

WPLYW SYSTEMU UTRZYMANIA I ŻYWIENIA NA ZAWARTOŚĆ KWASÓW TŁUSZCZOWYCH, WITAMIN ORAZ MAKROELEMENTÓW W MLEKU KRÓW RASY HOLSZTYŃSKO-FRYZYJSKIEJ*

Iwona Radkowska

Instytut Zootechniki Państwowy Instytut Badawczy,
Dział Technologii, Ekologii i Ekonomiki Produkcji Zwierzęcej, 32-083 Balice k. Krakowa
email: iwona.radkowska@izoo.krakow.pl

System utrzymania krów mlecznych i sposób żywienia odgrywają istotną rolę w produkcji i jakości mleka. Celem badań było określenie wpływu trzech systemów utrzymania krów (wolnostanowiskowy, z wybiegiem, pastwiskowy) na zawartość kwasów tłuszczowych, witamin oraz makroelementów w mleku. Badania prowadzono od maja do października 2011 roku na krowach mlecznych rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej (phf). Przeprowadzone badania wykazały korzystny wpływ utrzymania pastwiskowego na właściwości zdrowotne mleka. Odnotowano korzystny stosunek kwasów UFA:SFA, wyższą zawartość kwasów MUFA i PUFA oraz DFA. Mleko pochodzące od krów utrzymywanych pastwiskowo zawierało istotnie wyższe zawartości CLA, w porównaniu do grupy utrzymywanej w oborze prawie o 58% oraz o 48% w porównaniu z grupą korzystającą z wybiegów. Ponadto mleko pochodzące z tej grupy cechowało się wyższą zawartością witamin A i E.

Słowa kluczowe: system utrzymania, mleko, kwasy tłuszczowe, CLA, witaminy A i DE, makroelementy

Obecnie coraz częściej żywność przestaje być postrzegana wyłącznie jako źródło składników pokarmowych pokrywających jedynie zapotrzebowanie organizmu, ale traktowana jest również jako czynnik oddziałujący na zdrowie i samopoczucie człowieka. Substancje bioaktywne występujące w mleku to przede wszystkim: immunoglobuliny, hormony, cytokiny, czynniki wzrostu, poliamidy, nukleotydy, peptydy, kwasy tłuszczowe (jedno- i wielonienasycone), witaminy rozpuszczalne w tłuszczach, karotenoidy oraz fosfolipidy (Severin i Wenshui, 2005). Istotne znaczenie dla zdrowia człowieka mają także zawarte w mleku składniki mineralne. Bardzo ważnym składnikiem mleka, decydującym o jego wartości odżywczej i przydatności technologicznej, jest tłuszcz. W skład tłuszczu mlekowego wchodzi około 500 różnych kwasów

*Praca finansowana z tematu nr 06-001.1.

tłuszczowych (Wroński i in., 2009). Niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe oraz sprzężony kwas linolowy (CLA) ze względu na szereg właściwości prozdrowotnych są bardzo ważnym składnikiem prawidłowej diety człowieka. CLA posiada właściwości redukcji tkanki tłuszczowej, w związku z czym jest czynnikiem zapobiegającym otyłości, stymuluje układ odpornościowy, ponadto ma właściwości antymiażdżycowe oraz antynowotworowe (Parodi, 1997; McGuire i McGuire, 2000; Roche i in., 2001; Patkowska-Sokoła i in., 2005). Badania przeprowadzone w Finlandii wykazały, że dieta bogata w CLA obniża o 60% ryzyko zachorowania na raka piersi (Aro i in., 2000). Czynnikiem w znacznym stopniu wpływającym na zawartość tych tłuszczów w mleku jest stosowanie w żywieniu bydła mlecznego pasz objętościowych. Analiza zawartości kwasów tłuszczowych w mleku krów wykazała, że znacznie korzystniejszy profil kwasów tłuszczowych występuje w mleku krów żywionych zielonkami w porównaniu z mlekiem krów żywionych paszami konserwowanymi (Lock i Garnsworthy, 2003; Elgersma i in., 2004; Khanal i Olson, 2004). Mleko od krów żywionych ekstensywnie odznacza się na ogół większą zawartością kwasów tłuszczowych PUFA *n-3* (w tym: C18:3, *n-3*) i CLA niż żywionych intensywnie dawkami z wysokim udziałem pasz treściwych (Slots i in., 2009). Ze względu na to, iż stosunek kwasów *n-6* do *n-3* w roślinności łąkowo-pastwiskowej jest niski i wynosi około 0,3, żywienie zielonką pastwiskową może spowodować nawet 2–3-krotny wzrost zawartości kwasu linolenowego w mleku, co bezpośrednio przekłada się na wzrost właściwości zdrowotnych mleka (Strzetelski i in., 2004). Wiele czynników może mieć wpływ na zawartość kwasów tłuszczowych, witamin i składników mineralnych w mleku, między innymi system utrzymania i okres żywienia. Stąd też celem badań było określenie, w jakim stopniu system utrzymania krów mlecznych oraz żywienie wpływają na zawartość witamin, makroelementów oraz NNKT w mleku.

Material i metody

Doświadczenie było prowadzone na krowach mlecznych rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej odmiany czarno-białej (phf-cb – 79,7%) w okresie pastwiskowym, tj. od maja do października 2011 roku. Do doświadczenia ze stada podstawowego zostały wybrane krowy o średniej wydajności rocznej 6500–7000 l mleka. Krowy te znajdowały się w zbliżonym przedziale wiekowym i okresie laktacji (II i III laktacja), charakteryzowały się średnią wydajnością (25–30 kg mleka) i fazą laktacji (120 ± 10 dni). Krowy podzielone były losowo na trzy grupy po 25 szt. w każdej. Mleko do analiz chemicznych pobierane było od 10 sztuk z każdej grupy, dwukrotnie w ciągu trwania badań (lipiec i wrzesień 2011). Doświadczenie obejmowało trzy systemy utrzymania krów: krowy utrzymywane w oborze wolnostanowiskowej bez dostępu do wybiegu i pastwiska – grupa kontrolna (K), krowy z dostępem do wybiegu – grupa doświadczalna (W) oraz krowy korzystające z pastwiska – grupa doświadczalna (P). Krowy grupy kontrolnej (K) utrzymywane były w oborze wolnostanowiskowej, ściółkowej, wymiary legowisk: długość 2,20 cm, szerokość 1,10–1,15 cm. Warunki mikroklimatyczne panujące w oborze: średnia temperatura 20,5°C, wilgotność powietrza 55%, prędkość ruchu powietrza 0,35m·s⁻¹. Krowy grupy W miały nieograniczone

i dowolny dostęp do wybiegów, powierzchnia wybiegu przypadająca na jedną krowę wynosiła około 4,15 m². Krowy z grupy P przebywały na pastwisku około 8–9 godzin dziennie w godzinach od 8⁰⁰ do 16⁰⁰–17⁰⁰. Pastwisko było podzielone na 8 kwater, powierzchnia jednej kwatery wynosiła około 0,6 ha. Na pastwisku zastosowano nawożenie mineralne, wiosną przed I wypasem: 60 kg N, 40 kg P₂O₅, 40 kg K₂O, przed II wypasem: 40 kg N oraz 20 kg K₂O). Krowy na pastwisku miały nieograniczony dostęp do poidel pastwiskowych, do których dowożona była woda w beczkowozach. Przed każdym wypasem oceniano skład florystyczny runi metodą szacunkową wg Klappa oraz wydajność pastwiska metodą Różyckiego. Podczas wyceny pobierano również ruń do analiz chemicznych. Z przeprowadzonej oceny składu botanicznego runi wynika, iż pod względem procentowym dominowały trawy, stanowiąc 78% runi, gatunkami dominującymi traw były: kostrzewa czerwona (*Festuca rubra* L.), życica trwała (*Lolium perenne* L.) wyczyniec łąkowy (*Allopecurus pratensis* L.) i kostrzewa łąkowa (*Festuca pratensis* L.). Wśród roślin motylkowatych dominowała koniczyna biała (*Trifolium repens* L.). W skład roślin dwuliściennych wchodziło 15 gatunków ziół i chwastów, największy udział stanowiły krwawnik pospolity (*Achillea millefolium* L.), mniszek lekarski (*Taraxacum officinale* coll.), jaskier rozłogowy (*Ranunculus repens* L.) oraz ostrożeń łąkowy (*Cirsium rivulare* (Jacq.) All.). Krowy utrzymywane w oborze (z dostępem i bez dostępu do wybiegu) żywione były zgodnie z normami IZ INRA (2001). Podstawą żywienia krów grupy K i W był TMR o wartości pokarmowej w 1 kg s.m.: JPM 0,80, BTJE 91,0 g, BTJN 99,0 g, JW 0,72, BO 149 g. W skład TMR wchodziły: kiszzonka z kukurydzy – 46%, kiszzonka z traw – 20%, młóto świeże – 16%, śruta rzepakowa – 2%, poekstrakcyjna śruta sojowa – 2%, kukurydza ziarno – 4%, mieszanka treściwa – 8,5%, słoma pszenna – 0,5%, kreda – 0,5% oraz kwaśny węgiel sodu – 0,5%. Procentowy udział poszczególnych komponentów mieszanki treściwej skarmianej w formie śruty przedstawiał się następująco: jęczmień – 6%, kukurydza – 25%, rzepak – 12%, poekstrakcyjna śruta sojowa – 16%, pszenżyto – 17%, pszenica – 6%, otręby pszenne – 10%, owies – 8%. Krowy utrzymywane pastwiskowo (grupa P) pobierały około 50 kg·dz⁻¹ runi pastwiskowej, dodatkowo dokarmiane były TMR takim samym jak krowy utrzymywane w oborze (grupy K i W) w ilości 1/3 dawki jak krowy grupy K i W, zadawanym dwa razy dziennie. Dawki pokarmowe TMR bilansowano przy zastosowaniu programu komputerowego INRAtion (2006). W próbkach pasz dwukrotnie wykonano analizę podstawową, dodatkowo ADF, NDF zgodnie z procedurą opisaną przez AOAC. Zawartość kwasów organicznych oznaczono za pomocą chromatografu cieczonego LCP 5020 firmy INGOS, kolumna stalowa 8 × 250 mm z wypełnieniem OSTION LG-KS 0800 H+ firmy Tessek, faza ruchoma: 5 mM H₂SO₄ natomiast pH oznaczano pH-metrem stacjonarnym TOLEDO MA 235. Skład chemiczny poszczególnych pasz wchodzących w skład TMR przedstawiono w tabeli 1. Zawartość witamin A i E oznaczono metodą HPLC SOP M.001a wersja 3 z 21.02.2008. Aparatura HPLC Merck-Hitachi, Kolumna LiChroCART™ 250-4 Superspher™ 100 RP-18 (4 mikron), (Merck), Detektor wit. A: UV-Vis, 324 nm, wit. E: FL, Ex. 295 nm, Em. 350 nm, Objętość nstrzyku 40 mcl (Autosampler L-7250), Eluent Metanol: H₂O (96,5:3,5 v/v), przepływ 1,0 ml/min (Pompa L-7100), integracja HSM-D7000 Merck HITACHI, czas analizy co najmniej 30 min. Profil wyższych kwasów tłuszczowych w mleku ozna-

czono metodą chromatografii gazowej P 015 wersja 1 z 22.05.03. – metoda WKT. Kolumna Rtx2330, 105 m, 0,32 mm, 0,2 micron, program temp. 60° – 10 min; do 120° (20°/min); do 240°(3°/min), czas analizy 60° min, temp. dozownika 250°C, detektor 250°C; range 11, gaz nośny Hel, 3 ml/min, nastrzyk 0,7 mcl. Fosfor w mleku oznaczono metodą SOP M.009 wersja 2 z 25.02.2008 oraz P 017 wersja 2 z 17.04.2007. Skład mineralny (Ca, Mg, Na, K) mleka oznaczono metodą spektrometrii atomowej (ASA). W opracowaniu uwzględniono grupy kwasów tłuszczowych: nasycone (SFA) i nienasycone (UFA), w tym jednonienasycone (MUFA) i wielonienasycone (PUFA). Dodatkowo wyliczano zawartość kwasów tłuszczowych o działaniu hipocholesterolemicznym (DFA) i kwasów tłuszczowych o działaniu hipercholesterolemicznym (OFA) oraz wyliczano proporcje między kwasami DFA/OFA oraz UFA/SFA. Zebrane wyniki opracowano statystycznie, stosując jednoczynnikową analizę wariancji, a istotność różnic pomiędzy średnimi, określono testem Duncana. Wartości oznaczone małymi literami różniły się istotnie ($P \leq 0,05$).

Wyniki

Wartość pokarmowa pasz stosowanych w żywieniu krów została przedstawiona w tabeli 1. Ich skład chemiczny był zgodny z zalecanymi normami żywieniowymi. Uśrednione wyniki profilu kwasów tłuszczowych w mleku krów doświadczalnych podano w tabeli 2. Analizując zawartość poszczególnych grup kwasów tłuszczowych, stwierdzono wyższą zawartość kwasów nienasyconych (UFA), w tym jedno- (MUFA) i wielonienasyconych (PUFA) w mleku krów korzystających z pastwiska. Mleko uzyskane od krów z tej grupy charakteryzowało się istotnie wyższą ($P \leq 0,05$) zawartością wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (PUFA) zarówno z grupy kwasów *n-3*, jak i *n-6*. Tym samym stosunek UFA:SFA był korzystniejszy w tej grupie i wynosił 0,501. W mleku krów utrzymywanych pastwiskowo stwierdzono także wyższy udział pożądaných kwasów tłuszczowych o działaniu hipocholesterolemicznym (DFA). W przeprowadzonym doświadczeniu zaobserwowano znaczne zróżnicowanie zawartości CLA w mleku w zależności od systemu utrzymania i związanego z tym sposobu żywienia. Mleko pochodzące od krów utrzymywanych pastwiskowo, których 2/3 dawki pokarmowej stanowiła ruń pastwiskowa, cechowało się istotnie wyższą zawartością CLA, w porównaniu do grupy utrzymywanej w oborze prawie o 58% oraz o 48% w porównaniu z grupą korzystającą z wybiegów. Pomiedzy grupą utrzymywaną w oborze a grupą korzystającą z wybiegów nie zanotowano istotnych różnic w zawartości CLA w mleku oraz zawartością wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (PUFA).

Tabela 1. Skład chemiczny i wartość pokarmowa pasz wchodzących w skład TMR
Table 1. Chemical composition and nutritive value of feeds in TMR

Pasa Feed	Sucha masa (%) Dry matter (%)	Zawartość w suchej masie (%) Content in dry matter (%)						Zawartość w 1 kg SM paszy Content in 1 kg feed DM				
		popiół surowy crude ash	białko ogólne crude protein	włókno surowe crude fibre	tluszcz surowy crude fat	bez N-wyiągowe N-free extractives	ADF	NDF	JPM UFL	BTJN (g) PDIN (g)	BTJE (g) PDIE (g)	JWK LFU
Zielonka pastwiskowa Pasture forage	19,10	9,48	16,56	20,66	2,54	50,76	27,13	42,56	0,96	104	95	0,97
Kiszonka z kukurydzy ¹ Maize silage ¹	38,3	6,0	7,33	18,20	2,92	65,55	22,81	35,85	0,91	47	66	0,97
Kiszonka z traw ² Grass silage ²	40,97	7,05	9,68	25,39	2,07	55,81	34,36	58,78	0,88	64	68	1,10
Mieszanka treściwa Concentrate mixture	88,46	5,07	20,19	6,44	2,69	65,61	-	-	1,07	115	100	0
Słoma pszenna Wheat straw	89,21	5,21	4,18	42,98	1,97	45,67	44,90	72,50	0,43	27	47	1,45

¹Kiszonka z kukurydzy: pH – 5,05, kwas mlekowy – 2,47%, kwas octowy – 1,42%, kwas masłowy – 0,12%.

²Kiszonka z traw: pH – 4,58, kwas mlekowy – 1,54%, kwas octowy – 1,23%, kwas masłowy – 0,09%.

¹Maize silage: pH – 5,05, lactic acid – 2,47%, acetic acid – 1,42%, butyric acid – 0,12%.

²Grass silage: pH – 4,58, lactic acid – 1,54%, acetic acid – 1,23%, butyric acid – 0,09%.

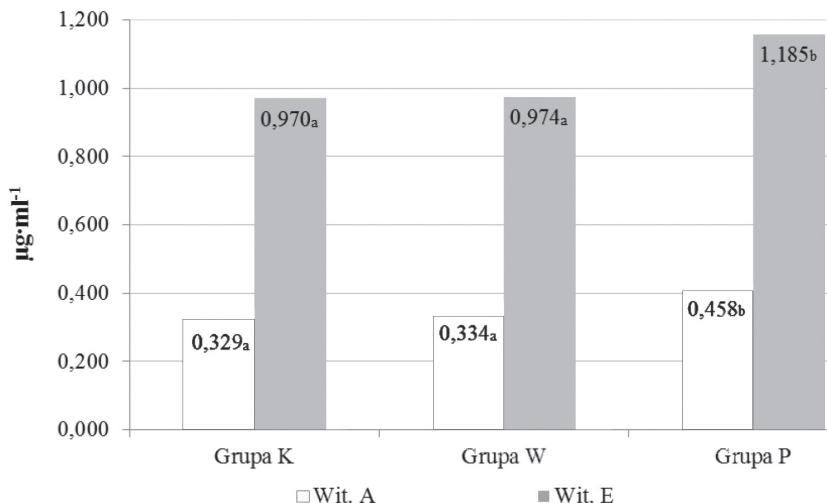
Tabela 2. Profil kwasów tłuszczowych w mleku (w g na 100 g wszystkich oznaczonych kwasów tłuszczowych)

Table 2. Fatty acid profile of milk (in g per 100 g of all fatty acids analysed)

	Grupa bez dostępu do wybiegu Group without outdoor access (K)	Grupa z dostępem do wybiegu Group with outdoor access (W)	Grupa korzystająca z pastwiska Pastured group (P)	SEM
C4:0-C10:0	6,531	6,101	6,156	0,777
C12:0	5,029	4,747	4,930	0,711
C14:0	14,377 b	13,977 a	13,955 a	1,450
C16:0	31,344 a	34,124 b	31,774 a	2,807
C16:1	2,093	1,843	2,116	0,594
C18:0	10,261 b	10,935 b	9,618a	2,044
C18:1	27,034 b	24,980 a	27,071 b	3,223
C18:2	1,708 a	1,538 a	2,015 b	0,306
C18:3	0,256 a	0,245 a	0,325 b	0,045
C18:3, <i>n-6</i>	0,025 a	0,031 a	0,045 b	0,018
CLA <i>c9-t11</i>	0,832 a	0,916 a	1,315 b	0,280
CLA <i>c9-c11</i>	0,041 a	0,045 a	0,060 b	0,015
CLA <i>t9-t11</i>	0,051 a	0,060 a	0,082 b	0,016
C20:0	0,139	0,166	0,177	0,037
C20:4	0,170	0,174	0,221	0,036
C22:0	0,070	0,081	0,096	0,020
C22:1	0,012	0,011	0,015	0,004
C20:5, <i>n-3</i> (EPA)	0,021 a	0,019 a	0,023 b	0,004
C22:6, <i>n-3</i> (DHA)	0,006	0,007	0,005	0,004
Sumy kwasów: Total acids:				
SFA	67,752	70,130	66,706	3,651
UFA	32,248	29,870	33,294	3,651
MUFA	29,139	26,835	29,202	3,261
PUFA	3,109 a	3,036 a	4,092 b	0,624
PUFA, <i>n-6</i>	1,903 a	1,742 a	2,281 b	0,340
PUFA, <i>n-3</i>	0,283 a	0,271 a	0,353 b	0,047
DFA	42,510	40,805	42,913	4,638
OFA	57,490	59,195	57,087	4,638
UFA/SFA	0,481 b	0,429 a	0,501 b	0,077
DFA/OFA	0,752	0,695	0,762	0,135
MUFA/SFA	0,435	0,385	0,439	0,069
PUFA/SFA	0,046 a	0,043 a	0,062 b	0,011
PUFA <i>n-6:n-3</i>	6,739	6,428	6,465	0,693
Σ CLA	0,923 a	1,022 a	1,457 b	0,302

a, b – różnice istotne ($P \leq 0,05$).a, b – significant differences ($P \leq 0,05$).

Zawartość witaminy A i E w mleku krów z grupy utrzymywanej wyłącznie w oborze oraz mającej dostęp do wybiegów utrzymywała się na zbliżonym poziomie (wykres 1). Natomiast mleko krów z grupy korzystającej z pastwiska zawierało istotnie wyższe ($P \leq 0,05$) stężenie obu badanych witamin.



Wykres 1. Zawartość witaminy A i E w mleku ($\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$)
 Figure 1. Vitamin A and E content of milk ($\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$)

Zawartość makroelementów w mleku krów wszystkich grup doświadczalnych kształtowała się na podobnym poziomie (tab. 3), a zaobserwowane różnice nie były statystycznie istotne ($P>0,05$). Wyjątkiem była jedynie zawartość sodu w mleku krów utrzymywanych pastwiskowo, była ona wyższa ($P\leq 0,05$) niż w pozostałych grupach. W mleku krów korzystających z pastwiska obserwowano tendencję do nieco większej koncentracji Mg, ale różnice te nie zostały potwierdzone statystycznie. Stosunek wapniowo:fosforowy mleka wahał się w granicach 1,064–1,068.

Tabela 3. Zawartość makroskładników w mleku ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)
 Table 3. Macronutrient content of milk ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)

Parametr Parameter	Grupa bez dostępu do wybiegu Group without outdoor access (K)	Grupa z dostępem do wybiegu Group with outdoor access (W)	Grupa korzystająca z pastwiska Pastured group (P)	SEM
Ca	0,979	0,978	0,979	0,082
Na	0,481 ab	0,455 a	0,504 b	0,108
K	1,482	1,483	1,473	0,188
Mg	0,115	0,119	0,122	0,013
P	0,917	0,919	0,918	0,104
Ca:P	1,068	1,064	1,066	–

a, b – różnice istotne ($P\leq 0,05$).

a, b – significant differences ($P\leq 0,05$).

Omówienie wyników

Na skład chemiczny mleka oraz jego właściwości fizykochemiczne mogą mieć wpływ czynniki genetyczne i środowiskowe (Feleńczak i in., 2002), jednak dominujące znaczenie ma żywienie. Wielu autorów (Lock i Garnsworthy, 2003; Michalski i in., 2004; Nałęcz-Tarwacka i Grodzki, 2005) wskazuje sezon produkcji jako jeden z czynników decydujących o poziomie i proporcjach kwasów tłuszczowych w tłuszczu mleka krów. Wyniki badań dotyczące profilu kwasów tłuszczowych w mleku krów wykazały, że znacznie korzystniejszy profil kwasów tłuszczowych występuje w mleku krów żywionych zielonkami w porównaniu z mlekiem krów żywionych paszami konserwowanymi (Elgersma i in., 2004; Khanal i Olson, 2004). Uzyskane w niniejszym doświadczeniu wyniki badań dotyczące profilu kwasów tłuszczowych w mleku potwierdzają wpływ skarmianej dawki pokarmowej na zawartość poszczególnych rodzajów kwasów, zwłaszcza na zawartość PUFA z rodziny *n-3* i *n-6* oraz CLA. Zielonka pastwiskowa, stanowiąca bogate źródło kwasu α -linolenowego (C18:3, *n-3*) jest substratem wykorzystywanym do produkcji kwasu trans walcenowego (TVA) i sprzężonego kwasu linolowego (CLA), mających wpływ na aktywność $\Delta 9$ -desaturazy, biorącej udział w endogennej syntezie CLA z kwasu trans 11 C18:1 w tkankach gruczołu mlekowego (Lock i Garnsworthy, 2003). Wskazuje to, że rodzaj skarmianej dawki pasz wpływa na przemiany zachodzące w żwaczu, w tym również proces biouwodorowania i rodzaj syntetyzowanych kwasów tłuszczowych przez mikroorganizmy żwacza w procesie lipolizy i hydrogenacji „paszowego PUFA” do kwasów tłuszczowych nasyconych i kwasów z małą ilością wiązań podwójnych. Pomimo tego jednak część puli paszowego PUFA omija żwacz (by pass) i może być w niezmienionej formie absorbowana i odkładana w tkankach gruczołu mlekowego (Lock i Garnsworthy, 2003). Wyższa zawartość PUFA *n-3* u krów z grupy korzystającej z pastwiska niż u zwierząt żywionych dawkami kompletnymi (TMR) wynikała prawdopodobnie z wyższej zawartości C18:3, *n-3*, będącego głównym kwasem tłuszczowym zielonki (Marmer i in., 1984). Także wyższa zawartość CLA w mleku u krów żywionych runią pastwiskową mogła wynikać z lepszej ochrony PUFA (w tym C18:2, *n-6*) przed biouwodorowaniem w żwaczu. Wyższa zawartość CLA w mleku krów żywionych zielonką pastwiskową może wynikać także z różnic w zawartości łatwo rozpuszczalnych cukrów i łatwo strawnych frakcji włókna w skarmianej zielonce (Bilik i Łopuszańska-Rusek, 2010). Jak wykazały badania przeprowadzone przez Marino i in. (2006), sterowanie procesami zachodzącymi w żwaczu przez odpowiedni dobór dawek pokarmowych, decyduje o zawartości i wzajemnym stosunku poszczególnych kwasów tłuszczowych w tkankach i mleku. Mleko od krów żywionych ekstensywnie odznacza się na ogół większą zawartością kwasów tłuszczowych PUFA *n-3* (w tym: C18:3, *n-3*) i CLA niż żywionych intensywnie dawkami z wysokim udziałem pasz treściwych (Slots i in., 2009). Stosunek paszy objętościowej do treściwej w dawce pokarmowej oddziałuje bowiem na poziom pH płynu żwacza, a tym samym na rodzaj zasiedlających go mikroorganizmów, biorących udział w biouwodorowaniu i izomeryzacji nienasyconych kwasów tłuszczowych. W efekcie wpływa też na zmiany w syntezie *de novo* kwasów tłuszczowych w gruczole mlekowym. Pozytywny wpływ żywienia pastwiskowego na zawartość CLA w mleku potwierdziło wielu badaczy

(Jahreis i in., 1997; Kelly i in., 1998 a; Auldist i in., 2002; Loor i in., 2003). Średnia zawartość CLA w mleku krów waha się od 3 do 6 mg · g⁻¹ tłuszczu (Kelly i in., 1998 b). W badaniach skandynawskich, w zależności od pory roku, stwierdzano od 4,1 do 10,2 mg · g⁻¹ kwasów tłuszczowych (Thorsdottir i in., 2004). W mleku krów żywionych dawkami TMR zawartość ta może mieścić się w przedziale od 2,3 do 7,2 mg · g⁻¹ tłuszczu, średnio 4,3 mg · g⁻¹ (Kelsey i in., 2003), natomiast podczas żywienia pastwiskowego zawartość CLA w tłuszczu mleka jest wyraźnie wyższa (White i in., 2001). Whiting i in. (2004) również uzyskali mniejszą zawartość SFA przy żywieniu krów zielonką z lucerny (48,42 g · 100 g⁻¹ tłuszczu) niż przy kiszonce z lucerny (53,66 g · 100 g⁻¹ tłuszczu). Tym samym stosunek UFA:SFA był korzystniejszy w okresie lata (0,47–0,58 %) niż w okresie zimy (0,32–0,37%). Grega i in. (2000), oceniając mleko krów, wykazali również większy udział jednonienasyconych MUFA (32,65%) i wielonienasyconych PUFA (3,95%) w okresie letnim. Podobnie Kuczyńska i in. (1999) uzyskali większą zawartość MUFA w żywieniu letnim (29,16 g · 100 g⁻¹ tłuszczu) niż zimowym (26,32 g · 100 g⁻¹ tłuszczu). Podobnie większą zawartością PUFA charakteryzowało się mleko krów w okresie letnim (3,884 g · 100 g⁻¹ tłuszczu) niż zimowym (3,154 g · 100 g⁻¹ tłuszczu). Potwierdzają to także badania Locka i Garnsworthy'ego (2003), Elgersma i in. (2004), Whitinga i in. (2004) oraz Brzóska (2004).

Mleko jest ważnym i dobrze poznanym źródłem witamin rozpuszczalnych w tłuszczach, zwłaszcza witaminy A i E. Stężenie tych witamin oraz β-karotenu w mleku zależy od różnych czynników, w tym sezonu żywienia, warunków gospodarowania, stadium laktacji, wydajności stada, zdrowotności gruczołu mlekowego oraz czynników genetycznych (Jensen i in., 1999; Calderón i in., 2007). W przeprowadzonych badaniach uzyskana wyższa koncentracja witamin A i E w mleku krów korzystających z pastwiska znajduje odzwierciedlenie w licznych badaniach, potwierdzających wzrost zawartości analizowanych witamin w sezonie żywienia letniego w gospodarstwach ekologicznych lub stosujących żywienie pastwiskowe (Lindmårk-Mansson i in., 2003; Toledo i Andren, 2003). Podwyższenie koncentracji witamin rozpuszczalnych w tłuszczu i β-karotenu w dużym stopniu związane jest z rodzajem stosowanej paszy, ponieważ świeża ruń pastwiskowa charakteryzuje się wyższym poziomem witaminy E i prowitaminy A w porównaniu z paszami konserwowanymi (Shingfield i in., 2005; Nozière i in., 2006). Badania przeprowadzone przez Reklewską i in. (2003) wykazały, że mleko krów wypasanych na pastwisku zawiera więcej witamin niż mleko od krów żywionych dawką TMR (odpowiednio: 0,32 i 0,26 mg · l⁻¹). Wysoki udział kiszonki w dawce pokarmowej krów może prowadzić do zmniejszenia stężenia omawianych witamin w mleku, w porównaniu z dawką zawierającą zielonkę, ponieważ konserwacja zielonki, szczególnie podsuszanie, może mieć wpływ na zmniejszenie zawartości β-karotenu, który jest głównym prekursorem witaminy A u przeżuwaczy (Nozière i in., 2006).

Zawartość pierwiastków mineralnych w mleku może bezpośrednio wskazywać na jakość surowca i przetworów mlecznych, a pośrednio na stopień zanieczyszczenia środowiska. Produkcja mleka jest bowiem ściśle powiązana ze stanem środowiska, tj. czystością powietrza, gleby i wody, co ma bezpośredni wpływ na paszę spożywaną przez krowy (Król i in., 2010). Zawartość Ca, K, Mg i P w mleku krów była na ogół

podobna we wszystkich grupach przeprowadzonego doświadczenia. Zbliżoną zawartość wapnia w swoich badaniach uzyskali Stasiuk i Przybyłowski (2011). Król i in. (2010) stwierdzili, że mleko krów utrzymywanych systemem tradycyjnym w porównaniu do mleka produkowanego systemem intensywnym zawierało więcej Ca (średnio $0,125,2 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$) i Mg (średnio $0,22,4 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$). Podobne jak w niniejszym doświadczeniu zawartości magnezu w mleku krowim stwierdzili także Rodriguez i in. (2001) oraz Moreno-Rojas i in. (1995).

Przeprowadzone badania wykazały korzystny wpływ utrzymania pastwiskowego na właściwości zdrowotne mleka. Odnotowano korzystny stosunek kwasów UFA:SFA, wyższą zawartość kwasów MUFA i PUFA oraz DFA. Ponadto mleko pochodzące z tej grupy cechowało się wyższą zawartością witamin A i E. Pomiędzy grupą utrzymywaną w oborze a grupą korzystającą z wybiegów nie zanotowano istotnych różnic w zawartości CLA w mleku oraz zawartością wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (PUFA).

Piśmiennictwo

- Aro A., Mannisto S., Salminen I., Ovaskainen M.L., Kataja V., Uusitupa M. (2000). Inverse association between dietary and serum conjugated linoleic acid and risk of breast cancer in postmenopausal women. *Nutr. Cancer*, 38 (2): 151–157.
- Auldust 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. New Zeal. Soc. Anim. Prod.*, 62: 240–241.
- Bilik K., Łopuszańska-Rusek M. (2010). Effect of organic and conventional feeding of Red-and-White cows on productivity and milk composition. *Ann. Anim. Sci.*, 10: 441–458.
- Brzówska F. (2004). Effect of copper inhibitors in diet on cow's yield milk composition and cholesterol level in milk and blood plasma. *Ann. Anim. Sci.*, 4: 43–55.
- Calderón F., Chauveau-Duriot B., Martin B., Graulet B., Doreau M., Nozière P. (2007). Variations in carotenoids, vitamins A and E and color in cow's plasma and milk during late pregnancy and the first three months of lactation. *J. Dairy Sci.*, 90: 2335–2346.
- Elgersma A., Ellen G., van Der Horst H., Boer H., Dekker P.R., Tamminga S. (2004). Quick changes in milk fat composition from cows after transition from fresh grass to a silage diet. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 117: 13–27.
- Feleńczak A., Gil Z., Fertig A., Gardzina E., Skrzyński G. (2002). Skład i właściwości mleka krów rasy czerwono-białej z uwzględnieniem polimorfizmu białek. *Zesz. Nauk. Prz. Hod.*, 62: 63–67.
- Grega T., Sady M., Kraszewski J. (2000). Przydatność technologiczna mleka krów rasy Simental. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 27, 1: 331–339.
- Jahreis G., Fritsche J., Steinhart H. (1997). Conjugated linoleic acid in milk fat: high variation depending on production system. *Nutr. Res.*, 17 (9): 1479–1484.
- Jensen S.K., Johannsen A.K.B., Hermansen J.E. (1999). Quantitative secretion and maximal secretion capacity of retinol, β -carotene and α -tocopherol into cows' milk. *J. Dairy Res.*, 66: 511–522.
- Kelly M.L., Kolver E.S., Bauman D.E., Amburgh M.E., Muller L.D. (1998 a). Effect of intake of pasture on concentrations of conjugated linoleic acid in milk of lactating cows. *Dairy Sci.*, 81 (6): 1630–1636.
- Kelly M.L., Berry J.R., Dwyer D.A., Griinari J.M., Chouinard P.Y., Van Amburgh M.E., Bauman D.E. (1998 b). Dietary fatty acid sources affect conjugated linoleic acid concentrations in milk from lactating dairy cows. *J. Nutr.*, 128: 881–885.
- 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. *J. Dairy Sci.*, 86, 8: 2588–2597.

- 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.
- Król J., Brodziak A., Wolanciuk A., Wójcik M. (2010). Zawartość składników mineralnych w mleku krów simentalskich w zależności od systemu żywienia. *Rocz. Nauk. PTZ*, 6, 4: 321–328.
- Kuczyńska B., Reklewska B., Karaszewska A. (1999). Profil kwasów tłuszczowych w mleku wymieniowym i zbiorczym krów czarno-białych z kilku regionów Polski. *Zesz. Nauk. Prz. Hod.*, 44: 143–150.
- Lindmårk-Mansson H., Fonden R., Pettersson H.E. (2003). Composition of Swedish dairy milk. *Int. Dairy J.*, 13: 409–425.
- Lock A.L., Garnsworthy P.C. (2003). Season variation in milk conjugated linoleic acid and $\Delta 9$ desaturase activity in dairy cows. *Livest. Prod. Sci.*, 79: 47–59.
- Loor J.J., Soriano F.D., Lin X., Herbein J.H., Polan C.E. (2003). Grazing allowance after the morning or afternoon milking for lactating cows fed a total mixed ration (TMR) enhances trans-11 – 18:1 and cis-9, trans-11 – 18:2 (rumenic acid) in milk fat to different extents. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 103: 105–119.
- Marino R., Albenzio M., Girolami A., Muscio A., Sevi A., Braghieri A. (2006). Effect of forage to concentrate ratio on growth performance, and on carcass and meat quality of Podolian young bulls. *Meat Sci.*, 72, 3: 415–424.
- Marmer W.N., Maxwell R.J., Williams J.E. (1984). Effect of dietary regimen and tissue site on bovine fatty acid profiles. *J. Anim. Sci.*, 59: 109–121.
- 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.* (1999). <http://www.asas.org/jas/symposia/proceedings/0938.pdf>.
- Michalski M.C., Ollivon M., Briard V., Leconte N., Lopez C. (2004). Native fat globules of different sizes selected from raw milk: thermal and structural behavior. *Chem. Phys. Lipids*, 132: 247–261.
- Moreno-Rojas R., Amaro-Lopez A., Garcia-Gimeno H., Zurera-Cosano G. (1995). Effect of Manchego-type cheese-making process on contents of mineral elements. *Food Chem.*, 53: 435–439.
- Nałęcz-Tarwacka T., Grodzki H. (2005). Influence of early spring feeding of fatty acids levels of cow's milk. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 14/55, 1: 67–70.
- Nozière P., Graulet B., Lucas A., Martin P., Grolier P., Doreau M. (2006). Carotenoids for ruminants: From forages to dairy products. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 131: 418–450.
- Parodi P.W. (1997). Cow's milk fat components as potential anticarcinogenic agents. *J. Nutr.*, 127: 1055–1060.
- Patkowska-Sokoła B., Wasilewicz-Niedbalska W., Bodkowski R., Różycki K. (2005). Tłuszcz mleczny, jako źródło pozyskiwania bioaktywnych izomerów kwasu linolowego (CLA) i wakcenowego (VA). *Rocz. Nauk. Pol. Tow. Zoot.*, 1, 1: 193–201.
- Reklewska B., Bernatowicz E., Reklewski Z., Nałęcz-Tarwacka T., Kuczyńska B., Dziazarski K., Oprządek A. (2003). Zawartość biologicznie aktywnych składników w mleku krów zależnie od systemu żywienia i sezonu. *Zesz. Nauk. Prz. Hod.*, 68, 1: 85–98.
- Roche H.M., Noone E., Nugent A., Gibney M.J. (2001). Conjugated linoleic acid: a novel therapeutic nutrient? *Nutr. Res. Rev.*, 14: 173–187.
- Rodriguez E.M., Sanz Alacjos M., Diaz Romero C. (2001). Mineral concentrations in cow's milk from the Canary Island. *J. Food. Comp. Anal.*, 14: 419–430.
- Severin S., Wenshui X. (2005). Milk biologically active components as nutraceuticals: Review. *Critical Rev. Food Sci. Nutr.*, 45: 645–656.
- Shingfield K.J., Salo-Väänänen P., Pakkala E., Toivonen V., Jaakkola S., Piironen V., Huhtanen P. (2005). Effect of forage conservation method, concentrate level and propylene glycol on the fatty acid composition and vitamin content of cows' milk. *J. Dairy Res.*, 72: 349–361.
- Slots T., Butler G., Leifert C., Kristensen T., Skibsted L.H., Nielsen J.H. (2009). Potentials of different milk composition by different feeding strategies. *J. Dairy Sci.*, 92: 2057–2066.
- Stasiuk E., Przybyłowski P. (2011). Zawartość wapnia i magnezu w próbkach mleka różnego pochodzenia. *Bromat. Chem. Toksykol.*, XLIV, 3: 581–584.
- Strzetelski J.A., Bilik K., Niwińska B., Szyndler J. (2004). Chów bydła mlecznego metodami ekologicznymi. RCDRRiOW w Radomiu, 31 ss.

- Thorsdottir I., Hill J., Ramel A. (2004). Short communication: Seasonal variation in cis-9, trans-11 conjugated linoleic acid content in milk fat from Nordic countries. *J. Dairy Sci.*, 87, 9: 2800–2802.
- Toledo P., Andren A. (2003). Content of beta carotene in organic milk. *J. Food Agric. Environ.*, 1, 2: 122–125.
- White S.L., Bertrand J.A., Wade M.R., Washburn S.P., Green J.T.J., Jenkins T.C. (2001). Comparison of fatty acid content of milk from Jersey and Holstein cows consuming pasture or a total mixed ration. *J. Dairy Sci.*, 84: 2295–2301.
- Whiting C.M., Mutsyngwa T., Walton J.P., Cant J.P., McBride B.W. (2004). Effects of feeding either fresh alfalfa or alfalfa silage on milk fatty acids content in Holstein dairy cows. *Ann. Feed Sci. Technol.*, 113, 1–4: 27–37.
- Wroński M., Rzemieniewski A., Wielgosz-Groth Z., Sobczuk-Szul M. (2009). Wpływ sezonu i poziomu produkcji mleka na zawartość kwasów tłuszczowych w mleku krów rasy polskiej holsztyno-fryzyjskiej. *Biul. Nauk. UMW*, 30: 95–101.

Zatwierdzono do druku 20 I 2014

IWONA RADKOWSKA

Effect of housing system and diet on the fatty acid, vitamin and macronutrient content of milk from Holstein-Friesian cows

SUMMARY

The housing system of dairy cows and the associated feeding method play an important role in productivity and milk quality. The aim of the study was to determine the effect of three housing systems of cows (loose, with outdoor access, pasture) on the fatty acid, vitamin and macronutrient content of milk. The study was carried out from May to October 2011 with Polish Holstein-Friesian (PHF) dairy cows. The pasture system was found to have a beneficial effect on the health properties of milk. A beneficial UFA to SFA ratio, and higher contents of MUFA, PUFA and DFA were observed. Milk from cows kept on pasture contained significantly higher amounts of CLA, by almost 58% compared to cows kept indoors and by 48% compared to cows with outdoor access. In addition, milk from this group was characterized by a higher content of vitamins A and E.

Key words: housing system, milk, fatty acids, CLA, vitamins A and E, macronutrient