

THE CONTENT OF BIOACTIVE COMPONENTS IN MILK DEPENDING ON COW FEEDING MODEL in CERTIFIED ECOLOGICAL FARMS

Summary

Cow feeding plays a crucial role in shaping of their productivity and milk quality. The aim of the research was to examine the influence of different feeding models for cows kept in certified ecological farms of Mazovian voivodeship on bioactive milk components (BMC). Cow feeding and productivity in two feeding seasons (summer and winter) in 2010 in two specialist farms were analyzed. In examined farms feeding rations differed in type of feedstuffs used. The experiment was carried out on 20 cows. Somatic cell count (SCC), vitamins A, D₃, E and K₂, fatty acids profile, whey proteins, Ca, P as well as Mg were determined in milk. The best productivity effects in ecological farms were proved in summer feeding season in case of cows grazed in the pasture and additionally receiving hay silage and a concentrate at the farm G1. Cow milk collected during summer feeding season at the farm G2 had statistically higher content of antioxidant components, mainly β-carotene and vitamin D₃, as well as CLA comparing with milk collected in winter season by 78%, 14% and 437% respectively. In winter feeding season the highest BMC concentration was proved in milk of cows fed the ration containing fodder pumpkin (G2). During winter feeding, in milk from G2 vs. G1 farms, it was observed highest content of β-carotene (0.355 vs. 0.195mg/l) and TAS (1.759 vs. 1.721 mmol/l) as well as bioactive fatty acids like CLA, TVA and LNA (0,946 vs. 0.381, 2.20 vs. 0.89 and 0.956 vs. 0.734 g/100g of fat respectively). The content of PUFA during winter feeding season was also statistically higher in milk from G2 than G1 farm by 24.2%. The results obtained show more health-profitable quality of milk from cows receiving fodder pumpkin in winter ration and the animals fed ad libitum pasture green forage in the summer.

ZAWARTOŚĆ BIOAKTYWNYCH SKŁADNIKÓW MLEKA W ZALEŻNOŚCI OD MODELU ŻYWIENIA KRÓW W CERTYFIKOWANYCH GOSPODARSTWACH EKOLOGICZNYCH

Streszczenie

Żywienie krów odgrywa kluczową rolę w kształtowaniu produktywności i jakości mleka. Celem badań było ustalenie wpływu różnych modeli żywienia krów utrzymywanych w certyfikowanych gospodarstwach ekologicznych województwa mazowieckiego na zawartość bioaktywnych składników mleka (BSM). Przeanalizowano żywienie oraz produktywność krów w dwóch sezonach żywienia: letnim i zimowym w 2010 roku w dwóch gospodarstwach specjalistycznych. W badanych gospodarstwach dawki żywieniowe w okresie letnim i zimowym różniły się rodzajem stosowanych pasz. Badania przeprowadzono na 20 krowach. W mleku oznaczono LKS, witaminy A, D₃, E i K₂, profil kwasów tłuszczowych, białka serwatkowe, Ca, P i Mg. Najlepsze efekty produkcyjne w gospodarstwach ekologicznych wykazano w sezonie żywienia letniego u krów wypasanych na pastwisku, dokarmianych sianokiszonką i paszą treściwą w gospodarstwie G1. Mleko krów pochodzące z sezonu żywienia letniego z gospodarstwa G2 wyróżniało się statystycznie wyższą zawartością składników o właściwościach antyoksydacyjnych, głównie β-karotenu i witaminy D₃ oraz CLA w porównaniu z mlekiem z sezonu żywienia zimowego, odpowiednio o 78% i 14% oraz 437%. Najwyższą koncentrację BSM w sezonie żywienia zimowego wykazano w mleku krów żywionych dawką z udziałem dyni pastewnej (G2). W trakcie trwania żywienia zimowego w mleku z gospodarstwa G2 vs. G1 wykazano większą zawartość β-karotenu (0,355 vs. 0,195mg/l) i TAS-u (1,759 vs. 1,721 mmol/l), oraz bioaktywnych kwasów tłuszczowych takich, jak: CLA, TVA i LNA odpowiednio (0,946 vs. 0,381, 2,20 vs. 0,89 i 0,956 vs. 0,734 g/100g tłuszczu. Zawartość wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (PUFA) w sezonie żywienia zimowego również była statystycznie wyższa w mleku w gospodarstwie G2 niż w G1 o 24,2%. Uzyskane wyniki wskazują na korzystniejszą jakość prozdrowotną mleka, które pochodzi od krów mających w dawce zimowej dynię pastewną, a w dawce letniej – od krów żywionych zielonką pastwiskową do woli.

1. Wprowadzenie

Jakość odżywcza mleka zależy zarówno od czynników genetycznych, jak i szeroko rozumianych warunków środowiskowych. Spośród czynników środowiskowych żywienie odgrywa kluczową rolę w kształtowaniu się wydajności oraz jakości mleka pozyskiwanego od krów. Specyficzne warunki panujące w gospodarstwach ekologicznych; brak stosowania środków chemicznych i antybiotyków w żywieniu i profilaktyce bydła, z jednej strony, oraz urozmaicona baza paszowa, z drugiej, mogą mieć wpływ na

poziom bioaktywnych składników mleka (BSM) i stanowią asumpt do prowadzenia badań w tym zakresie. Mleko krowie zawiera szereg substancji biologicznie aktywnych pochodzących z frakcji tłuszczowej (kwasy tłuszczowe, witaminy A, D₃, E, K₂, β-karoten, fosfolipidy, sfingomieliny) jak i wodno-białkowej mleka (kazeina, białka serwatkowe, peptydy, aminokwasy), stanowi również bogate źródło składników mineralnych, do których zaliczyć należy: Ca, P i Mg [1, 26]. Produkcja mleka w gospodarstwach ekologicznych podlega podobnym rygorom, jak pozyskiwane z tych gospodarstw inne produkty rolnicze. Zapotrzebowania

nie na żywność zdrową, a przede wszystkim bezpieczną dla konsumenta, obliuguje do nieustannego monitorowania procesu pozyskiwania mleka i wymusza potrzebę prowadzenia badań jego jakości uwzględniając wpływ czynników środowiskowych, a głównie rodzaju i jakości zadawanych pasz. Dlatego też na wstępie należy zadać sobie pytanie, czym różni się pastwisko ekologiczne od konwencjonalnego? Odpowiedź na to pytanie jest bardzo prosta: rodzajem intensywności nawożenia. Pastwisko ekologiczne opiera się na maksymalnym wykorzystaniu naturalnych możliwości produkcyjnych siedliska, wspomaganych jedynie nawozami organicznymi. Mimo, że uzyskuje się wtedy znacznie mniejszy plon, walory żywieniowe wynikające z dużej bioróżnorodności rosnących gatunków roślin niwelują tę różnicę. Należy zaznaczyć, że w gospodarstwach ekologicznych aspekty ochrony środowiska stawiane są na równi z aspektami produkcyjnymi. Produkcja mleka w gospodarstwach ekologicznych wydaje się najprostszym i najtańszym sposobem podwyższenia zawartości BSM. Walory dietetyczne pastwisk ekologicznych wynikają z bioróżnorodności wypasanej runi (różne gatunki traw, roślin motylkowych i ziół), która bezpośrednio przekłada się zarówno na jakość, jak i wartość pokarmową pasz. W gospodarstwach ekologicznych okres żywienia pastwiskowego krów przekracza niejednokrotnie 180 dni, podczas gdy w gospodarstwach tradycyjnych trwa on zazwyczaj nie dłużej niż 140 dni [1].

Źródłem witamin rozpuszczalnych w tłuszczu mlekowym jest przede wszystkim pasza. Na przykład zawartość β -karotenu w runi pastwiskowej porównywana przez Prache [2] w okresie od maja do czerwca była na poziomie 620-720 mg/kg sm., natomiast pod koniec sierpnia uległa ona obniżeniu do 430 mg/kg sm. W mleku krowim występuje kilka form karotenoidów: α -karoten, β -karoten, δ -karoten oraz zeaxantyna. W najwyższym stężeniu występuje all *trans* β -karoten (ok. 75% względem wszystkich karotenoidów). Wprowadzenie do diety krów paszy bogatej w α -tokoferol lub w kwas linolowy LA ($C_{18:2}$) i α -linolenowy LNA ($C_{18:3}$) wpływa dodatkowo na polepszenie przyswajalności i wykorzystania karotenu, prawdopodobnie dzięki antyoksydacyjnym właściwościom tych składników. Liczne badania wykazują, że mleko produkowane przez zwierzęta w systemie ekologicznym, w porównaniu z mlekiem z chowu tradycyjnego, zawiera znacznie więcej składników o właściwościach antyoksydacyjnych [1, 3, 4, 12].

2. Cel badań

Celem badań było ustalenie wpływu różnych modeli żywienia krów (w okresie żywienia zimowego dawki pokarmowe różniły się obecnością dyni pastewnej lub kiszunki z kukurydzy, a w okresie żywienia letniego ilością skarmianej i uzupełnianej innymi paszami zielonki pastwiskowej) utrzymywanych w certyfikowanych gospodarstwach ekologicznych województwa mazowieckiego na zawartość bioaktywnych składników mleka w sezonie żywienia zimowego i letniego.

3. Materiał i metody badań

Przeanalizowano żywienie oraz produktywność krów w dwóch sezonach żywienia: letnim (czerwiec i lipiec) i zimowym (grudzień i styczeń) w 2010 roku w 2 gospodarstwach specjalistycznych (G1 i G2). Badania przeprowa-

dzono na 20 krowach phf odmiany cb (po 10 z każdego gospodarstwa). Wyselekcjonowane ze stada podstawowego krowy znajdowały się w zbliżonym przedziale wiekowym (1. i 2. laktacja), charakteryzowały się zbliżoną wydajnością i fazą laktacji (120 ± 12 dzień).

W badanych gospodarstwach modele żywieniowe w okresie letnim i zimowym różniły się rodzajem stosowanych pasz, co zostało przedstawione w tab. 1 i 2. Pasje wykorzystane w żywieniu krów mlecznych pochodziły z produkcji własnej gospodarstw. Pasza treściwa w obu gospodarstwach miała następujący udział poszczególnych komponentów: 60% pszenicy, 10% owsa, 25% jęczmienia i 5% peluski.

Tab. 1. Dawki pokarmowe w sezonie zimowym dla krów w gospodarstwach G1 i G2

Table 1. Feeding rations for cows in the farms G1 and G2 in winter season

Pasza [kg] /Feedstuff [kg]	Model żywienia w sezonie zimowym /Feeding model in winter season	
	G1	G2
Sianokiszonka /Hay silage	35	16
Siano /Hay	-	-
Pasza treściwa /Concentrate	3,5	4
Dynia pastewna /Fodder pumpkin	10	-
Kiszonka z kukurydzy /Maize silage	-	24

Tab. 2. Dawki pokarmowe w sezonie letnim dla krów w gospodarstwach G1 i G2

Table 2. Feeding rations for cows in the farms G1 and G2 in summer season

Pasza [kg]	Model żywienia w sezonie letnim /Feeding model in summer season	
	G1	G2
Zielonka pastwiskowa /Green fodder	25	do woli
Sianokiszonka /Hay silage	20	-
Kiszonka z kukurydzy /Maize silage	-	10
Pasza treściwa /Concentrate	4	1
Słoma /Straw	-	1

Pasje i mleko do analiz chemicznych pobierano dwa razy w każdym badanym sezonie.

W próbkach pasz wykonano analizę podstawową, oznaczono: suchą masę, popiół surowy, białko ogólne ($N \times 6,25$), ekstrakt eterowy, ADF, NDF zgodnie z procedurą opisaną przez AOAC [5]. Wartość pokarmową dawek obliczono na podstawie składu chemicznego pasz, przy użyciu programu INRATION 4.0.

W pierwszej kolejności w mleku oznaczono jakość cytologiczną za pomocą aparatu Somacount 150 firmy Bentley, odrzucono wszystkie próbki mleka zawierające powyżej 400 tys/cm³ LKS, nie spełniające norm dla mleka klasy Extra. Ponadto oznaczono również podstawowy skład chemiczny mleka (tłuszcz, białko ogólne, laktoza, sucha masa, sucha masa beztłuszczowa) przy wykorzystaniu aparatu MilkoScan FT 120 firmy Foss Electric.

Składniki bioaktywne oznaczono w sposób kompleksowy, wyróżniono zarówno te należące do frakcji tłuszczowej, jak i do białkowej. Wykonano ekstrakcję tłuszczu mlekowego wg metody Rösego-Gottlieba [5], dzięki której został wyekstrahowany tłuszcz stanowiący podstawę do przeprowadzenia analizy zawartości kwasów tłuszczowych i poziomu witamin rozpuszczalnych w tłuszczu.

Zawartość kwasów tłuszczowych, z uwzględnieniem BA, TVA, LA, LNA, EPA, DHA i CLA została oznaczona na chromatografii gazowej HP 6890 wyposażonym w detektor FID, system przetwarzania danych CHEMSTATION HP, kolumnę Varian Select FAME (wyprodukowaną przez firmę Candela) o długości 100 m, średnicy wewnętrznej 0,25 mm, grubości filmu fazy ciekłej polarnej 0,25 µm. Derywatywacja kwasów tłuszczowych w estry metylowe została wykonana metodą transestryfikacji według AOAC [5]. Identyfikację kwasów tłuszczowych wykonano na podstawie względnego czasu retencji w stosunku do kwasu palmitynowego. Analiza ilościowa była przeprowadzona metodą kalibracji zewnętrznej dla wszystkich kwasów firmy Sigma - Aldrich i Supelco. Warunki rozdzielania FAME (*Fatty Acids Methyl Ester*) były następujące: I poziom: temperatura pieca 130°C utrzymywana przez 1 min.; II poziom: przyrost temperatury od 130 do 170°C w tempie 6,5°C/min.; III poziom: przyrost temperatury od 170 do 215°C w tempie 2,75°C/min.; IV poziom: temperatura 215°C utrzymywana przez 12 min., V poziom: przyrost temperatury od 215 do 230°C w tempie 20°C/min.; temperatura 230°C utrzymywana przez 3 min. Pozostałe parametry były następujące: gaz nośny hel (He), przepływ przez kolumnę 25 cm/s, split 50:1; temperatura dozownika 220°C; temperatura detektora 240°C.

Witaminy rozpuszczalne w tłuszczu i β-karoten oznaczono przy wykorzystaniu HPLC i aparatu Agilent 1100 wyposażonego w kolumnę ZORBAX Eclipse XDB - C8, o średnicy 4,5 mm x 150 mm wg metodyki opisanej przez Kuczyńską i in. [6]. Fazę mobilną stanowiła woda podwójnie demineralizowana z systemu Millipore i MeOH (firmy Merck) w proporcji 5:95, przepływ przez kolumnę wynosił 1,0 ml/min. przy detekcji UV wynoszącej 280 nm.

Potencjał antyoksydacyjny (TAS) oznaczono za pomocą Testu Randox - analiza polegała na spektrofotometrycznym pomiarze stopnia zmiany barwy powstałego reaktywnego rodnika ABTS® (2,2'-Azyno-di-[sulfonian 3-etylbentiazoliny]) w czasie dokładnie ustalonym wg aplikacji firmy Randox.

Zawartość białek serwatkowych: Lz, Lf, α-LA, BSA, β-LG oznaczono przy wykorzystaniu HPLC i kolumny Supelcosil LC - 318 wg metodyki opisanej przez Kuczyńską

i in. [6]. Fazę mobilną A stanowiła mieszanina acetonitrylu z kwasem 0,1 % TFA (oba odczynniki firmy Merck), fazę B - mieszanina acetonitrylu z wodą (5 : 95) i kwasem 0,1% TFA. Przepływ przez kolumnę wynosił 1,0 ml/min przy detekcji UV wynoszącej 220 nm. Analiza ilościowa wykonana została za pomocą kalibracji przy użyciu wzorców białek serwatkowych firmy Sigma-Aldrich.

Zawartość makroelementów w mleku oznaczono na aparacie REFLEKTOQUANT firmy Merck, według metodyki opisanej przez producenta.

4. Wyniki i dyskusja

W badanych gospodarstwach w żywieniu krów stosowano w okresie letnim – pastwisko, kiszonkę z kukurydzy lub sianokiszonkę, siano i pasze treściwe. Natomiast w okresie zimowym – kiszonkę z kukurydzy, sianokiszonkę, siano i pasze treściwe, a także dynię pastewną. Ocena organoleptyczna badanych pasz wykazała, że były one dobrej i bardzo dobrej jakości. Kiszonki i siano miały przyjemny zapach, zachowana była struktura roślin i naturalny kolor. Potwierdzeniem jakości było chętnie wyjadanie przez zwierzęta zadanych pasz. Kiszonki oceniano według „klucza królewskiego” opisanego przez Skomiała [7]. Wszystkie uzyskały ocenę bardzo dobrą. Z uwagi na deszczowe okresy, w których były zbierane i konserwowane pasze, niektóre z nich charakteryzowały się wysoką zawartością włókna (tab. 3).

Dawki zimowe w obu gospodarstwach charakteryzowały się większymi wartościami NDF, w porównaniu z dawkami letnimi odpowiednio dla G1 i G2 50,08 vs. 44,05 i 49,33 vs. 42,3. Istnieje wyraźna zależność między zawartością włókna w dawce pokarmowej a pobraniem paszy przez krowy. Mianowicie, im większa jest zawartość NDF w dawce pokarmowej, tym gorsze jest pobranie paszy, ponieważ współczynnik korelacji między zawartością NDF a pobraniem s.m. wynosi -0,76. Z kolei zawartość włókna kwaśno-detergentowo, czyli ADF decyduje o strawności dawki pokarmowej - im więcej ADF w dawce, tym gorsza jest jej strawność, ponieważ współczynnik korelacji między zawartością ADF a strawnością wynosi -0,75. Dawki zimowe w obu gospodarstwach charakteryzowały się większą zawartością ADF w porównaniu z dawkami letnimi, a więc odznaczały się gorszą strawnością. Wskazuje to zatem, że najtrudniej jest zbilansować dawki w okresie żywienia zimowego, ponieważ wtedy pojawiają się problemy z pobraniem s.m., a także strawnością dawek, co odbija się negatywnie na wydajności mleka (tab. 4).

Tab. 3. Wartość pokarmowa dawek stosowanych w żywieniu krów doświadczalnych oraz przeciętna dzienna wydajność mleka
Table 3. Feeding value of rations used for the experimental cows and average daily milk yield

Wyszczególnienie /Description	Model żywienia /Feeding model			
	G1 Zima /Winter	G2 Zima /Winter	G1 Lato /Summer	G2 Lato /Summer
JPM	16,72	16,92	16,25	9,45
BTJN (g)	1657	1336	1654	990
BTJE (g)	1334	1100	1173	945
JWK	18,3	16,16	16,25	11,25
% NDF w s.m. dawki NDF % in ration dry matter	50,8	44,05	49,33	42,3
% ADF w s.m. dawki ADF % in ration dry matter	35,47	27,89	34,22	30,4
% s.m. paszy treściwej w s.m. dawki /Concentrate dry matter % in ration dry matter	16,0	18,6	19,6	5,3

Tab. 4. Ocena użytkowości mlecznej krów w zależności od zastosowanego modelu żywieniowego w okresie żywienia letniego i zimowego

Table 4. Dairy performance of cows according to feeding model used in winter and summer feeding season

Wyszczególnienie /Description	Model żywienia /Feeding model				P
	G1 Zima /winter	G2 Zima /winter	G1 Lato /summer	G2 Lato /summer	
Wydajność mleka [kg/dzień] /Milk yield [kg/day]	16,9	12,8	24,6	19,4	ns
Białko /protein	3,27	3,26	2,82	3,18	x
Tłuszcz /fat	3,81	4,06	3,57	4,00	ns
Laktoza /lactose	4,72	4,61	4,87	4,57	ns
Sm /dry matter	12,61	12,53	12,0	12,53	ns
Mocznik /urea	173	263	163	277	ns
LKS /SCC	245	198	215	265	ns

W sezonie letnim największą wydajność stwierdzono w gospodarstwie G1 (24,6 kg mleka/szt./dzień), w którym krowy żywione były zielonką z pastwiska, sianokiszoną z traw przewiedniętych i paszą treściwą, stanowiącą 19,6% s.m. dawki. W gospodarstwie tym duży udział w runi pastwiskowej stanowiła życica trwała, kostrzewa łąkowa i koniczyna biała oraz zioła, takie jak: kolendra, szczaw zwyczajny i babka lancetowata. Jak wiadomo działanie kolendry opiera się na obecności w niej olejków eterycznych charakteryzujących się miłym i przyjemnym zapachem, dodatkowo pobudza ona korzystne procesy trawienne i hamuje nadmierną fermentację jelitową. Jak podają Kowalczyk i in. [8] kolendra, a także inne zioła (koper włoski czy kmień) zwiększają wydzielanie mleka, jednocześnie poprawiając jego smak i zapach.

Podstawową zasadą żywienia letniego jest umiejętne łączenie wysokobiałkowych pasz zielonych (młody odrost pastwiskowy, koniczyny, lucerna) z paszami o dużej zawartości składników energetycznych np. kiszoną z kukurydzy, jak zaplanowano to w gospodarstwie G2. Przy zastosowaniu takiego modelu żywienia, dodatkowo uzupełnionego paszą treściwą o udziale 5,3% s.m. dawki uzyskano wydajność 18,2 kg mleka/szt./dzień.

Zmiany w zawartości tłuszczu i jego składzie w dużej mierze uzależnione są od koncentracji, składu i formy włókna surowego (ADF, NDF), jak również od zawartości skrobi i sacharozy. Największą koncentrację tłuszczu (4,0%) w sezonie letnim wykazano w przypadku gospodarstwa G2. Związane było to prawdopodobnie z optymalną zawartością włókna w stosowanej dawce pokarmowej krów, jak również z wysokim stosunkiem paszy objętościowej do treściwej.

Zawartość białka ogólnego w mleku zależy m.in. od ilości dostępnej energii dostarczanej w dawce pokarmowej. Największą koncentrację białka (3,18%) w sezonie letnim wykazano w przypadku gospodarstwa G2, prawie o 13% większą w porównaniu z gospodarstwem G1. Na zaistniałą sytuację w dużym stopniu wpłynęło stosowanie w tym gospodarstwie kiszony z kukurydzy jako uzupełnienia paszy podstawowej. Natomiast w sezonie żywienia zimowego największą zawartość białka oraz laktozy uzyskano w gospodarstwie G1. Jednakże zawartość tłuszczu oraz mocznika była już większa w przypadku gospodarstwa G2. W przypadku kształtowania się zawartości tłuszczu można zatem stwierdzić, że skorelowany był one ujemnie z wydajnością mleczną krów, jak również ze stosunkiem paszy objętościowej do paszy treściwej.

Wykazano ponadto korzystny wpływ zastosowanych w gospodarstwach pasz treściwych na zawartość białka

w mleku zarówno w sezonie letnim, jak i zimowym. Efekt ten prawdopodobnie był wynikiem zwiększonej podaży skrobi i sacharozy. W zżuwaniu krów doszło do nasilenia produkcji kwasu propionowego i ograniczenia ilości wytwarzanego kwasu octowego.

Koncentracja mocznika w mleku jest ściśle związana zarówno z ilością, jak i rodzajem pasz wchodzących w skład dawki pokarmowej. Wyższą zawartość mocznika w mleku zaobserwowano w przypadku krów żywionych kiszonkami o naturalnej wilgotności oraz sianem z lucerny [9]. Dodatkowo również zwiększenie udziału paszy treściwej może wpływać na koncentrację tego składnika. Zawartość mocznika w mleku krów żywionych wg zastosowanych modeli w gospodarstwie G1 zimą i latem wynosiła odpowiednio 173 i 163 mg/l. W gospodarstwie G2 krowy produkowały mleko z większą zawartością mocznika tak zimą, jak i latem odpowiednio o 52 i 70%, ale pomimo tych różnic poziomy mocznika w mleku mieściły się w zakresie norm fizjologicznych [10]. W żywieniu pastwiskowym wysoki poziom mocznika może być tolerowany, a nawet ekonomicznie uzasadniany. Przy skarmianiu *ad libitum* młodej runi pastwiskowej (znaczny nadmiar białka w stosunku do energii) krowy pobierają znacznie więcej białka niż są w stanie wykorzystać do produkcji mleka. Dlatego też, krowy wypasane na pastwisku mogą mieć nawet powyżej 300 mg/l mocznika w mleku. Doskonałym rozwiązaniem tego problemu było właśnie wprowadzenie paszy uzupełniającej w gospodarstwie G2 w postaci kiszony z kukurydzy (która zaliczana jest do pasz wysoko energetycznych).

Na uwagę zasługuje również fakt uzyskania lepszej zdrowotności wymion przez krowy żywione dawką z udziałem dyni pastewnej w sezonie żywienia zimowego (LKS – 198 tys.).

Zawartość funkcjonalnych kwasów tłuszczowych w zależności od zastosowanego modelu żywieniowego ilustrują dane zawarte w tab. 5. Badania wykazały statystycznie wysoko istotne różnice między gospodarstwami a sezonem żywienia w przypadku zawartości kwasów: transwaksenowego (TVA), skoniugowanego kwasu linolowego (CLA), linolowego (LA) i dokozapentaenowego (DPA). TVA jest uznawany za prekursora CLA i jego zawartość jest ściśle skorelowana z zawartością CLA w mleku ($r^2 = 0,98$). Krowy w gospodarstwach ekologicznych wypasane na pastwiskach o dobrej jakości runi produkują mleko o większej zawartości tych dwóch kwasów w porównaniu z krowami z gospodarstw konwencjonalnych żywionymi intensywnie lub z ograniczonym dostępem do pastwiska w sezonie letnim [11]. Mleko krów żywionych *ad libitum* zielonką pastwiskową i kiszoną z kukurydzy wyróżniało się ponad dwukrotnie większą zawartością CLA,

w porównaniu do mleka krów żywionych z ograniczonym dostępem do pastwiska, sianokiszoną i paszą treściwą o udziale 5,3% s.m. dawki. Udział dyni pastewnej w ilości 10 kg/szt/dzień w dawce pokarmowej w gospodarstwie G1 wpłynął na prawie 3-krotne zwiększenie poziomu CLA w mleku w porównaniu z mlekiem krów w gospodarstwie G2 żywionych dawką składającą się z kiszonki z kukurydzy, sianokiszonki i paszy treściwej.

W tab. 6 zamieszczono średnie wartości głównych grup kwasów tłuszczowych w zależności od rodzajów skarmianych pasz. Wykazano statystycznie istotne zmniejszenie zawartości nasyconych kwasów tłuszczowych (SFA) w mleku krów żywionych dawką z udziałem dyni pastewnej w porównaniu do innych grup. Wysoki poziom SFA jest czynnikiem wzmagającym choroby naczyniowo-sercowe, a więc jest niepożądany dla konsumentów.

Największą koncentrację wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (PUFA) będących głównym składnikiem rodziny kwasów nienasyconych (UFA) wykazano w mleku krów wypasanych na pastwiskach w porównaniu z żywieniem alkierzowym zimą. Wyniki te potwierdzają badania przeprowadzone przez Reklewską i in. [12] oraz Ellis i in. [13].

Wpływ zastosowanych dawek pokarmowych na zawartość wybranych antyoksydantów oraz poziom TAS przedstawiono w tab. 7. Zróżnicowane żywienie w poszczególnych sezonach i gospodarstwach w znaczący sposób wpłynęło zarówno na zawartość witamin rozpuszczalnych w tłuszczu mlekowym, prowitaminy A, jak i na zmiany potencjału oksydacyjnego mleka. W sezonie żywienia zimowego zaobserwowano dużą zmienność w koncentracji poszczególnych witamin rozpuszczalnych w tłuszczu. Największą koncentrację β -karotenu, czyli prowitaminy A wykazano w mleku krów żywionych dawką z udziałem dyni pastewnej, będącej bogatym źródłem tego składnika. Najwięcej witaminy D₃ stwierdzono w mleku krów wypasanych na pastwisku, u których ekspozycja na promieniowanie UV jest wyższa

w porównaniu z krowami przebywającymi w oborach w okresie zimy. Liczne badania potwierdzają wzrost zawartości analizowanych witamin w sezonie żywienia letniego w gospodarstwach ekologicznych [14, 15]. 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 [16].

Białko mleka krowiego w 80% stanowi kazeina, pozostałą część białka serwatkowe. Do białek serwatkowych w mleku krowim stanowiących około 0,6% białka ogólnego, należą między innymi: β -laktoglobulina (β -LG), α -laktoalbumina (α -LA), laktoferyna (Lf), laktoperoksydaza (Lp), lizozym (Lz) i albumina serum (BSA).

Dane zamieszczone w tab. 8 ilustrują zawartość wyżej wymienionych białek w zależności od stosowanej dawki. Sutton [17] wykazał, że wielkość zmian w zawartości białka w wyniku czynników żywieniowych jest znacznie niższa w porównaniu ze zmianami zachodzącymi w składzie frakcji tłuszczowej mleka krowiego, co potwierdzają wyniki badań własnych.

W okresie zimowym w gospodarstwie pierwszym wykazano największą koncentrację kazeiny, β -LG, α -LA, Lf i Lz. Jedynie w gospodarstwie drugim wykazano wyższą koncentrację Lp. Natomiast w okresie letnim największą koncentrację β -LG, Lf i Lz wykazano w gospodarstwie G1. Jedynie poziom α -LA i Lp był większy w przypadku gospodarstwa drugiego (G2).

W przypadku obu stad krów utrzymywanych w systemie ekologicznym zmiany jakości mleka między latem a zimą nie są aż tak widoczne jak w przypadku kształtowania się zawartości kwasów tłuszczowych w tłuszczu mlekowym. Badania wykazały większą koncentrację kazeiny oraz Lz w sezonie żywienia zimowego, natomiast poziom β -LG, α -LA, Lf i Lp był większy w przypadku sezonu letniego.

Tab. 5. Zawartość funkcjonalnych kwasów tłuszczowych w mleku w zależności od zastosowanego modelu żywieniowego w okresie żywienia zimowego i letniego

Table 5. Functional fatty acids content in milk according to feeding model used in winter and summer season

Wyszczególnienie /Description	Model żywienia /Feeding model				GS P
	G1 Zima /winter	G2 Zima /winter	G1 Lato /summer	G2 Lato /summer	
OA	18,40	21,34	21,02	21,11	x
TVA	2,20	0,89	2,31	6,90	xxx
CLA	0,946	0,381	0,931	2,046	xxx
LA	1,37	1,39	1,48	2,09	xxx
LNA	0,956	0,734	0,914	0,965	xx
ARA	0,087	0,111	0,057	0,087	ns
EPA	0,078	0,064	0,112	0,116	ns
DPA	0,104	0,094	0,044	0,099	xxx
DHA	0,015	0,019	0,017	0,014	xx

Tab. 6. Zawartość grup kwasów tłuszczowych w mleku w zależności od zastosowanego modelu żywieniowego w okresie żywienia zimowego i letniego

Table 6. Fatty acid group content in milk according to feeding model used in winter and summer season

Wyszczególnienie /Description	Model żywienia /Feeding model				GS P
	G1 Zima /winter	G2 Zima /winter	G1 Lato /summer	G2 Lato /summer	
SFA	59,85	69,73	69,49	65,12	xx
MUFA	25,92	28,18	29,43	33,62	xxx
PUFA	4,10	3,30	4,09	6,13	xxx
UFA	26,37	26,75	29,53	36,16	xxx

Tab. 7. Zawartość β -karotenu, witamin rozpuszczalnych w tłuszczu i TAS w mleku w zależności od zastosowanego modelu żywieniowego w okresie żywienia zimowego i letniego

Table 7. β -carotene, fat-soluble vitamins and TAS in milk according to feeding model used in winter and summer season

Wyszczególnienie /Description	Model żywienia /Feeding model				GS P
	G1 Zima /winter	G2 Zima /winter	G1 Lato /summer	G2 Lato /summer	
β -karoten / β -carotene	0,355	0,195	0,152	0,347	xxx
A	0,432	0,419	0,545	0,523	ns
E	1,930	1,509	2,135	1,576	ns
D ₃	0,358	0,424	1,135	0,603	xxx
K ₂	5,108	5,308	7,361	6,846	ns
TAS	1,759	1,721	2,325	1,503	xx

Tab. 8. Zawartość kazeiny i białek serwatkowych w mleku w zależności od zastosowanego modelu żywieniowego w okresie żywienia zimowego i letniego

Table 8. Casein and whey proteins content in milk according to feeding model used in winter and summer season

Wyszczególnienie /Description	Model żywienia /Feeding model				GS P
	G1 Zima /winter	G2 Zima /winter	G1 Lato /summer	G2 Lato /summer	
Kazeina /casein	2,70	2,61	2,37	2,58	xx
α -La	1,60	1,38	1,55	1,64	x
β -Lg	3,76	3,05	3,87	2,35	xx
Lf	0,329	0,215	0,387	0,240	ns
Lz	18,14	16,02	17,38	16,06	ns
Lp	0,206	0,267	0,260	0,266	ns

Kształtowanie się poziomu β -LG niewątpliwie związane było z zawartością witaminy A w mleku krów. Największy poziom tego białka serwatkowego wykazano w przypadku gospodarstwa G1 w okresie letnim – 3,87 g/l, równocześnie w tym samym okresie odnotowana największą koncentrację witaminy A. Badania Dolores-Perez i Calvo [18] dowodzą, że koncentracja obu składników jest ze sobą skorelowana, ponieważ β -LG uczestniczy aktywnie w transporcie α -retinolu, w znaczący sposób kształtując jego poziom. Dodatkowo MacKle i in. [19] wykazali, że energia dostarczana w dawce pokarmowej w dużym stopniu może wpływać na kształtowanie się koncentracji białek serwatkowych w mleku krów. Autorzy dowodzą, że poziom α -LA i β -LG ulega obniżeniu w przypadku ograniczonego dostępu krów do pastwiska. Zależności te, znajdują potwierdzenie w wynikach badań własnych. Ponadto Heck i in [20] wykazali sezonowe różnice w kształtowaniu się zawartości białek serwatkowych w mleku krów. Największy poziom α -LA wykazali w miesiącach letnich, a β -LG w miesiącach zimowych. Dlatego też można stwierdzić, że poziom β -laktoglobuliny jest ściśle związany ze zmianami zachodzącymi w składzie chemicznym mleka oraz z wydajnością. Fenotypowy efekt oddziaływania β -LG na wydajność i procentowy skład białek serwatkowych jest zmienny i uzależniony jest od interakcji β -LG x dawka pokarmowa [21].

Coulon i in. [22] stwierdzili, że zawartość kazeiny w mleku w większym stopniu uzależniona jest od czynników genetycznych niż żywieniowych. Potwierdzają to również badania Walker'a i in. [23] i wyniki badań własnych.

Koncentracja Lf w mleku krów uzależniona jest od wielu czynników i wykazuje dużą zmienność o obrębie fenotypu [24]. Dość wysoki poziom Lf i Lz w mleku zarówno w sezonie letnim, jak i zimowym w obu gospodarstwach nie był wynikiem zapalenia wymion u krów, lecz warunków utrzymania i jakości stosowanych w żywieniu pasz. Jak wykazały badania Zagorskiej [25] koncentracja Lf w mleku krów utrzymywanych w systemie ekologicznym znajduje się na znacznie wyższym poziomie (prawie 2-krotnie więcej)

w porównaniu do mleka pochodzącego od krów żywionych systemem TMR. Zawarte w zielonkach bioaktywne składniki charakteryzują się właściwościami immunomodulacyjnymi, przez co wpływają pośrednio na kształtowanie się poziomu Lf i Lz. Podobną koncentrację Lf w mleku odnotowała również Kuczyńska i in. [6] u krów rasy montbeliarde - 0,345 mg/l i u phf - 0,395 g/l, ale zawartości te były już związane z podwyższonym poziomem komórek somatycznych w analizowanych próbkach mleka, odpowiednio 357 i 564 tys./cm³, a nie z systemem utrzymania oraz jakością zielonek.

Zawartości Ca, P i Mg w mleku krów przedstawiono w tab. 9. Poziom Ca w mleku był zbliżony w obu gospodarstwach zarówno zimą, jak i latem. Krowy korzystające z pastwisk produkowały mleko o większej koncentracji P i Mg, ale różnice te nie zostały potwierdzone statystycznie. O wiele mniejsze zawartości tych makroelementów w mleku z gospodarstw ekologicznych odnotowali Gabryszuk i in. [26]. Stosunek wapniowo fosforowy mleka był na zadawalającym poziomie wahał się w granicach 1,18-1,37.

5. Wnioski

1. Najlepsze efekty produkcyjne w gospodarstwach ekologicznych wykazano w sezonie żywienia letniego u krów wypasanych na pastwisku, dokarmianych sianokiszonką i paszą treściwą (G1).
2. Mleko krów pochodzące z sezonu żywienia letniego wypasanych na pastwisku, dokarmianych kiszonką z kukurydzy i paszą treściwą w gospodarstwie G2 wyróżniało się wysoką zawartością składników o właściwościach antyoksydacyjnych, czyli witamin rozpuszczalnych w tłuszczu i funkcjonalnych kwasów tłuszczowych, głównie β -karotenu i witaminy D₃ oraz CLA, odpowiednio o 78% i 14% oraz 437% w porównaniu z mlekiem z sezonu żywienia zimowego.
3. Najwyższą koncentrację bioaktywnych składników mleka (BSM) w sezonie żywienia zimowego wykazano w mleku krów pochodzących z gospodarstwa (G1), gdzie stosowano dodatek dyni pastewnej.

Tab. 9. Zawartość Ca, P i Mg w mleku w zależności od zastosowanego modelu żywieniowego w okresie żywienia zimowego i letniego

Table 9. Ca, P and Mg content in milk according to feeding model used in winter and summer season

Wyszczególnienie /Description	Model żywienia /Feeding model				GS P
	G1 Zima /winter	G2 Zima /winter	G1 Lato /summer	G2 Lato /summer	
Ca	1018	1057	1122	1033	ns
P	777	776	852	882	ns
Mg	108	102	112	109	ns
Ca/P	1,32	1,37	1,33	1,18	x

6. Literatura

- [1] Kuczyńska B., Puppel K.: Mleko ekologiczne – niezastąpione źródło bioaktywnych składników. Przegląd mleczarski, 2010, 9, s. 4-9.
- [2] Prache S., Priolo A., Grolier P.: Effect of concentrate finishing on the carotenoid content of perirenal fat in grazing sheep: its significance to discriminating grass-fed, concentrate-fed and concentrate-finished grazing lambs. *Animal Sciences*, 2003, 77, s. 225-234.
- [3] Jahreis G., Fritsche J., Steinhart H.: Conjugated linoleic acid in milk fat: high variation depending on production system. *Nutrition Research*, 1997, vol. 17, no. 9, s. 1479-1997.
- [4] Bergamo P., Fedele E., Iannibelli L., Marzillo G.: Fat-soluble vitamin contents and fatty acid composition in organic and conventional Italian dairy products. *Food Chemistry*, 2003, 82, s. 625-631.
- [5] AOAC. Official Methods of Analysis. 15th ed. Vol. 1. Assoc. Off. Anal. Chem., Washington, D.C., 1990.
- [6] Kuczyńska B., Gołębiowski M., Puppel K., Brzozowski P.: Comparison of fat and protein fractions of milk constituents of Montbeliarde and Polish Holstein – Friesian cows originated from the selected farm in Poland. *Acta Veterinaria Brno (w druku)*, 2011.
- [7] Skomiał J.: Pasze i ocena i ich jakości. Podstawy żywienia zwierząt. Praca zbiorowa pod redakcją M. Dymnickiej i J.L. Sokoła. Warszawa: Wydawnictwo SGGW, 2001.
- [8] Kowalczyk E., Klebaniuk R., Lechtańska M.: Dodatki ziółowe w żywieniu bydła. *Hodowca Bydła*, 2008, 12, 9, s. 28-34.
- [9] Minakowski D.: Żywnienie krów w aspekcie wymagań produkcji mleka wysokiej jakości. *Hodowca Bydła*, 2006, 3, s. 8-11.
- [10] Krzyżewski J., Stoniewski K., Strzałkowska N.: Zawartość mocznika w mleku krów oraz perspektywy wykorzystania tego wskaźnika w zarządzaniu krów mlecznych. *Zeszyty Naukowe Przeglądu Hodowlanego*, 2001, 55, s. 53-65.
- [11] Butler G., Nielsen J.H., Slots T., Eyre M., Sanderson R., Lefert C.: Fatty acid and fat-soluble antioxidant concentrations in milk from high- and low-input conventional and organic systems: seasonal variation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2008, 88, s. 1431-1441.
- [12] Reklewska B., Bernatowicz E., Reklewski Z., Nałęcz-Tarwacka T., Kuczyńska B., Zdziarski K., Oprządek A.: Zawartość biologicznie aktywnych składników w mleku krów zależnie od systemu żywienia i sezonu. *Zeszyty Naukowe Przeglądu Hodowlanego*, 2003, 68, 1, s. 85-98.
- [13] Ellis, K.A., Innocent G., Grove-White D., Cripps P., Mclean W.G., Howard C.V., Mihm M.: Comparing the Fatty Acid Composition of Organic and Conventional Milk. *Journal of Dairy Science*, 2006, 89, 6, s. 1938-1950.
- [14] Lindmårk-Mansson H., Fonden R., Pettersson, H.E.: Composition of Swedish dairy milk. *International Dairy Journal*, 2003, 13, s. 409-425.
- [15] Toledo P., Andren A.: Content of beta carotene in organic milk. *Journal Food Agriculture Environment*, 2003, 1, 2, s. 122-125.
- [16] Nozière P., Graulet B., Lucas A., Martin P., Grolier P., Doreau M.: Carotenoids for ruminants: From forages to dairy products. *Animal Feed Science and Technology*, 2006, 131, s. 418-450.
- [17] Sutton J.D.: Altering milk composition by feeding. *Journal of Dairy Science*, 1989, 72, s. 2801-2814.
- [18] Dolores-Perez M., Calvo M.: Interaction of β -Lactoglobulin with Retinol and Fatty Acids and its role as a Possible Biological Function for This Protein: Review. *Journal of Dairy Science*, 1994, 78, s. 978-988.
- [19] Mackle T. R., Bryant A. M., Petch S. F., Hooper R. J., Auld-ist M. J.: Variation in the composition of milk protein from pasture-fed dairy cows in late lactation and the effect of grain and silage supplementation. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 1999, 42, s. 147-154.
- [20] Heck J.M.L., Van Valenberg H.J.F., Dijkstra J., Hooijdonk A.C.M.: Seasonal variation in the Dutch bovine raw milk composition. *Journal of Dairy Sciences*, 2009, 92, s. 4745-4755.
- [21] Bobe G., Lindberg G.L., Reutzel L.F., Hanigan M.D.: Effects of lipid supplementation on the yield and composition of milk from cows with different β -lactoglobulin phenotypes. *Journal of Dairy Sciences*, 2009, 92, s. 197-203.
- [22] Coulon J.B., Hurtaud C., Remond B., Verite R.: Factors contributing to variation in the proportion of casein in cows' milk true protein: A review of recent INRA experiments. *Journal Dairy Research*, 1998, 65, s. 375-387.
- [23] Walker G.P., Dunshea F.R., Doyle P.T.: Effects of nutrition and management on the production and composition of milk fat and protein: A review. *Australian Journal of Agriculture Research*, 2004, 55, s. 1009-1028.
- [24] Hagiwara S., Kaeai K., Anri A., Nagahata H.: Lactoferrin concentration in milk from normal and subclinical mastitic cows. *Journal of Veterinary Medicine Science*, 2003, 65, s. 319-323.
- [25] Zagorska J.: The evaluation of organic milk quality. Summary of doctoral thesis. Latvia University of Agriculture Jelgava, 2007, s. 1-63.
- [26] Gabryszuk M., Stoniewski K., Metera E., Sakowski T.: Content of mineral elements in milk and hair of cows from organic farm. *Journal of Elementology*, 2010, 15, 2, s. 259-267.