowej Zelandii stwierdzili wzrost koncentracji PUFA, szczególnie CLA w mleku krów w okresie wiosny i jesieni, podczas gdy w okresie letnim następowało wyraźne obniżenie koncentracji MUFA, przy jednoczesnym wzroście zawartości SFA. Wyniki badań Dewhursta i wsp. (35) wykazały, że C18:3 n-3 zawarty w kiszonce z traw podlega w znacznie większym stopniu biouwodorowaniu w żwaczu w porównaniu z C18:3 n-3 zawartym w kiszonce z koniczyny białej lub czerwonej. Zdaniem cytowanych autorów mniejsze tempo i zakres biouwodorowania C18:3 n-3 zawartego w koniczynie białej jest związane z szybszym pasażem tej paszy przez przewód pokarmowy i tym samym skróceniem czasu ekspozycji na działanie lipazy i procesów

biouwodorowania. Stopień biouwodorowania nienasyconych kwasów tłuszczowych zależy także od aktywności enzymów lipolitycznych, zawartych w poszczególnych roślinach. Lee i wsp. (36) wykazali, że aktywność lipolityczna w koniczynie czerwonej jest znacznie mniejsza w porównaniu z trawami, dzięki obecności oksydazy polifenolowej (37). Enzym ten powoduje m.in. denaturację lipazy roślinnej i tym samym jej inaktywację. Niezależnie od stopnia biouwodorowania, wyniki wielu przeprowadzonych badań wykazały jednoznacznie, że mleko krów wypasanych na pastwisku lub żywionych świeżą zielonką dowożoną do obory, w porównaniu z mlekiem krów żywionych paszami konserwowanymi z dużym udziałem paszy treściwej, zawierało znacznie więcej kwasów nienasyconych, zwłaszcza CLA i C18:3 n-3, przyczyniając się jednocześnie do zmniejszenia koncentracji niepożądanych kwasów nasyconych (38, 39). Lourenco i wsp. (39) w podsumowaniu wyników badań, dotyczących wpływu składu botanicznego porostu na zawartość kwasów tłuszczowych stwierdzili wzrost koncentracji kwasów nienasyconych (zwłaszcza C18:3 n-3), w przypadku gdy skład porostu był zróżnicowany gatunkowo.

Autorzy ci wykazali również, że mleko krów żywionych koniczyną czerwoną zawierało więcej C18:3 n-3, w porównaniu z mlekiem krów żywionych trawą, mimo iż ilość tego kwasu w obydwu paszach była podobna. Dewhurst i wsp. (7) na podstawie dokonanego przeglądu wyników badań nad żywieniem krów paszą świeżą i konserwowaną wykazali duże różnice w zawartości i wzajemnych proporcjach poszczególnych kwasów na korzyść kwasów o właściwościach funkcjonalnych. Różnice te były uwarunkowane znacznymi stratami w wyniku procesów oksydacyjnych nienasyconych kwasów tłuszczowych zachodzących w procesie suszenia siana lub podsuszania przed zakiszeniem.

W podsumowaniu należy podkreślić, że istniejąca duża zmienność w koncentracji kwasów tłuszczowych w tłuszczu roślin powszechnie stosowanych jako pasze objętościowe w żywieniu krów mlecznych stwarza możliwość doboru takich gatunków i odmian, które wyprodukowane w odpowiednich warunkach będą zawierały wysoką koncentrację kwasów tłuszczowych o pożądanym profilu. Żywienie krów mlecznych taką paszą umożliwi pozyskiwanie mleka z dużym udziałem kwasów o właściwościach funkcjonalnych, posiadających udokumentowany z medycznego punktu widzenia korzystny wpływ na zdrowie konsumentów. Spośród znanych systemów żywienia najkorzystniejszy wpływ, zarówno na profil kwasów tłuszczowych w tłuszczu mleka krów, jak i innych

składników, ma żywienie pastwiskowe. Mleko krów żywionych paszami konserwowanymi charakteryzuje się najniższą koncentracją składników bioaktywnych. Przy pełnym pokryciu potrzeb pokarmowych krowy porostem pastwiskowym zawartość CLA w tłuszczu mleka można zwiększyć ponad 5-krotnie w porównaniu z mlekiem krów żywionych dawką opartą na kiszonce z kukurydzy. Taka strategia żywienia także zapewni zwierzętom dobry stan zdrowia oraz istotnie przyczyni się do poprawy wskaźników reprodukcji.

## Piśmiennictwo

- Henderson L., Gregory J., Irving K., Swan G.: The national diet and nutrition survey: adults aged 19 to 64 years. Vol. 2: Energy, Protein, Carbohydrate, Fat and Alcohol Intake. The Stationery Office, London, 2003.
- Molentin J., Precht D.: Optimized analysis of trans-octadecenoic acids in edible fats. *Chromatographia* 1995, **41**, 267-272.
- Williams C.M.: Dietary fatty acids and human health. *Ann. Zoot.* 2000, **49**, 165-180.
- Larsson S.C., Bergkvist L., Wolk A.: High-fat dairy food and conjugated linoleic acid intakes in relation to colorectal cancer incidence in the Swedish Mammography cohort. *Am. J. Clin. Nutr.* 2005, **82**, 894-900.
- Lock A.L., Shingfield K.J.: Optimising milk composition: w: Kebreab E., Mills J., Beever D.E., (Eds.), *Dairying-Using Science to Meet Consumers Needs*. Occ. Pub. No. 29, Brit. Soc. Anim. Sci. Nottingham University Press, Loughborough, UK, 2004, pp. 107-188.
- Freeman S.J., Bertrand J.A., Jenkins T.C., Pinkerton B.W.: Fatty acid and composition o annual ryie and ryegrass forage. *J. Dairy Sci.* 2002, **85** (Suppl. 1):95.
- Dewhurst R.J., Shingfield K.J., Lee M.R.F., Scollan N.D.: Increasing the concentrations of beneficial polyunsaturated fatty acids in milk produced by dairy cows in high-forage system. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2006, **131**, 168-206.
- Dewhurst R.J., King P.J.: Effects of extended wilting, shading and chemical additives on the fatty acids I laboratory grass silages. *Grass Forage Sci.* 1998, **53**, 219-224.
- Gilliland T.J., Barrett P.D., Mann R.L., Agnew R.E., Fearon A.M.: Canopy morphology and nutritional quality traits as potential value indicators for Lolium perenne varieties. *J. Agric. Sci.* 2002, **139**, 257-273.
- Clapham W., M., Foster J.G., Neel J.P., Fedders J.M.: Fatty acid composition of traditional and novel forages. *J. Agric. Food Chem.* 2005, **53**, 10068-73.
- Dewhurst R.J., Scollan N.D., Younell S.J., Tweed J.K.S., Humphreys M.O.: Influence of species, cutting date and cutting interval on the fatty acid composition on grasses. *Grass Forage Sci.* 2001, **56**, 68-74.
- Boufaïed H., Chouinard P.Y., Tremblay G.F., Petot H.V., Michaud R., Belanger G.: Fatty acids in forages. I. Factors affecting concentrations. *Can. J. Anim. Sci.* 2003a, **83**, 501-511.
- Elgersma A., Ellen G., Van der Horst H., Muuse B.G., Boer H., Tamminga S.: Comparison of the fatty acid composition of fresh and ensiled perennial ryegrass (*L. perenne*) affected by cultivar and regrowth interval. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2003a, **108**, 191-205.
- Feussner I., Wasternack C.: The lipoxygenase pathway. *Ann. Rev. Plant Biol.* 2002, **53**, 275-297.
- Fall R., Karl T., Hansel A., Jordan A., Lindinger W.: Volatile organic compounds emitted after leaf wounding: on-line analysis by proton-transfer-reaction mass spectrometry. *J. Geophys. Res. Atmos.* 1999, 104, 15963-15974.
- Arvidsson K.: Factors affecting fatty acid composition in forage and milk. *Doctoral Thesis*. Swedish University of Agricultural Sciences, Umea 2009.
- Dewhurst R.J., Fisher W.J., Tweed J.K.S., Wilkins R.J.: Comparison of grass and legume silages for milk production. I. Production responses with different levels of concentrate. *J. Dairy Sci.* 2003a, **86**, 2598-2611.
- Al-Mabruk R.M., Beck N.F.G., Dewhurst R.J.: Effects of silage specie and supplemental vitamin E on the oxidative stability of milk. *J. Dairy Sci.* 2004, **87**, 406-412.
- Vanhatalo A., Kouppala K., Toivonen V., Shingfield K.J.: Effects of forage species and stage of maturity on bovine milk fatty acid composition. *Eur. J. Lipid Sci. Tech.* 2007, **109**, 856-867.
- Steinsham H., Thuen E.: White or red clover-grass silage in organic dairy milk production: Grassland productivity and milk production responses with different levels of concentrate. *Livest. Sci.* 2008, **119**, 202-215.
- Lee M.R., Parfitt L.J., Scollan N.D., Minchin F.R.: Lipolysis in red clover with different polyphenol oxidase activities in the presence and absence of rumen fluid. *J. Sci. Food Agric.* 2007, **87**, 1308-1314.
- Schroeder G.F., Delahoy J.E., Vidaurreta I., Bargo F., Gagliostro G.A., Muller L.D.: Milk fatty acid composition of cows fed a total mixed ration or pasture plus concentrates replacing corn with fat. *J. Dairy Sci.* 2003, **86**, 3237-3248.
- Rego O.A., Portugal P.V., Sousa M.B., Rosa H.J.D., Vouzele C.M., Borba A.E.S., Bessa R.J.B.: Effect of diet on fatty acid pattern of milk from dairy cows. *Anim. Res.* 2004, **53**, 213-220.
- Havemose M.S., Weisberg M.R., Bredie L.P., Nielsen J.H.: Influence of feeding different types of roughage on the oxidative stability of milk. *Int. Dairy J.* 2004, **14**, 563-570.
- Dihman T.R., Anand G.R., Satter L.D., Pariza M.W.: Conjugated linoleic acid content of milk from cows fed different diets. *J. Dairy Sci.* 1999, **82**, 146-156.
- Lock A.L., Garnsworthy P.C.: Seasonal variation in milk conjugated linoleic acid and  $\Delta$ -9-desaturase activity in dairy cows. *Livestock Prod. Sci.* 2003, **79**, 47-59.
- Bernardini D., Gerardi G., Elia C.A., Marchesini G., Tenti S., Segato S.: Relationship between milk fatty acid composition and dietary roughage source in dairy cows. *Vet. Res. Commun.* 2010, **34** (Suppl. 1) S135-S138.
- Shingfield K.L., Salo-Väänänen P., Pakkala E., Toivonen V., Jaakkola S., Piironen V., Huhtanen P.: Effect of forage conservation method, concentrate level and propylene glycol on the fatty acid composition and vitamin content of cow's milk. *J. Dairy Sci.* 2005, **72**, 349-361.
- Chilliard Y., Ferlay A., Doreau M.: Effect of different types of forages, animal fat or marine oils in cow's diet on milk fat secretion and composition especially linoleic acid (CLA) and polyunsaturated fatty acids. *Livestock Prod. Sci.* 2001, **70**, 31-48.
- Bartsch B.D., Graham E.R.B., McLean D.M.: Protein and fat composition and some manufacturing properties of milk from dairy cows fed on hay and concentrates in various ratios. *Aust. J. Agr. Res.* 1979, **30**, 191-199.
- Boufaïed H., Chouinard P.Y., Tremblay G.F., Petit H.V., Michaud R., Belanger G.: Fatty acids in forages. II. In vitro ruminal biohydrogenation of linolenic acids from timothy. *Can. J. Anim. Sci.* 2003, **83**, 513-522.
- Bergamo P.: Fat soluble vitamin contents and fatty acid composition in organic and conventional Italian dairy products. *Food Chem.* 2003, **82**, 625-631.
- Voormolen S.: Groene melk.NRC Handelsblad. Wetenschap en Onderwijs 2004, 28-29 Februari, 47.
- Thomson N.A., an Der Poel W.: Seasonal variation of the fatty acid composition of milk from Frisian cows grazing pasture. *N. Z. Soc. Anim. Prod.* 2000, **60**, 314-317.
- Dewhurst R.J., Evans R.T., Scollan N.D., Moorby J.M., Merry R.J., Wilkins R.J.: Comparisons of grass and legume silages for milk production. 2. In vivo and in sacco evaluations of rumen function. *J. Dairy Sci.* 2003b, **86**, 2612-2621.
- Lee M.R.F., Martinez E.M., Scollan N.D.: - Plant enzyme mediated lipolysis of Lolium perenne and Trifolium pratense in an in vitro stimulated rumen environment. *Asp. Appl. Biol.* 2003b, **70**, 115-120.
- Lee M.R.F., Winters A.L., Scollan N.D., Dewhurst R.J., Theodoron M.K., Minchin F.R.: Plant mediated lipolysis and proteolysis in red clover with different polyphenol oxidase activities. *J. Sci. Food Agric.* 2004, **84**, 1639-1645.
- Chilliard Y., Glasser F., Ferlay A., Bernard L., Ronel J., Doreau M.: Diet, rumen biohydrogenation and nutritional quality of cow and goat milk fat. *Euro. J. Lipid. Sci. Technol.* 2007, **109**, 828-855.
- Lourenco M., Van Ranst G., Vlaeminck B., De Smet S., Fievez V.: Influence of different dietary forages on the fatty acid composition of rumen digesta as well as ruminant meat and milk. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2008, **145**, 418-437.

Opracowanie zrealizowano w ramach projektu „BIOŻYWNOSĆ – 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.

Prof. dr hab. Józef Krzyżewski, Instytut Genetyki i Hodowli Zwierząt PAN, Jastrzębiec, ul. Postępu 1, 05-552 Wólka Kosowska