

JAN MICIŃSKI, JANINA POGORZELSKA, ANNA KALICKA,
IRENEUSZ M. KOWALSKI, JÓZEF SZAREK

ZAWARTOŚĆ KWASÓW TŁUSZCZOWYCH W MLEKU KRÓW RASY POLSKIEJ HOLSZTYŃSKO-FRYZYJSKIEJ Z UWZGLĘDNIENIEM ICH WIEKU I FAZY LAKTACJI

Streszczenie

Celem pracy było określenie udziału kwasów tłuszczowych w mleku krów rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej, uwzględniając wpływ kolejności laktacji i fazy laktacji.

Do badań wybrano 48 krów rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej, będących w różnym wieku: I, II, III i IV laktacja (po 12 szt. w każdej z nich). Od każdej krowy pobierano próby mleka z uwzględnieniem fazy laktacji, tj. w następujących dniach doju: 6., 30., 90., 300., 350. i 400. (łącznie 288 prób). Spośród oznaczonych kwasów tłuszczowych mleka najwyższy udział stanowiły: C16:0, C18:1 cis 9, C18:0 oraz C14:0, w tym kwasy oleinowy (C18:1 cis 9) i stearynowy (C18:0), którym przypisuje się właściwości obniżające poziom cholesterolu we krwi, stanowiły aż 37,35 g/100 g tłuszczu. Największą zawartością nasyconych kwasów tłuszczowych (SFA) charakteryzowało się mleko krów z IV laktacji ($p \leq 0,05$) oraz w okresie okołoporodowym, tj. w 6. dniu laktacji. Zawartość korzystnych nienasyconych kwasów tłuszczowych (UFA) malała w tłuszczu mleka w kolejnych czterech laktacjach ($p \leq 0,05$), także w miarę upływu laktacji, osiągając najwyższą wartość w 6. dniu, a najniższą w 400. dniu ($p \leq 0,01$ i $p \leq 0,05$). Mleko pochodzące od pierwiastek charakteryzowało się najwyższą koncentracją kwasów tłuszczowych wielonienasyconych (PUFA) i jednonienasyconych (MUFA), a jednocześnie najmniejszą zawartością kwasów mniej korzystnie wpływających na zdrowie człowieka, tj. C12:0, C14:0, C16:0. W miarę trwania laktacji zawartość MUFA w tłuszczu mleka malała, a PUFA wzrastała, co potwierdzają różnice statystyczne przy $p \leq 0,01$ i $p \leq 0,05$. W okresie od 6. do 90. dnia laktacji najkorzystniejszy był stosunek kwasów n-6/n-3 oraz największa zawartość funkcjonalnych kwasów tłuszczowych, tj.: masłowego (BA), cis 9 oleinowego (OA), linolowego (LA) oraz krótkołańcuchowych (SCFA) i długołańcuchowych kwasów tłuszczowych (LCFA). Zawartość kwasów: cis 9 trans 11 sprzężonego linolowego (CLA) i trans 10+11 wakcenenowego (TVA) była najmniejsza w tzw. szczycie wydajności laktacyjnej i wzrastała w miarę trwania laktacji, osiągając najwyższe wartości w 300. dniu laktacji.

Słowa kluczowe: krowy rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej, mleko, wiek krów, faza laktacji, kwasy tłuszczowe

Dr hab. inż. J. Miciński, prof. nadzw., prof. dr hab. J. Pogorzelska, mgr inż. A. Kalicka, Katedra Hodowli Bydła i Oceny Mleka, Wydz. Bioinżynierii Zwierząt, dr hab. n. med. Ireneusz M. Kowalski, prof. nadzw., Katedra i Klinika Rehabilitacji, Wydz. Nauk Medycznych, prof. dr hab. J. Szarek, Katedra Patofizjologii, Weterynarii Sądowej i Administracji, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, ul. Oczapowskiego 2, 10-719 Olsztyn

Wprowadzenie

W wielu pracach naukowych podkreśla się, że do żywności funkcjonalnej należy zaliczyć także mleko [32]. Sucha masa mleka zawiera bowiem podstawowe składniki niezbędne do prawidłowego funkcjonowania organizmu człowieka, spośród których najistotniejszymi są: laktoza, białko, tłuszcz, składniki mineralne oraz witaminy. Skład mleka nie jest stały i zależy głównie od rasy, a także od żywienia, kolejnej laktacji, fazy laktacji, sezonu, żywienia czy też sposobu zarządzania stadem [16, 18, 30, 31].

Istotnym składnikiem energetycznym mleka jest tłuszcz, który nadaje mu przyjemny smak. Jego znaczna wartość odżywcza i wysoka strawność (dochodząca nawet do 99 %) sprawiły, że odgrywa on dużą rolę w diecie człowieka [4]. Tłuszcz nie jest substancją jednorodną. Ma on postać rozproszonych w wodnej fazie mleka zdyspergowanych kuleczek tłuszczowych, tworzących emulsję. Ich wnętrze wypełniają triacyloglicerole, stanowiące 98 % całego tłuszczu mleka. Otoczka kuleczki tłuszczowej oprócz glikoprotein zawiera około 1,1 % fosfolipidów, mono- i diacyloglicerole (odpowiednio 0,16 - 0,38 % oraz 0,28 - 0,59 %), wolne kwasy tłuszczowe (0,1 - 0,4 %), sterole (0,42 %) oraz karotenoidy i witaminy rozpuszczalne w tłuszczach [11, 15, 25, 20].

Decydujący wpływ na jakość tłuszczu mają kwasy tłuszczowe, których właściwości zależą od długości łańcucha węglowodanowego i liczby wiązań nienasyconych. Syntetyzowane są one w żwaczu przy udziale mikroflory z octanu, β -hydroksymaślanu, triacylogliceroli, lipoprotein oraz w mniejszych ilościach ze steroli, fosfolipidów oraz wolnych kwasów tłuszczowych [5, 6, 24, 21, 25].

W składzie tłuszczu stwierdzono obecność około 400 różnych kwasów tłuszczowych, przy czym 14 występuje w ilości około 1 %, natomiast pozostałe w ilościach śladowych. Kwasy tłuszczowe o długości łańcucha od 4 do 16 atomów węgla syntetyzowane są przez tkankę gruczołową wymienia, natomiast te o łańcuchach dłuższych pochodzą z osocza krwi. Stwarza to możliwość wpływania na skład tłuszczu mlekowego poprzez umiejętne kierowanie dietą krów mlecznych [2, 4, 21, 22, 25].

Mleko zawiera około 70 % kwasów tłuszczowych nasyconych i 30 % kwasów nienasyconych. Wśród tych ostatnich wyróżnia się kwasy jednonienasycone (MUFA), które stanowią około 83 % kwasów nienasyconych oraz kwasy wielonienasycone (PUFA), które stanowią około 17 % [7, 19].

Tłuszcz mleka krowiego jest jednym z najbardziej złożonych pod względem składu. Występuje w nim od 400 do 500 różnych kwasów tłuszczowych [4, 5, 14, 19]. Kwasy te można podzielić na różne grupy, w zależności od przyjętego kryterium, np. stopień nasycenia czy długość łańcucha węglowego [5, 13].

Do najważniejszych kwasów tłuszczowych o pożądanym działaniu prozdrowotnym zalicza się m.in. kwas oleinowy (z rodziny n-9), który blokuje wchłanianie cholesterolu pokarmowego, obniża zawartość LDL cholesterolu oraz zmniejsza lepkość krwi

i wpływa na obniżenie ciśnienia krwi) [23]. Kolejnymi są: kwas linolowy (z rodziny n-6) i powstający z niego kwas arachidonowy (prekursor prostaglandyn i leukotrienów) oraz kwasy tłuszczowe z rodziny n-3 (np. kwas eikozapentaenowy i dokozaheksaenowy). Kwasy te są niezbędne do normalnego wzrostu i rozwoju organizmu, zapobiegają niewydolności wieńcowej serca, zwiększają odporność organizmu, uczestniczą w transporcie lipidów, w tym cholesterolu, a także obniżają poziom cholesterolu we krwi obwodowej. Zachwianie równowagi proporcji kwasów n-6/n-3 jest uznawane za czynnik ryzyka dla zdrowia człowieka [9, 10, 17, 23, 33].

Celem pracy było określenie zawartości kwasów tłuszczowych w mleku krów rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej z uwzględnieniem ich wieku i fazy laktacji.

Material i metody badań

Do badań wybrano 48 krów rasy polskiej olsztyńsko-fryzyjskiej, zróżnicowanych wiekiem, będących w I, II, III i IV laktacji (po 12 w każdej z nich). Od każdej krowy pobierano próby mleka z uwzględnieniem fazy laktacji, tj. w następujących dniach doju: 6., 30., 90., 300., 350. i 400. Pobrano 288 prób mleka.

Krowy utrzymywane były alkierzowo w oborze wolno stanowiskowej na głębokiej ściółce. W żywieniu stosowano tzw. monodietę, której podstawą były pasze objętościowe soczyste: kiszonka z kukurydzy, sianokiszonka, kiszone ziarno kukurydzy a także śruta sojowa, rzepakowa, żytnia oraz mieszanka treściwa granulowana „Focus” z firmy „Cargill”, koncentrat witaminowy „Super Premium”. Do paszy dodawane były także metabolity drożdży „diamond”, kreda, sól pastewna, kwaśny węglan sodu. Pasze przygotowywano i zadawano w systemie TMR (*total mixed ration*). Skład dawki był taki sam przez cały okres badań. Udój wykonywano dwukrotnie w ciągu doby w 2 halach udojowych typu „rybia ość” (2×7), firmy Fullwood Limited Ellesmere Shropshire, England. Mleko przechowywano w zbiorniku o poj. 13 000 litrów. Ze względu na codzienny odbiór, wystarczające było schładzanie mleka do temp. 6 °C.

Próby mleka pobierano pipetą do pojemników „eppendorf”. Następnie mrożono je w celu wykonania analizy frakcji tłuszczowej. Ekstrakcję tłuszczu prowadzono metodą Röse-Gottlieba (AOAC 1990). Analizę składu profilu 43 kwasów tłuszczowych wykonywano metodą chromatografii gazowej, stosując chromatograf gazowy firmy Varian CP 3800. Aparat wyposażony był w kolumnę CP7420 o długości 100 m, dozownik typu split/splitless oraz detektor płomieniowo-jonizacyjny FID. Do sterowania i akwizycji danych z chromatografu gazowego służyła Chromatograficzna Stacja Robocza GALAXIE.

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie, wykorzystując program Statistica ver. 9.0. W analizie wariancji obliczono średnie arytmetyczne (\bar{x}), odchylenie standardowe (s) oraz określono istotność różnic testem Duncana.

Wyniki i dyskusja

W wyekstrahowanym tłuszczu mleka wyodrębniono 43 kwasy tłuszczowe (te o najmniejszym udziale połączono w jedną grupę) – tab. 1. Najwyższy udział miały kwasy: palmitynowy (C16:0) oraz oleinowy (C18:1 *cis* 9), których średnia zawartość

Tabela 1

Zawartość wybranych kwasów tłuszczowych w tłuszczu badanego mleka [g/100 g tłuszczu].

Content of selected fatty acids in fat of milk studied [g/100 g fat].

Nazwa kwasu Fatty acid	Zawartość Content
	\bar{x} (n = 228)
C4:0 masłowy (BA) / butyric acid	2,43
C6:0 kapronowy /caproic acid	1,59
C8:0 kaprylowy / caprylic acid	0,99
C10:0 kaprynowy / capric acid	2,20
C10:1 kapronelowy / capronelic acid	0,24
C12:0 laurynowy / lauric acid	2,65
C12:1 laurolenowy / laurolenic acid	0,07
C13:0 tridekanowy / tridecanoic acid	0,11
C14:0 mirystynowy / myristic acid	9,43
C14:1 mirystooleinowy / miristiolic acid	1,19
C15:0 pentadekanowy / pentadecanoic acid	1,15
C16:0 palmitynowy / palmitic acid	27,76
C16:1 palmitooleinowy / palmitoleic	1,74
C17:0 margarynowy / margaric acid	0,66
C17:1 margarynooleinowy / margaric-oleic acid	0,35
C18:0 stearynowy / stearic acid	11,16
C18:1 <i>trans</i> 8+9 oleinowy / <i>trans</i> 8 + 9 oleinic	0,66
C18:1 <i>trans</i> 10+11 wakcenowy (TVA) <i>trans</i> 10+11 vaccenic	2,15
C18:1 <i>cis</i> 9 oleinowy (OA) / <i>cis</i> 9 oleinic	26,19
C18:2 linolowy (LA) / linoleic acid	1,80
C18:3 linolenowy (LNA) / linolenic acid	0,42
C20:0 arachidowy / arachidic acid	0,18
C18:2 <i>cis</i> 9 <i>trans</i> 11 sprzężony kwas linolowy (CLA) <i>cis</i> 9 <i>trans</i> 11 conjugated linoleic acid	0,80
C20:1 godoleinowy / godoleic acid	0,08
C20:2 eikozadienowy / eicosadienoic acid	0,03
C20:4 arachidonowy (AA) / arachidonic acid	0,16
C22:0 behenowy / behenic acid	0,06
C20:5 eikozapentaenowy (EPA) / eicosapentaenoic acid	0,05
C22:5 dokozapentaenowy (DPA) / docosapentaenoic acid	0,09
C22:6 dokozaheksaenowy (DHA) / docosahexaenoic acid	0,01
Pozostałe kwasy (łącznie) / Remaining acids (altogether)	4,48
Suma / Total	100

w 100 g badanego tłuszczu wyniosła odpowiednio: 27,76 g oraz 26,19 g. Stwierdzono, że średnia zawartość kwasu stearynowego (C18:0) kształtowała się na poziomie 11,16 g, a kwasu mirystynowego (C14:0) na poziomie 9,43 g/100 g. Udział pozostałych kwasów w składzie tłuszczu mleka był znacznie mniejszy i nie przekroczył 2,65 g.

Jakkolwiek największą frakcję spośród wszystkich kwasów tłuszczowych stanowił kwas palmitynowy (C16:0), to jednak udział tego kwasu był niższy aniżeli w badaniach innych autorów, którzy podają, że jego średnia zawartość kształtowała się na poziomie od 30,06 do 32,61 g/100 g [4, 19, 28]. Oddziaływanie kwasu palmitynowego na zdrowie człowieka może być albo neutralne, albo wręcz niekorzystne, ze względu na możliwość podwyższania poziomu cholesterolu ogólnego we krwi [23]. Jego stosunkowo wysoki poziom wynika z tego, że połowa tego kwasu jest syntetyzowana *de novo* z kwasów: octowego i β -hydroksymaślanu lub też może on przenikać do gruczołu wymienia bezpośrednio z krwi. Zawartość kwasu mirystynowego (C14:0) kształtowała się na poziomie 9,43 g/100 g tłuszczu. Kwas ten uznawany jest za zwiększający ryzyko chorób układu krążenia. Z tego względu wskazany jest jak najniższy jego udział w tłuszczu mleka.

W badaniach własnych stwierdzono 11,16 g/100 g tłuszczu kwasu stearynowego (C18:0). Mniejszą zawartość tego kwasu stwierdzono zarówno w badaniach Stoop i wsp. [28], jak i Lindmark-Månsson [19]. Mogło to być wynikiem zróżnicowanego żywienia. Zdaniem Barłowskiej i Litwińczuka [4], jako główne źródło przyjmuje się produkty powstające podczas procesów fermentacyjnych w żwaczu oraz lipidy zawarte w dawce pokarmowej i lipidy zapasowe organizmu zwierząt. Należy podkreślić stosunkowo dużą zawartość (26,19 g/100 g) pochodnej kwasu oleinowego (C18:1 *cis* 9), która przewyższa wyniki uzyskane przez wymienionych autorów [4, 28].

Zawartość sumy nasyconych kwasów tłuszczowych (Saturated Fatty Acid - SFA) oraz nienasyconych kwasów tłuszczowych (Unsaturated Fatty Acid - UFA) przedstawiono w tab. 2. W przeprowadzonych badaniach stwierdzono, że największą zawartością kwasów SFA charakteryzował się tłuszcz mleka krów będących w IV laktacji (62,36 g), natomiast najmniejsza zawartość wystąpiła w tłuszczu mleka krów w laktacji I (60,49 g). Statystycznie istotne różnice ($p \leq 0,01$ i $p \leq 0,05$) odnotowano, poddając analizie zawartość kwasów tłuszczowych w zależności od okresu laktacji. Najmniejszą zawartość kwasów SFA stwierdzono w początkowej fazie laktacji: w 6., a następnie w 30. dniu. Wartości te wynosiły odpowiednio: 56,17 g i 60,08 g. Największa zawartość tych kwasów wystąpiła w szczycie laktacji, tj. w 90. dniu i wynosiła 64,71 g, po czym zmniejszała się wraz ze zmniejszaniem się wydajności krów, osiągając w 400. dniu laktacji wartość 62,95 g. W badaniach własnych stwierdzono, że większą zawartością SFA cechowało się mleko krów wieloródek niż pierwiastek. Uzyskane wyniki są zgodne z tendencjami podawanymi przez Thomsona i van der Poela [29] oraz Nałęcz-

Tarwacką [23]. Ponadto, wykazano istotny wpływ fazy laktacji na zawartość tej grupy kwasów tłuszczowych w mleku krów. Zawartość SFA była najmniejsza po ocieleniu i zmieniała się w kolejnych okresach, największą wartość osiągając w 90. dniu laktacji. W przypadku kwasów UFA, największa zawartość wystąpiła w mleku krów z laktacji I (39,51 g), a najmniejsza z laktacji IV (37,64 g). W obu przypadkach analiza statystyczna wykazała istotne różnice na poziomie $p \leq 0,01$ i $p \leq 0,05$. W przypadku kwasów UFA ich największa zawartość wystąpiła na początku laktacji, tj. w 6. dniu (43,83 g) i w miarę upływu laktacji malała, przyjmując wartość 37,05 g w 400. dniu jej trwania. Podobną tendencję zaobserwowały Barłowska [5] i Nałęcz-Tarwacka [23].

Tabela 2

Zawartość sum nasyconych kwasów tłuszczowych (SFA) i nienasyconych kwasów tłuszczowych (UFA) w tłuszczu badanego mleka [g/100 g tłuszczu mleka].

Content of totals of saturated fatty acids (SFA) and unsaturated fatty acids (UFA) in fat of milk studied [g/100 g milk fat].

Czynnik Factor	n	SFA		UFA	
		\bar{x}	s / SD	\bar{x}	s / SD
Laktacja / Lactation					
I	72	60,49 ^{Aa}	0,557	39,51 ^{Aa}	0,557
II	72	60,99 ^a	0,628	39,01 ^a	0,628
III	72	61,85 ^b	0,579	38,15 ^b	0,579
IV	72	62,36 ^{Bb}	0,677	37,64 ^{Bb}	0,676
Dzień laktacji / Day of lactation					
6	48	56,17 ^A	0,797	43,83 ^A	0,797
30	48	60,08 ^B	0,763	39,92 ^B	0,763
90	48	64,71 ^C	0,532	35,29 ^{Ca}	0,533
300	48	62,04 ^{Da}	0,485	37,96 ^{Cb}	0,479
350	48	62,57 ^D	0,589	37,43 ^{Cc}	0,589
400	48	62,95 ^{Db}	0,662	37,05 ^{DH}	0,663
Ogółem / Total	288	61,42	0,307	38,58	0,307

Objaśnienia: / Explanatory notes:

Wartości oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie: duże litery – $p \leq 0,01$, małe litery – $p \leq 0,05$ / Values designated by different letters differ statistically significantly: capital letters – $p \leq 0,01$, small letters – $p \leq 0,05$.

W tab. 3. przedstawiono wyniki zawartości sum jednonienasyconych kwasów tłuszczowych (MUFA) i wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (PUFA) w tłuszczu mleka. Największą zawartością MUFA charakteryzowało się mleko krów pierwiastek (35,34 g), najmniejszą zaś mleko krów najstarszych (33,65 g). Podobna sytuacja dotyczyła koncentracji kwasów PUFA. Potwierdzają to statystycznie istotne różnice na poziomie $p \leq 0,05$.

Istotne różnice ($p \leq 0,01$ i $p \leq 0,05$) zawartości kwasów MUFA i PUFA w tłuszczu mleka wykazano w poszczególnych fazach laktacji. Najwyższy udział kwasów MUFA stwierdzono w 6. dniu laktacji (39,89 g), najwyższy zaś w 90. dniu laktacji (31,18 g). W przypadku kwasów wielonienasyconych (PUFA) najmniej było ich na początku laktacji (3,94 g), a najwięcej na jej końcu (4,25 g). Wyniki te są zgodne z badaniami Thomsona i van der Poela [29].

Tabela 3

Zawartość sum jednonienasyconych kwasów tłuszczowych (MUFA) i wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (PUFA) w tłuszczu badanego mleka [g/100 g tłuszczu mleka].

Content of totals of monounsaturated fatty acids (MUFA) and polyunsaturated fatty acids (PUFA) in fat of milk studied [g/100 g milk fat].

Czynnik Factor	n	MUFA		PUFA	
		\bar{x}	s / SD	\bar{x}	s / SD
Laktacja / Lactation					
I	72	35,34 ^a	0,528	4,23 ^a	0,054
II	72	34,78 ^a	0,626	4,05	0,056
III	72	34,10 ^a	0,583	4,17	0,066
IV	72	33,65 ^b	0,660	4,01 ^b	0,064
Dzień laktacji / Day of lactation					
6	48	39,89 ^A	0,815	3,94 ^a	0,071
30	48	36,00 ^B	0,734	3,91 ^a	0,073
90	48	31,18 ^{Ca}	0,489	4,11 ^a	0,075
300	48	33,75 ^D	0,438	4,23 ^b	0,069
350	48	33,17 ^D	0,547	4,26 ^b	0,069
400	48	32,81 ^{Cb}	0,621	4,25 ^b	0,076
Ogółem / Total	288	34,47	0,302	4,11	0,030

Objaśnienie jak pod tab. 2. / Explanatory notes as in Tab. 2.

Największą zawartością MUFA charakteryzowało się mleko krów z I laktacji. Uzyskane wyniki potwierdzają doniesienia Nałęcz-Tarwackiej [23] i Thomsona i van der Poela [29], którzy podają, że największą zawartością tej frakcji kwasów tłuszczowych charakteryzuje się mleko pierwiastek. W badaniach własnych stwierdzono mniejszą zawartość MUFA w 90. dniu laktacji, w porównaniu z innymi autorami, którzy wskazują, że między 90. a 120. dniem występuje największa zawartość MUFA [23] lub 121. a 200. dniem [1, 2]. Trudno jest wytłumaczyć tę mniejszą zawartość – można przypuszczać, że mogło to mieć związek z dłużej utrzymującym się niedoborem energetycznym tych krów, bowiem w dalszych fazach laktacji odnotowano większe zawartości tego kwasu.

Wyniki przeprowadzonych badań potwierdzają wnioski Gregi i wsp. [12], którzy podają, że zawartość PUFA wzrasta wraz z czasem trwania laktacji. Odwrotną tendencję wykazała Nałęcz-Tarwacka [23], która oznaczyła największą zawartość tej frakcji kwasów tłuszczowych w początkowej (do 30. dnia) fazie laktacji. Natomiast Barłowska i wsp. [2] największą zawartość PUFA stwierdzili między 121. a 200. dniem laktacji.

Tabela 4

Zawartość sum kwasów tłuszczowych z rodziny n-3 i n-6 w tłuszczu badanego mleka [g/100 g tłuszczu mleka].

Content of totals of fatty acids from n-3 and n-6 group in fat of milk studied [g/100 g milk fat].

Czynnik Factor	n	n-3		n-6		n-6 / n-3	
		\bar{x}	s / SD	\bar{x}	s / SD	\bar{x}	s / SD
Laktacja / Lactation							
I	72	0,50	0,013	2,15	0,051	4,52	0,149
II	72	0,46	0,014	2,06	0,053	4,74	0,182
III	72	0,49	0,013	2,05	0,054	4,43	0,167
IV	72	0,48	0,016	2,09	0,046	4,62	0,155
Dzień laktacji / Day of lactation							
6	48	0,46 ^A	0,015	2,39 ^A	0,044	5,39 ^A	0,128
30	48	0,41 ^A	0,009	2,28 ^A	0,051	5,57 ^A	0,112
90	48	0,41 ^A	0,009	2,24 ^A	0,054	5,54 ^A	0,121
300	48	0,52 ^B	0,017	1,86 ^B	0,065	3,73 ^B	0,158
350	48	0,55 ^B	0,017	1,82 ^B	0,043	3,48 ^B	0,158
400	48	0,55 ^B	0,020	1,93 ^B	0,062	3,74 ^B	0,200
Ogółem Total	288	0,48	0,007	2,09	0,025	4,58	0,082

Objaśnienie jak pod tab. 2. / Explanatory notes as in Tab. 2.

Analizując zawartość kwasów z rodzin n-6 i n-3 w badanych próbach (tab. 4), stwierdzono występowanie niewielkiej tendencji malejącej w przypadku kolejnych laktacji w obu grupach kwasów. Należy jednak podkreślić, że różnice statystycznie istotne nie wystąpiły. W badaniach własnych wykazano większą zawartość kwasów z rodziny n-6, a mniejszą z n-3 aniżeli w badaniach prowadzonych przez Nałęcz-Tarwacką [23].

Poddając analizie zawartość kwasów tłuszczowych w tłuszczu mleka w zależności od fazy laktacji stwierdzono występowanie różnic statystycznie istotnych ($p \leq 0,01$ i $p \leq 0,05$). Wykazano, że zawartość kwasów n-3 była najmniejsza w szczytowym okresie laktacji, natomiast w dalszych okresach laktacji zawartość ich była największa (0,55 g) w 400. dniu. Natomiast zawartość kwasów n-6 malała w kolejnych dniach laktacji, by na jej końcu osiągnąć wartość wynoszącą 1,93 g.

Reklewska i Bernatowicz [26] podają, że najkorzystniejszy stosunek kwasów n-6/n-3 powinien wynosić (4 - 10) : 1. W badaniach własnych wykazano, że stosunek ten wynosił średnio 4,58 : 1 w laktacji i był wyższy niż podawany przez Lindmark-Månsson [18] – 2,3 : 1 oraz Nałęcz-Tarwacką [23] – 2,2 : 1. Stwierdzono statystycznie istotny wpływ fazy laktacji na zawartość kwasów z rodzin n-6 oraz n-3. Wyniki te są zgodne z uzyskanymi przez Carriquiry i wsp. [8], którzy również wykazali wzrastające stężenie EPA, DHA oraz LNA w kolejnych tygodniach laktacji. Stwierdzono, że najkorzystniej pod względem właściwości prozdrowotnych kształtował się skład mleka krów będących w początkowym okresie laktacji, tj. do 90. dnia, w którym stosunek omawianych kwasów wynosił ponad 5,5 : 1.

W tab. 5. przedstawiono zawartość kwasów tłuszczowych (C12:0, C14:0 i C16:0), którym przypisuje się niekorzystne oddziaływanie na układ krążenia człowieka [34]. Przeprowadzone analizy wykazały, że zawartość tych kwasów w tłuszczu mleka ulegała niewielkim zmianom w kolejnych laktacjach, osiągając najniższe wartości w mleku krów pierwiastek. Wystąpiły statystycznie istotne różnice przy $p \leq 0,05$ pod względem zawartości kwasu laurynowego i palmitynowego w mleku krów zróżnicowanych wiekiem. Podobne wyniki uzyskała Nałęcz-Tarwacka [23].

Należy zauważyć, że zawartości wymienionych wyżej kwasów różniły się między sobą w sposób statystycznie istotny przy $p \leq 0,01$ i $p \leq 0,05$ w poszczególnych fazach laktacji.

W tab. 6. podano średnią zawartość kwasów tłuszczowych, które uznaje się za korzystnie oddziałujące na organizm człowieka [34]. W odniesieniu do fazy laktacji największą zawartość kwasów C4:0 (BA), C18:1*cis* 9 (OA) oraz C18:2 (LA) stwierdzono w 6. dniu laktacji.

Tabela 5

Zawartość kwasów niekorzystnie wpływających na organizm człowieka [g/100 g tłuszczu].
Content of fatty acids with non-beneficial effects on human organism [g/100 g fat].

Wyszczególnienie Specification		n	C12:0		C14:0		C16:0	
			\bar{x}	s / SD	\bar{x}	s / SD	\bar{x}	s / SD
Laktacja Lactation	I	72	2,45 ^a	0,117	9,19	0,276	27,44 ^a	0,343
	II	72	2,74 ^b	0,104	9,85	0,252	27,76 ^a	0,369
	III	72	2,55 ^a	0,102	9,36	0,242	28,09 ^b	0,318
	IV	72	2,87 ^b	0,123	9,81	0,275	28,77 ^b	0,427
Dzień laktacji Day of lactation	6	48	1,63 ^A	0,125	6,50 ^A	0,278	26,22 ^{Aa}	0,316
	30	48	2,63 ^B	0,132	9,05 ^{Ba}	0,306	26,88 ^{Ba}	0,396
	90	48	3,18 ^C	0,122	10,65 ^{Bb}	0,208	30,20 ^{Cb}	0,460
	300	48	2,67 ^B	0,084	10,15 ^{Bb}	0,188	27,78 ^{Ac}	0,449
	350	48	2,83 ^B	0,125	10,35 ^{Bb}	0,226	28,68 ^{Dd}	0,467
	400	48	2,97 ^B	0,126	10,62 ^{Bb}	0,237	28,37 ^{Dd}	0,384
Ogółem / Total		288	2,65	0,057	9,55	0,131	28,02	0,185

Objaśnienie jak pod tab. 2. / Explanatory notes as in Tab. 2.

Najmniejszą zawartość tych kwasów oznaczono w próbach mleka z 350. dnia laktacji. Z kolei w przypadku kwasów C18:1 *trans* 11 (TVA) oraz C18:2 *cis* 9 *trans* 11 (CLA) największą zawartość stwierdzono w 300. dniu laktacji. Najmniej tych kwasów zawierał tłuszcz mleka pobrany w 6. dniu laktacji.

W analizie obejmującej wpływ wieku krów (kolejne laktacje) największą zawartość CLA (0,88 g) stwierdzono w I laktacji, a najmniejszą w tłuszczu mleka krów najstarszych. Niezwykle właściwości zdrowotne tego kwasu przemawiają za jak największym jego udziałem nie tylko w tłuszczu, ale i w produktach z mleka. Jednakże zawartość CLA jest uwarunkowana przede wszystkim żywieniem przeżuwaczy, bowiem sprzężone dieny kwasu linolowego są pierwszym produktem pośrednim podczas biohydrogenacji wielonienasyconych kwasów w tłuszczu w wyniku działania enzymów bakterii *Butyrivibrio fibrisolvens* [4, 24].

Tabela 6

Zawartość wybranych funkcjonalnych kwasów tłuszczowych [g/100 g tłuszczu].
Content of selected functional fatty acids [g/100 g fat].

Kwasy tłuszczowe Fatty acid	Miara stat. Stat.	Laktacja / Lactation					Dzień laktacji / Day of lactation							Ogółem Total
		I	II	III	IV		6	30	90	300	350	400		
Liczebność Number of samples	n	72	72	72	72		48	48	48	48	48	48	288	
C4:0 (BA)	\bar{x}	2,39	2,45	2,48	2,40		2,80 ^{Aa}	2,62 ^{Ab}	2,43 ^{Bc}	2,36 ^{Bc}	2,13 ^{Cd}	2,24 ^{Bc}	2,43 ^{Bc}	
	s / SD	0,080	0,063	0,040	0,063		0,079	0,089	0,063	0,044	0,085	0,051	0,031	
C18:1 <i>cis</i> (OA)	\bar{x}	26,64 ^a	25,83 ^a	26,86 ^b	25,38 ^{ab}		31,36 ^A	27,95 ^B	24,88 ^{Ca}	25,30 ^{Cb}	23,11 ^{Cc}	24,46 ^{Cd}	26,18 ^D	
	s / SD	0,491	0,593	0,559	0,655		0,833	0,664	0,473	0,411	0,505	0,578	0,290	
CLA	\bar{x}	0,88 ^{Aa}	0,75 ^b	0,84 ^a	0,71 ^{Bb}		0,49 ^A	0,58 ^B	0,73 ^C	1,02 ^{Da}	0,99 ^{Da}	0,95 ^{Db}	0,80 ^C	
	s / SD	0,035	0,034	0,041	0,037		0,020	0,023	0,029	0,038	0,043	0,048	0,019	
C18:1 <i>trans</i> 11 (TVA)	\bar{x}	2,22 ^a	2,08 ^b	2,40 ^{Ac}	1,89 ^{Bd}		1,24 ^A	1,99 ^B	1,97 ^B	2,27 ^C	2,24 ^C	2,18 ^D	2,15 ^D	
	s / SD	0,057	0,077	0,015	0,082		0,231	0,098	0,078	0,070	0,087	0,099	0,050	
C18:2 (LA)	\bar{x}	1,86	1,79	1,78	1,81		2,10 ^A	2,01 ^B	1,98 ^{Ca}	1,58 ^D	1,55 ^D	1,64 ^D	1,81 ^{Cb}	
	s / SD	0,048	0,051	0,052	0,044		0,040	0,049	0,053	0,059	0,042	0,058	0,024	
C18:3 (LNA)	\bar{x}	0,43	0,41	0,42	0,41		0,38 ^A	0,35 ^A	0,36 ^A	0,45 ^B	0,48 ^B	0,48 ^B	0,42 ^C	
	s / SD	0,011	0,013	0,012	0,015		0,012	0,008	0,008	0,015	0,015	0,018	0,006	

Objaśnienie jak pod tab. 2. / Explanatory notes as in Tab. 2.

Największą zawartością kwasów BA (2,48 g), OA (26,86 g) oraz TVA (2,40 g) charakteryzowało się mleko krów będących w III laktacji. Najmniej kwasu BA (2,39 g) stwierdzono w próbach pobranych w I laktacji, natomiast kwasu OA (25,38 g) i TVA (1,89 g) w próbach pobranych w IV laktacji. Wykonana analiza statystyczna wykazała różnice statystycznie istotne przy $p \leq 0,01$ oraz $p \leq 0,05$ w obrębie zmian zawartości tych kwasów w odniesieniu zarówno do poszczególnych faz laktacji, jak i kolejnej laktacji.

Wnioski

1. Spośród oznaczonych kwasów tłuszczowych mleka, najwyższy udział stanowiły kwasy: C16:0, C18:1 cis 9, C18:0 oraz C14:0, wśród nich kwasy, którym przypisuje się właściwości obniżające poziom cholesterolu w krwi (C18:1 cis 9) i (C18:0) stanowiły aż 37,35 g/100 g tłuszczu.
2. Największą zawartością SFA charakteryzowało się mleko krów będących w IV laktacji ($p \leq 0,05$) oraz w okresie okołoporodowym, tj. w 6. dniu laktacji.
3. Zawartość korzystnych dla organizmu człowieka nienasyconych kwasów tłuszczowych (UFA) malała z wiekiem krów – w kolejnych czterech laktacjach ($p \leq 0,05$), a także w miarę trwania laktacji, osiągając największą wartość w 6. dniu i najniższą w 400. dniu ($p \leq 0,01$ i $p \leq 0,05$).
4. Mleko pochodzące od pierwiastek charakteryzowało się najwyższą koncentracją kwasów tłuszczowych PUFA i MUFA, a jednocześnie najmniejszą zawartością kwasów niekorzystnie wpływających na organizm człowieka, tj. C12:0, C14:0, C16:0. W miarę trwania laktacji zawartość MUFA malała, a PUFA wzrastała, co potwierdzają różnice statystycznie istotne przy $p \leq 0,01$ i $p \leq 0,05$.
5. W okresie od 6. do 90. dnia laktacji najkorzystniejszy był stosunek kwasów n-6/n-3 oraz największa zawartość funkcjonalnych kwasów tłuszczowych, tj.: BA, OA, LA oraz SCFA i LCFA.
6. Zawartość kwasów CLA i TVA była największa w tzw. szczycie wydajności laktacyjnej i wzrastała w miarę upływu laktacji, osiągając największą wydajność w 300. dniu laktacji.

Praca została wykonana w Katedrze Hodowli Bydła i Oceny Mleka w ramach badań statutowych nr 528-0106-0801

Literatura

- [1] AOAC. Official methods of analysis 15th ed. Association of official analytical chemists. Inc. Virginia, USA, 1990.

- [2] Auldist M.J., Brian J.W., Thomson N.A.: Seasonal and lactational influences on bovine milk composition in New Zealand. *J. Dairy Res.*, 1998, **65**, 401-411.
- [3] Barłowska J., Grodzicki T., Topyła B., Wolańczuk A.: Production season influence on the fat acids profile of milk of the different cows' breeds. *Mat. LXXIII Zjazdu PTZ*, 2008.
- [4] Barłowska J., Litwińczuk Z., Topyła B.: Parametry fizykochemiczne tłuszczu mleka krów różnych ras z okresu żywienia wiosenno-letniego. *Med. Wet.*, 2005, **8**, 937-939.
- [5] Barłowska J., Litwińczuk Z.: Właściwości odżywcze i prozdrowotne tłuszczu mleka. *Med. Wet.*, 2009, **65 (3)**, 171-174.
- [6] Barłowska J.: Wartość odżywcza i przydatność technologiczna mleka krów 7 ras użytkowanych w Polsce Rozprawa habilitacyjna. Wyd. AR, Lublin 2007, s. 112.
- [7] Bodkowski R., Wasilewicz-Niedbalska W., Ramadan S., Patkowska-Sokoła B.: Kształtowanie się zawartości kwasów tłuszczowych oraz izomeru cis-9, trans-11 w tłuszczu mleka przeżuwaczy. *Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu*, 2004, **51**, 31-35.
- [8] Brzóska F., Gąsior R., Sala K., Zyzak W.: Wpływ soli wapniowych kwasów tłuszczowych na wydajność i składniki mleka krów. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 1999, **26 (3)**, 143-157.
- [9] Carriquiry M., Weber W.J., Dahlen C.R., Lamb G.C., Baumgard L.H., Crooker B.A.: Fatty acid composition of milk from multiparous Holstein cows treated with bovine somatotropin and fed n-3 fatty acids in early lactation. *J. Dairy Sci.*, 2009, **92**, 4865-4875.
- [10] Cichosz G.: Prozdrowotne właściwości tłuszczu mlekowego. *Przegl. Mlecz.*, 2007, **5**, 4-8.
- [11] Dymnicka M., Klupczyński J., Łozicki A., Miciński J., Strzetelski J.: Polyunsaturated fatty acids in *M. longissimus thoracis* of fattening bulls fed silage of grass or maize. *J. Anim. App. Sci.*, 2004, **13 (s2)**, 101 - 104.
- [12] Górska A., Mróz B., Rymuza K., Dębska M.: Zmiany w zawartości białka i tłuszczu w mleku krów czarno-białych w zależności od stadium laktacji i pory roku. *Rocz. Nauk. PTZ*, 2006, **2 (1)**, 113-119.
- [13] Grega T., Sady M., Forot A., Pustkowiak H.: Jakość tłuszczu mleka wybranych ras krów. *Techn. Żywn.*, 1998, **10**, 49-59.
- [14] Hanigan M., Baldwin R.: A mechanistic model of mammary gland metabolism in the lactating cow. *Agricult. Systems*, 1994, **45**, 369-419.
- [15] Jensen R.G.: The composition of bovine milk lipids: January 1995 to December 2000. *J. Dairy Sci.*, 2002, **85 (2)**, 295-350.
- [16] Jensen R.G., Newburg D.S.: milk lipids. *Handbook of milk composition*. Jensen R.G.: Academic Press: London 1995, pp. 543-575.
- [17] Józwiak A., Strzałkowska N., Krzyżewski J., Bagnicka E., Horbańczuk J.: Wpływ czynników genetycznych i środowiskowych na zawartość składników bioaktywnych, wartość odżywczą i przydatność technologiczną mleka krów. *Przegl. Hod.* 2009, **11**, 6-11.
- [18] Kowalski I.M., Protasiewicz-Fałdowska H., Józwiak-Grabysa D., Kiebzak W., Zarzycki D., Lewandowski R., Szarek J.: Environmental factors predisposing to pain syndromes among adolescent girls with diagnosed idiopathic scoliosis. *J. Elementol.*, 2010, **15 (3)**, 517-530.
- [19] Lindmark-Mansson H.: Composition of Swedish dairy milk 2001. Report Nr 7025-P (In Swedish), 2003, Swedish Dairy Association.
- [20] Lindmark-Mansson H.: Fatty acids in bovine milk fat. *Food & Nutrition Research*, 2008, 1-3.
- [21] Mac Gibbon A.H.K., Taylor M.W.: Composition and structure of bovine milk lipids. *Advanced dairy chemistry*. Fox P.F., Mc Sweeney P.L.H.: Springer, New York 2006, s. 42.
- [22] Matwijczuk A., Król J.: Profil kwasów tłuszczowych w mleku krów różnych ras w okresie wiosenno-letnim. *Przegl. Hod.*, 2009, **7**, 3-6.
- [23] McGuire M.A., Bauman D.E.: Milk biosynthesis and secretion. *Encyclopedia of dairy science*. Roginsky H.F., Fox J.W., Fox P.F., Academic Press, New York 2003 pp. 1828-1834.

- [24] Nałęcz-Tarwacka T.: Wpływ wybranych czynników na zawartość funkcjonalnych składników tłuszczu mleka krów. Rozprawa habilitacyjna. Wyd. SGGW, Warszawa 2006, ss.1-108.
- [25] Parodi P.: Milk fat in human nutrition. *Aust. J. Dairy Techn.*, 2004, **59**, 3-59.
- [26] Reklewska B., Bernatowicz E.: Bioaktywne składniki frakcji tłuszczowej mleka. *Przegl. Hod.*, 2002, **11**, 1-6.
- [27] Reklewska B., Bernatowicz E.: Funkcjonalne składniki mleka - znaczenie dla organizmu oraz możliwości modyfikowania ich zawartości w mleku. *Zesz. Nauk. Prz. Hod.*, 7, 47-69.
- [28] Statsoft. (2010). Data analysis software systems. ver. 9.0. [on-line] www.statsoft.pl/base.html.
- [29] Stoop W.M., van Arendonk J.A.M., Heck J.M.L., van Kalenberg H.J.F, Bovenhaus H.: Genetic parameters for major milk fatty acids and milk production traits of Dutch Holstein-Friesians. *J. Dairy Sci.*, 2008, **91** (1), 385-394.
- [30] Thomson N.A., van Der Poel W.: Seasonal variations of the fatty acids composition of milk fat from Friesian cows grazing pasture. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*, 2000, **60**, 314-317.
- [31] Walstra P., Geurts T.J., Noomen A., Jellema A., van Boekel M.A.J.S.: Dairy technology: principles of milk properties and processes. Inc: Marcel Dekker, New York 1999.
- [32] Walstra P., Jenness R.: Dairy chemistry and physics. John Wiley & Sons, New York 1984.
- [33] Wielgosz-Groth Z.: Efekty doskonalenia użyteczności krów rasy czarno-białej w regionie północno – wschodniej Polski. *Rozprawy i monografie*. Wyd. UWM, Olsztyn 2004, ss. 1-83.
- [34] Zwierzchowski G., Miciński J., Górecka-Ordon E., Gołowski P.: Is food allergy a civilization-related disease? *Pol. Ann. Med.*, 2011, **18** (1), 168-176.
- [35] Żegarska Z.: Tłuszcz mlekowy jako składnik diety człowieka. *Przegl. Mlecz.*, 1998, **10**, 369-371.

CONCENTENT OF SELECTED FATTY ACIDS IN MILK FROM POLISH HOLSTEIN-FRIESIAN COWS WITH REGARD TO THEIR AGE AND STAGE OF LACTATION

S u m m a r y

The objective of the research study was to determine the content of fatty acids in milk from the Polish Holstein-Friesian cows with regard to the effect of successive lactations and stage of lactation.

The research study was performed on 48 selected cows of the Polish Holstein-Friesian breed, at their different ages: lactation I, II, III, and IV (12 cows in each lactation group). From each cow milk samples were taken and the stage of lactation was taken into consideration, i.e. the samples were taken on the following milking days: 6th, 30th, 90th, 300th, 350th, and 400th, (288 samples in total). Among all the fatty acids determined in milk, the contents of the following fatty acids were the highest: C16:0, C18:1 cis 9, C18:0, and C14:0 including those, which are believed to have a potential to reduce the cholesterol level in blood: oleic acid (C18:1 cis 9) and stearic acid (C18:0), and their total content was as high as 37.35 g/100 g of fat. The milk from cows at the lactation stage IV ($p \leq 0.05$) and from periparturient cows, i.e. collected on the 6th day of lactation, was characterized by the highest content of saturated fatty acids (SFA). The content of beneficial unsaturated fatty acids (UFA) decreased in the fat contained in the milk milked at the four successive stages of lactation ($p \leq 0.05$) as well as the lactation continued; their content was the highest on the 6th day and the lowest on the 400th day 400 ($p \leq 0.01$ and $p \leq 0.05$). The milk from primiparous cows was characterized by the highest concentration levels of polyunsaturated fatty (PUFA) and monounsaturated fatty (MUFA) acids, and, at the same time, by the lowest content of fatty acids with a less beneficial effect on human health, i.e. C12:0, C14:0, and C16:0. As the lactation continued, the content of MUFA in milk fat decreased and the content of PUFA increased; this fact was confirmed by statistical differences at $p \leq 0.01$ and $p \leq 0.05$. During a period from the 6th to the 90th day of lactation, the

ratio of n-6 to n-3 fatty acids was the most advantageous and the contents of functional fatty acids were the highest, i.e. of the butyric (BA), *cis* 9 oleic (OA), linoleic (LA), short-chain (SCFA), and long-chain (LCFA) fatty acids. The levels of *cis* 9 *trans* 11 conjugated linoleic (CLA) and *trans* 10+11 vaccenic (TVA) acids were the lowest during the lactation yield peak and they increased as the lactation continued to reach the highest values on the 300th day of lactation.

Key words: cows of Polish Holstein-Friesian breed, milk, cows' age, stage of lactation, fatty acids ☒