

# Przemiany w żwaczu kwasów tłuszczowych paszy i ich wpływ na skład chemiczny tłuszczu mleka

MARIAN KUCZAJ, JERZY PREŚ\*, STEFANIA KINAL\*, TADEUSZ SZULC,  
JAN TWARDOŃ\*\*, WACŁAW ŁUCZAK\*

Instytut Hodowli Zwierząt, \*Katedra Żywienia Zwierząt i Paszoznawstwa Wydziału Biologii i Hodowli Zwierząt UP,  
ul. Chełmońskiego 38 c, 51-630 Wrocław

\*\*Klinika Rozrodu z Kliniką Zwierząt Gospodarskich Wydziału Medycyny Weterynaryjnej UP,  
pl. Grunwaldzki 47, 50-366 Wrocław

Kuczaj M., Preś J., Kinal S., Szulc T., Twardoń J., Łuczak W.  
**Transformation of fatty acids from fodder in the rumen  
and their influence on the chemical composition of milk fat**

## Summary

The paper indicates the transformations of fatty acids from the fodder in the rumen, and their impact on milk fat composition in the aspect of health-related properties. Modifications of food doses affect, inter alia, the amount of vaccenic acid isomer absorbed in the duodenum, as well as linolenic and linoleic acids with their isomers. However, the accurate analysis of fat given in fodder is required. Moreover, the pasture systems of dairy cows feeding or indoor green forage supply during the summer is of a greater significance. Lauric and myristic acids should not be given with fodder fats because they reduce yield and health-related value of milk. Besides the dietary factors, it is possible to increase milk health-related properties through increased desaturase content in the mammary gland, as well as the presence of new forms of fatty acids in some vegetable oils obtained by genetic manipulations.

**Keywords:** cows, transformations in the rumen, mammary gland, milk, fatty acids, CLA

Zainteresowanie składnikami diety człowieka stanowi przedmiot wielu badań wskazujących na zwiększenie w niej zawartości składników bioaktywnych. Stąd też zasadnym wydaje się całościowe spojrzenie na przemiany u przeżuwaczy tłuszczu paszy łącznie z gruczołem mlekowym w oparciu o najnowsze prace z zakresu tej tematyki. Poznanie wpływu czynników determinujących zawartość składników frakcji tłuszczowej mleka z punktu widzenia jego jakości wydaje się interesujące i może przyczynić się do zwiększenia spożycia mleka.

## Przemiany i synteza tłuszczu w żwaczu

Tłuszcze paszowe podlegają intensywnemu metabolizmowi w żwaczu, co profiluje kwasy tłuszczowe (FA) absorbowane i wykorzystywane do syntezy w organizmie (4). Dwa główne procesy transformacji to hydroliza do estrów łącząca się z uwalnianiem wolnych FA i biouwodorowanie nienasyconych kwasów tłuszczowych (UFA) (20). W procesie tym bierze udział kilka rodzajów bakterii żwaczowych, a czynnikiem stymulującym jest osłona bakterii przed toksycznym działaniem wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (PUFA). Pochodzące z paszy krów kwasy: C18:2, n-6

(LA – linolowy) i C18:3, n-3 (LNA – linolenowy) ulegają biouwodorowaniu do kwasu stearynowego (C18:0). W procesie tym powstaje również C18:1, trans-11 – kwas wackenowy (VA) i C18:2, cis-9, trans-11 skoniugowany kwas linolowy (CLA) wraz z izomerami, które absorbowane są w jelicie cienkim. Dopływ do dwunastnicy krów kwasu trans wackenowego C18:1 trans-11 (TVA) waha się od 20 do 140 g/dzień, co stanowi 10-20% w stosunku do pobranych w dawce pokarmowej kwasów tłuszczowych PUFA (11). Modyfikacje diet pokarmowych i zmiany zachodzące w żwaczu wpływają na proces biouwodorowania, a tym samym na obecność produktów biouwodorowania w mleku krów (4, 15).

Mikroorganizmy dokonujące lipolizy tłuszczu paszowego w żwaczu to bakterie z rodzaju *Butyrivibrio* oraz pierwotniaki *Epidinium spp.* W procesie biouwodorowania kwasu linolowego udział biorą bakterie: *Butyrivibrio fibrisolvens*, *Eubacterium spp.*, *Ruminococcus albus*, *Borrelia* i *Micrococcus* oraz *Fusocillus spp.* (11). Mikroorganizmy żwacza syntetyzują długolącuchowe kwasy tłuszczowe. Podstawowym substratem do tej syntezy jest kwas octowy, a kwasy tłuszczowe rozgałęzione (izokwasy i kwas walerianowy)

inicjują ten proces (25). Rola pierwotniaków żwacza w lipolizie i biouwodorowaniu nienasyconych kwasów tłuszczowych jest niewielka. W lipidach bakterii dominują kwasy tłuszczowe C16:0, C18:0 i C18:1. Większość z nich znajduje się w bakteriach fazy stałej żwacza. Koncentracja kwasów tłuszczowych w bakteriach waha się od 50 do 150 g/kg s.m. (11).

Przemiany kwasów tłuszczowych paszy w żwaczu krów mlecznych przedstawiono na przykładzie klasycznego doświadczenia (24), w którym stosowano mydła wapniowe oleju roślinnego (Megalac) lub tłuszcz zwierzęcy i roślinny w ilości, odpowiednio, 3% lub 6% w s.m. Wykazano, że w żwaczu syntetyzowane było 106 g/dzień tłuszczu, a do dwunastnicy dochodziło około 70% dodanego tłuszczu. Niezależnie od diety pokarmowej syntetyzowane kwasy tłuszczowe w przeważającej większości były nieparzyste lub rozgałęzione. Ponad 90% tych kwasów tłuszczowych o łańcuchu krótszym od C 14 ulegało dalszym przemianom.

Nienasycone kwasy tłuszczowe z mydeł Ca ulegały biouwodorowaniu w 57%, a z mieszaniny tłuszczów zwierzęcych i roślinnych w 87%. Kwasy tłuszczowe z mydeł były lepiej trawione (80% do 75,7%) wskutek większej ilości nienasyconych kwasów w jelicie cienkim. Syntetyzowana ilość tłuszczu w żwaczu przez bakterie (106 g/dzień) stanowi około 10% w stosunku do masy organicznej bakterii dopływającej do dwunastnicy (około 1000 g/dzień). Krótkołańcuchowe < C:14 kwasy z treści żwacza ulegały absorpcji (ewentualnie po degradacji) albo ulegały elongacji do kwasów długołańcuchowych (24).

Wu i Palmquist (25) wykazali, że podczas inkubacji suszu z kupkówki (tab. 1) niemal dwukrotnie zwiększyła się ilość kwasów nieparzystych i rozgałęzionych, natomiast 6% dodatku Megalacu miało niewielki

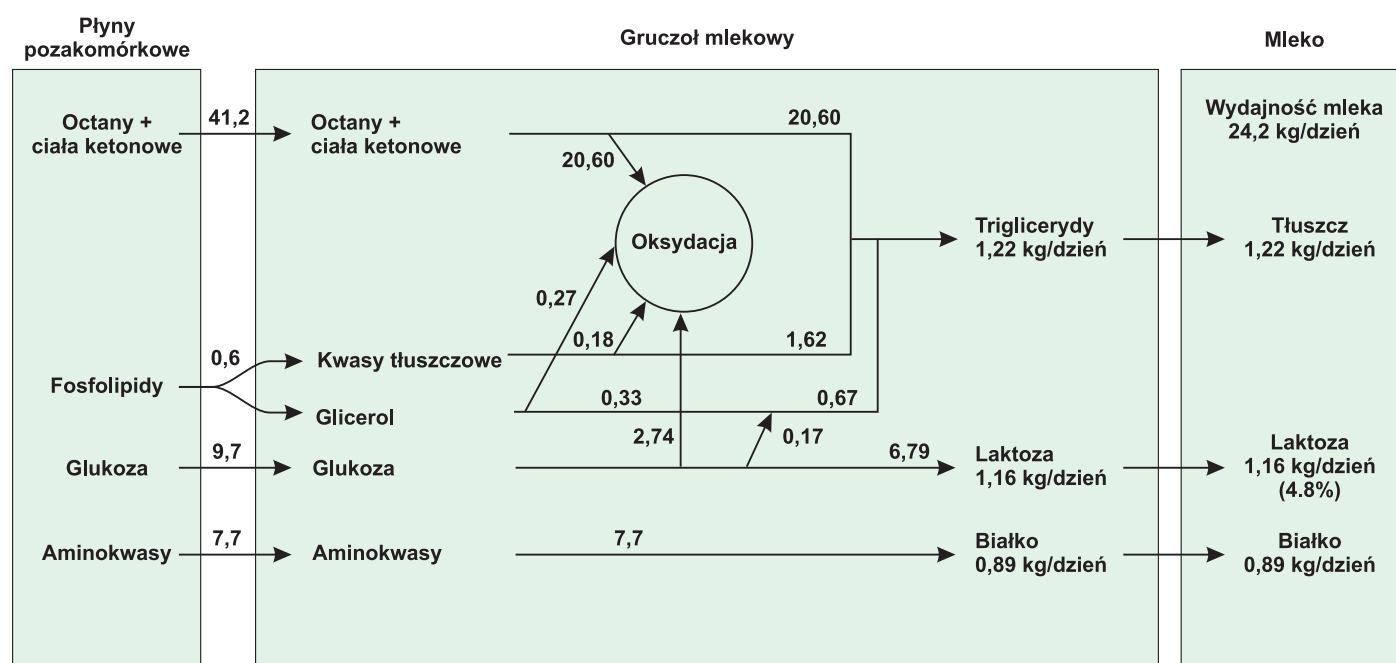
Tab. 1. Zmiany składu kwasów tłuszczowych suszu z lucerny i kupkówki oraz z dodatkiem 6% Megalacu po inkubacji *in vitro* (25)

Długość łańcucha	Susze			
	z lucerny	dodatek 6% Megalac	z kupkówki	dodatek 6% Megalac
mg/g diety				
≤ C 14	11,4	12,0	14,9	16,5
Nieparzyste	5,4	5,4	10,4	8,7
Rozgałęzione	5,0	4,7	10,3	8,0
Suma C 18	-0,2	-0,1	-1,2	-0,7

wpływ na syntezę kwasów tłuszczowych. Synteza tych kwasów była wyraźnie większa z suszu z kupkówki niż z suszu z lucerny. Biouwodorowanie kwasu cis-9 C18:1 (kwasu oleinowego) z suszu z lucerny było bardzo niskie (15,1%) w porównaniu do kwasów C18:2 i 18:3, które wynosiło, odpowiednio: 80% i 87%. Dla obu suszów stopień biouwodorowania sumy kwasów C18:1+2+3 był podobny. Po inkubacji suszu z lucerny ilość kwasu oleinowego obniżyła się, a zawartość jego izomeru – kwas wakcenyowy – zwiększyła się (z 0,8 do 2,2 mg/g). Wyraźnie wzrosła ilość kwasu stearynowego (z 0,7 do 6,1 mg/g) (25). W żwaczu wielkość biouwodorowania PUFA zależy od koncentracji w paszy LA, szybkości pasażu i pH płynu żwacza (21).

### Metabolizm składników odżywczych w gruczole mlekowym

Tłuszcz mleka zawiera ponad 400 różnych kwasów tłuszczowych, z których większość to produkty przejściowe metabolizmu tłuszczów bakterii żwaczowych. Wiele z nich występuje w ilościach śladowych (2). Potrzebne do syntezy tłuszczu mleka długołańcuchowe



Ryc. 1. Metabolizm składników odżywczych i synteza tłuszczu mleka w gruczole mlekowym krów (średnie wartości wyrażone w molach/dzień) (22)

we kwasy pochodzą z płynów ustrojowych po absorpcji oraz z tłuszczu zapasowego. U dobrze żywionych krów tylko 5% tych kwasów pochodzi z tkanki tłuszczowej, a ponad 20% u krów żywionych dietami niedoborowymi w zakresie energii (4). Krowa po ocaleniu do syntezy tłuszczu mleka wykorzystuje około 40% wolnych kwasów tłuszczowych, co skutkuje wysoką zawartością tłuszczu w mleku (5-7%). Wskazuje to na późniejsze schorzenia metaboliczne (stłuszczenie wątroby, ketoza) (5).

Metabolizm składników odżywczych i syntezę tłuszczu mleka w gruczole mlekowym krów (25 kg mleka/dzień) wyrażoną w molach/dzień przedstawiono na ryc. 1 (22). W syntezie triacylogliceroli udział glukozy potrzebnej do produkcji glicerolu (0,17 mola) jest mały. Ilość octanów ocenia się na 2,42 kg (50% ilości absorbowanej), a 3-hydroksymaślanów na około 0,7 kg. W metabolizmie tłuszczu mleka dominują dwa składniki odżywcze – octany i glukoza.

Triacyloglicerole w tłuszczu mleka krów stanowią ok. 98%, a synteza i sekrecja innych frakcji lipidowych jest niewielka. Triacyloglicerole mleka charakteryzują się dużą zawartością kwasów tłuszczowych krótko- i średniołańcuchowych (C4 – C14). Kwasy te oraz część kwasu palmitynowego (C 16) syntetyzowane są *de novo* w gruczole mlekowym, przede wszystkim z octanów i 3-hydroksymaślanów. Długołańcuchowe kwasy tłuszczowe ( $\geq$  C 16) pobierane są z triacylogliceroli osocza krwi – z VLDL – o niskiej gęstości lipoprotein i z chylomikry (22).

Schemat syntezy tłuszczu mleka w komórce nabłonka gruczołu mlekowego krów przedstawiono na ryc. 2 (7).

Kwasy tłuszczowe C18 ze żwacza drogą układu krwionośnego przechodzą do gruczołu mlekowego. Bezpośrednio przechodzą kwasy – linolenowy, linolowy i CLA. Natomiast kwas trans wakcenyowy i stearynowy, produkty biowodorowania w żwaczu kwasu linolowego, w gruczole mlekowym pod wpływem enzymu  $\Delta^9$ -desaturazy ulegają konwersji do CLA i kwasu oleinowego (11).

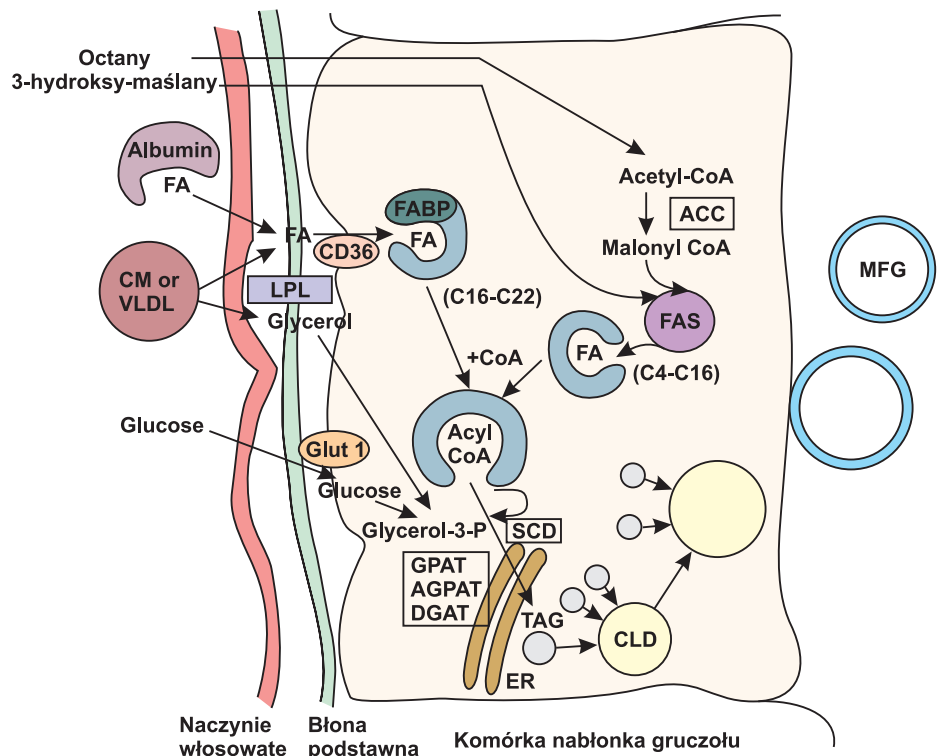
W grupie kwasów trans np. kwas oktadekenowy (C18:1 trans-10) występują inhibitory syntezy tłuszczu mleka *de novo* – w gruczole mlekowym (3). Spotykana niekiedy depresja zawartości tłuszczu w mleku krów (MFD) wywołana jest głównie dwoma czynnikami. Pierwszy to zwiększony dopływ do gruczołu mlekowego glukozy i propio-

nanów, a zmniejszony octanów i 3-hydroksymaślanów. Drugi to wzrost ilości kwasów tłuszczowych trans w metabolizmie kwasu linolowego w żwaczu (trans-10, cis-12 – CLA, trans-10, trans-12 – CLA), które hamują lipogenezę i obniżają indeks desaturazy (23).

Hristov i wsp. (14) oceniali wpływ dodatku kwasu laurynowego (C12:0) i mirystynowego (C14:0) na zawartość i skład tłuszczu mleka. Kwas laurynowy (L) obniżał wydajność mleka i zawartość tłuszczu w mleku. Zależności tej nie potwierdzono dla dodatku kwasu mirystynowego (MA). Koncentracja w tłuszczu mleka kwasu L wzrosła o ponad 100%, a ilość kwasów  $<$  C16 była o 20% niższa. Natomiast koncentracja kwasu MA wzrosła o 45%. Zwiększyła się również ilość kwasu trans C18:1 oraz izomerów CLA w porównaniu do ich zawartości w grupie kontrolnej i w grupie, która otrzymywała dodatek kwasu MA (14).

### Stosowanie tłuszczów roślinnych a zmiany w żwaczu i w tłuszczu mleka

CLA nazywany niekiedy kwasem rumenowym (Rumenic acid, RA) jest składnikiem tłuszczu mleka z udowodnionym pozytywnym wpływem na zdrowie człowieka. W gruczole mlekowym większość RA



Ryc. 2. Synteza tłuszczu mleka w komórce nabłonka gruczołu mlekowego krów (7)

Objaśnienia: ACC – acetyl-CoA karboksylaza; AGPAT – 1-acyl glicerol 3-fosforo acyl transferaza; CD36 – grono różnicujące 36; CLD – kropla tłuszczu cytoplazmy; CoA – koenzym A; CM – chylomikra; DGAT – acylotransferaza 1diacyloglicerolu; ER – reticulum endoplazmy; FA – kwasy tłuszczowe; FABP – białka wiążące kwasy tłuszczowe; FAS – syntaza kwasów tłuszczowych; Glut 1 – transporter glukozy 1; GPAT – glicerol 3-fosforano acyl transferaza; LPL – lipaza lipoproteinowa; MFG – globula tłuszczu mleka; SCD – stearyl-CoA desaturaza; TAG – triacyloglicerole; VLDL – lipoproteiny o bardzo niskiej gęstości

**Tab. 2. Pobranie kwasów tłuszczowych z pasz objętościowych przez krowy (17)**

Pobrane kwasy	Dieta pokarmowa			
	Zielonka z pastwiska oferowana	Zielonka z pastwiska pobrana	Trawa koszona z pastwiska	Kiszonka z traw
Kwas linolowy (18:2 n-6), g/dzień	91,8 <sup>a</sup>	75,46 <sup>b</sup>	76,71 <sup>b</sup>	50,54 <sup>c</sup>
Kwas linolenowy (18:3 n-3), g/dzień	341,49 <sup>a</sup>	235,16 <sup>b</sup>	249,91 <sup>b</sup>	113,32 <sup>c</sup>
Ogólne pobranie kwasów, g/dzień	433,28 <sup>a</sup>	310,61 <sup>b</sup>	326,62 <sup>b</sup>	163,86 <sup>c</sup>

(80%) powstaje z VA przy obecności enzymu  $\Delta^9$ -desaturazy (12). Biosynteza CLA mleka zależy od: nasilenia biohydrogenizacji w żwaczu, ilości substratu w paszy (LA, LNA) i aktywności  $\Delta^9$ -desaturazy w gruczole mlekowym. Ilość RA w mleku krów żywionych paszami objętościowymi układa się według następującego rankingu: świeża trawa > siano > kiszonka z kukurydzy > kiszonka z traw (9).

Porównanie krów rasy hf pobierających trawę na pastwisku, koszoną na pastwisku i podawaną w oborze oraz w formie kisonki (tab. 2) wskazuje, że krowy pastwiskowane produkują dziennie około 20 g RA (CLA) w mleku, w oborze około 10 g, a żywione kisonką tylko 2-4 g/dziennie. Natomiast indeks desaturazy w mleku (cis 9-14:1/14:0) jest podobny (17).

Nałęcz-Tarwacka i wsp. (18, 19) podają, że najwięcej CLA zawiera mleko krów żywionych na pastwisku. Dodatek nasion lnu do diety pokarmowej krów zwiększa w tłuszczu mleka zawartość: CLA, LNA, EPA, DHA i obniża poziom cholesterolu. Podawane w diecie oleje roślinne: rzepakowy, słonecznikowy, lniany i sojowy 1,5% s.m. (320 g/dzień) nie miały wpływu na wydajność mleka (8). Natomiast dodatek oleju rzepakowego i lnianego zwiększył zawartość tłuszczu w mleku, a słonecznikowego – obniżył. Dodatek oleju lnianego lub słonecznikowego o 16% zwiększył ilość izomerów kwasu CLA w tłuszczu mleka. Najwyższą zawartość izomerów cis-9 trans-11 CLA stwierdzono w mleku krów otrzymujących olej słonecznikowy. Dzienna produkcja CLA cis-9 trans-11 w mleku krów wynosiła 8,8-10,5 g/dzień i była wyższa przy podawaniu oleju słonecznikowego oraz rzepakowego. Czauderna i wsp. (10) wykazali, że wzrost zawartości białka w diecie kóz obniża zawartość C16:0 w mleku; zmniejsza się również wydajność  $\Delta^6$ -desaturazy i elongacji.

### Prozdrowotne i antyzdrowotne składniki tłuszczu mleka

Do korzystnych dla zdrowia człowieka funkcji tłuszczu należą: sprzężony kwas linolowy (CLA), kwas trans wakcenyowy (TVA), kwasy jednonienasycone (MUFA), wielonienasycone kwasy (PUFA), kwasy krótkołańcuchowe, kwas masłowy (C4:0) i cholesterol frakcji HDL. Są one przedmiotem licznych badań

i budzą zainteresowanie wielu badaczy, o czym świadczą prace z zakresu tej tematyki (4, 18).

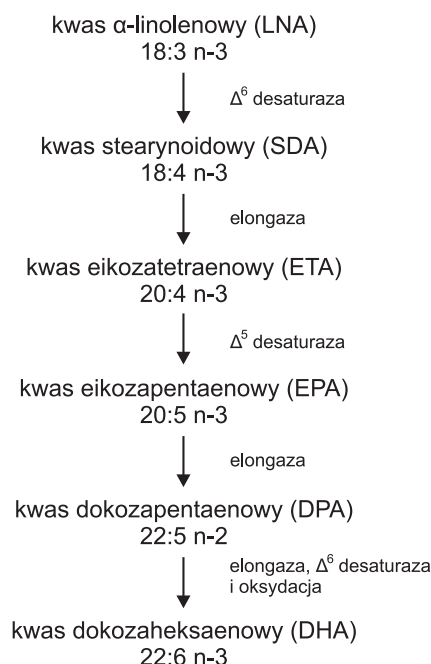
Przedstawiony na Kongresie Bujatrycznym w Chile referat (4) dotyczący składników tłuszczu mleka dowodzi, że przedmiotem zainteresowań medycznych są nasycone kwasy tłuszczowe (SFA) i ich wpływ głównie na choroby serca (wieńcowe i inne). Z kwasów nasyconych jedynie kwasy: laurynowy (C12:0), mirystynowy (C14:0) i palmitynowy (C16:0) zwiększają poziom ogólnego cholesterolu i frakcji LDL we krwi. Kwasy te stanowią jednak tylko ¼ ogółu kwasów tłuszczowych mleka. Przeprowadzona metaanaliza (16) wykazała, że kwasy te korzystnie działają na krążenie i zawartość cholesterolu HDL, obniżając ryzyko choroby wieńcowej. Należy jednak podkreślić, że ciągle trwają dyskusje odnośnie do zalet i ryzyka spożywania tłuszczu mleka.

Tłuszcz mleka zawiera około 2-4% kwasów tłuszczowych trans (TFA) najczęściej w postaci trans C18:1 i niewiele w postaci trans PUFA, np. w CLA. Kwasami trans zainteresowano się od momentu, kiedy powiązano je z ryzykiem wystąpienia chorób wieńcowych serca i innych chronicznych schorzeń. Podwójne wiązanie trans występuje przy przemysłowym uwodornianiu olejów roślinnych, a także przy biouwodornianiu w żwaczu bydła. W margarynie występuje dużo izomerów trans C 9, C 10 i C 11. W tłuszczu mleka głównym izomerem jest kwas wakcenyowy (VA). Stwierdzono, że dieta bogata w TFA zwiększa poziom ogólnego cholesterolu i LDL we krwi, a zmniejsza poziom frakcji HDL. Kwas wakcenyowy w gruczole mlekowym w obecności enzymu  $\Delta^9$ -desaturazy ulega konwersji do CLA. Zwiększa to ilość tego korzystnego dla zdrowia człowieka składnika w mleku (4).

Nienasycone kwasy tłuszczowe stanowią część tzw. żywności funkcjonalnej. Zawierają kwas oleinowy, kwasy długołańcuchowe omega-3 i kwas rumenowy (CLA). Zawartość ich w mleku jest dość niska i wynosi ok. 4% ogólnej ilości kwasów tłuszczowych.

Tłuszcz mleka jest doskonałym źródłem kwasu oleinowego (cis-9, C 18:1), gdyż stanowi on około 24% ogólnej ilości kwasów tłuszczowych. Jest on syntetyzowany w gruczole mlekowym z kwasu stearynowego poprzez konwersję przy udziale enzymu  $\Delta^9$ -desaturazy. Wielkość produkowanej  $\Delta^9$ -desaturazy u krów jest różna (4). Około 2/3 kwasu stearynowego ulega tej konwersji. Wpływa to na właściwości fizyczne mleka.

Zawartość kwasów tłuszczowych omega-3 w mleku interesuje wielu naukowców, gdyż są one niezbędne dla wzrostu i rozwoju zwierząt. Są także korzystne dla utrzymania zdrowia człowieka, gdyż zapobiegają przewlekłym schorzeniom i stanom zapalnym, chorobom serca i zaburzeniom neurologicznym. Zawartość tych kwasów w tłuszczu mleka jest jednak niska i nie przekracza 0,5% ogólnej ilości FA. Występują głównie w postaci kwasu linolenowego (LNA), który pełni rolę funkcjonalną w kilku procesach. Ważne są rów-



Ryc. 3. Biosynteza kwasów tłuszczowych omega 3 (6)

niez jego pochodne po konwersji – kwasy długołańcuchowe omega-3, EPA i DHA, które odgrywają istotną rolę w zapobieganiu przewlekłym schorzeniom. U krów próbowano zwiększyć ilość kwasu α-linolenowego, stosując w diecie dodatek oleju lnianego lub utrzymując krowy na pastwisku. Nie uzyskano jednak wzrostu zawartości EPA i DHA w tłuszczu mleka krów. Przyczyna tkwi w limitowanych ilościach enzymu  $\Delta^6$ -desaturazy w gruczole mlekowym krów, który jest niezbędny do konwersji. Podejmowane są próby zwiększenia ilości kwasów omega-3, EPA i DHA, wprowadzając do diety krów olej rybny (4). Inną metodą jest podawanie kwasu stearynowego C18:4, n-3 pochodzenia roślinnego, który do konwersji wymaga mniejszej zawartości enzymu  $\Delta^6$ -desaturazy (4). Wyhodowano nawet soję, której olej zawiera ten kwas tłuszczowy C18:4, n-3 (ryc. 3).

Głównym źródłem skoniugowanego kwasu linolowego (CLA) dla człowieka są produkty pochodzące od przeżuwaczy, w tym mleko krów. W 90% predominantem CLA jest kwas rumenowy (RA). Zwiększenie produkcji kwasu wakcenenowego w żwaczu i dostateczna ilość enzymu  $\Delta^9$ -desaturazy decydują o ilości RA, a następnie CLA. Kwas CLA ma działanie antykanцерogenne, szczególnie przy raku piersi oraz wykazuje efekt antyaterogenny. Zmienia korzystnie metabolizm cholesterolu i lipoprotein oraz ma działanie przeciwzapalne.

### Podsumowanie

Od kilkunastu lat w żywieniu krów wysoko wydajnych po ocieleniu propaguje się dodatek tłuszczów roślinnych i zwierzęcych jako uzupełnienie brakującej energii. W świetle badań z ostatnich lat sprawa ta staje się skomplikowana i wymaga dokładnej analizy

podawanego tłuszczu. Ze względu na właściwości prozdrowotne tłuszczu mleka w ostatnich latach preferowano tłuszcze roślinne o określonym składzie (małej ilości kwasów nasyconych, a dużej – nienasyconych).

Dążenie do maksymalnej wydajności mlecznej krów należy zastąpić dążeniem do pozyskiwania wartościowego mleka. Znaczenia nabierają wówczas systemy żywienia z użyciem pastwiska i z dowożeniem latem zielonek do obór krów mlecznych. Badania ostatnich lat wykazują, iż kwasy laurynowy i mirystynowy nie powinny być dodawane do tłuszczów paszowych, gdyż obniżają one zarówno ilość, jak i wartość prozdrowotną mleka. Niektóre prace wskazują, że na drodze manipulacji genetycznych możliwe jest zwiększenie wartości prozdrowotnej mleka poprzez wzrost desaturaz w gruczole mlekowym i nowe formy kwasów tłuszczowych w niektórych olejach roślinnych.

Powstaje zatem pytanie, jaką metodą zwiększyć prozdrowotne cechy mleka krów – czy stosując pastwisko, zielonki świeże i konserwowane, czy też dodatki wybranych olejów w postaci naturalnej lub mydeł? Holenderscy autorzy (11) podają model symulowanego metabolizmu tłuszczów w żwaczu krów dla diet z różnymi rodzajami pasz. Duży dodatek olejów (ok. 600 g/dzień) obniża strawność NDF o około 13%, a ilość N-mikrobiologicznego o około 8%. Badania amerykańskie (1, 13) wykazują, iż mydła wapniowe oleju palmowego i długołańcuchowych kwasów nienasyconych wyraźnie obniżają pobranie paszy oraz wydajność mleka i zawartość tłuszczu w mleku. Dodawane nasycone kwasy tłuszczowe wprawdzie nie zmieniają pobrania i trawienia paszy, ale nie poprawiają właściwości prozdrowotnych mleka. Reasumując, wydaje się, że najbardziej pożądana byłaby droga naturalna (pastwisko, zielonki świeże i konserwowane) lub niewielki dodatek olejów roślinnych (około 1% s.m.).

### Piśmiennictwo

1. Allen M. S.: Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 2000, 83, 1598-1624.
2. Barłowska J., Litwińczuk Z.: Właściwości odżywcze i prozdrowotne tłuszczu mleka. *Medycyna Wet.* 2009, 65, 171-174.
3. Bauman D. E., Griinari J. M.: Regulation and nutritional manipulation of milk fat: low-fat milk syndrome. *Livestock Prod. Sci.* 2001, 70, 15-29.
4. Bauman D. E., Lock A. L.: Milk fatty acid composition: challenges and opportunities related to human health. XXVI World Buiatrics Congress 14-18 November, Santiago, Chile 2010, s. 278-289.
5. Bell A. W.: Regulation of organic nutrient metabolism during transition from late pregnancy to early lactation. *J. Dairy Sci.* 1995, 73, 2804-2819.
6. Bernal-Santos G., O'Donnell A. M., Vicini J. L., Hartnell G. F., Bauman D. E.: Enhancing omega-3 fatty acids in milk fat of dairy cows by using stearidonic acid-enriched soybean oil from genetically modified soybeans. *J. Dairy Sci.* 2010, 93, 32-37.
7. Bernard L., Leroux C., Chilliard Y.: Expression and nutritional regulation of lipogenic genes in the ruminant lactating mammary gland, [w:] Böse Z.: Bioactive Components of Milk. *Adv. Exp. Med. Biol.* 2008, 606, 67-108.
8. Brzóska F.: Effect of dietary vegetable oils on milk yield, composition and CLA isomer profile in milk from dairy cows. *J. Anim. Feed Sci.* 2005, 14, 445-459.
9. Chillard Y., Ferlay A.: Dietary lipids and forages interactions on cow and goat milk fatty acid composition and sensory properties. *Reprod. Nutr. Dev.* 2004, 44, 467-492.

10. *Czauderna M., Kowalczyk J., Michalski J. P.*: Effect of a protein level in the diet on the concentration of selected fatty acids in goat milk. XXXIX Sesja Nauk. PAN „Żywnienie w regulacji rozwoju i produktywności zwierząt”. Rynia k. Warszawy 26-28.05.2010, s. 20.
11. *Elgersma A., Tamminga S., Dijkstra J.*: Lipids in herbage: their fate in the rumen of dairy cows and implications for milk quality, [w:] Elgersma A., Dijkstra J., Tamminga S.: Fresh Herbage for Dairy Cattle 2006, 18, 175-194.
12. *Griinari J. M., Corl B. A., Lacy S. H., Chouinard P. Y., Nurmela K. V. V., Bauman D. E.*: Conjugated linoleic acid is synthesized endogenously in lactating dairy cows by  $\Delta^9$  desaturase. *J. Nutr.* 2000, 130, 2285-2291.
13. *Harvatine K. J., Allen M. S.*: Effects of fatty acid supplements on feed intake, and feeding and chewing behavior of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 2006, 89, 1104-1112.
14. *Hristov A. N., Lee C., Cassidy T., Long M., Heyler K., Corl B., Forster R.*: Effects of lauric and myristic acids on ruminal fermentation production, and milk fatty acid composition in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 2011, 94, 382-395.
15. *Łuczak W., Kinal S., Preś J.*: Niektóre możliwości sterowania procesami w żywcu ze szczególnym uwzględnieniem dodawanego tłuszczu i skrobi pasz zbożowych. *Biul. Inf. Inst. Zoot.* XL, 2002, 4, 5-22.
16. *Mensik R. P., Zock P. L., Kester A. D. M., Katan M. B.*: Effects of dietary fatty acids and carbohydrates on the ratio of serum total to HDL cholesterol and on serum lipids and apolipoproteins: A meta-analysis of 60 controlled trials. *Am. J. Clin. Nutr.* 2003, 77, 1146-1155.
17. *Mohammed R., Stanton C. S., Kennelly J. J., Kramer J. K. G., Mee J. F., Glimm D. R., Donovan M. O., Murphy J. J.*: Grazing cows are more efficient than zero-grazed and Grass silage-fed cows In milk rumenic acid production. *J. Dairy Sci.* 2009, 92, 3874-3893.
18. *Nalęcz-Tarwacka T., Grodzki H., Kuczyńska B.*: Przydatność nasion lnu do modyfikacji składników frakcji tłuszczowej mleka krów. *Medycyna Wet.* 2008, 64, 85-87.
19. *Nalęcz-Tarwacka T., Kuczyńska B., Grodzki H., Słószarz J.*: Wpływ wybranych czynników na zawartość koniugowanego kwasu linolowego w mleku krów. *Medycyna Wet.* 2009, 65, 326-329.
20. *Palmquist D. L., Lock A. L., Shingfield K. J., Bauman D. E.*: Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants and humans. *Adv. Food Nutr. Res.* 2005, 50, 179-218.
21. *Qiu X., Eastridge M. L., Griswold K. E., Firkins J. L.*: Effects of substrate, passage rate, and pH in continuous culture on flows of conjugated linoleic acid and trans C18:1. *J. Dairy Sci.* 2004, 87, 3473-3479.
22. *Riis P. M., Danfaer A., Hvelplund T., Madsen A., Madsen J., Nielsen M. O., Petersen P. H., Sejrsen K.*: A model for the efficient use of new information within physiology, nutrition and breeding of dairy cows. *Beretning fra Statens Husdyrbrugsforsøg, Denmark* 1990, 666, 3-69.
23. *Shingfield K. J., Bernard L., Leroux C., Chilliard Y.*: Role of trans fatty acids in the nutritional regulation of mammary lipogenesis in ruminants. *Animal* 2010, 4, 1140-1166.
24. *Wu Z., Ohajuruka O. A., Palmquist D. L.*: Ruminal synthesis, biohydrogenation, and digestibility of fatty acids by dairy cows. *J. Dairy Sci.* 1991, 74, 3025-3034.
25. *Wu Z., Palmquist D. L.*: Synthesis and biohydrogenation of fatty acids by ruminal microorganisms in vitro. *J. Dairy Sci.* 1991, 74, 3035-3046.

**Adres autora: dr hab. Marian Kuczaj, prof. nadzw., ul. Chelmońskiego 38 c, 51-630 Wrocław; e-mail: marian.kuczaj@up.wroc.pl**