

Wpływ pozażywniowych czynników na zawartość składników prozdrowotnych w mleku krów

Teresa Nałęcz-Tarwacka, Henryk Grodzki,
Beata Kuczyńska, Tomasz Przysucha

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Katedra Szczegółowej Hodowli Zwierząt,
Zakład Hodowli Bydła,
ul. Ciszewskiego 8, 02-786 Warszawa

Celem badań była analiza zmian zawartości składników prozdrowotnych mleka w zależności od czynników pozażywniowych, takich jak: kolejność i okres laktacji, wysokość produkcji, zawartość tłuszczu w mleku. Badania przeprowadzono na 429 krowach, utrzymywanych w tradycyjnym systemie alkiezowo-pastwiskowym, w okresie od 2001 do 2003 roku, od których pobrano 811 prób mleka. W próbkach mleka oznaczono metodą chromatografii gazowej zawartość następujących funkcjonalnych kwasów tłuszczowych: C 4:0 (BA – kwas masłowy), C 18:1 *cis* (OA – kwas oleinowy), C 18:1 *trans*11 (TVA – kwas trans wakcenyowy), C 18:2 *n-6* (LA – kwas linolowy), C 18:2 *c9 t11* (CLA – skoniugowany kwas linolowy), C 18:3 *n-3* (LNA – kwas α -linolenowy), C 20:4 *n-6* (AA – kwas arachidonowy), C 20:5 *n-3* (EPA – kwas eikozapentaenowy), C 22:5 *n-3* (DPA – kwas dokozapentaenowy), C 22:6 *n-3* (DHA – kwas dokozahexaenowy). Analiza zawartości kwasów tłuszczowych w mleku krów w poszczególnych laktacjach wskazuje, że kolejność laktacji, a tym samym wiek krów wywiera istotny wpływ jedynie na zawartość LA, CLA i LNA. Mleko krów będących w laktacji 4. zawierało najwięcej CLA (0,654 g/100 g tłuszczu), a w laktacji 5. i dalszych – najwięcej LNA (0,691 g/100 g tłuszczu). Istotny efekt fazy laktacji na poziom funkcjonalnych kwasów tłuszczowych w mleku zaznaczył się jedynie w przypadku OA i AA. Po początkowym okresie (7-30 dni) stosunkowo wysokiego poziomu OA (23,408 g/100 g tłuszczu) nastąpiło istotne ($P \leq 0,05$) zmniejszenie, pogłębiające się aż do 91.-121. dnia laktacji (22,309 g/100 g tłuszczu). Zawartość AA również zmniejszyła się ($P \leq 0,05$) w okresie deficytu energetycznego (31.-60. dzień laktacji) – 0,114 g/100 g tłuszczu, lecz po tym okresie ponownie stopniowo wzrastała, osiągając maksymalną wartość w 121.-150. dniu laktacji (0,125 g/100 g tłuszczu). Nie stwierdzono istotnego wpływu fazy laktacji na poziom CLA. Najwyższa zawartość tego kwasu wystąpiła w okresie do 30. dnia i w 121-150 dni po ocieleniu (odpowiednio: 0,625 i 0,658 g/100 g tłuszczu). W mleku krów o umiarkowanej wydajności (do 6000 kg mleka) stwierdzono najwyższy poziom CLA – 0,650 g/100 g tłuszczu, co uzasadnia celowość utrzymywania krów w warunkach ekologicznych. Relacje pomiędzy zawartością tłuszczu a większością badanych kwasów tłuszczowych (wyjątek stanowią BA i AA) charakteryzującej umiarkowaną zależność.

SŁOWA KLUCZOWE: czynniki pozażywniowe / mleko / funkcjonalne kwasy tłuszczowe

Mleko jest obfitym źródłem składników odżywczych i prozdrowotnych. Właściwości prozdrowotne mleka warunkowane są obecnością, m.in. wybranych składników frakcji białkowej (kazeina, białka serwatkowe i wybrane peptydy) i frakcji tłuszczowej (kwasy tłuszczowe, witaminy A, E, b-karoten, fosfolipidy i sfingomieliny). Według wielu autorów [11, 16, 18] kwasy tłuszczowe, szczególnie długołańcuchowe i wielonienasycone oraz kwas masłowy, posiadają szereg pozytywnych właściwości, między innymi:

- antynowotworowe – C 4:0 (BA), C 18:1 *cis* (OA), C 18:2 *c9 t11* (CLA), C 20:4 *n-6* (AA), C 20:5 *n-3* (EPA), C 22:6 *n-3* (DHA);
- przeciwmiażdżycowe – C 18:1 *cis* (OA), C 18:1 *trans* (TVA), C 18:2 *c9 t11* (CLA), C 20:4 *n-6* (AA), C 20:5 *n-3* (EPA);
- obniżające ciśnienie krwi – C 20:5 *n-3* (EPA), C 22:6 *n-3* (DHA);
- przeciwzapalne – C 20:4 *n-6* (AA), C 20:5 *n-3* (EPA), C 22:6 *n-3* (DHA);
- antibakteryjne – C 4:0 (BA);
- zwiększające odporność – C 18:2 *c9 t11* (CLA).

Spośród wielonienasyconych kwasów tłuszczowych, występujących w mleku, najcenniejsze, z punktu widzenia zdrowia konsumenta, są sprzężone dieny kwasu linolowego (C 18:2 – LA). Dotychczas zidentyfikowano 20 izomerów tego kwasu, a najważniejszy z nich to skoniugowany kwas linolowy CLA o konfiguracji *cis9 trans11*, który stanowi około 80% całej puli sprzężonych dienów C 18:2, występujących w tłuszczu mleka krowiego.

Dotychczasowe badania nad funkcjonalnymi składnikami tłuszczu mleka krów dotyczyły przede wszystkim (CLA) o konfiguracji *cis9 trans11*. Kwas CLA, oprócz wymienionych właściwości, przeciwdziała również otyłości, redukując tkankę tłuszczową i zwiększając masę mięśni oraz pomaga w leczeniu cukrzycy, poprzez aktywowanie hormonów sterydowych, co jest szczególnie istotne dla chorych uczulonych na insulinę [4], a także może stymulować procesy formowania tkanki kostnej [11].

Niemal wszechstronne korzystne oddziaływanie prozdrowotne tego kwasu wzbudziło powszechne zainteresowanie możliwościami wzbogacania mleka w ten tak istotny składnik. Punktem wyjścia było zbadanie mechanizmu warunkującego biosyntezę tego kwasu oraz identyfikacja czynników regulujących jego zawartość w tłuszczu mlekowym. Badania w tym zakresie prowadzone były w większości krajów świata przez ośrodki zajmujące się problematyką mleczarską. Wyniki dotychczasowych badań dostarczyły licznych informacji wskazujących jednoznacznie, że największy wpływ na zawartość CLA w tłuszczu mlekowym wywiera żywienie [5, 6, 8, 10, 13]. Kelsey i wsp. [7] podkreślają, że poprzez żywienie można najłatwiej zmienić zawartość CLA. Autorzy ci uważają, że za mało było badań nad innymi czynnikami warunkującymi zawartość CLA, np. czynnikami fizjologicznymi, zmiennością osobniczą. Dlatego też podjęto badania, których celem było określenie zawartości składników frakcji tłuszczowej mleka w zależności od pozażywieniowych czynników, takich jak: kolejność i stadium laktacji, wielkość produkcji mleka, zawartość tłuszczu w mleku.

Materiał i metody

Badania przeprowadzono w latach 2001-2003 na 429 krowach, pochodzących z krzyżowania rasy czarno-białej z rasą holsztyńsko-fryzyjską, o udziale około 80% genów rasy hf. Zwierzęta pochodziły z 23 gospodarstw prywatnych, o przeciętnej liczbie krów w stadzie 21 sztuk. Gospodarstwa te, specjalizujące się w produkcji mleka, zostały wybrane spośród 127 wcześniej ankietowanych z terenu województwa mazowieckiego. Do badań wybrano losowo z każdego gospodarstwa krowy znajdujące się w pierwszej połowie laktacji – od 7. do 150. dnia. Od każdej krowy pobierano 2-krotnie próbki mleka w odstępach miesięcznych. Ogółem pobrano 811 próbek mleka pochodzącego od krów utrzymywanych systemem alkiejzowo-pastwiskowym. Po wykluczeniu prób zawierających podwyższoną liczbę komórek somatycznych przeanalizowano 767 próbek mleka. W próbkach mleka przeprowadzono ekstrakcję tłuszczu z mleka metodą Röse Gottlieba [3] i oznaczono profil 27 kwasów tłuszczowych: od C4:0 do C22:6 (w tym C 18:2 *cis*9 *trans*11 – CLA).

Analizę składu kwasów tłuszczowych (jakościową i ilościową) wykonano metodą chromatografii gazowej, stosując chromatograf gazowy firmy Hewlett-Packard.

Uzyskane dane opracowano statystycznie, stosując wieloczynnikową analizę wariancji metodą najmniejszych kwadratów, za pomocą pakietu SPSS 12.0, przy zastosowaniu następującego modelu liniowego:

$$Y_{ijklmno} = \mu + A_i + B_j + C_k + D_l + E_m + F_n + (A_i \times C_k) + (B_j \times C_k) + b_0 (x_{ijklmno} - x) + e_{ijklmno}$$

gdzie:

$Y_{ijklmno}$ – poziom danej cechy;

μ – średnia ogólna;

A_i – efekt i -tej laktacji ($i=1-5$): 1 – laktacja 1, 2 – laktacja 2, 3 – laktacja 3, 4 – laktacja 4, 5 – laktacje 5 i dalsze;

B_j – efekt j -tego okresu laktacji ($j=1-5$), to jest dni po ocieleniu: 1 – 7-30 dni, 2 – 31-60 dni, 3 – 61-90 dni, 4 – 91-120 dni, 5 – 121-150 dni;

C_k – efekt k -tego sezonu żywienia ($k=1-2$): 1 – żywienie letnie, 2 – żywienie zimowe;

D_l – efekt l -tego poziomu wydajności w dniu pobrania próbki mleka ($l=1-3$): 1 – dzienna wydajność do 21,0 kg, 2 – 21,1-29,9 kg, 3 – $\geq 30,0$ kg;

E_m – efekt m -tego poziomu wydajności mleka w laktacji 305-dniowej ($m=1-3$): 1 – do 6000 kg mleka, 2 – 6001-7000 kg mleka, 3 – >7000 kg mleka;

F_n – efekt n -tego roku badań ($n=1-2$): 1 – pierwszy rok badań (obejmował sezon żywienia letniego 2001 i sezon żywienia zimowego 2001/2002), 2 – drugi rok badań (obejmował sezon żywienia letniego 2002 i sezon żywienia zimowego 2002/2003);

$(A_i \times C_k)$ – interakcja i -tej kolejnej laktacji i k -tego sezonu żywienia;

$(B_j \times C_k)$ – interakcja j -tego okresu laktacji i k -tego sezonu żywienia;

$b_0 (x_{ijklmno} - x)$ – regresja na zawartość tłuszczu w mleku;

$e_{ijklmno}$ – błąd losowy.

W podanym modelu statystycznym uwzględniono tylko te interakcje między czynnikami, których wpływ był istotny statystycznie ($P \leq 0,01$ lub $P \leq 0,05$), co ustalono po

wstępnych analizach statystycznych. Dla określenia zależności między zawartością tłuszczu w mleku a składnikami frakcji tłuszczowej mleka obliczono korelacje Pearsona.

Wyniki i dyskusja

Efekt kolejnej laktacji

Zawartość funkcjonalnych kwasów tłuszczowych w mleku krów w kolejnych laktacjach ilustrują dane zamieszczone w tabeli 1. Analiza zawartości kwasów tłuszczowych w mleku krów w poszczególnych laktacjach wskazuje, że kolejność laktacji, a tym samym wiek krów, wywiera istotny wpływ jedynie na zawartość kwasu linolowego (LA), skoniugowanego kwasu linolowego (CLA) i kwasu α -linolenowego (LNA). Porównując zmiany poziomu wymienionych kwasów w kolejnych laktacjach można zauważyć wyraźną przypadkowość. Każdy z kwasów zachowuje się odmiennie od pozostałych. Na przykład najwyższy poziom LA odnotowano w mleku pochodzącym z 1. laktacji (1,804 g/100 g tłuszczu), po czym następował spadek i wzrost na przemian, by osiągnąć poziom zbliżony do początkowego w laktacji 5. i dalszych. W przypadku CLA nastąpił nieznaczny wzrost w pierwszych 2. laktacjach, po czym zmniejszenie do najniższego poziomu w 3. laktacji (0,592 g/100 g tłuszczu), by w 4. laktacji osiągnąć poziom maksymalny (0,654 g/100 g tłuszczu), w 5. i dalszych laktacjach nastąpił powrót do poziomu początkowego. Zawartość kwasu LNA między 1. i 3. laktacją stopniowo obniżała się, osiągając minimum (0,663 g/100 g tłuszczu), po czym istotnie wzrastała, a w 5. laktacji i dalszych osiągnęła najwyższą wartość – 0,691 g/100 g tłuszczu. Ponadto zaobserwowano zróżnicowanie (choć nie istotne statystycznie) zawartości niektórych kwasów, np. krowy pierwiastki produkowały w mleku najwięcej kwasu oleinowego (OA); w mleku z 2. laktacji uzyskano najwięcej kwasu trans wakcenenowego (TVA) i kwasu arachidonowego (AA).

Mleko krów z laktacji 3. charakteryzowało się najniższą zawartością kwasu masłowego (BA), TVA, OA oraz najwyższą kwasu dokozaheksaenowego (DHA). Najwięcej kwasu BA w mleku produkowały krowy będące w laktacji 4. Stwierdzono natomiast statystycznie istotną ($P \leq 0,05$) interakcję między kolejną laktacją i sezonem żywienia dla AA.

Uzyskane wyniki odbiegają od podanych przez Stantona i wsp. [15], którzy prowadząc badania na 36 krowach, uzyskali niższą zawartość CLA (0,547 g/100 g tłuszczu) u krów w laktacjach od 2. do 4., a wyższą u krów starszych – w laktacjach 5. i dalszych (0,567 g/100 g tłuszczu).

Należy zaznaczyć, że niniejsze badania przeprowadzono na bardzo dużym materiale, co niewątpliwie ma znaczenie dla wiarygodności uzyskanych wyników. Według Townsenda i wsp. [17] wiek nie jest istotnym czynnikiem kształtującym zawartość poszczególnych kwasów tłuszczowych w tłuszczu mlekowym, ale ze względu na korelację między wiekiem i zawartością tłuszczu może pośrednio powodować występowanie ogólnych zależności między pierwiastkami i wieloródkami. Podsumowując należy stwierdzić, że najmniej korzystne proporcje badanych kwasów tłuszczowych występują w mleku krów w laktacji 3.

Tabela 1 – Table 1

Zawartość wybranych funkcjonalnych kwasów tłuszczowych w mleku w zależności od kolejnej laktacji (g/100 g tłuszczu mleka)

Milk content of chosen functional fatty acids regarding to successive lactation (g/100 g of fat)

Kwas Acid	n	Średnia ogólna Overall average	Numer laktacji – Lactation number					
			1 n=225 (121)*	2 n=183 (60)*	3 n=124 (62)*	4 n=84 (40)*	≥5 n=151 (61)*	
C 4:0 (BA)	344	LSM SE	3,348 0,047	3,314 0,054	3,375 0,074	3,290 0,063	3,415 0,098	3,348 0,059
C 18:1 <i>trans</i> 11 (TVA)	767	LSM SE	2,144 0,026	2,166 0,044	2,182 0,042	2,099 0,051	2,170 0,060	2,105 0,045
C 18:1 <i>cis</i> (OA)	767	LSM SE	22,771 0,108	23,027 0,183	22,838 0,177	22,641 0,214	22,700 0,253	22,646 0,187
C 18:2 (<i>n-6</i>) (LA)	767	LSM SE	1,762 0,009	1,804 ^{Abc} 0,016	1,740 ^{Ad} 0,015	1,748 ^b 0,018	1,723 ^{Ce} 0,022	1,793 ^{De} 0,016
C 18:2 <i>c9</i> 11 (CLA)	767	LSM SE	0,626 0,007	0,619 0,012	0,636 ^A 0,012	0,592 ^{ABc} 0,014	0,654 ^B 0,016	0,629 ^F 0,012
C 18:3 (<i>n-3</i>) (LNA)	767	LSM SE	0,672 0,004	0,672 ^{ab} 0,007	0,663 ^C 0,006	0,653 ^{ABDE} 0,008	0,682 ^D 0,009	0,691 ^{bCE} 0,007
C 20:4 (<i>n-6</i>) (AA)	767	LSM SE	0,119 0,001	0,120 0,002	0,122 0,002	0,118 0,002	0,118 0,003	0,116 0,002
C 20:5 (<i>n-3</i>) (EPA)	767	LSM SE	0,052 0,001	0,053 0,001	0,053 0,001	0,052 0,001	0,051 0,001	0,053 0,001
C 22:5 (<i>n-3</i>) (DPA)	767	LSM SE	0,059 0,001	0,059 0,001	0,057 0,001	0,060 0,002	0,056 0,002	0,060 0,001
C 22:6 (<i>n-3</i>) (DHA)	767	LSM SE	0,0138 0,0002	0,0137 0,0003	0,0137 0,0003	0,0145 0,0003	0,0138 0,0004	0,0135 0,0003

*W nawiasach podano liczebność dla kwasu masłowego – The number of butyric acid samples is shown in brackets

Wartości w tym samym wierszu oznaczone tymi samymi literami różnią się istotnie: duże litery – $P \leq 0,01$; małe litery – $P \leq 0,05$

Values in the same line marked by the same letters differ significantly: capital letters – $P \leq 0.01$; small letters – $P \leq 0.05$

Faza laktacji

Zawartość funkcjonalnych kwasów tłuszczowych w zależności od fazy laktacji ilustrują dane zamieszczone w tabeli 2. W badaniach uwzględniono głównie wczesny okres laktacji odpowiadający maksymalnej produkcji mleka. Poziom TVA był stabilny w kolejnych fazach laktacji. Podobne wyniki uzyskali Akerlind i wsp. [1], którzy do 20. tygodnia laktacji otrzymali zbliżoną zawartość TVA w mleku. Istotny efekt fazy laktacji na poziom funkcjonalnych kwasów tłuszczowych w mleku zaznaczył się jedynie w przypadku kwasu oleinowego (OA) i arachidonowego (AA). Po początkowym okresie (7-30 dni) stosunkowo wysokiego poziomu OA nastąpiło istotne ($P \leq 0,05$) zmniejszenie, pogłębiające się aż do 121-150 dni laktacji.

Zawartość AA również zmniejszyła się ($P \leq 0,05$) w okresie deficytu energetycznego (30-60 dni laktacji), lecz po tym okresie ponownie stopniowo wzrastała, osiągając maksymalną wartość w 121.-150. dniu laktacji. Nie stwierdzono istotnego wpływu fazy laktacji na poziom CLA. Najwyższa zawartość tego kwasu wystąpiła w okresie do 30. dnia i w 121-150 dni po ocieleniu. Tendencje do zwiększonego poziomu CLA w mleku z końcowego okresu laktacji stwierdzili również Stanton i wsp. [15], Auldust i wsp. [2]

Tabela 2 – Table 2

Zawartość wybranych funkcjonalnych kwasów tłuszczowych w mleku w zależności od fazy laktacji (g/100 g tłuszczu mleka)
Milk content of chosen functional fatty acids regarding to lactation phase (g/100 g of fat)

Kwas Acid	n	Średnia ogólna Overall average	Liczba dni od ocielenia – Days from calving					
			7-30 n=110 (40)*	31-60 n=199 (82)*	61-90 n=196 (92)*	91-120 n=152 (80)*	121-150 n=110 (50)*	
C 4:0 (BA)	344	LSM SE	3,348 0,047	3,237 0,056	3,355 0,050	3,404 0,055	3,307 0,067	3,438 0,153
C 18:1 <i>trans</i> 11 (TVA)	767	LSM SE	2,144 0,026	2,146 0,055	2,127 0,041	2,129 0,041	2,124 0,046	2,196 0,063
C 18:1 <i>cis</i> (OA)	767	LSM SE	22,771 0,108	23,408 ^{BC} 0,233	22,768 ^A 0,174	22,514 ^B 0,171	22,309 ^C 0,195	22,853 0,266
C 18:2 <i>c9t11</i> (CLA)	767	LSM SE	0,626 0,007	0,625 0,015	0,610 0,011	0,618 0,011	0,619 0,013	0,658 0,017
C 18:3 (<i>n-3</i>) (LNA)	767	LSM SE	0,672 0,004	0,688 0,008	0,670 0,006	0,672 0,006	0,663 0,007	0,667 0,009
C 20:4 (<i>n-6</i>) (AA)	767	LSM SE	0,119 0,001	0,120 0,003	0,114 ^A 0,002	0,116 ^B 0,002	0,119 0,002	0,125 ^{AB} 0,003
C 20:5 (<i>n-3</i>) (EPA)	767	LSM SE	0,052 0,001	0,053 0,001	0,053 0,001	0,052 0,001	0,052 0,001	0,051 0,001
C 22:5 (<i>n-3</i>) (DPA)	767	LSM SE	0,059 0,001	0,059 0,002	0,059 0,001	0,059 0,001	0,060 0,001	0,058 0,002
C 22:6 (<i>n-3</i>) (DHA)	767	LSM SE	0,0138 0,0002	0,0138 0,0003	0,0135 0,0003	0,0140 0,0003	0,0137 0,0003	0,0142 0,0004

*W nawiasach podano liczebność dla kwasu masłowego – The number of butyric acid samples is shown in brackets

Wartości w tym samym wierszu oznaczone tymi samymi literami różnią się istotnie: duże litery – $P \leq 0,01$; małe litery – $P \leq 0,05$

Values in the same line marked by the same letters differ significantly: capital letters – $P \leq 0,01$; small letters – $P \leq 0,05$

oraz Akerlind i wsp. [1]. Townsend i wsp. [17] wykazali istotny wpływ stadium laktacji na poziom następujących kwasów: C 4:0, C 12:0, C 18:2.

Wydajność mleka

Prześledzono również zmiany zawartości funkcjonalnych kwasów tłuszczowych w zależności od wydajności mleka krów za 305-dniową laktację (tab. 3). Statystycznie istotne zależności wystąpiły jedynie dla TVA, CLA i DHA (kwas dokozaheksaenowy). Najwięcej CLA stwierdzono w mleku krów produkujących do 6000 kg mleka (0,650 g/100 g tłuszczu), a najmniej (0,609 g/100 g tłuszczu) u krów o wydajności powyżej 7000 kg mleka ($P \leq 0,05$). Natomiast najwyższą zawartość TVA (2,208 g/100 g tłuszczu) i DHA – (0,0143 g/100 g tłuszczu) odnotowano w mleku krów o wydajności 6001-7000 kg. Najniższy udział TVA i DHA stwierdzono w mleku krów o wydajności powyżej 7000 kg, a różnice między grupami w obrębie omawianych kwasów zostały potwierdzone przy $P \leq 0,01$.

W mleku krów produkujących do 6000 kg mleka stwierdzono najwięcej LNA, natomiast przy wydajności 6001-7000 kg najwięcej było BA, OA, AA i DPA. Zawar-

Tabela 3 – Table 3

Zawartość wybranych funkcjonalnych kwasów tłuszczowych w mleku w zależności od wydajności mleka za 305-dniową laktację (g/100 tłuszczu mleka)

Milk content of chosen functional fatty acids regarding to 305 days lactation yield (g/100 g fat)

Kwas Acid	n		Średnia ogólna Overall average	Wydajność mleka – Yield of milk		
				≤6000 kg n=316 (175)*	6001-7000 kg n=244 (91)*	>7000 kg n=207 (78)*
C 4:0 (BA)	344	LSM SE	3,348 0,047	3,289 0,054	3,380 0,055	3,375 0,056
C 18:1 <i>trans</i> 11 (TVA)	767	LSM SE	2,144 0,026	2,154 0,041	2,208 ^A 0,039	2,071 ^A 0,041
C 18:1 <i>cis</i> (OA)	767	LSM SE	22,771 0,108	22,724 0,174	22,801 0,166	22,787 0,172
C 18:2 <i>c9t11</i> (CLA)	767	LSM SE	0,626 0,007	0,650 ^{ab} 0,011	0,620 ^a 0,011	0,609 ^b 0,011
C 18:3 (<i>n-3</i>) (LNA)	767	LSM SE	0,672 0,004	0,678 0,006	0,671 0,006	0,668 0,006
C 20:4 (<i>n-6</i>) (AA)	767	LSM SE	0,119 0,001	0,119 0,002	0,121 0,002	0,116 0,002
C 20:5 (<i>n-3</i>) (EPA)	767	LSM SE	0,052 0,001	0,052 0,001	0,052 0,001	0,052 0,001
C 22:5 (<i>n-3</i>) (DPA)	767	LSM SE	0,059 0,001	0,059 0,001	0,060 0,001	0,058 0,001
C 22:6 (<i>n-3</i>) (DHA)	767	LSM SE	0,0138 0,0002	0,0137 0,0003	0,0143 ^A 0,0002	0,0135 ^A 0,0003

*W nawiasach podano liczebność dla kwasu masłowego – The number of butyric acid samples is shown in brackets

Wartości w tym samym wierszu oznaczone tymi samymi literami różnią się istotnie: duże litery – $P \leq 0,01$ male litery – $P \leq 0,05$

Values in the same line marked by the same letters differ significantly: capital letters – $P \leq 0.01$; small letters – $P \leq 0.05$

tość kwasu eikozapentaenowego (EPA) utrzymywała się na jednakowym poziomie bez względu na wydajność mleka za laktację. Mleko krów produkujących powyżej 7000 kg charakteryzowało się najmniejszą zawartością kwasów AA i DPA.

W dostępnej literaturze jest niewiele informacji dotyczących zależności między wydajnością mleka a zawartością w nim kwasów tłuszczowych. W badaniach przeprowadzonych przez Kuczyńską [9] porównywano zawartość kwasów tłuszczowych w zależności od dobowych wydajności mleka, nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic w zawartości kwasów tłuszczowych w mleku krów produkujących do 15 kg mleka na dobę i powyżej tej ilości. W badaniach własnych najmniejszą zawartość TVA stwierdzono w mleku krów o największej wydajności – powyżej 7000 kg mleka w okresie laktacji. Podobne zależności dotyczące koncentracji tego kwasu opisano w pracy Reklewskiej i wsp. [14] – niższą zawartość TVA otrzymano w mleku krów o wydajności 8200 kg mleka za laktację, w porównaniu do zawartości tego składnika w mleku krów o wydajności do 3500 kg za laktację (odpowiednio 1,870 i 2,570 g/100 g tłuszczu).

Tabela 4 – Table 4

Współczynniki korelacji pomiędzy zawartością tłuszczu w mleku i wybranymi funkcjonalnymi kwasami tłuszczowymi
Correlation coefficient between milk fat content and chosen functional fatty acids

Funkcjonalne kwasy tłuszczowe Functional fatty acids	Współczynnik korelacji Correlations coefficient	Istotność współczynnika korelacji ¹ Significance of correlations coefficient ¹
C 4:0 (BA)	+0,020	NS
C 18:1 <i>trans</i> 11 (TVA)	-0,269	**
C 18:1 <i>cis</i> (OA)	-0,078	*
C 18:2 (LA)	-0,058	NS
C 18:2 <i>c9t11</i> (CLA)	-0,115	**
C 18:3 (LNA)	-0,030	NS
C 20:4 (AA)	+0,029	NS
C 20:5 (EPA)	-0,240	**
C 22:5 (DPA)	-0,167	**
C 22:6 (DHA)	-0,187	**

¹NS – nieistotna – no significant; * – przy $P \leq 0,05$ – at $P \leq 0,05$; ** – przy $P \leq 0,01$ – at $P \leq 0,01$

Najwyższa zawartość CLA w mleku krów o wydajności do 6000 kg za laktację, uzyskana w badaniach własnych, jest zgodna z wynikami badań Reklewskiej i wsp. [14]; w mleku krów o wydajności 3500 kg zawartość CLA wynosiła 1,170 g/100 g tłuszczu, zaś w mleku krów o wydajności 8200 kg – 0,610 g/100 g tłuszczu.

Zaobserwowane tendencje pozwalają na stwierdzenie, że mleko od krów produkujących do 6000 kg mleka za laktację zawiera więcej funkcjonalnych kwasów tłuszczowych, w porównaniu do mleka krów o wydajności powyżej 6000 kg mleka.

Korelacje i regresje

W uzupełnieniu analizy statystycznej obliczono korelacje Pearsona pomiędzy zawartością tłuszczu w mleku a zawartością wybranych kwasów tłuszczowych (tab. 4). Stwierdzono, że relacje pomiędzy zawartością tłuszczu a większością badanych kwasów tłuszczowych (wyjątek stanowią BA i AA) charakteryzowała ujemna zależność. Ujemna korelacja między zawartością tłuszczu w mleku a CLA ($r = -0,115$), mimo niskiej wartości współczynnika, jest wysoko istotna ($P \leq 0,01$). Wyniki uzyskane w badaniach własnych, przeprowadzonych na bardzo licznym materiale, potwierdzają wiarygodność korelacji opisanej przez Offera i wsp. [12]. Wartość współczynnika była większa niż w niniejszych badaniach ($r = -0,63$), ale uzyskana na materiale o niewielkiej liczebności ($n = 36$). Ujemne korelacje między zawartością tłuszczu a większością długołańcuchowych kwasów tłuszczowych, stwierdzone w niniejszych badaniach, potwierdzają wyniki badań Akerlinda i wsp. [1].

W podsumowaniu można stwierdzić, że spośród badanych czynników pozażywnościowych na zawartość kwasów tłuszczowych w mleku wpływała kolejność i faza laktacji oraz poziom produkcji mleka. Mleko krów będących w laktacji 4. zawierało najwięcej CLA, a w laktacji 5. i dalszych najwięcej LNA. W okresie 121-150 dni laktacji krowy produkowały mleko o najwyższej zawartości kwasów: BA, TVA, CLA, AA,

i DHA. W mleku krów o umiarkowanej wydajności (do 6000 kg mleka) odnotowano najwyższy poziom CLA, co uzasadnia celowość utrzymywania krów w warunkach ekologicznych. Stwierdzono, że relacje pomiędzy zawartością tłuszczu a większością badanych kwasów tłuszczowych (wyjątek stanowią kwasy BA i AA) charakteryzowała ujemna zależność.

PIŚMIENICTWO

1. AKERLIND M., HOLTENIUS K., BERTILSSON J., EMANUELSON M., 1999 – Milk composition and feed intake in dairy cows selected for high or low fat percentage. *Livestock Production Science* 59, 1-11.
2. AULDIST M.J., KAY J.K., THOMSON N.A., NAPPER A.R., KOLVER E.S., 2002 – Concentration of conjugated linoleic acid in milk from cows grazing pasture or fed a total mixed ration for an entire lactation. Brief communication. *Proc. of the New Zealand Society of Animal Production* 62, 240-241.
3. AOAC. Official Methods of Analysis of the Associated Official Analytical Chemists, 1990, Chapter 32, Washington, DC.
4. BELURY M.A., HEUVEL J.P.V., 1999 – Modulation of diabetes by conjugated linoleic acid. Chapter 32. In: „Advances in conjugated linoleic acid research” (Yurawecz M.P., Mossoba M.M., Kramer J.K.G., Pariza M.W., Nelson G.), tom. 1, 404-411.
5. BESSA R.J.B., SANTOS-SILVA J., RIBEIRO J.M.R., PORTUGAL A.V., 2000 – Reticulo-rumen biohydrogenation and the enrichment of ruminant edible products with linoleic acid conjugated isomers. *Livestock Production Science* 63, 201-211.
6. KAY J.K., MACKLE T.R., AULDIST M.J., THOMSON N.A., BAUMAN D.E., 2004 – Endogenous synthesis of cis-9, trans-11 conjugated linoleic acid in dairy cows fed fresh pasture. *Journal of Dairy Science* 87, 369-378.
7. KELSEY J.A., CORL B.A., COLLIER R.J., BAUMAN D.E., 2003 – The effect of breed, parity, and stage of lactation on conjugated linoleic acid (CLA) in milk fat from dairy cows. *Journal of Dairy Science* 86, 2588-2597.
8. KHANAL R.C., OLSON K.C., 2004 – Factors affecting conjugated linoleic acid (CLA) content in milk, meat, and egg: a review. *Pakistan J. Nutr.* 3, 82-98.
9. KUCZYŃSKA B., 2001 – Badanie czynników warunkujących zmiany jakości tłuszczu mleka krowiego i koziego. Praca doktorska, SGGW Warszawa.
10. LOCK A.L., GARNSWORTHY P.C., 2003 – Seasonal variation in milk conjugated linoleic acid and $\Delta 9$ -desaturase activity in dairy cows. *Livestock Production Science* 79, 47-59.
11. MCGUIRE M.A., MCGUIRE M.K., 2000 – Conjugated linoleic acid (CLA): A ruminant fatty acid with beneficial effects on human health. *Proc. Am. Soc. Anim. Sci.*, <http://www.a-sas.org/jas/symposia/proceedings/0938.pdf>.
12. OFFER N.W., MARSDEN M., DIXON J., SPEAKE B.K., THACKER F.E., 1999 – Effect of dietary fat supplements on levels of n-3 poly-unsaturated fatty acids, trans acid in bovine milk. *Animal Science* 69, 613-625.
13. PETERSON D.G., KELSEY J.A., BAUMAN D.E., 2002 – Analysis of variation in cis-9, trans-11 conjugated linoleic acid (CLA) in milk fat of dairy cows. *Journal of Dairy Science* 85, 2164-2172.
14. REKLEWSKA B., BERNATOWICZ E., REKLEWSKI Z., NAŁĘCZ-TARWACKA T., KUCZYŃSKA B., ZDZIARSKI K., OPRZĄDEK A., 2003 – Zawartość biologicznie aktywnych składników w mleku krów zależnie od systemu żywienia i sezonu. *Zeszyty Naukowe Przeglądu Hodowlanego* 68 (1), 85-98.

15. STANTON C., LAWLESS F., KJELLMER G., HARRINGTON D., DEVERY R., CONNOLLY J.F., MURPHY J., 1997 – Dietary influences on bovine milk cis-9, trans-11 conjugated linoleic acid content. *Journal of Food Science* 62, 1083-1086.
16. SUGANO M., YAMASAKI M., YAMADA K., HUANG Y.-S., 1999 – Effect of conjugated linoleic acid on polyunsaturated fatty acid metabolism and immune function. Chapter 25. In: „Advances in Conjugated Linoleic Acid Research” (Yurawecz M.P., Mossoba M.M., Kramer J.K.G., Pariza M.W., Nelson G.). AOCS Press, t. 1, s. 327-339.
17. TOWNSEND S.J., SIEBERT B.D., PITCHFORD W.S., 1997 – Variation in milk fat content and fatty acid composition of jersey and friesian cattle. *Proc. Associaton Advancement of Animal Breeding and Genetics* 12, 283-291.
18. WILLIAMS C.M., 2000 – Dietary fatty acids and human health. *Ann. Zootech.* 49, 165-180.

Teresa Naęcz-Tarwacka, Henryk Grodzki,
Beata Kuczyńska, Tomasz Przysucha

The influence of non-nutritional factors on health-promoting components of cow milk

Summary

The aim of study was to examine the influence of non-nutritional factors like lactation number and phase, milk yield and fat content on the health-promoting components contents of cow milk. The investigations were carried out on 429 cows maintained in the traditional system (pasture-barn) from which 811 milk samples were collected in the period of 2001 to 2003. In the milk samples content of functional fatty acids: C 4:0 (BA – butyric acid), C 18:1 *cis* (OA – oleic acid), C 18:1 *trans*11 (TVA – trans vaccenic acid), C 18:2 *n-6* (LA – linoleic acid), C 18:2 *c9t11* (CLA – conjugated linoleic acid), C 18:3 *n-3* (LNA – α -linolenic acid), C 20:4 *n-6* (AA – arachidonic acid), C 20:5 *n-3* (EPA – eicosapentaenoic acid), C 22:5 *n-3* (DPA – docosapentaenoic acid), C 22:6 *n-3* (DHA – docosahexaenoic acid) was examined using gas chromatography method. Analysis of fatty acids content in succeeding lactations showed that lactation number, significantly influenced LA, CLA and LNA content only. Milk of cows in the 4th lactation contained most of CLA (0,654 g/100 g of fat) while of those in 5th and further lactations the most of LNA (0,691 g/100 g of fat). Significant effect of lactation phase on functional fatty acids level in milk was observed for OA and AA only. After the initial period (7-30 days) when the level of OA was relative high (23,408 g/100 g of fat) significant decrease ($P \leq 0,05$) was noticed which intensify up to 91-121 days of lactation (22,309 g/100 g of fat). AA content also decreased ($P \leq 0,05$) during the energetic deficiency period (30-60 days of lactation) but then increased again reaching the maximum level between 121-150 lactation days (0,125 g/100 g of fat). Lactation phase did not influence significantly the CLA level. The highest content of this acid was observed up to 30 days and between 121-150 days after calving (0,625 i 0,658 g/100 g of fat respectively). From cows of reasonable milk production (up to 6000 kg) the highest content of CLA in milk (0,650 g/100 g of fat) was found. It proofs the usefulness of ecological dairy farms development. Relationships between milk fat content and majority of examined fatty acids were negative except of BA and AA.