

MIROŚLAW GABRYSZUK, TOMASZ SAKOWSKI, EWA METERA,
BEATA KUCZYŃSKA, EWA REMBIAŁKOWSKA

WPLYW ŻYWIENIA NA ZAWARTOŚĆ SKŁADNIKÓW BIOAKTYWNYCH W MLEKU KRÓW Z GOSPODARSTW EKOLOGICZNYCH

Streszczenie

Skład mleka zależy głównie od sposobu żywienia i utrzymania zwierząt, odmiennego w systemie ekologicznym i konwencjonalnym. Mleko ekologiczne zawiera więcej korzystnych białek niż mleko konwencjonalne, takich jak: α -laktoalbumina, β -laktoglobulina i laktoferyna. Mleko od krów wypasanych lub karmionych świeżą paszą, bogatą w różne gatunkowo rośliny, ma znacznie wyższy stosunek nienasyconych (PUFA) do nasyconych kwasów tłuszczowych (SFA) i korzystniejszy stosunek PUFA Ω -6 do Ω -3. Mleko ekologiczne ma większą zawartość PUFA, CLA *cis-9*, *trans-11*, kwasu *t*-waxenowego (TVA) i kwasu α -linolenowego (LNA) w porównaniu z mlekiem konwencjonalnym. Profil kwasów tłuszczowych w mleku krów żywionych kiszoną z traw jest korzystniejszy w porównaniu z pozyskiwanym od zwierząt, którym podawano kiszonkę z kukurydzy. Czerwona koniczyna, siemię lniane, olej rzepakowy i rybny mają korzystny wpływ na skład kwasów tłuszczowych w mleku. Podczas okresu pastwiskowego mleko krów z gospodarstw ekologicznych miało większą zawartość witamin rozpuszczalnych w tłuszczach (A, D, E) od mleka zwierząt niekorzystających z pastwiska. Stężenie składników mineralnych w mleku krów z gospodarstw ekologicznych zależy od ich zawartości w glebie i w zielonce.

Słowa kluczowe: mleko ekologiczne, kwasy tłuszczowe, witaminy, białka, składniki mineralne, żywienie

Wprowadzenie

W Unii Europejskiej produkcja mleka ekologicznego wynosi około 2,5 mld l, co stanowi około 2 % całej produkcji mleka. W Polsce rynek mleczarskich produktów ekologicznych zaczyna dopiero powstawać. Produkcję mleka ekologicznego szacuje się na 26 tys. t, przy średniej wydajności krów w stadach ekologicznych wynoszącej

Dr hab. M. Gabryszuk prof. nadzw., dr hab. T. Sakowski prof. nadzw., mgr inż. E. Metera, Instytut Genetyki i Hodowli Zwierząt PAN, Jastrzębiec, 05-552 Magdalenka, dr hab. B. Kuczyńska, Zakład Hodowli Bydła, Wydz. Nauk o Zwierzętach, SGGW, ul. Ciszewskiego 8, 02-786 Warszawa, prof. dr hab. E. Rembiałkowska, Zakład Żywności Ekologicznej, Wydz. Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji, SGGW, ul. Nowoursynowska 159 C8, 02-776 Warszawa

około 3500 l rocznie [43], a przeciętna roczna wydajność krów rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej, objętych kontrolą użytkowości mlecznej, w gospodarstwach konwencjonalnych wynosi 7000 l [20]. Wydajność pozostałych (ok. 2 mln) jest mniejsza i według GUS wynosi ok. 4400 l mleka [17]. Wydaje się jednak, że zarówno ze względu na warunki naturalne, jak i na strukturę gospodarstw utrzymujących krowy, Polska ma znaczne możliwości produkcji mleka w systemach alternatywnych w stosunku do intensywnej produkcji konwencjonalnej. W tym celu konieczne jest opracowanie takich metod żywienia i utrzymania krów, które pozwolą uzyskać mleko o dużej wartości biologicznej w ciągu całego roku i równocześnie zapewnią ekonomiczną efektywność produkcji. Butler i wsp. [8] stwierdzili, że mimo wielu lat badań i znacznej liczby publikacji, aktualna wiedza naukowa na temat wpływu systemu produkcji na skład żywności jest wciąż ograniczona. Modyfikowanie zawartości substancji bioaktywnych w mleku za pomocą doboru odpowiedniego systemu produkcji czy też stosowania odpowiednich dodatków paszowych ma duże znaczenie praktyczne. Skład mleka determinowany jest głównie czynnikami genetycznymi i żywieniowymi. Wpływ czynników genetycznych na skład i wartość odżywcza mleka krów został przedstawiony w wielu opracowaniach [3, 4, 21, 22].

Celem pracy była analiza wpływu żywienia na zawartość składników bioaktywnych w mleku krów użytkowanych w gospodarstwach ekologicznych.

Ekologiczny system produkcji mleka

Głównym aktem prawnym dotyczącym ekologicznej produkcji zwierzęcej jest rozporządzenie Rady (WE) Nr 834/2007 z dnia 28 czerwca 2007 [36] oraz krajowe akty prawne, szczególnie ustawa o rolnictwie ekologicznym z dnia 25 czerwca 2009 r. [40]. Jednym z głównych założeń ekologicznej produkcji mleka jest żywienie zwierząt paszami objętościowymi pochodzącymi z danego gospodarstwa lub ewentualnie z innych gospodarstw stosujących ekologiczne metody produkcji. Pasje powinny pokrywać zarówno potrzeby bytowe, jak i produkcyjne krów. W tym systemie chowu ważniejsza jest jakość produkowanego mleka niż uzyskiwanie maksymalnej wydajności zwierząt [5]. Krowy powinny być wypasane oraz powinno się ograniczyć udział pasz treściwych w ich dawce pokarmowej. W rezultacie tego, krowy utrzymywane w gospodarstwach ekologicznych osiągają mniejszą wydajność od krów z gospodarstw konwencjonalnych w zamian za wyższą wartość biologiczną mleka.

Składniki bioaktywne mleka

Nazwą „składniki bioaktywne” określa się składniki naturalnie występujące w żywności w niewielkich ilościach, które oddziałują na organizm konsumenta na poziomie fizjologicznym, behawioralnym czy odpowiedzi odpornościowej.

Do substancji bioaktywnych białkowej frakcji mleka zalicza się: immunoglobuliny, hormony, cytokiny, czynniki wzrostu, poliamidy, nukleotydy, peptydy, enzymy oraz inne bioaktywne peptydy. Substancje bioaktywne występują także we frakcji tłuszczowej. Należą do nich kwasy tłuszczowe, a wśród nich jedno- i wielonienasycone, witaminy rozpuszczalne w tłuszczach, karotenoidy oraz fosfolipidy i sfingomieliny [37]. Istotne znaczenie dla zdrowia ludzi mają też zawarte w mleku składniki mineralne.

Białka i peptydy oraz czynniki modyfikujące ich zawartość w mleku

Białka i peptydy tworzą znaczną część suchej masy mleka. Największy udział mają kazeiny, które stanowią około 80 % białek mleka. Składają się na nie cztery polipeptydy nazywane kazeinami: α S1 (55 %), α S2 (25 %), β (15 %) i κ (5 %) [25]. Następną co do wielkości frakcją białek mleka są białka serwatkowe: α -laktoalbumina (α -LA), β -laktoglobulina (β -LG) i albumina osocza (serum) oraz immunoglobuliny (IgA, IgM, IgG) i tripeptyd glutationu. Jednym z głównych czynników wpływających na walory zdrowotne mleka jest udział w dawce pokarmowej świeżych zielonek. Mało jest doniesień oceniających wpływ żywienia pastwiskowego na zawartość substancji bioaktywnych o charakterze białkowym. Reklewska i Reklewski [35] oraz Król i wsp. [24] stwierdzili znacząco większą zawartość α -laktoalbuminy, β -laktoglobuliny i laktoferyny w mleku krów wypasanych w porównaniu ze zwierzętami żywionymi paszami konserwowanymi. Stężenia α -LA, β -LG i laktoferyny w mleku krów wypasanych wynosiły odpowiednio: 1,14 g/l, 3,7 g/l, 116,2 mg/l i były istotnie większe od ich zawartości w mleku krów żywionych TMR, odpowiednio: 1,0 g/l, 3,17 g/l i 88,3 mg/l, [24]. Kuczyńska i wsp. [26] stwierdzili podobne zależności (oprócz α -LA) w mleku ekologicznym, porównując je z mlekiem konwencjonalnym. Mleko od krów z gospodarstw ekologicznych zawierało istotnie więcej β -LG, laktoferyny i lizozymu (odpowiednio 4,12 g/l, 334,9 mg/l, 15,68 μ g/l) w porównaniu z ich stężeniem w mleku od krów utrzymywanych konwencjonalnie (2,68 g/l, 188,0 mg/l, 12,56 μ g/l) [26]. Żywienie pastwiskowe sprzyja też wzrostowi zawartości białka ogólnego i białek kazeinowych w mleku krów [2]. Zaobserwowano także korzystny wpływ spasaniania roślin motylkowych na zawartość białek kazeinowych w mleku i udział w nich κ -kazeiny [18].

Tłuszcze oraz czynniki modyfikujące ich zawartość w mleku

Zawartość tłuszczu w mleku krowim jest bardzo zmienna i wynosi od 30 do około 50 g/l. Większość frakcji tłuszczowej mleka (około 95 %) stanowią triacyloglicerole, w których skład wchodzi kwasy tłuszczowe o różnej długości łańcucha i różnym stopniu nasycenia. Następne frakcje tłuszczowe mleka to: około 2 % diacylogliceroli, poniżej 0,5 % cholesterolu, około 1 % fosfolipidów i około 0,5 % wolnych kwasów tłuszczowych. Więcej niż połowa kwasów tłuszczowych mleka to kwasy nasycone. Kwasy

tłuszczowe nienasycone dzieli się na jednonienasycone (MUFA) i wielonienasycone (PUFA). Wśród kwasów PUFA wyróżnia się rodziny n-3 i n-6. Istotny dla zdrowia człowieka jest przy tym stosunek ilości kwasów n-6 do n-3. Bergamo i wsp. [6] sugerują, że stosunek n-6/n-3 powinien się mieścić w granicach od 1 do 4. W diecie mieszkańców krajów wysoko rozwiniętych wynosi on zazwyczaj ok. 7 do 10, a czasami znacznie więcej [6]. Spośród MUFA szczególne znaczenie ma kwas oleinowy (C18:1c9), który występuje w mleku w stosunkowo dużej ilości i stanowi około 25 % masy kwasów tłuszczowych. Zawartość PUFA w mleku wynosi ok. 2 g/l, w tym najczęściej jest kwasu linolowego (C18:2 n-6) i α -linolenowego (C18:3 n-3). Najważniejszy izomer sprzężonego kwasu linolowego (CLA, C18:2 9cis, 11trans) nazywany jest też kwasem żwaczowym, gdyż jest syntetyzowany w żwaczu z kwasu linolowego. Mleko krowie jest jednym z bogatszych jego źródeł w diecie człowieka.

Wśród *trans* izomerów kwasów tłuszczowych najważniejszy jest kwas *t*-wakcenyowy (C18:1 11*trans*; TVA). Nowe badania [29] nie potwierdzają niekorzystnego działania na zdrowie ludzi TVA, chociaż innym izomerom *trans* przypisuje się negatywny wpływ na zdrowie. TVA jest najczęściej występującym *trans* izomerem kwasów C18:1 i jest głównym prekursorem sprzężonego kwasu linolowego (CLA), który powstaje z TVA poprzez Δ -9-desaturację. Z tego względu stwierdza się wyraźną korelację zawartości tych dwóch kwasów w mleku. Kwasy o 18 atomach węgla mogą być przekształcane w kwasy 20-węglowe tj. arachidonowy (C20:4 n-6) i eikozapentaenowy (C20:5 n-3; EPA). Bardzo korzystny dla zdrowia konsumentów jest również kwas dokozaheksaenowy (C22:6 n-3; DHA).

Świeże zielonki. Żywienie świeżymi zielonkami wpływa szczególnie korzystnie na profil kwasów tłuszczowych mleka, co zostało potwierdzone wieloma badaniami. Kuczyńska [25] wykazała istotny wzrost w mleku krów przebywających na pastwisku zawartości takich bioaktywnych kwasów tłuszczowych, jak: TVA, CLA i α -linolenowego (LNA). Zawartość kwasów TVA, CLA i LNA w mleku krów przebywających na pastwisku wynosiła 4,46, 1,36 i 0,86 g/100 g tłuszczu, a w mleku krów z gospodarstw konwencjonalnych żywionych TMR – 1,34, 0,49 i 0,39 g/100 g tłuszczu. W przypadku żywienia zielonką pastwiskową w mleku wzrastała zawartość kwasu α -linolenowego, co powodowało lepszą proporcję tego kwasu w stosunku do linolowego, a w rezultacie korzystniejszy stosunek kwasów n-6 do n-3 z 4 : 1 do 2 : 1 [28]. Istnieje dodatnia, liniowa zależność między udziałem zielonki z pastwiska w dawce pokarmowej a zawartością w mleku krów kwasu *t*-wakcenyowego oraz CLA.

Ekologiczny oraz ekstensywny system produkcji. Ellis i wsp. [13] stwierdzili, że mleko z gospodarstw ekologicznych zawierało o ponad 60 % więcej kwasów wielonienasyconych (PUFA) oraz n-3 w porównaniu z mlekiem konwencjonalnym. W rezultacie mleko ekologiczne charakteryzowało się niższym (korzystniejszym) stosunkiem kwasów n-6 do n-3, a także większą zawartością PUFA w stosunku do MUFA.

Butler i Leifert [8], po przeanalizowaniu wyników obserwacji prowadzonych w kilku krajach zachodnioeuropejskich, doszli do podobnych wniosków. Stwierdzili, że mleko ekologiczne zawiera mniej kwasów n-6, a więcej n-3, co powoduje, że stosunek n-6/n-3 wynosi w mleku konwencjonalnym powyżej 2,5, podczas gdy w mleku ekologicznym – poniżej 1,25. Mleko z gospodarstw ekstensywnych zawierało też wyraźnie więcej kwasu *t*-wakcenenowego i CLA *c9t11* (43,4 i 15,1 mg/g tłuszczu) niż surowiec z gospodarstw intensywnych (18,1 i 6,0 mg/g tłuszczu) [7]. Różnice te wynikały zapewne z szerszego wykorzystania pastwisk w żywieniu krów w gospodarstwach ekstensywnych, podczas gdy żywienie w gospodarstwach intensywnych bazowało na paszach konserwowanych, skarmianych w postaci mieszanek pełnoporcjowych typu TMR [9, 31]. Doniesienia naukowców angielskich [9] wskazują, że zawartość CLA *c9t11* (12,2 g/kg tłuszczu) w mleku ekologicznym w sezonie letnim może być nawet o 60 % większa niż w mleku wyprodukowanym metodami konwencjonalnymi (7,5 g/kg tłuszczu). Wykorzystanie pastwisk w żywieniu krów oraz wysoki udział pasz objętościowych w suchej masie dawki pokarmowej są czynnikami wpływającymi na lepszy skład mleka ekologicznego [10].

Skład porostu pastwiska. Collomb i wsp. [11] stwierdzili wpływ składu florystycznego porostu, na którym wypasano krowy, na profil kwasów tłuszczowych mleka. Steinshamn i Thuen [39] wskazują natomiast, że na profil kwasów tłuszczowych mleka szczególnie korzystny wpływ wywiera koniczyna czerwona, zarówno w porównaniu z trawami, jak i z koniczyną białą. Dawki pokarmowe zawierające koniczynę czerwoną powodowały wzrost zawartości PUFA z 2,84 do 3,09 g/100 g estrów tłuszczu w mleku krów, w tym zwłaszcza kwasu α -linolenowego z 0,87 do 1,04 g/100 g tłuszczu, zarówno w porównaniach z trawami, jak i z koniczyną białą oraz innymi motylkowymi [1, 39].

Rodzaj kiszonki. W przeciwieństwie do kiszonek z traw i roślin motylkowych, kiszonka z kukurydzy ma niekorzystny wpływ na skład kwasów tłuszczowych w mleku krów, które ją spożywają. Semková i wsp. [38] wykazali, że wraz ze wzrostem udziału w dawce pokarmowej kiszonki z kukurydzy wzrastała zawartość kwasów nasyconych w mleku. Przy żywieniu kiszonką z kukurydzy i z traw zawartość nasyconych kwasów tłuszczowych w puli wszystkich kwasów tłuszczowych w mleku wynosiła odpowiednio 67,6 i 62,9 %, a PUFA 3,6 i 4,7 % [38].

Zawartość kwasów tłuszczowych w paszy. Zawartość kwasów tłuszczowych w paszy wpływa bezpośrednio na ich zawartość w mleku krów, które ją spożywają. Odnosi się to szczególnie do tych PUFA, które nie są syntetyzowane przez organizm krowy. Z przeglądu publikacji dokonanego przez Woodsa i wsp. [41] wynika, że wpływ nasion lnu, słonecznika, rzepaku oraz oleju rybnego na poziom pożądanych kwasów tłuszczowych w mleku jest istotny i korzystny. Palmquist i Grinari [33] analizowali wpływ dodatku do paszy różnych proporcji oleju rybnego do oleju słoneczni-

kowego: 0,33, 0,67 i 1,0 na profil kwasów tłuszczowych w mleku. Stwierdzili, że najczęściej CLA $c9t11$ i TVA (114 i 136 mg/g kwasów tłuszczowych) było w mleku krów, które dostawały dodatek oleju rybnego i słonecznikowego w proporcjach 0,33 i 0,67. Zawartość kwasów C20:5 n-3 (EPA, eikozapentaenowy) i C22:6 n-3 (DHA, dokoza-pentaenowy) wzrastała liniowo wraz ze zwiększaniem się proporcji oleju rybnego do słonecznikowego i najczęściej wynosiła 6,8 mg/g i 0,9 mg/g kwasów tłuszczowych po dodatku tylko oleju rybnego. Wynika to z zawartości tych kwasów w oleju rybnym – 120,4 i 101,1 mg/g kwasów tłuszczowych, a w oleju słonecznikowym zawartość tych kwasów była poniżej detekcji. Jednak nadmiar tłuszczu w dawce pokarmowej może spowodować obniżenie aktywności flory bakteryjnej żwacza i w konsekwencji zmniejszenie strawności paszy. W przypadku zastosowania oleju rybnego może nastąpić pogorszenie walorów sensorycznych mleka.

Suplementy mineralne i witaminy. Wpływ stosowania dodatków zawierających związki mineralne i witaminy na poziom tych substancji w mleku wydaje się oczywisty. Zaobserwowano także, że suplementacja dawki pokarmowej niektórymi mikroelementami wykazuje istotny wpływ na profil kwasów tłuszczowych mleka [34].

Witaminy i czynniki wpływające na ich zawartość w mleku

Spośród witamin występujących w mleku wymienić należy: A, D i E. Istotne znaczenie dla człowieka ma obecność witamin A i D oraz β -karotenu, który jest prekursorem witaminy A. Mleko zawiera około 280 $\mu\text{g/l}$ witaminy A. Przeciętna zawartość witaminy E w mleku to około 0,6 mg/l. W mniejszych ilościach w mleku występują także witaminy z grupy B.

Badania zawartości witamin w mleku i produktach mlecznych wskazują na ich sezonową zmienność, spowodowaną głównie rodzajem skarmianych pasz [14]. Wykazano, że żywienie pastwiskowe wpływa korzystnie na zawartość w mleku witamin D i A, β -karotenu oraz witaminy E [35]. Kuczyńska [25] stwierdziła większą zawartość witamin E i D₃, a mniejszą β -karotenu (odpowiednio 1,621 mg/l, 0,461 $\mu\text{g/l}$ i 0,224 mg/l) w mleku krów z gospodarstw ekologicznych w porównaniu z ich zawartością w mleku krów z gospodarstw konwencjonalnych (odpowiednio 1,262 mg/l, 0,377 $\mu\text{g/l}$ i 0,252 mg/l). Główną przyczyną obserwowanych różnic jest duża zawartość odpowiednich witamin lub prowitamin w zielonych paszach objętościowych oraz ekspozycja zwierząt na słońce, sprzyjająca syntezie witaminy D [42]. Jeżeli w gospodarstwach konwencjonalnych stosuje się suplementację wysokimi dawkami syntetycznych witamin, wówczas ich zawartość w mleku może być większa niż w mleku od krów z gospodarstw ekologicznych. Badania przeprowadzone w Szwecji w okresie żywienia zimowego nie wykazały różnic pod względem zawartości witamin w mleku produkowanym w stadach ekologicznych i konwencjonalnych [15]. W obu systemach produkcyjnych podstawę żywienia stanowiła kiszonka z traw z koniczyną, uzupełniana

znaczoną ilością pasz treściwych. Bergamo i wsp. [6] oraz Butler i wsp. [9] wykazali większą zawartość witamin rozpuszczalnych w tłuszczu w mleku i produktach mleczarskich pochodzących od krów wypasanych na pastwiskach, w gospodarstwach ekologicznych i ekstensywnych (odpowiednio α - tokoferol: 28,5 i 32,0 mg/kg tłuszczu; β -karoten: 6,95 i 9,29 mg/kg tłuszczu), w porównaniu z krowami nie korzystającymi z pastwiska (21,4 mg/kg i 5,35 mg/kg tłuszczu, odpowiednio). Nielsen i wsp. [32] stwierdzili, że większy udział kiszonki z kukurydzy w dawkach pokarmowych stosowanych w gospodarstwach konwencjonalnych jest jednym z głównych czynników odpowiedzialnych za mniejszą zawartość witamin i antyoksydantów w produkowanym w nich mleku. Stwierdzono, że podawanie marchwi krowom ma dodatni wpływ na zawartość antyoksydantów w mleku oraz na skład kwasów tłuszczowych [30].

Substancje mineralne oraz czynniki wpływające na ich zawartość w mleku

Mleko krowie jest bogatym źródłem wielu makroelementów i zawiera znacznie więcej wapnia, magnezu oraz fosforu niż mleko ludzkie. To powoduje, że jest ono bardzo dobrym źródłem tych pierwiastków dla osób mających ich niedobory. Należy jednak pamiętać, że proporcje między makroelementami i mikroelementami w mleku przeżuwaczy są inne niż w mleku kobiecym i nie można uważać, że mleko krowie może zastąpić mleko kobiece w żywieniu niemowląt. Niestety, w mleku jest bardzo dużo fosforu (850 mg/l), którego znaczna ilość jest również w zbożach i w żywności przetworzonej, co utrudnia zbilansowanie diety. Mleko zawiera także stosunkowo mało magnezu (ok. 100 mg/l), co powoduje niekorzystny stosunek Ca : Mg wynoszący około 10 : 1. Jest ono również źródłem mikroelementów, takich jak: selen, jod, cynk, miedź, żelazo, ale ich zawartość w porównaniu z innymi produktami spożywczymi jest niska.

Wpływ żywienia pastwiskowego na skład mineralny mleka nie jest jednoznaczny. Badania naukowców norweskich [27] wykazały znacząco niższy poziom jodu i selenu w mleku krów podczas żywienia pastwiskowego. Wydaje się jednak, że w tym przypadku przyczyną zaobserwowanych różnic w stosunku do żywienia zimowego był fakt, że w okresie zimowym krowy otrzymywały większe ilości preparatów mineralno-witaminowych. Z kolei Barłowska [3] stwierdziła, że wypas w okresie wiosenno-letnim wpływa dodatnio na wzrost zawartości wapnia, magnezu, miedzi, potasu i manganu w mleku. Natomiast Gabryszuk i wsp. [16], porównując zawartość Ca, P i Mg w mleku pochodzącym z gospodarstwa o intensywnej produkcji (niestosującego wypasu krów) z mlekiem z gospodarstw ekstensywnych, stosujących taki wypas, stwierdzili znacząco wyższy poziom wspomnianych pierwiastków w mleku z gospodarstwa intensywnego. Rozbieżności te wynikają zapewne z faktu, że w obserwowanym wysoko produkcyjnym stadzie stosowano wyraźnie wyższe dawki mieszanki mineralno-witaminowej niż w stadach ekstensywnych. Zawartość składników mineralnych

w mleku uzależniona jest głównie od ich zawartości w paszy, a ich zawartość w paszy – od lokalnych warunków glebowo-klimatycznych oraz zakresu stosowania dodatków mineralno-witaminowych w żywieniu krów, co potwierdzają też Hermansen i wsp. [19]. Wydaje się, że w wielu przypadkach mleko ekologiczne, w porównaniu z mlekiem pochodzącym z systemu konwencjonalnego, jest uboższe w niektóre mikroelementy. Zawartość Co, Cu, I, Mn, Se, Sr, Zn w mleku z gospodarstw konwencjonalnych była większa i wynosiła odpowiednio: 1,44 µg/l, 0,139 mg/l, 0,384 mg/l, 31,1 µg/l, 19,0 µg/l, 0,202 mg/l, 1,97 mg/l, podczas gdy ich zawartość w mleku krów z gospodarstw ekologicznych wynosiła odpowiednio: 1,15 µg/l, 0,085 mg/l, 0,283 mg/l, 22,0 µg/l, 18,1 µg/l, 0,166 mg/l, 1,49 mg/l [16]. Wskutek ograniczonych możliwości stosowania suplementów mineralnych w żywieniu krów utrzymywanych w gospodarstwach ekologicznych mogą występować braki cynku, molibdenu, selenu, miedzi i jodu [12], co potwierdzają również inne badania [27]. Jako przypuszczalny powód niedoboru niektórych pierwiastków w mleku z gospodarstw ekologicznych wskazują one niską ich zawartość w glebie, co z kolei jest przyczyną niedoboru tych pierwiastków w paszach.

Podsumowanie

Wartość biologiczna mleka od krów z ekologicznych gospodarstw charakteryzuje się większą zawartością korzystnie oddziałujących na zdrowie człowieka kwasów tłuszczowych i witamin. Na skład mleka ekologicznego korzystnie wpływa udział zielonki pastwiskowej w żywieniu krów oraz wysoki udział pasz objętościowych w suchej masie dawki pokarmowej. W okresie zimowym, gdy wypas krów jest niemożliwy, zawartość wielu substancji bioaktywnych w mleku ekologicznym zmniejsza się. Różnice w stosunku do mleka konwencjonalnego stają się mniej wyraźne i wynikają głównie z większego udziału w dawkach pokarmowych kiszonek z traw i roślin motylkowych. Wzrost udziału w dawce pokarmowej pasz bogatych w skrobię, takich jak zboża i kiszonka z kukurydzy, ujemnie wpływa na wartość biologiczną mleka krów.

Na zawartość w mleku ekologicznym składników mineralnych ważnych ze względów zdrowotnych, negatywny wpływ mogą mieć ograniczenia, jakim w rolnictwie ekologicznym podlega stosowanie nawozów mineralnych oraz mineralnych suplementów dawki pokarmowej, zwłaszcza w okolicach, gdzie występuje ich deficyt w glebie.

Istnieje możliwość znacznego wpływania na jakość biologiczną mleka poprzez włączenie do dawki pokarmowej nasion roślin oleistych i tłuszczów paszowych oraz różnego rodzaju dodatków zielonych, mineralnych i witaminowych. Należy jednak pamiętać, że w produkcji ekologicznej wszelkie dodatki można stosować tylko za zgodą organu kontrolnego.

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.

Literatura

- [1] Al Mabruk R.M., Beck N.F.G., Dewhurst R.J.: Effects of silage species and supplemental vitamin E on the oxidative stability of milk. *J. Dairy Sci.*, 2004, **87**, 406-412.
- [2] Auldism M.J., Thomson N.A., Mackle T.R., Hill J.P., Prosser C.G.: Effects of pasture allowance on the yield and composition of milk from cows of different β -lactoglobulin phenotypes. *J. Dairy Sci.*, 2000, **83**, 2069-2074.
- [3] Barłowska J.: Wartość odżywcza i przydatność technologiczna mleka krów 7 ras użytkowanych w Polsce. *Rozpr. hab.*, **321**, Wyd. AR w Lublinie, 2007, s.112.
- [4] Barłowska J., Litwińczuk Z.: Genetyczne i środowiskowe uwarunkowania profilu kwasów tłuszczowych mleka. *Med. Wet.* 2009, **65**, 310-314.
- [5] Barth K.: Organic dairy farming and its effect on milk quality and consumption. *Anim. Sci. Pap. Rep.*, 2004, **22**, 361-365.
- [6] Bergamo P., Fedele E., Iannibelli L., Marzillo G.: Fat-soluble vitamins contents and fatty acid composition in organic and conventional Italian dairy products. *Food Chem.*, 2003, **82**, 625-631.
- [7] Butler G., Collomb M., Rehberger B., Sanderson R., Eyre M., Leifert C.: Conjugated linoleic acid isomer concentrations in milk from high- and low-input management dairy systems. *J. Sci. Food Agric.*, 2009, **89**, 697-705.
- [8] Butler G., Leifert C.: Effect of organic production methods on product quality and animal health and welfare; why are there differences? Proceedings of the conference on Improvement of quality of animal products obtained in sustainable production systems with special reference to bioactive components and their benefit for human health, 14-15 May 2009, Jastrzębiec, pp. 88-93.
- [9] Butler G., Nielsen J.H., Slots T., Seal C., Eyre M.D., Sanderson R., Leifert C.: Fatty acid and fat-soluble antioxidant concentrations in milk from high - and low-input conventional and organic systems: seasonal variation. *J. Sci. Food Agric.*, 2008, **88**, 1431-1441.
- [10] Collomb M., Bisig W., Bütikofer U., Sieber R., Bregy M., Etter L.: Fatty acid composition of mountain milk from Switzerland: Comparison of organic and integrated farming systems. *Intern. Dairy J.*, 2008, **18**, 976-982.
- [11] Collomb M., Bütikofer 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. *Intern. Dairy J.*, 2002, **12**, 661-666.
- [12] Coonan C., Freestone-Smith C., Allen J., Wilde D.: Determination of the major mineral and trace element balance of dairy cows in organic production systems. In: Kyriazakis, Zervas (Eds.), *Proceeding of Organic Meat and Milk from Ruminants*, Athens, October 4-6, 2002, EAAP Publication, **106**, pp. 181-183.
- [13] Ellis K.A., Innocent G.T., 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.*, 2006, **89**, 1938-1950.
- [14] Ellis K.A., Monteiro A., Innocent G.T., Grove-White D., Cripps P., Mclean W.G., Howard C.V., Mihm M.: Investigation of the vitamins A and E and β -carotene content in milk from UK organic and conventional dairy farms. *J. Dairy Res.*, 2007, **74** (4), 484-491.

- [15] Emanuelson U., Fall N.: Vitamins and selenium in bulk tank milk of organic and conventional dairy farms. EAAP, Dublin, Ireland, 2007.
- [16] Gabryszuk M., Słoniewski K., Sakowski T.: Macro- and microelements in milk and hair of cows from conventional vs. organic farms. Anim. Sci. Pap. Rep., 2008, **26** (3), 199-209.
- [17] Główny Urząd Statystyczny.: Rocznik Statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej. Zakład Wyd. Statyst. Warszawa 2011.
- [18] Hermansen J.E., Ostersen S., Justesen N.C., Aaes O.: Effects of dietary protein supply on caseins, whey proteins, proteolysis and renneting properties in milk from cows grazing clover or N fertilized grass. J. Dairy Res., 1999, **66**, 193-205.
- [19] Hermansen J.E., Badsbegr J.H., Kristensen T., Gundersen V.: Major and trace elements in organically or conventionally produced milk. J. Dairy Res., 2005, **72**, 362-368.
- [20] Januś E., Borkowska D.: Wpływ wybranych czynników na wartość energetyczną mleka krów rasy polskiej holsztyńsko-fryzyskiej odmiany czarno-białej oraz montbeliarde. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2011, **5** (78), 141-149.
- [21] Król J., Brodziak A., Litwińczuk A.: Podstawowy skład chemiczny i zawartość wybranych białek serwatkowych w mleku krów różnych ras i w serwatce podpuszczkowej. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2011, **4** (77), 74-83.
- [22] Król J., Litwińczuk Z., Brodziak A., Sawicka-Zugaj W.: Bioactive protein content in milk from local breeds of cows included In the genetic resources conservation programme. Ann. Anim. Sci., 2010, **10**, 213-221.
- [24] Król J., Litwińczuk Z., Litwińczuk A., Brodziak A.: Content of protein and its fractions in milk of simmental cows with regard to rearing technology. Ann. Anim. Sci., 2008, **1**, 57-61.
- [25] Kuczyńska B.: Składniki bioaktywne i parametry technologiczne mleka produkowanego w gospodarstwach ekologicznych i konwencjonalnych. Rozpr. Nauk. i Monogr. Wyd. SGGW, Warszawa 2011, ss. 1-120.
- [26] Kuczyńska B., Puppel K., Gołębiewski M., Metera E., Sakowski T., Słoniewski K.: Differences whey protein content between cow's milk collected In late pasture and early indoor feeding season from conventional and organic farms in Poland. J. Sci. Food Agric., 2012, **92**, 1-6.
- [27] Kuusela E., Okker L.: Influence of organic practices on selenium concentration of tank milk-a farm study. J. Anim. Feed Sci., 2007, **16**, Suppl. I, 97-101.
- [28] Lock A.L., Garnsworthy P.C.: Seasonal variation in milk conjugated linoleic acid and 9-desaturase activity in dairy cows. Livest. Prod. Sci., 2003, **79**, 47-59.
- [29] Motard-Bélanger A., Charest A., Grenier G., Paquin P., Chouinard Y., Lemieux S., Couture P., Lamarche B.: Study of the effect of *trans* fatty acids from ruminants on blood lipids and other risk factors for cardiovascular disease. Am. J. Clinical Nutr., 2008, **87**, 593-599.
- [30] Nałęcz-Tarwacka T., Karaszewska A., Zdziarski K.: The influence of carrot addition on the level of vitamins and fatty acids in cow milk. Pol. J. Food Nutr. Sci., 2003, **12**, 53-56.
- [31] Nałęcz-Tarwacka T., Kuczyńska B., Grodzki H., Słószarz J.: Wpływ wybranych czynników na zawartość skoniugowanego kwasu linolowego w mleku krów. Med. Wet., 2009, **65** (5), 326-329.
- [32] Nielsen J.H., Lund-Nielsen T., Skibsted L.: Higher antioxidant content in organic milk than in conventional milk due to feeding strategy. DARCOFenews, Newsletter from Danish Research Centre for Organic Farming, 2004, **3**, [dostęp: 05. 04. 2013]. Dostępny w Internecie: <http://www.darcof.dk/enews/sep04/milk.html>.
- [33] 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.
- [34] Reklewska B., Oprządek A., Reklewski Z., Panicke L., Kuczyńska B., Oprządek J.: Alternative for modifying the fatty acid composition and decreasing the cholesterol level in the milk of cows. Livest. Prod. Sci., 2002, **76** (3), 235-243.

- [35] Reklewska B., Reklewski Z.: Potential for producing milk with elevated content of functional components. *Anim. Sci. Pap. Rep.*, 2004, **22**, 367-374.
- [36] Rozporządzenie Rady WE NR 834/2007, z dnia 28 czerwca 2007 r. w sprawie produkcji ekologicznej i znakowania produktów ekologicznych i uchylające rozporządzenie (EWG) nr 2092/91, Dz. Urz. UE, L 189/1- L 189/23.
- [37] Severin S., Wenshui X.: Milk biologically active components as nutraceuticals: Review. *Critical Rev. Food Sci. Nutr.*, 2005, **45**, 645-656.
- [38] Semková E., Pešek M., Špička J., Pelikánová T., Hanuš O.: The effect of feeding diets markedly differing in the proportion of grass and maize silages on bovine milk fat composition. *Czech J. Anim. Sci.*, **54**, 93-100.
- [39] Steinshamn H., Thuen E.: White and 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.
- [40] Ustawa o rolnictwie ekologicznym z dnia 25 czerwca 2009, Dz. U. Nr 116 poz. 975, 8762-8772.
- [41] Woods V.B., Forbes E.G.A., Easson D.L., Feason A.M.: Dietary sources of unsaturated fatty acids for animals and their subsequent availability in milk, meat and eggs. A summary of research findings. Global Research Unit, Agri-Food and Biosciences Institute Hillsborough. 2005, Occasional publication 4.
- [42] Ziajka S.: *Mleczarstwo*. Tom 1. Wyd. UW-M w Olsztynie, Olsztyn 2008.
- [43] Żekało M.: Wybrane zagadnienia produkcji mleka w gospodarstwach ekologicznych. Seminarium IERiGŻ-PIB, Warszawa 1 październik 2010. [dostęp 05.04.2013]. Dostępny w Internecie: http://wwwold.ierigz.waw.pl/documents/Seminarium_Zekalo.pdf

EFFECT OF FEEDING ON CONTENT OF BIOACTIVE SUBSTANCES IN MILK FROM COWS RAISED IN ORGANIC FARMS

S u m m a r y

Milk composition depends mainly on feeding and farming methods of animals; those methods are different in the organic and conventional systems. Organic milk contains more beneficial proteins than conventional milk, i.e. such proteins as α -lactoalbumin, β -lactoglobulin, and lactoferrin. The milk from cows grazed on fresh grasses or fed fresh forage, both of them rich in multifarious plant species, has a considerably higher ratio of unsaturated (PUFA) to saturated (SFA) fatty acids and a better ratio of PUFA Ω -6 to Ω -3. Compared to the conventional milk, the organic milk has a higher content of PUFA, CLA, *cis*-9, *trans*-11 CLA, *trans*-vaccenic acid (TVA), and α -linolenic acid (LNA). The profile of fatty acids in the milk from cows fed grass silage is more beneficial than that in the milk from cows fed maize silage. Red clover, linseed, rape, and fish oil have a beneficial effect on the composition of fatty acids in the cow's milk. During the pasture grazing period, the milk from cows bred in organic farms had a higher content of fat-soluble vitamins (A, D, E) than the milk from animals that were not grazed on pastures. The concentration of mineral elements in the milk from cows raised in organic farms depends on the concentrations thereof in soil and in green forage.

Key words: organic milk, fatty acids, vitamins, proteins, mineral elements, feeding 