

Bioaktywne składniki frakcji tłuszczowej mleka

Barbara Reklewska, Elżbieta Bernatowicz

SGGW

W przeszłości dietetyczna wartość mleka była wiązana z zawartością egzogennych aminokwasów w białku, dzięki czemu było ono biologicznie pełnowartościowe. Z tego względu mleko ceniono jako pokarm zawierający komplet składników ważnych dla zdrowia oraz prawidłowego wzrostu i rozwoju młodych organizmów.

W latach pięćdziesiątych rozprzestrzeniła się teoria sugerująca niekorzystny wpływ nasyconych tłuszczów zwierzęcych na poziom cholesterolu we krwi, prowadzący do arteriosklerozy i choroby wieńcowej serca. Teoria ta propagowana była przez dietetyków i lekarzy, zalecających spożywanie olei roślinnych i ostrzegających przed tłuszczami zwierzęcymi [32]. Była to teoria niezwykle korzystna dla producentów margaryny, żywnie zainteresowanych w szerzeniu fałszywych opinii, że tłuszcz mleczny jest szkodliwy, że zawiera znacznie więcej trans izomerów kwasów tłuszczowych niż margaryna. W konsekwencji propagowania beztłuszczowych bądź niskotłuszczowych produktów mleczarskich światowe spożycie masła na głowę ludności obniżyło się znacząco i masło zostało zastąpione przez margarynę w diecie wielu ludzi. Obecnie jednak sytuacja ulega zmianie, na całym świecie rośnie zainteresowanie konsumentów naturalnymi, niemodyfikowanymi produktami spożywczymi. W ślad za tym badania dotyczące dietetycznych i prozdrowotnych aspektów naturalnych produktów zaczynają zajmować priorytetowe pozycje w programach badawczych, w tym również w unijnym 6 Programie Ramowym (FP6).

Tłuszcz mleka ma unikalną strukturę kuleczek tłuszczowych, ich wnętrze wypełnione jest przez triacyloglicerole, stanowiące 97-98% tłuszczu mleka. Otoczka kuleczki tłuszczowej, obok glikoprotein, zawiera około 1,1% fosfolipidów. Pozostałą część stanowią mono- i diacyloglicerole (odpowiednio 0,16-0,38%; 0,28-0,59%), wolne kwasy tłuszczowe 0,1-0,4%, sterole (w tym głównie cholesterol) 0,42% oraz karotenoidy i witaminy rozpuszczalne w tłuszczach [24].

Zarówno składniki otoczki kuleczki tłuszczowej, jak i tłuszcz zawarty w jej wnętrzu, obok wartości odżywczej, pełnią funkcję ochronną przeciwko mikroorganizmom. W przewodzie pokarmowym działanie produktów lipolizy tłuszczu, tj. wolnych kwasów tłuszczowych i monoacylogliceroli, jest zbliżone do litycznego efektu detergentów. Działanie produktów rozpadu tłuszczu mlecznego jest skuteczne nie tylko w przy-

padku bakterii i pierwotniaków, lecz także wobec wirusów otoczonych białkową osłonką [14]. Zatem tłuszcz, jako drugi składnik mleka pod względem ilościowego udziału, jest ważnym instrumentem ochrony noworodków przed infekcjami. Nie mniej ważne funkcje biologiczne pełnią pozostałe składniki tłuszczu mleka, również i te występujące w śladowych ilościach, którym do niedawna nie przypisywano większego znaczenia. Wiele z tych „mikro” lipidów zidentyfikowano jako substancje działające w śladowych koncentracjach o różnorodnych, silnych efektach biologicznych.

Tłuszcz mlekowy syntetyzowany jest w części przy udziale mikroflory żwacza z octanu, β -hydroksymaślanu, triacylogliceroli, lipoprotein oraz w mniejszych ilościach ze steroli, fosfolipidów, wolnego glicerolu i wolnych kwasów tłuszczowych. Synteza ta odbywa się w komórkach mlekotwórczych gruczołu mlecznego, skąd tłuszcz wydzielany jest do mleka w formie kuleczek, stabilizowanych dzięki obecności otoczek kuleczek tłuszczowych. W tłuszczu mleka krowiego zidentyfikowano ponad 500 kwasów tłuszczowych, co świadczy o jego złożonej strukturze [52]. Kwasy tłuszczowe, o długości łańcuchów od 4 do 16 atomów węgla, syntetyzowane są przez tkankę gruczołową wymienia, a kwasy o dłuższych łańcuchach węglowych przechodzą z osocza krwi (dzięki temu istnieją duże możliwości modyfikowania składu tłuszczu mlekowego poprzez manipulowanie dietą).

Do bioaktywnych składników frakcji tłuszczu mleka zaliczamy:

1. Monoacyloglicerole (MG), należące do tłuszczów prostych.
2. Fosfolipidy, w tym sfingomieliiny, należące do tłuszczów złożonych.
3. Nienasycone kwasy tłuszczowe, w tym kwas linolowy i kwas linolenowy oraz liczne wielonienasycone kwasy tłuszczowe określane skrótem PUFA (polyunsaturated fatty acids), wśród nich arachidonowy (AA), eikozapentaenowy (EPA) i dokozaheksaenowy (DHA), a także izomery: kwas *trans*-wakcenyowy (C 18:1 *trans* 11). Sprzężone kwasy linolowe (CLA) obejmujące grupę izomerów, w tym najlepiej poznany izomer C18:2 *cis* 9 *trans* 11, utożsamiany z nazwą CLA oraz C18:2 *trans* 10 *cis* 12.

4. Niektóre sterole (w tym cholesterol), karotenoidy (m.in. β -karoten) oraz witaminy rozpuszczalne w tłuszczach – A i E.

Zidentyfikowano bezspornie następujące funkcjonalne efekty poszczególnych składników frakcji tłuszczowej mleka [18, 21, 24, 26, 32, 36, 37, 43]:

♦ Monoacyloglicerole – działanie: antibakteryjne, antywirusowe.

♦ Kwasy tłuszczowe – działanie: antibakteryjne – C4:0; antynowotworowe – C18:3, C18:2 *cis* 9 *trans* 11 (CLA); antimutagenne – CLA; antymiażdżycowe – CLA C20:5, C22:6; antyzakrzepowe, przeciwzapalne, obniżające ciśnienie krwi – C20:4, C22:5; antyoksydacyjne – CLA.

♦ Fosfolipidy (w tym sfingomielina) – działanie: antynowotworowe; różnicowanie komórek; apoptoza; receptory hormonów, toksyn.

♦ Witaminy A, E i β -karoten (przeciwutleniacze) – warunkują: odporność, procesy wzrostu, reprodukcji, widzenie.

♦ Cholesterol – uważany za kluczowy czynnik ryzyka choroby wieńcowej serca (Keys, 1953; cyt. za Majjala [32]): ważny składnik wszystkich komórek i tkanek; główny składnik błon komórkowych; prekursor hormonów sterydowych i witaminy D, potrzebny dla prawidłowego wzrostu i rozwoju młodych ssaków.

Monoacyloglicerole stanowią nie więcej niż 0,1% tłuszczu mleka. Odgrywają rolę w litycznym niszczeniu drobnoustrojów: bakterii Gram-dodatnich i Gram-ujemnych, grzybów, pierwotniaków [13] i wirusów [14].

Fosfolipidy. Tłuszcze złożone w tłuszczu mlekowym to głównie fosfolipidy, stanowiące do 1% całości lipidów mleka [53]. Fosfolipidy mleka są jednym z głównych składników otoczek kuleczek tłuszczowych [5]. W swoim składzie zawierają: kwasy tłuszczowe o prostym i rozgałęzionym łańcuchu węglowym, od C10 do C22; długołańcuchowe kwasy nienasycone, głównie polienowe; alkohol i kwas fosforowy. Fosfolipidy ze względu na zdolność wiązania kationów, lokalizację i wchodzące w ich skład kwasy polienowe, działają jako przeciwutleniacze [22]. Fosfolipidy mleka składają się z 5 podstawowych frakcji: fosfatydylocholina (34%), sfingomieliny (25%), fosfatydyloseryny (3%), fosfatydyloetanolaminy (33%) i fosfatydyloinozytolu (5%) [33]. Dwie pierwsze frakcje są dla młodych organizmów jedynym źródłem choliny (Fox i Morrissey, 1985; cyt. za Batura [5]), która jest prekursorem fosfatydylocholina, sfingomieliny i plazmalogenu choliny – niezbędnych składników błon komórkowych [59]. Cholina jest także niezbędna do wytwarzania acetylocholina, głównego neurotransmitera.

Sfingomieliny. Bioaktywna frakcja fosfolipidów to sfingomieliny stanowiące 18-25% fosfolipidów mleka. Zbudowane są ze sfingozy, długołańcuchowych kwasów tłuszczowych i fosforylocholina. Wśród kwasów przeważają długołańcuchowe (od C16 do C24) nasycone kwasy tłuszczowe.

Sfingozyna charakteryzuje się najwyższą zawartością kwasu oleinowego (C18:1 – 64%) i palmitolejowego (C16:1 – 23%), a wśród kwasów tłuszczowych sfingomieliny najczęściej jest kwasu palmitynowego (C16:0 – 34%) oraz C23:0, C22:0 i C24:0 [32]. Z kwasów nienasyconych najczęściej jest kwasu oleinowego (3%), a pozostałe występują w śladowych ilościach (między innymi linolowy poniżej 1%).

Sfingomieliny wchodzą w skład osłonki mielinowej włókien nerwowych białej substancji mózgu, występują także w lipidach wątroby, śledziony i nerek. W mleku występują w stosunkowo niewielkich ilościach, głównie w otoczkach kuleczek tłuszczowych – około 100 mg/l mleka krów (dla porównania w mleku ludzkim jest ich 150 mg/l), przy czym w produktach mlecznych ich udział może wzrastać, np. w serach do 700 mg/kg, a w maśle do 1000 mg/kg produktu [36]. Obecnie zi-

dentyfikowano antynowotworowe działanie sfingomielin [26, 30, 39]. Wywierają one m.in. hamujący wpływ na rozwój nowotworów jelita grubego [19]. W ostatniej dekadzie wzrosło zainteresowanie metabolizmem sfingolipidów, odkąd wykryto, że produkty hydrolizy tych związków (zarówno endogennych jak i pochodzących z diety) mogą być ważnym sygnałem różnych funkcji komórkowych, takich jak: wzrost, różnicowanie lub apoptoza, czyli programowana śmierć komórki [Merrill, 1996; cyt. za Nyberg [36]; Parodi [41].

Nienasycone kwasy tłuszczowe. Stanowią największą grupę składników bioaktywnych w obrębie frakcji tłuszczowej mleka. Zawierają one od 2 do 6 wiązań nienasyconych, podwójnych. Należą one do dwóch rodzin kwasów, tzw. *n-3* oraz *n-6*. Podział na dwie rodziny kwasów związany jest z atomem węgla, przy którym znajduje się pierwsze nienasycone wiązanie, licząc od grupy metylowej. W obrębie każdej grupy kwasów są one syntetyzowane w określonej sekwencji z pierwszych przedstawicieli obu rodzin, czyli: kwasu linolowego (dla *n-6*) i kwasu α -linolenowego (dla *n-3*). Ważne jest zachowanie w diecie prawidłowych proporcji między udziałem kwasów z rodziny *n-6* do *n-3* w granicach 4-10 : 1. Kwasy z rodziny *n-6* wykazują wyższą aktywność biologiczną niż kwasy z rodziny *n-3*, jednak obydwie rodziny kwasów odznaczają się wielofunkcyjnością i szeroko rozpowszechnionym działaniem.

Niektóre kwasy polienowe należą do grupy kwasów niezbędnych do prawidłowego rozwoju i funkcjonowania organizmu, czyli niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych. Ssaki nie potrafią syntetyzować *de novo* kwasu linolowego, linolenowego i arachidonowego. Muszą być one dostarczane z pożywieniem, a następnie w procesach odwodorowania i wydłużania łańcuchów powstają z nich wielonienasycone kwasy tłuszczowe (PUFA).

Wymienione kwasy tłuszczowe są niezbędne, zwłaszcza w żywieniu noworodków i niemowląt w pierwszych miesiącach życia. Pełnią one różnorodne funkcje, warunkują prawidłowy rozwój układu nerwowego i siatkówki oka [46]. Najlepiej poznane ich bioaktywne właściwości to między innymi działanie przeciwmiażdżycowe. Utrzymuje się przekonanie [32], że jednym z głównych czynników zagrożenia miażdżycą i chorobą wieńcową serca jest hipercholesterolemia, czyli nadmierne zwiększenie poziomu cholesterolu w osoczu krwi, a zwłaszcza frakcji lipoprotein o niskiej gęstości (LDL). Kwasy tłuszczowe, głównie linolowy, eikozapentaenowy (EPA), dokozaheksaenowy (DHA) oraz w mniejszym stopniu jednonienasycony kwas oleinowy (C18:1) obniżają poziom frakcji LDL [8].

Wielonienasycone kwasy (PUFA) z rodziny *n-3* hamują działanie enzymu, reduktazy HMG CoA, kontrolującej syntezę cholesterolu [3]. PUFA *n-3* oddziałują także na transport lipidów, w tym cholesterolu (połowa estrów cholesterolu występuje w postaci połączeń z kwasem linolenowym), powodując obniżenie poziomu cholesterolu i triacylogliceroli we krwi [58]. Kolejną bardzo ważną funkcją tych kwasów jest tworze-

nie eikozanoidów (Lien, 1992, cyt. za Regester i wsp. [46], które wywodzą się z 20-węglowych wielonienasyconych kwasów tłuszczowych, głównie EPA oraz arachidonowego (AA). Do eikozanoidów zaliczamy m.in. prostaglandyny z prostacyklinami i tromboksanami oraz leukotrieny. Z kwasu arachidonowego powstaje m.in. prostacyklina PGI₂, która działając rozkurczowo na ściany naczyń obniża ciśnienie krwi i zapobiega powstawaniu zakrzepów przyściennych [3]. Leukotrieny uczestniczą m.in. w procesach zapalnych [61]. Niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe zapobiegają powstawaniu zakrzepów naczyniowych, poprawiają pracę serca i przepływ krwi przez naczynia wieńcowe.

Wielonienasycone kwasy tłuszczowe, zarówno z rodziny *n-3* jak i *n-6*, zwiększają odporność na zakażenia [15]. Przeprowadzone badania (Burns, 1994; cyt. za Bartnikowską [3]) wskazują, że kwasy z rodziny *n-3* zmniejszają ryzyko wystąpienia oraz opóźniają rozwój indukowanych chemicznie nowotworów u zwierząt doświadczalnych. PUFA *n-3* wpływają także na hemostazę, wydłużając czas krzepnięcia krwi. Ponadto wykazują różnorodne działanie na lipoproteiny i czynniki krwi warunkujące krzepnięcie (Connor, 1991; cyt. za Havel [15]).

Kwas oleinowy (C18:1) jest przedstawicielem kwasów monoenowych, posiadających jedno wiązanie nienasycone. Jest najbardziej rozpowszechnionym kwasem w naturze. W tłuszczu mlekowym stanowi około 25% wszystkich kwasów tłuszczowych. Kwas ten nie należy do niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych, jednak jego działanie na organizm ludzki jest niezwykle ważne, gdyż redukuje on koncentrację niepożądaną frakcji lipoprotein LDL [34], ponadto jest ważnym czynnikiem wzrostowym [58].

Kwas arachidonowy AA (C20:4), należący do kwasów rodziny *n-6*, jest jednym z ważniejszych bioaktywnych kwasów. Obecny jest przede wszystkim w fosfolipidach zwierzęcych. Pełni też ważną rolę jako prekursor prostaglandyn, tromboksanów i leukotrienów [52].

Kwas eikozapentaenowy EPA (C20:5) i dokozaheksaenowy DHA (C22:6) należą do rodziny *n-3*. Wyjątkowo bogate w te kwasy są fosfolipidy, szczególnie pochodzące z olejów zwierząt morskich. W organizmie człowieka mogą być syntetyzowane z kwasu α -linolenowego, dostarczonego z pożywieniem. W mleku krów występują w niewielkich ilościach, a zawartość ich zależy od składu diety stosowanej w żywieniu zwierząt. Kwas EPA jest również prekursorem odpowiednich prostaglandyn i tromboksanów. Kwasy EPA i DHA wywierają działanie hipocholesterolemiczne, przeciwdziałają arytmii u dorosłych oraz poprawiają ostrość widzenia u niemowląt [Simopoulos, 1991; cyt. za Wright [57]].

Prekursorem do syntezy EPA i DHA jest kwas α -linolenowy (C18:3). Występuje powszechnie w błonach chloroplastów roślin wodnych, m.in. w dużych ilościach w glonach morskich oraz w warzywach liściastych [62].

Kwas linolowy (C18:2) występuje w dużych ilościach w roślinnych olejach jadalnych, m.in. w kukurydzianym, słonecznikowym, sojowym. Oprócz tego, że jest prekursorem kwasu arachidonowego, sam wykazuje liczne bioaktywne właściwości, m.in. skuteczniej od kwasu oleinowego redukuje koncentrację lipoprotein LDL [34]. W cząsteczce tego kwasu wiązania podwójne izolowane są dwoma wiązaniami pojedynczymi.

W cząsteczkach sprzężonych dienów kwasu linolowego (CLA) wiązania podwójne izolowane są tylko jednym wiązaniem pojedynczym, a konfiguracja geometryczna wiązań podwójnych może być zarówno *cis*, jak i *trans*. Sprzężone dieny kwasu linolowego są heterogenną grupą izomerów, których właściwości i działanie w organizmie mogą być zróżnicowane.

W tłuszczu mlekowym dominuje izomer C18:2 *cis* 9,*trans* 11 utożsamiany z nazwą CLA (z ang. conjugated linoleic acid), która w istocie obejmuje całą grupę sprzężonych izomerów kwasu linolowego. Jest on najlepiej poznanym, biologicznie aktywnym izomerem kwasu linolowego. Sądzono, że główną drogą wytwarzania tego kwasu jest izomeryzacja kwasu linolowego w żwaczu przez bakterie *butyrivibrio fibrisolvens* [25]. Obecnie wiadomo, że CLA może być również wytwarzane przy udziale Δ^9 desaturazy z kwasu *trans*-wakceonowego [1].

Zawartość CLA w tłuszczu mleka waha się w szerokich granicach i wynosi od 2 do 30 mg/g. Zależy nie tylko od gatunku zwierząt (tab. 1), ale również od systemu utrzymania, poziomu żywienia i składu dawki pokarmowej, w tym udziału pasz treściwych i objętościowych, zawartości i składu tłuszczu w dawce pokarmowej (wpływ na aktywność mikroflory żwacza). Zawartość CLA w tłuszczu mleka zależy także od rasy (tab. 2). Lawless i wsp. (1998; cyt. za Jahreis. i wsp. [17]), analizując mleko krów holsztyńsko-fryzyjskich, montbeliard i normandzkich uzyskali zmienność CLA w granicach 14,5-18,3 mg/g tłuszczu.

CLA jako wysoko biologicznie aktywny składnik przejawia liczne właściwości. Najważniejszy efekt to działanie antyno-

Tabela 1
Zawartość CLA w tłuszczu mleka w zależności od gatunku [17]

Wyszczególnienie	Człowiek	Konie	Bydło	Owce	Kozy	Świnie
Procent CLA w stosunku do sumy kwasów	0,3–0,7	0,1–0,7	0,3–1,4	0,5–2,0	0,3–1,0	0,1–0,3

Tabela 2
Zawartość CLA w mleku krów ras utrzymywanych w Polsce [48]

Wyszczególnienie	Rasa krów		
	czarno-biała	polska czerwona	simentalska
Zawartość CLA*, mg/g tłuszczu	7,10–11,70	7,00–10,80	7,00–9,40

*wahania między jesienią i wiosną

wotworowe [40]. Stwierdzono, że hamuje on wzrost różnych typów komórek nowotworowych, między innymi wykazano jego wysoką skuteczność w przypadku raka prostaty [31]. Działanie CLA testowano na licznych modelach zwierzęcych [11, 27, 51]. W doświadczeniach *in vivo* na myszach i szczurach potwierdzono, że CLA opóźnia lub zmniejsza chemicznie indukowane nowotwory skóry, sutka, okrężnicy i żołądka (O'Shea, 1998; cyt. za Bartnikowską [4], [7, 16]). Przypuszcza się, że mechanizm tego efektu CLA polega przynajmniej częściowo na jego właściwościach antyoksydacyjnych [23, 26]. Jiang [21] cytuje mniej więcej równą liczbę publikacji za i przeciw temu przypuszczeniu. Właściwości klarowanego masła Ghee, produkowanego przez Hindusów, które zawiera około pięciokrotnie więcej CLA od masła nie klarowanego [2], wskazują, że CLA jest silnym antyutleniaczem (Ghee może być przechowywane w temperaturze pokojowej).

CLA obniża poziom triacylogliceroli, całkowitego cholesterolu, frakcji LDL oraz stosunku frakcji LDL/HDL w osoczu krwi [43, 48], co ma znaczenie w profilaktyce choroby wieńcowej serca i miażdżycy. Pisulewski i wsp. [43] wymienia ponadto działanie odpornościowe, hamujące rozwój osteoporozy oraz redukujące otluszczenie. Efekt ten potwierdzają także badania późniejsze Kritchevsky [26], wskazujące, że CLA przeciwdziała otyłości redukując otluszczenie. Stanowisko to podzielało wcześniej wielu autorów. W 2000 roku, niemal równocześnie z Kritchevskim, Baumgard i wsp. [6] wykazali, że efekt hamowania syntezy tłuszczu jest specyficzny dla innego z grupy izomerów CLA o konfiguracji C 18:2 *trans* 10 *cis* 12. Autorzy ci, stosując u krów mlecznych infuzje rosnących dawek tego izomeru, stwierdzili liniowy spadek zawartości tłuszczu w mleku.

Infuzja CLA Δ^{10} c12, g/dzień	0	2	4	6
Procent tłuszczu	4,02	3,86	3,29	2,92

Wyniki uzyskane przez Piperową [42] w badaniach nad wpływem diety obniżającej zawartość tłuszczu w mleku, potwierdzają udział CLA Δ^{10} c12 w hamowaniu syntezy tłuszczu.

Niezwykle ważną grupą kwasów, ale o niekorzystnym działaniu na organizm, są trans izomery nienasyconych kwasów tłuszczowych. Naturalne trans izomery kwasów występują w mleku, maśle i mięsie zwierząt przeżuujących. W żwaczu tych zwierząt zachodzi wodorowanie wiązań nienasyconych i transformacja przy udziale enzymu izomerazy pozostałych kwasów *cis* nienasyconych w kwasy o konfiguracji *trans*. Bogatym źródłem trans izomerów są margaryny, gdyż izomery te powstają w procesie utwardzania olejów. Jako stałe składniki pożywienia kwasy o konfiguracji *trans* mogą przyspieszać rozwój miażdżycy [60]. W badaniach klinicznych i epidemiologicznych wykazano, że trans izomery, podobnie jak nasycone kwasy tłuszczowe, zwiększają stężenie

cholesterolu całkowitego oraz jego frakcji LDL w osoczu krwi [63]. Zmniejszają również zawartość frakcji HDL w osoczu, przez co mają silniejszy wpływ na występowanie miażdżycy niż kwasy nasycone. Niektóre badania wskazują na istnienie dodatniej korelacji między trans izomerami a chorobami serca [15]. Dotychczas jednak nie udowodniono szkodliwego działania na organizm kwasu trans wakceniowego, głównego trans izomeru w tłuszczu mleka [12, 45]. Co więcej badania, przeprowadzone m.in. przez Offer i wsp. [37], wykazały istnienie ścisłej dodatniej korelacji ($r=0,98^{**}$) między zawartością kwasu trans wakceniowego i zawartością bioaktywnego CLA w mleku. Są to wyniki znaczące w świetle prac Adlof i wsp. [1], które dostarczyły dowodów na to, że kwas wakceniowy może być przekształcany u ludzi (przy udziale Δ^9 desaturazy) w bioaktywny CLA. Zawartość kwasu *trans*-wakceniowego, podobnie jak i innych kwasów o łańcuchach dłuższych niż 16 węgli, zmienia się zależnie od diety. Żegarska i wsp. [64], analizując mleko krów w okresie żywienia alkierzowego i pastwiskowego, stwierdziła istotny wpływ systemu żywienia na zawartość kwasu wakceniowego.

System żywienia krów	Procent wagowy kwasu wakceniowego
alkierzowe	0,91
pastwiskowe	3,69**

**różnice istotne przy $P \leq 0,01$

Wśród funkcjonalnych kwasów tłuszczowych należy wymienić również kwas masłowy (C 4:0), który przejawia właściwości antynowotworowe [39, 40, 41]. Po odczepieniu od glicerolu – w procesie lipolizy – wolny kwas masłowy nadaje jełki zapach i smak tłuszczu zawierającym go produktom mleczarskim.

Kolejnym bogatym źródłem bioaktywnych substancji w tłuszczu mleka są związki rozpuszczalne w tłuszczach, wśród których wymienić można: β -karoten, witaminę A i E. Najogólniej można określić, że wspólną cechą tych związków jest ich działanie antyoksydacyjne. Zatem opóźniają procesy utleniania tłuszczu mleka, wywołujące negatywne zmiany (jełczenie) smaku i zapachu produktów mleczarskich. Poprzez wychwytywanie wolnych rodników wywierają one również działanie antynowotworowe.

β -karoten jest to węglowodór, który w tłuszczu mlekowym w całości pochodzi z paszy, stąd duże możliwości modyfikowania jego zawartości. Przeciętnie zawartość ta wynosi od 6 do 10 mg/g tłuszczu mleka, z dużymi wahaniami. β -karoten jest związkiem nietrwałym i łatwo ulega rozkładowi, zwłaszcza przy ekspozycji na światło. Przejawia działanie antynowotworowe (Toma, 1995; cyt. za Parodi [41]) oraz antyoksydacyjne [29], odgrywa ważną rolę w przebiegu procesów rozrodnych, warunkując prawidłowe funkcjonowanie ciała żółtego w jajniku [38, 54].

Witamina A (retinol) syntetyzowana jest z β -karotenu. Przechodzi z krwi do mleka w komórkach gruczołu mlecznego. Ze względu na właściwości antynowotworowe i antyoksydacyjne [41], witamina A zaliczana jest do bioaktywnych składników mleka. Zawartość jej w mleku waha się w szerokich granicach od 0,04 do 0,84 mg/l, zależy m.in. od zawartości β -karotenu w diecie, a także od zawartości tłuszczu w mleku. Jest ona prekursorem retinalu, wrażliwej na światło grupy rodopsyny i innych barwników wzrokowych, stąd ma podstawowe znaczenie w procesie widzenia. Ponadto bierze udział w wielu procesach decydujących o przebiegu wzrostu, rozwoju i różnicowania komórek układu nerwowego i kośćca. Wpływa także na funkcje reprodukcyjne organizmu. Niedobory tej witaminy działają hamująco na uwalnianie gonadotropin z przysadki mózgowej [20].

Witamina E reprezentowana jest w mleku przez α -tokoferol, biologicznie aktywny związek z grupy tokoferoli. Jest ona silnym naturalnym przeciwutleniaczem, wiążąc tlen i aktywne rodniki. W mleku występuje w ilościach od 0,12 do 1,84 mg/l. Funkcjonalne właściwości witaminy E to, między innymi, działanie antyoksydacyjne, gdyż chroni nienasycone kwasy tłuszczowe (m.in. w błonach) przed utlenianiem. Biorąc udział w utrzymaniu integralności błon komórkowych witamina ta uczestniczy w wielu ważnych funkcjach organizmu, np. w procesach krzepnięcia krwi, odporności, rozrodu. Reaguje z wolnymi rodnikami nadtlenkowymi i przekształca je w nadtenki wodoru, a sama przybiera postać wolnego rodnika tokoferylowego, który reagując z kwasem askorbinowym może przekształcać się ponownie do postaci tokoferolu [35]. Toteż przypisuje się jej również działanie antynowotworowe.

Sterole. Cholesterol to alicykliczny alkohol należący do steroidów. W pewnych ilościach jest niezbędny jako składnik błon komórkowych, otoczki mielinowej w tkance nerwowej oraz składnik lipoprotein osocza. Jest on również prekursorem hormonów sterydowych oraz jest niezbędny do syntezy witaminy D. Występuje w mleku w stanie wolnym (ok. 80%) i w postaci estrów z kwasami tłuszczowymi. W 100 g mleka krowiego jest go zwykle od 10 do 20 mg [23].

W ostatnich latach uległy zasadniczym zmianom poglądy odnośnie wpływu poszczególnych kwasów tłuszczowych na poziom cholesterolu w osoczu krwi, a tym samym zmienia się pogląd co do zwiększonego ryzyka choroby wieńcowej serca po spożywaniu tłuszczu zwierzęcego (Keys, 1953; cyt. za Majjala [32]). Wiadomo obecnie, że w tłuszczu mleka jedynie 14% kwasów podwyższa poziom cholesterolu w osoczu krwi, 45% – obniża, a pozostałe 41% uważane jest za neutralne [50]. Istnieje też możliwość redukcji zawartości cholesterolu w tłuszczu mleka metodami żywieniowymi, poprzez uzupełnienie dawki dla zwierząt olejami roślinnymi, względnie olejem rybim. Stosując ziarno lnu w dawce pokarmowej [49] można uzyskać spadek zawartości cholesterolu w tłuszczu mleka do 30% w stosunku do poziomu wyjściowego. Havel [15] podaje, że żywienie przeżuwaczy paszami chronionymi

przed biohydrogenacją wywołuje obniżenie poziomu cholesterolu we krwi o 4,3%.

Literatura: 1. Adlof R.O., Duval S., Emken E.A.: *Lipids* 35, 131-135, 2000. 2. Anej R.P., Murthi T.N.: *Indian Journal of Dairy Science* 43, 231-238, (CAB Abstract), 1990. 3. Bartnikowska E., Kulasek G.: *Magazyn Weterynaryjny* 3 (5), 34-38, 1994. 4. Bartnikowska E., Obiedziński M.W., Grześkiewicz S.: *Przegląd Mleczarski* 3, 86-91, 1999. 5. Batura K.: *Przemysł spożywczy* 7, 169-171, 1990. 6. Baumgard L.H., Corl B.A., Dwyer D.A., Mackle T.R., Bauman D.E.: *J. Dairy Science* 83, Suppl. 1, 163 (abstract), 2000. 7. Bougnoux P., Lavillonniere F.: *Proc. of Intern. Worksh. Health Benefits of Old and Novel Compounds in Milk*, Netherlands, 1998. 8. British Nutrition Foundation, 1992 – Unsaturated fatty acids nutritional and physiological significance, Chapman and Hall, London. 9. Brzezińska M.: *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* 333, 255-259, 1988. 10. Burns C.P., Spector A.A.: *J. Nutr. Biochem.* 5, 114-123, 1994. 11. Chin S.F., Storkson J.M., Albricht K.J., Cook M.E., Pariza M.W.: *Biochemical and Molecular Roles of Nutrients*. American Institute of Nutrition, 1994. 12. Frolich W.: *Milk in nutrition; effects of production and processing factors*. Ed. Mantere-Alhonen S. and Majjala K.; 165-175, 1995. 13. Hamosh M., Salem N. Jr.: *Biology of Neonate* 74, 106-120, 1998. 14. Hamosh M., Peterson J.A., Henderson T.R., Scallan C.D., Kiwan R., Ceriani R.L., Armand M., Mehta N.R.T., Hamosh P.: *Seminars in perinatology* 23, 3, 242-249, 1999. 15. Havel R.J.: *Milk Composition, Production and Biotechnology*. Ed. Welch R.A.S. et al., CAB, USA, 119-132, 1997. 16. Ip C., Singh M., Thompson H.J., Sciemeca J.A.: *Cancer Research* 54, 1212-1215, 1994. 17. Jahreis G., Fritsche, J., Mockel P., Schone F., Moller U., Steinhart, H.: *Nutrition Research* 19, 10, 1541-1549, 1999. 18. Jahreis G., Fritsche, J., Kraft J.: *Advances in Conjugated Linoleic Acid Research I*, 215-225, 1999. 19. Jahreis G.: *DMZ, Lebensmittelindustrie-und-Milchwirtschaft* 121, 320-324, 2000. 20. Jainudeen M.R., Hafez E.S.E.: *Reproduction in farm Animals*. Hafez, Philadelphia, 1993. 21. Jiang J.: *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae Agraria* 89, 11-43, 1998. 22. Jaworski J.: *Materiały z Konferencji Naukowej „Tłuszcz mlekowy w żywieniu człowieka”*, 5-20. Olsztyn-Kortowo 1995. 23. Jensen G.R., Ferris A.M., Lammi-Keefe C.J.: *Journal of Dairy Science* 74, 3228-3243, 1991. 24. Jensen G.R.: *Journal of Dairy Science* 85, 295-350, 2002. 25. Kepler C.R., Hiron K.P., McNeill J.J., Tove S.B.: *Journal of Biological Chemistry* 241, 1350-1354, 1966. 26. Kritchevsky D.: *British Journal of Nutrition* 83, 459-465, 2000. 27. Lawless F., Murphy J.J., Harrington D., Devery R., Stanton C.: *Journal of Dairy Science* 81, 12, 1998. 28. Lee K.N., Kritchevsky D., Pariza M.W.: *Atherosclerosis* 108, 19-25, 1994. 29. Lindmark-Mansson H., Akesson B.: *British Journal of Nutrition* 84, 103-110, 2000. 30. Lin-Mian, Liu-TongXun, Lin-M, Liu-TX: *China Dairy Industry* 27, 3, 25-28, CAB Abstract, 1999. 31. Lipkowski A.W., Walisiewicz-Niedbalska W., Patkowska-Sokoła B., Bodkowski R., Opoliski A., Wietrzyk J.: *Mat. Sem. „Skład chemiczny mleka zwierząt gospodarskich i możliwości modyfikacji jego walorów odżywczych i prozdrowotnych”*. IGIHZ PAN w Jastrzębcu. 6-7, 12, 2001. 32. Majjala K.: *Livestock Production Science* 65, 1-18, 2000. 33. Malmsten M., Bergenstahl B., Nyberg L., Odham G.: *Journal of the American Oil Chemists Society* 71, 9, 1021-1026, 1994. 34. Mensink R.P., Katan M.B.: *Arteriosclerosis and Thrombosis* 12, 911-919, 1992. 35. Moszczyński P., Pyć R.: *Biochemia witamin*. Cz. II. Wydawnictwo Naukowe PWN, 1999. 36. Nyberg L., Duan R.Z., Nilsson A.: *Progress-in-Colloid-and-Polymer-Science* 108, 119-128, 1998. 37. Offer N.W., Marsden M., Dixon J., Speake B.K., Thacker F.E.: *Animal Science* 69, 613-625, 1999. 38. O'Shaughnessy P.J., Wathes D.C.: *Animal Reproduction Science* 17, 165-176, 1988. 39. Parodi P.W.: *Proceedings of the Nutrition Society of New Zealand*, Vol. 22, 137-149, 1997. 40. Parodi P.W.: *J. Nutr.* 127, 1055-1060, 1997. 41. Parodi P.W.: *J. Dairy Sc.* 82, 1339-1349, 1999. 42. Piperova S.L., Teter B.B., Bruckental I., Sampugna J., Mills S.E., Yurawecz M.P., Fritsche, J., Ken Ku, Erdman R.A.: *American Society for Nutritional Sciences*, 2568-2574, 2000. 43. Pisulewski P.M., Szymczyk B., Hanczakowski P., Szczurek W.: *Postępy Nauk Rolniczych* 6, 3-16, 1999. 44. Pisulewski P.M.: *Przemysł spożywczy* 10, 6-8, 2000.

45. Precht D., Molкетин J., Destailats F., Wolf R.L.: *Lipids* 36, 827-832, 2001. 46. Regester G. O. i wsp.: Milk composition production and biotechnology. Ed. Welch R.A.S. i wsp., CAB, USA, 119-132, 1997. 47. Reklewska B., Góralczyk M., Ryniewicz Z., Oprządek A., Karaszewska A., Reklewski Z.: Działalność naukowa – wybrane zagadnienia. Wyd. Polska Akademia Nauk 10, 120-122, 2000. 48. Reklewska B., Reklewski Z., Karaszewska A., Leszko E., Nałęcz-Tarwacka T., Zdziarski K., Słoniewski K.: Proc. of Workshop: Novel Food – nutritional, technological, economic and social aspects. Partnership of Warsaw/Bonn University, SGGW, 2001. 49. Reklewska B.: Bioaktywne składniki w mleku, efekt żywienia. Referat wygłoszony na LXVII Zjeździe PTZ, Poznań 2002. 50. Renner E.: Milk in nutrition: effects of production and processing factors. Ed. Mantere-Alhonen S. and Majjala K.; 7-21, 1995. 51. Seifert M.F., Watkins B.A.: *Nutrition Research* 17, 1209-1228, 1997. 52. Sikorski Z.E.: *Chemia żywności. Skład, przemiany i właściwości żywności*. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, 2000. 53. Storry J.E.: *Journal of Dairy Research* 37, 139-164, 1970. 54. Talareva F., Chew B.P.: *Journal of Reproduction and Fertility* 82, 611-615, 1988. 55. Van den Berg J.J.M., Cook N.E.,

Tribble D.L.: *Lipids* 30, 599-605, 1995. 56. Willet W.C.: *Science* 264, 532-537, 1993. 57. Wright T.C., Holub B.J., McBride B.W.: *Canadian Journal of Animal Science* 79, (4), 565-568, 1999. 58. Xiang M., Zetterström R.: *Acta Paediatrica* 88, 78-82, 1999. 59. Zeisel S.H., Char D., Sheard N.: *Journal of Nutrition* 116, 50-58, 1986. 60. Ziajka S.: *Mleczarstwo – zagadnienia wybrane*. Tom I, Wydawnictwo ART, Olsztyn, 1997. 61. Ziemiański Ś., Budzyńska-Topolowska J.: *Tłuszcz pożywienia i lipidy ustrojowe*. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, 1991. 62. Ziemiański Ś.: *Mat. z Konf. Nauk. „Tłuszcz w żywieniu człowieka”*, 4-7, Olsztyn 1995. 63. Zock P.L., de Vries J.H.M., Katan M.B.: *Arteriosclerosis and Thrombosis* 14, 567-575, 1994. 64. Żegarska Z., Paszczyk B., Borejszo Z.: *Polish Journal of Food and Nutrition Science* 5, 46, 89-97, 1996.

Autorzy: prof. dr hab. Barbara Reklewska, mgr Elżbieta Bernatowicz; SGGW, Katedra Szczegółowej Hodowli Zwierząt, Zakład Hodowli Bydła; ul. Ciszewskiego 8, 02-786 Warszawa.

Artykuł recenzowany

Mleczne użytkowanie owiec na terenach nizinnych w badaniach ZZD Kołuda Wielka

Tadeusz Pakulski, Maciej Osikowski,
Bronisław Borys, Kazimierz Korman

IZ ZZD Kołuda Wielka

Podjęte w ostatnich latach badania nad mlecznym użytkowaniem owiec zmierzają z jednej strony do poprawy opłacalności chowu owiec, a z drugiej wskazują na możliwość rozwoju nowego kierunku produkcji owczarskiej na terenach, na których dotychczas nie było takich tradycji. Powstaje przy tym szansa oferowania konsumentom nowych produktów z mleka owczego, o dużych wartościach odżywczych. Celem praktycznym takich badań powinno być opracowanie rozwiązań pozwalających hodowcom pozyskiwać mleko owcze i uzyskiwać znaczące przychody za produkowane z niego przetwory. Małe pogłowie owiec w Polsce zmusza potencjalnych producentów mleka do przyjęcia założenia, że należy przetwarzać mleko we własnym zakresie. Praktyka przyfermowego przerobu mleka pozyskiwanego od owiec i kóz jest praktykowana w wielu krajach europejskich.

W IZ ZZD Kołuda Wielka w ostatnim dziesięcioleciu podjęto szereg badań, mających na celu opracowanie technologii pozyskiwania i zagospodarowania mleka przy mlecznym użytkowaniu owiec na terenach nizinnych. Badania te obejmowały następujące zagadnienia:

- ocenę mleczności owiec różnych ras i genotypów oraz prace nad wytworzeniem plenno-mlecznych linii owiec,
- ocenę warunków (środowiskowych) utrzymania dojonych owiec i pozyskiwania mleka,
- określenie potrzeb pokarmowych dojonych owiec oraz wpływu czynników żywieniowych na mleczność i jakość mleka,
- ocenę efektywności mięsno-mlecznego użytkowania owiec,
- opracowanie technologii przerobu mleka owczego w przyfermowej przetwórni,
- próby rozpoznania występowania polimorfizmu białek mleka u owiec.

W ZZD Kołuda Wielka przy mlecznym użytkowaniu owiec przyjęto zasadę, że jagnięta odchowuje się przy matkach do 2 miesiąca życia (50-65 dzień), po czym się je odsadza, a matki przeznaczają do doju. Owce są dojne mechanicznie dwa razy dziennie, przez okres 4-5 miesięcy lub do wcześniejszego, naturalnego zasuszenia.

Ocena przydatności owiec różnych genotypów i ras do mlecznego kierunku użytkowania

Poza rejonami górskimi nie prowadzono wcześniej w naszym kraju obserwacji mających na celu określenie mleczności owiec różnych ras i genotypów pod kątem ich wykorzystania do mlecznego użytkowania po odsadzeniu jagnięt. Zagadnienie to stało się przedmiotem badań dopiero w ostatnich latach w różnych ośrodkach naukowych w kraju.

Najliczniejszą rasą hodowaną w Polsce są merynosy, których u nas dotychczas nie użytkowano mlecznie, podczas gdy jest to praktykowane w innych krajach (m.in. Hiszpania, Bułgaria, Węgry). Badania prowadzone w Zakładzie nad możliwością mlecznego użytkowania tej rasy pozwoliły najpierw na określenie jej podstawowych wskaźników, które z kolei stały się podstawą do dalszych prac nad wytworzeniem mlecznej linii merynosa polskiego. Średnia ilość udojonego mleka od merynosów polskich jest stosunkowo niska (tab. 1), ale obserwowana duża zmienność między osobnikami, jak i między latami, wskazuje na możliwości poprawy mleczności tej rasy poprzez selekcję i poprawę warunków