

© Borgis

Bioaktywne składniki jako wyznacznik jakości prozdrowotnej mleka

*Beata Kuczyńska, Teresa Nałęcz-Tarwacka, Kamila Puppel

Zakład Hodowli Bydła, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Kierownik Zakładu: prof. dr hab. Piotr Brzozowski

BIOACTIVE COMPONENTS AS AN INDICATOR OF THE HEALTH-BENEFICIAL QUALITY OF THE MILK

Summary

Milk is the most outstanding, the most complete food created by the nature – Hippocrates reached such a conclusion already in the year 350 B.C. Was he right? In our times, basing on contemporary knowledge, we can confirm the rightness of his thesis. Sometime consumption of cow milk can be associated with various hazards, related to variation in digestion, absorption, metabolism, and immunological reactivity. Cow milk contains more than 30 proteins and many of them can induce IgE-mediated responses in allergenic children with CMPA (cow's milk protein allergy). It is estimated that there are 3-8% of such children. The similar situation concerns the people not tolerating lactose. If there are no health contraindications, milk and its products should constitute an important element of our diet, mainly for a reason of many health-beneficial components. The health-beneficial components (biologically active) are such, which profitably influences human health. Milk is the mixture of many components coming from both water-protein and fat fractions. Fat fraction contains functional fatty acids, phospholipids and vitamins soluble in fat. Protein fraction is a rich source of proteins and peptides, while water fraction contains water-soluble vitamins. Milk contains a lot of various minerals in doses and proportions allowing optimal absorption from the alimentary canal to blood. Calcium constitutes the most important one. The aim of this article is presenting the actual knowledge on significance of health-beneficial milk components as a new indicators of its quality.

Key words: cow's milk, health-beneficial components, milk quality

Mleko to źródło łatwo przyswajalnych składników mineralnych, lipidowych i białkowych oraz witamin, które wyróżniają się korzystnym wpływem na zdrowie konsumenta.

SKŁADNIKI MINERALNE

Mleko stanowi naturalne źródło różnych składników mineralnych, które występują w nim w ilościach i proporcjach umożliwiających optymalne wchłanianie z przewodu pokarmowego do krwi. Każdy powinien mieć świadomość, że wypijając jedną szklankę mleka (250 ml) dostarcza organizmowi m.in.: 300 mg Ca, 250 mg P, 381 mg K, 32 mg Mg, 0,95 mg Zn, 0,9 mcg Fe. Mleko i produkty mleczne są przede wszystkim doskonałym źródłem łatwo przyswajalnego wapnia, nie tylko dlatego, że obfitują one w ten składnik, ale także z powodu korzystnego stosunku wapnia do fosforu (Ca:P = około 1,4:1). Żywniowcy zalecają spożywanie minimum 2 szklanek mleka dziennie i 2 plasterków żółtego sera. Pokrywa to dzienne zapotrzebowanie na wapń w około 65-80 procentach (1, 2). Mleko to również źródło witamin z grupy D, które w znacznym stopniu poprawiają wchłanianie tego jakże cennego minerału – przez co również przyczyniają się do budowy mocnych kości. Wapń jest minerałem występującym w najwyższym stężeniu w

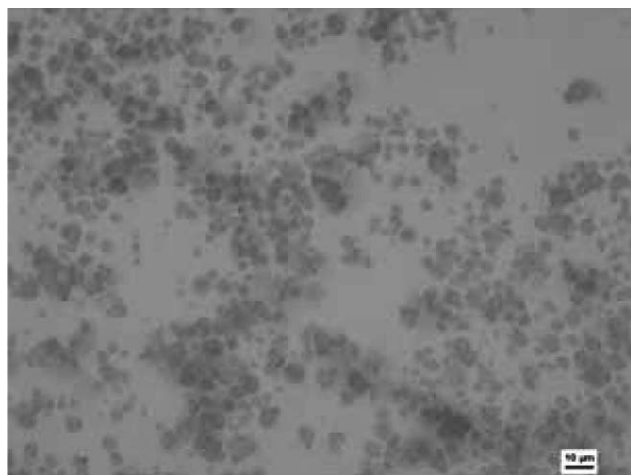
naszym organizmie – stanowi ok. 2% masy ciała: 98% znajduje się w kościach, 1% w zębach oraz 1% krąży w postaci zjonizowanej we krwi. Mimo że zawartość wapnia we krwi jest niewielka, odgrywa ona kluczową rolę w prawidłowym funkcjonowaniu naszego organizmu, ponieważ w sytuacji, gdy jego poziom obniża się poniżej wartości fizjologicznych, organizm uzupełnia niedobory, pobierając go z kości. Fakt ten stanowi główny czynnik etiologiczny osteoporozy. Wapń reguluje pracę mięśnia sercowego, bierze udział w przesyłaniu bodźców nerwowych, a także uczestniczy w produkcji enzymów oraz hormonów biorących udział w trawieniu. W dzisiejszych czasach ponad połowa dzieci i młodzieży nie przyjmuje Ca w dawkach referencyjnych zaspakajających zalecane normy spożycia – oznacza to, że nie dostarczają organizmowi tak ważnego budulca w newralgicznych okresach swojego życia: kiedy są dziećmi, nastolatkami oraz młodymi osobami dorosłymi (do 30. roku życia). Taka sytuacja na pewno nie wpływa pozytywnie na stan ich zdrowia. Nie powinniśmy się zatem dziwić, że już teraz mamy do czynienia z epidemią osteoporozy, a sytuacja w przyszłości, jeżeli nie zmienimy nawyków żywieniowych młodych konsumentów, na pewno się nie poprawi. Drugi z minerałów występujący w ilości średnio 100 mg% w mleku, odgrywający pozytywną

rolę odżywczą, to fosfor. Fosfor występuje w mleku w postaci fosforanów wapnia, magnezu i potasu. Bierze on udział we wszystkich procesach, które zachodzą w ludzkim organizmie, dlatego też jest niezbędny do jego prawidłowego funkcjonowania. Fosfor odpowiedzialny jest za spalanie cukrów, zapewnia prawidłowe funkcjonowanie mózgu, odgrywa ważną rolę w regularnej pracy serca, a także jest składnikiem RNA i DNA. Mleko zawiera też stosunkowo dużo magnezu w ilości średnio 15 mg%. Magnez w mleku występuje zarówno w postaci koloidalnej (fosforanów i cytrynianów), jak również związków oraz wolnych jonów. Magnez występujący w mleku odpowiada głównie za jego stabilność termiczną. Charakteryzuje się ponadto całym spektrum właściwości prozdrowotnych, m.in. uczestniczy w odbudowie fosforanowych źródeł energetycznych skurczu mięśniowego, kwasu ATP i fosforanu kreatyny; uczestniczy w syntezie kwasów nukleinowych DNA i RNA; bierze udział w przesyłaniu impulsów nerwowych; jest niezbędny do właściwego metabolizmu witaminy C; wpływa na wzmocnienie układu odpornościowego oraz uczestniczy w procesie wytwarzania insuliny.

FRAKCJA TŁUSZCZOWA

Tłuszcz w mleku występuje w postaci naturalnej emulsji (ryc. 1), a jego stopień dyspersji powoduje, że może on być wchłaniany bez uprzedniej hydrolizy w przewodzie pokarmowym, co jest ważne przy żywieniu osób cierpiących na zaburzenia wydzielania żółci. Wielkość kulek tłuszczowych waha się od 0,1 do 30 μm , z przeciętną średnicą około 3,5 μm (badania własne SGGW).

Tłuszcz mleka krowiego w 95,8-98,3% stanowią triacyloglicerole, 0,28-2,25% diacyloglicerole, 0,08% monoacyloglicerole, 0,03-0,38% fosfolipidy, 0,28% wolne kwasy tłuszczowe, 0,46% cholesterol całkowity, 0,02% cholesterol w formie estrowej oraz 0,2% witaminy rozpuszczalne w tłuszczu. Monoacyloglicerole neutralizują bakterie Gram (+), Gram (-), grzyby, pierwotniaki, a także wirusy. Zawartość fosfolipidów w mleku w dużej mierze zależy



Ryc. 1. Naturalna emulsja tłuszczu mleka krowiego – barwienie Sudanem III (Kuczyńska B.)

od zawartości tłuszczu, od stadium laktacji oraz od sezonu żywienia. Fosfolipidy stanowią w 27% integralną część otoczek kulek tłuszczowych (MFGM – *milk fat globule membrane*) (3). Fosfolipidy w mleku składają się z 5 frakcji: fosfatydylocholino (35%), sfingomielin (25%); fosfatydyloetanalaminy (30%), fosfatydyloinozytolu (5%) i fosfatydyloseryny (3%). Fosfolipidy mają właściwości zarówno hydrofilne, jak i lipofilne. Są one niemal całkowicie związane z białkami i nie występują w postaci wolnej. W większości rozmieszczone są na powierzchni kulek tłuszczowych. Lipidy zawierające cholinę (fosfatydylocholina i sfingomielin) oraz glikolipidy (cerebrozydy i gangliozydy) są w większości zlokalizowane w warstwie zewnętrznej otoczki, a pozostałe tworzą wewnętrzną powierzchnię otoczek. To charakterystyczne asymetryczne rozłożenie fosfolipidów w otoczce kulek tłuszczowych jest podobne jak w erytrocytach. Fosfolipidy charakteryzują się właściwościami antibakteryjnymi, hamują rozwój kolonii komórek nowotworowych, a także obniżają poziom LDL w surowicy krwi.

Tłuszcz mleka jest konglomeratem lipidów, w skład których wchodzi ponad 400 kwasów tłuszczowych, które można usystematyzować według następujących rodzin: SCFA (*short chain fatty acids*), MCFA (*medium chain fatty acids*), LCFA (*long chain fatty acids*), SFA (*saturated fatty acids*), MUFA (*monounsaturated fatty acids*), PUFA (*polyunsaturated fatty acids*), UFA (*unsaturated fatty acids*), a także izomery niektórych kwasów typu *cis* i *trans*. Właściwości prozdrowotne wykazują następujące kwasy tłuszczowe tłuszczu mlekowego: BA (*butyric acid* – C4:0) tj. masłowy, OA (*oleic acid* – C18:1^{cis9}), tj. oleinowy, LA (*linoleic acid* – C18:2^{cis9,cis12}), tj. linolowy, CLA (*conjugated linoleic acid* – C18:2^{cis9,trans11}), tj. skoniugowany kwas linolowy, LNA (*linolenic acid* – C18:3^{cis9,cis12,cis15}), tj. alfa linolenowy, TVA (*transvaccenic acid* – C18:1^{trans11}), tj. trans wakceny, AA (*arachidonic acid* – C20:4), tj. arachidonowy, GLA (*gammalinolenic acid* – C18:3), tj. gammalinolenowy, DGLA (*dihomogammalinolenic acid* – C18:3), tj. dihomogammalinolenowy, EPA (*eicosapentaenoic acid* – C20:5), tj. eikozapentaenowy, DPA (*dosapentaenoic acid* – C22:5), tj. dokozapentaenowy i DHA (*docosahexaenoic acid* C22:6), tj. dokozaheksaenowy. Od 1985 roku, kiedy to po raz pierwszy udowodniono antykanцерогенне działanie CLA, rośnie zainteresowanie jego izomerami. W badaniach *in vitro* i *in vivo* wykazano bowiem ich aktywność w hamowaniu rozwoju komórek nowotworowych sutka piersi kobiet, żołądka, okrężnicy, skóry i szpiku kostnego. Dowiedziono również, że izomery te, a zwłaszcza C18:2^{trans10,cis12} redukują udział tkanki tłuszczowej, nie powodując jednocześnie zmniejszenia masy mięśniowej, co wykorzystywane jest powszechnie w terapii otyłości. Najważniejszym źródłem sprzężonych dienów kwasu linolowego (CLA) w pożywieniu człowieka jest tłuszcz zwierząt przeżuujących, m.in. mlekowy. W produktach mleczarskich zawartość CLA ogółem waha się w granicach od 2,9 do 30 mg/g tłuszczu. Antykanцерогенне działanie CLA u ludzi występuje przy spożyciu 3 g/dobę, antylipogeniczne przy spożyciu 15-20 g/dobę, a aterogeniczne przy spożyciu 400 g/dobę.

Przy zawartości około 3 g CLA/100 g tłuszczu mlekowego – pochodzącego od krów wypasanych na pastwisku lub gdy ich dawki paszowe są suplementowane naturalnymi dodatkami tłuszczowymi, np. ziarnami roślin oleistych, w 1 litrze mleka o średniej zawartości tłuszczu 4% zawarte jest średnio 1,2 g CLA. Spożycie 3 g CLA wymagałoby wypicia około 2,5 litra mleka, czyli 10 szklanek. Należy zauważyć, że jednym z najcenniejszych naturalnych źródeł CLA jest właśnie mleko, a w produktach mleczarskich takich jak ser żółty (245 mg/100 g), masło (385 mg/100 g tłuszczu) jego zawartość jest o wiele wyższa. Spośród 20 oznaczalnych obecnie izomerów CLA, aktywność biologiczną w mleku wykazują dwa: C18:2^{cis9, trans11} oraz C18:2^{trans10, cis12}. Pierwszy z nich stanowi od 73 do 93% ogółu sprzężonych dienów kwasu linolowego. Izomery CLA wykazują także inne działania fizjologiczne: zwiększają odporność immunologiczną, ograniczają stany zapalne, zapadalność na astmę, arteriosklerozę, przeciwdziałają otyłości, obniżają ciśnienie tętnicze, a ponadto wspomagają leczenie cukrzycy i osteoporozy (4-6). Ich aktywność antyoksydacyjna w porównaniu z tokoferolem (wit. E) pochodzącym z tłuszczu mlekowego jest 100-krotnie wyższa. Funkcjonalne kwasy tłuszczowe pochodzące z tłuszczu mlekowego, podobnie jak CLA oraz jego izomery posiadają udokumentowane następujące właściwości prozdrowotne (7-9):

- antynowotworowe – BA, OA, TVA, AA, EPA, GLA, DGLA, DHA,
- przeciwmiażdżycowe – OA, AA, TVA, DGLA, GLA, EPA,
- antybakteryjne – BA,
- obniżające ciśnienie krwi – EPA, DHA,
- przeciwzapalne – AA, EPA, DHA,
- hamujące rozwój choroby Alzheimera – DHA.

Właściwości te zostały udokumentowane w licznych badaniach klinicznych i doświadczalnych na zwierzętach laboratoryjnych.

Antyoksydanty tłuszczu mlekowego są bardzo skuteczne, pomimo iż występują w śladowych ilościach w 1 litrze mleka, ale ich działanie względem siebie jest synergistyczne. Świadczy o tym fakt nieznaleszenia produktów utleniania cholesterolu – oksysteroli, w przetworzonym mleku (UHT, mleko w proszku). Do obrony przed reaktywnymi formami tlenu (RFT) organizm człowieka wykorzystuje swój własny układ enzymatyczny, antyoksydanty pochodzenia endogennego. Dodatkowy system wzmacniający stanowią antyoksydanty pochodzenia egzogenego, czyli dostarczane wraz pożywieniem. Do antyoksydantów występujących w mleku zaliczamy przede wszystkim witaminy rozpuszczalne w jego tłuszczu: retinol (witamina A), witaminę D₃ (cholekalciferol), tokoferol (witamina E), witaminę K₂ (menachinon) oraz β-karoten (prowitamina A) (10). Witamina A i jej pochodne uczestniczą w procesach antyoksydacyjnych poprzez wychwytywanie rodników peroksydowych. Retinol oraz jego formy występują tylko w produktach zwierzęcych. Wypijając jedną szklankę mleka (250 ml), dostarczamy organizmowi 500 IU retinolu. Witamina A zapobiega: kurzej ślepotcie, zmniejsza ryzyko raka skóry, wzmacnia

odporność, zwalcza zakażenia wirusowe oraz stanowi ochronę przed nowotworami i chorobami serca. Awitaminoza prowadzi do: hemeralopii (kurza ślepotą), keratomolacji (rozmiękczenie rogówki) oraz do xeroftalmii (wysuszenie i zrogowacenie rogówki). Dzielne zapotrzebowanie na witaminę A dla osoby dorosłej to 2,500 j.m./24 h, a leczniczo od 10 000-50 000 j.m./24 h. Tlen, promieniowanie UV oraz wysoka temperatura niszczy witaminę A, mrożonki tracą w ciągu roku ok. 8-10% tej witaminy. Prowitamina A to grupa związków, które noszą nazwę karotenoidów i występują tylko w świecie roślinnym. Karotenoidy znane są również z właściwości antyoksydacyjnych, np. wygaszają wolne rodniki poprzez przenoszenie elektronów lub poprzez tworzenie z nimi adduktów (11). W mleku krowim występuje kilka form karotenoidów: α-karoten, β-karoten, δ-karoten, zeaxantyna. Jednak w najwyższym stężeniu występuje *all trans* β-karoten – ok. 75% względem wszystkich karotenoidów (12). W obecności karotenazy α-karoten i δ-karoten przekształcają się w jedną cząstkę witaminy A, natomiast β-karoten w obecności tego enzymu przekształca się w dwie cząsteczki (13). Witamina E jest także głównym antyoksydantem pochodzącym z frakcji tłuszczowej chroniącym komórki przed RFT. Tokoferol zabezpiecza przed peroksydacją lipidów poprzez wychwytywanie tlenu singletowego, wolnych rodników hydroksylowych i nadlenkowych. Obecność innych antyoksydantów wpływa pozytywnie na jego właściwości antyoksydacyjne, np. tokoferol w obecności wolnego rodnika przekształca się w rodnik tokoferylowy, który następnie jest redukowany i regenerowany przez kwas askorbinowy. Należy również podkreślić, że β-karoten wykazuje lepsze zdolności w wychwytywaniu tlenu singletowego w porównaniu z tokoferolem i witaminą C. Witamina E (tokoferol) zapobiega utlenianiu się frakcji LDL, wzmacnia układ odpornościowy, hamuje rozwój choroby Alzheimera, pomaga kontrolować stężenie cukru we krwi, a także spowalnia rozwój choroby. Witamina K hamuje krwawienia oraz bierze udział w budowie kości (a także zatrzymuje Ca w kościach). Dawki dziennego zapotrzebowania na tę witaminę wylicza się na podstawie masy ciała: 1 mcg odpowiada 1 kg masy ciała. Awitaminoza powoduje krwawienia – tzw. skazy krwotoczne. W mleku krów żywionych na pastwisku stwierdza się wysoką zawartość witamin z grupy D na poziomie nawet 61,4 IU, tj. 1,539 mcg/L (14). Witamina D₃ reguluje ilość Ca, ma właściwości antykancerogenne, dodatkowo uczestniczy w hamowaniu peroksydacji lipidów. Czynniki, które wpływają na zawartość witamin rozpuszczalnych w tłuszczu, są nie do końca poznane. W badaniach Bergamo (15) wykazano, że mleko i produkty mleczarskie z gospodarstw ekologicznych, gdzie krowy korzystają z pastwisk wysokiej jakości, zawiera wyższą zawartość witamin rozpuszczalnych w tłuszczu, niż krowy żywione intensywnie paszami konserwowanymi. Faktem jest również to, iż rasy różnią się między sobą stopniem konwersji β-karotenu, do witaminy A. Wykazano, że wśród krów ras mlecznych: Guernsey i Jersey przekształcają 60% β-karotenu a HF i Ayrshire w 80%.

Niezaprzeczalne jest również to, że sezon wegetacyjny roślin odgrywa dużą rolę w kształtowaniu się koncentracji karotenoidów znajdujących się w runi pastwiskowej, ponieważ w okresie lata jest ona wyższa (w okresie od czerwca do września) w porównaniu do okresu wczesno wiosennego czy jesiennego (12). Dodatkowo wprowadzenie do diety krów α -tokoferolu w paszy wpływa na polepszenie przyswajalności i wykorzystania karotenu, prawdopodobnie dzięki antyoksydacyjnym właściwościom tej witaminy.

FRAKCJA BIAŁKOWA

Mleko krowie dostarcza człowiekowi dużych ilości białka o wysokiej wartości biologicznej. Jego zawartość w 1 litrze mleka równa jest ilości białka zawartego w: 140 g mięsa lub ryby, 5 dużych jajach czy 16 kromkach chleba. Białka mleka decydują o jego wartości odżywczej, prozdrowotnej i przydatności do przerobu. Mleko krowie zawiera około 30 różnych białek, wchodzących w skład frakcji kazeinowych, serwatki i otoczek kulek tłuszczowych. Wszystkie białka razem stanowią przeciętnie od 30 do 35 g w 1 litrze mleka. Do białek kazeinowych (zawartość w mleku krowim 2,2-3,2%) należą: α 1-kazeina, α 2-kazeina, β -kazeina, γ -kazeina i κ -kazeina. Kappa kazeina posiada w swojej cząsteczce od C-końcowej części hydrofilowej makropeptyd, (fragment łańcucha 106-169) lub glikomakropeptyd jeśli zawiera także fragment sacharydowy. Glikomakropeptyd bydlęcy (BGMP) zbudowany jest z galaktozy, galaktosaminy oraz kwasu sjałowego, który hamuje adhezję bakterii z rodzin *Acti-*

nomyces i *Staphylococcus* (16). Białka te występują w połączeniu z fosforanem wapnia i występują w postaci koloidowych cząsteczek – micelli. Micelle tworzy od 150 do 200 aminokwasów. Do białek serwatkowych w mleku krowim (średnio 0,6%) należą między innymi: β -laktoglobulina (β -LG), α -laktoalbumina (α -LA), immunoglobuliny, laktoferyna (Lf), laktoperoksydaza (Lp), lizozym (Lz) i albumina serum (BSA) oraz kwas orotowy (OA) (17). Najnowsze badania wskazują na dużą ilość białek i peptydów wchodzących w skład otoczek kulek tłuszczowych. Wśród nich zidentyfikowano: oksydazę ksantynową, butylofilinę, adipofilinę, białkowy receptor polimeryczny Ig, apolipoproteiny E i A1, klusterynę, aktynę, laktoperoksydazę, PAS 6/7, prekursor laktoferyny, niektóre białka kazeinowe (α S2 i β) oraz grupa białek wiążących kwasy tłuszczowe. Odgrywają one istotną rolę w procesach sekrecji lipidów, zabezpieczają kulki tłuszczowe przed adhezją i wykazują właściwości antibakteryjne i antywirusowe (18).

Główne białka mleka, kazeinowe i serwatkowe, charakteryzują się właściwościami ukazanymi w tabeli 1 (19-23).

Najważniejszym białkiem serwatkowym mleka pod względem aktywności biologicznej jest laktoferyna. Charakteryzuje się ona wieloma właściwościami, ale najważniejsza z nich to tworzenie środowiska bakteriostatycznego poprzez wiązanie jonów żelaza. Natomiast z właściwościami antyoksydacyjnymi związane są jej funkcje immunomodulacyjne, m.in. zapobiega tworzeniu się złożeń β -amyloidu podczas choroby Alzheimera (24, 25).

Tabela 1. Właściwości prozdrowotne białek mleka.

Białko	Właściwości
Kazeina	antynowotworowe zapobiega powstawaniu nadciśnienia κ -kazeina hamuje adhezję <i>Helicobacter pylori</i> do błony śluzowej żołądka właściwości przeciwzakrzepowe nośnik wapnia i innych mikroelementów
α -laktoalbumina (α -LA)	antynowotworowe przeciwvirusowe przeciwcetrowe obniża ciśnienie krwi bierze udział w tworzeniu cukru mlekowego (laktozy) pełni rolę czynnika immunologicznego jest nośnikiem Mg, Co, Zn
β -laktoglobulina (β -LG)	antynowotworowe antybakteryjne jest antyoksydantem wiąże jony Cu i Fe
Immunoglobuliny	uodparniające chronią przed infekcjami bakteryjnymi i wirusowymi
Lizozym	antybakteryjne antywirusowe przeciwzapalne obniża poziom wolnych rodników
Laktoperoksydaza	antybakteryjne

Ma również działanie antykancerogenne poprzez aktywowanie antyjonkogenu p-53, antywirusowe – poprzez oddziaływanie na DNA i RNA wirusów, a także opioidowe, antygrzybiczne i probiotyczne (19, 26).

Większość wymienionych białek mleka krowiego jest źródłem peptydów, które wykorzystywane są jako komponenty leków, nutraceutyków i kosmetyków. Wyróżniają się one właściwościami przedstawionymi w tabeli 2 (21, 27).

Ostatnie badania dowodzą istnienia również peptydów pochodzących z białek MFGM. Najwięcej, bo aż 57 peptydów wyizolowano z oksydazy ksantynowej, z butyrolifiny 33, a z białka PAS 6/7 – w ilości 31 (18).

Zawartość białka w mleku zależy od wielu czynników. Zwiększenie poziomu białka w mleku możliwe jest do osiągnięcia na drodze pracy hodowlanej, ponieważ współczynnik odziedziczalności dla tej cechy wynosi 0,5, podczas gdy dla wydajności tylko 0,2-0,25. Proces ten można przyspieszyć w oparciu o najnowsze osiągnięcia genetyki molekularnej, np. w oparciu o polimorfizm białek mleka. Badania nad genami kodującymi białka doprowadziły do odkrycia genu CASK – uznanego za najbardziej efektywny marker genetyczny przydatności technologicznej mleka. Buhaje z genotypem CASK BB i AB przenoszą na potomstwo geny wpływające na skład chemiczny mleka. Gen BB związany jest ze zwiększoną zawartością białka ogólnego i kazeiny. Gen BLG jest uznawany za drugi co do ważności marker genetyczny przydatności technologicznej mleka. Wariant AA związany jest z większą zawartością białek serwatkowych, białka ogólnego oraz z niskim czasem krzepnięcia (28). Ponadto, aby uzyskać wysoki poziom białka w mleku można stosować dodatek pasz treściwych lub dodatek chronionych aminokwasów: metioniny oraz lizyny. Również poprzez zwiększenie ilości pobranej paszy, poprzez wysoką wartość białka ogólnego oraz niską wartość włókna < 26% NDF, mamy możliwość zwiększenia poziomu białka w mleku. Jednak znacznie łatwiejszym i tańszym rozwiązaniem jest żywienie krów kiszoną z kukurydzy, kiszoną z traw, szczególnie z udziałem koniczyny białej (29). Rasa krów mlecznych w dużym stopniu wpływa na zróżnicowanie składników chemicznych mleka, w tym poziomu białka i kazeiny. Według badań Barłowskiej (30) mleko krów rasy Jersey charakteryzuje się najwyższą

zawartością białka oraz kazein, zależność tę potwierdzają również badania innych autorów (31). Poziom białka w mleku uzależniony jest także od wieku krowy, ponieważ jego zawartość ulega zmniejszeniu wraz z wiekiem o 0,02-0,05 jednostki procentowej na laktację.

WITAMINY ROZPUSZCZALNE W WODZIE

Do grupy witamin rozpuszczalnych w wodzie zaliczyć należy: witaminy z grupy B, kwas askorbinowy (witamina C). Witamina C ma właściwości antyoksydacyjne, pełni rolę detoksykacyjną poprzez zwiększone wydalanie jonów metali ciężkich, dodatkowo utrzymuje cholesterol na odpowiednim poziomie (zapobiegając miażdżycy), a także pełni funkcje antynowotworowe. Mleko poddane pasteryzacji oraz sterylizacji nie zawiera witaminy C. Awitaminoza powoduje glinięć, czyli szkorbut. Mleko jest naturalnym źródłem witamin z grupy B. Wszystkie one biorą udział w syntezie i rozkładzie tłuszczów, aminokwasów i węglowodanów, czyli są niezbędne podczas procesów przemiany materii (tab. 3).

Źródłem kwasu orotowego (B₁₃) jest przede wszystkim serwatka oraz kwaśne mleko. Mleko krowie zawiera od 40 do 100 mg/L, czterokrotnie mniej w porównaniu z mlekiem owczym, ale 14 razy więcej niż mleko ludzkie. Jest on prekursorem tyminy, uracylu i cytozyny (1).

MOŻLIWOŚCI ZWIĘKSZENIA ZAWARTOŚCI SKŁADNIKÓW BIOAKTYWNYCH W MLEKU

Zawartość składników bioaktywnych w mleku można zwiększyć poprzez: modyfikacje żywieniowe i/lub genetyczne, metody chemiczne, a także na drodze fermentacji bakteryjnych. Modyfikacje żywieniowe są najprostszym sposobem do zastosowania w praktyce. Możemy stosować żywienie krów na pastwisku o wysokiej jakości runi pastwiskowej, suplementację tłuszczami pochodzenia roślinnego (nasiona roślin oleistych) czy zwierzęcego (olej rybi). Zawartość tłuszczu i kwasów tłuszczowych wchodzących w jego skład mogą ulegać znacznym wahaniom, co zależy w głównej mierze od żywienia (rodzaj diety, dodatki wpływające na fermentację włókna w żwaczu, dodatki tłuszczowe), a w mniejszym stopniu od innych czynników, m.in. genetycznych (rasa) czy fizjologicznych (stadium laktacji, wiek). Dodatek roślin oleistych powoduje zmniejszenie udziału SFA

Tabela 2. Właściwości prozdrowotne głównych peptydów pochodzących z białek mleka.

Białko macierzyste	Nazwa peptydu	Właściwości
κ-kazeina	kazoksyna IMR kazoplateliny glikomakropeptyd	opiodowe immunomodulacyjne przeciwzakrzepowe antybakteryjne przeciwzakrzepowe
α-LA	α-laktorfina	przeciwdziała nadciśnieniu
β-LG	β-laktorfina	przeciwdziała nadciśnieniu
lizozym	PRP (peptyd bogaty w prolinę)	hamuje rozwój choroby Alzheimera

Tabela 3. Zawartość witamin z grupy B w mleku i ich właściwości.

Symbol i nazwa witaminy	Zawartość w 100 g mleka	Właściwości
B1 – tiamina	0,038 mg	działa synergistycznie z tyroziną i insuliną pobudza wydzielanie hormonów gonadotropowych wykazuje działanie uśmierzające ból i przyspiesza gojenie ran
B2 – ryboflawina	0,162 mg	pomaga w leczeniu chorób jamy ustnej wpływa na proces wzrostu i rozrodczość
B3 – niacyna	0,084 mg	uczestniczy w tworzeniu erytrocytów reguluje poziom cholesterolu we krwi ułatwia sen wspomaga leczenie schizofrenii
B5 – kwas pantotenowy	0,314 mg	chroni organizm przed powstawaniem homocysteiny uczestniczy w procesach regeneracji odpowiada za pigmentację i stan włosów
B6 – pirydoksyna	0,060 mg	uczestniczy w powstawaniu prostaglandyn zwiększa odporność organizmu łagodzi skutki uboczne leków koi nerwy
B7 – biotyna	2 mcg/100 g sera chudego	odgrywa rolę w przemianie glukozy, współdziała z insuliną ma wpływ na prawidłowe funkcjonowanie systemu nerwowego wykazuje działanie synergistyczne z waliną, leucyną i izoleucyną, zaopatrując komórki nerwowe w energię uczestniczy w procesie tworzenia hemoglobiny wpływa na prawidłowy stan skóry, włosów i paznokci łagodzi niedoboru witaminy B5 i cynku
B12 – cyjanokobalamina	0,357 mcg	zapobiega anemii bierze udział w syntezie DNA bierze udział w przemianie kwasu foliowego do aktywnego tetrahydrofolianu
B13 – kwas orotowy	10 mg	bierze udział w metabolizmie kwasu foliowego (B9) i kobalaminy (B12) obniża stężenie cholesterolu LDL wykazuje działanie lipotropowe przyczynia się do odbudowy kwasów nukleinowych i syntezy białek niezbędnych dla organizmu zmniejsza stężenie kwasu moczowego we krwi

(saturated fatty acids) oraz zwiększa poziom OA, LA, LNA. Na przykład suplementacja olejem rybnym wpływa na obniżenie kwasu mirystynowego (C 14:0), palmitynowego (C 16:0) i stearynowego (C 18:0) oraz powoduje zwiększenie udziału TVA, EPA i DHA. Połączona suplementacja soi z olejem rybnym wpływa natomiast na wzrost EPA, DPA i CLA w mleku. Spośród badanych czynników największy wpływ na zawartość prozdrowotnych składników mleka ma żywienie. Liczne badania (14, 32-34) dowodzą, że wyższa zawartość funkcjonalnych kwasów tłuszczowych i antyoksydantów występuje w mleku krów żywionych zielonkami (letni system żywienia) w porównaniu z mlekiem krów żywionych paszami konserwowanymi (zimowy system żywienia). Mleko krów pochodzące z sezonu letniego wyróżnia się znacznie wyższą koncentracją następujących kwasów: TVA, OA, LA, CLA, LNA, EPA, DPA i DHA w porównaniu z mlekiem pochodzącym od krów objętych żywieniem zimowym, u których odnotowano jedynie wyższy udział kwasu BA i AA (tab. 4).

Żywnienie letnie również wpływa korzystnie na zawartość witamin rozpuszczalnych w tłuszczach, wyniki badań prezentuje tabela 5.

W krajach rozwiniętych Europy i Ameryki Północnej osiągających wysoką produkcję mleka powszechnie przechodzi się na całoroczne alkierzowe utrzymanie krów. W tym systemie wypas pastwiskowy zastępuje się pełnoporcjowymi dawkami TMR (*total mixed ratio*). Ten model żywienia stosuje się coraz bardziej powszechnie w wysokowydajnych stadach w Polsce. Analiza zawartości składników pochodzących z frakcji tłuszczowej (kwasy tłuszczowe, witaminy rozpuszczalne w tłuszczu) wykazała, że mleko pochodzące od krów wypasanych na pastwisku charakteryzuje się korzystniejszymi walorami odżywczymi w porównaniu z mlekiem krów żywionych paszami konserwowanymi. W związku z powyższym należałoby rozważyć możliwość oddzielnego skupu i przerobu mleka pochodzącego od krów korzystających wyłącznie z wypasu pastwiskowego.

Tabela 4. Zawartość kwasów tłuszczowych w mleku krów w zależności od sezonu żywienia (32).

Kwas tłuszczowy (g/100 g tłuszczu)	Sezon żywienia	
	Letni	Zimowy
	LSM	LSM
C4:0 (BA)	3,20	3,50
C18:1 trans 11 (TVA)	2,67	1,62
C18:1 cis 9 (OA)	23,68	21,86
C18:2 (LA; n-6)	1,78	1,74
C18:2 c9t11 (CLA)	0,716	0,536
C18:3 (LNA; n-3)	0,710	0,635
C20:4 (AA; n-6)	0,111	0,127
C20:5 (EPA; n-3)	0,058	0,046
C22:5 (DPA; n-3)	0,067	0,051
C22:6 (DHA; n-3)	0,016	0,012

Tabela 5. Zawartość witamin A i E oraz β -karotenu w mleku w zależności od sezonu żywienia (32).

Witaminy mg/l	Sezon żywienia	
	Letni	Zimowy
	LSM	LSM
A	0,537	0,354
E	1,440	0,866
β -karoten	0,314	0,168

WYKORZYSTANIE WŁAŚCIWOŚCI PROZDROWOTNYCH MLEKA

Biojogurty należą do gamy produktów probiotycznych, zawierających szczepy drobnoustrojów, które podawane człowiekowi wpływają korzystnie na poprawę jego stanu zdrowia. Do bakterii o korzystnym działaniu zdrowotnym należą m.in. szczepy *Bifidobacterium breve*, *B. Longum*, *B. infantis*, *B. Bifidum* oraz szczepy *Lactobacillus acidophilus*, *L. casei*, *L. johnsoni*, *L. plantarum* i *L. Paracasei*. Bakterie mlekowe bytujące w jelicie cienkim charakteryzują się szerokim spektrum właściwości prozdrowotnych, m.in.: zwiększają stopień wykorzystania żywności, hamują rozwój patogenów i innych szkodliwych bakterii, a także wpływają korzystnie na układ odpornościowy człowieka.

Właściwości prozdrowotne zarówno siary, jak i mleka wykorzystano do produkcji niektórych nutraceutyków, pomocniczo stosowanych przy leczeniu różnego rodzaju schorzeń:

- Preparat z siary owczej zawierający 11,3% naturalnego CLA jest bardziej skuteczny w hamowaniu rozwoju komórek nowotworowych niż komercyjne 80% Bio-CLA. Preparat ten uzyskał złoty medal na wystawie „Eureka 2002” w Brukseli i srebrny w Genewie na wystawie wynalazków.
- Kolostryna – białkowy kompleks z siary owczej, krowiej lub koziej, z którym współczesna medycyna wiąże duże nadzieje ze względu na właściwości immunomodulacyjne i psychotropowe kompleksu polipeptydowego bogatego w prolinę PRP. Powoduje stabilizację i poprawę stanu zdrowia u pacjentów ze zdiagnozowanym wczesnym lub średnio zaawansowanym stadium choroby Alzheimera.
- MMF (*mares milk factor*) – koncentrat z mleka kłaczy wzbogacony dodatkowo w kolagen i wapń, który wykazuje działanie: immunomodulacyjne, jest produktem wspomagającym leczenie osteoporozy, cukrzycy, a także arteriosklerozy.
- Liofilizowana siara bogata w laktoferynę – wykazuje wspomagające działanie w ponad 60 chorobach, m.in.: astmie, stwardnieniu rozsianym, AIDS, chorobie Alzheimera.
- Transfer factor (czynnik przekazu) – produkowany z siary bydłowej, wspomaga odporność, może być stosowany przez osoby chore na CMPA (*cow's milk protein allergy*) lub u których stwierdzono nietolerancję laktozy.

Wysoką jakość mleka należy do podstawowych czynników pozwalających na uzyskanie doskonałych pod względem jakościowym produktów, które będą spełniały wszystkie wymagania konsumentów. Na rynku konsumenckim występują różne rodzaje mleka, m.in.: mleko o obniżonej zawartości laktozy lub bezlaktozowe; mleko o obniżonej zawartości lub bez cholesterolu; mleko z dodatkiem minerałów (wapń, magnez, jod, żelazo, selen); mleko z dodatkiem witamin (A, D3, E, C, rodzina B, kwas foliowy); mleko wzbogacone, m.in. w kwasy omega-3, probiotyki (kultury bakterii), prebiotyki (inulina, błonnik), koenzym Q10, fitosterole i melatoninę, które stanowią integralną część diety człowieka. Produkty te zaliczane są do żywności funkcjonalnej, ponieważ mają pozytywny wpływ na zdrowie człowieka.

PODSUMOWANIE

Mleko zawiera szereg bioaktywnych składników pochodzących zarówno z frakcji wodno-białkowej, jak i tłuszczowej. Każdy z wymienionych składników mleka oddzielnie, jak i działając synergistycznie z innymi wykazuje szereg właściwości prozdrowotnych dla człowieka. Odgrywają one niezastąpioną rolę w prawidłowym funkcjonowaniu organizmu, są antagonistami w stosunku do patogenów, zwiększają odporność, jak również łagodzą skutki nietolerancji laktozy. Współczesna wiedza na temat mleka wskazuje na trendy jego jak najmniejszego przetwarzania i konieczności wypasania krów na pastwiskach dobrej jakości (o odpowiednim udziale różnych gatunków roślin, w tym do 10% ziół). Wiedza ta powinna

również uzmysłowić każdemu konsumentowi, jak drogocennym i niezbędnym produktem spożywczym jest mleko wysokiej jakości. Tak więc dla nas, konsumentów narażonych na choroby cywilizacyjne (m.in. miażdżyca, nadciśnienie, otyłość, cukrzyca, osteoporoza), mleko i przetwory mleczne powinny stanowić nieodzowny element codziennej diety. □

Piśmiennictwo

1. Zmarlicki S: Zdrowotne aspekty mleka i przetworów mlecznych. Zdr Publ 2006; 116(1): 142-146. 2. Zmarlicki S: Mleko i przetwory mleczne jako źródło wapnia. Przem Spoż 2009; 10: 42-47. 3. Barłowska J: Tłuszcz – ważny składnik mleka. Przegl Mlecz 2008; 12: 4-8. 4. Cook ME, Pariza M: The role of conjugated linoleic acid (CLA) in health. Int Dairy J 1998; 8: 459-462. 5. Mc Guire ME, Mc Guire MK: Conjugated linoleic acid (CLA): A ruminant fatty acid with beneficial effects on human health. Proc Am Spc Anim Sci 2000; <http://www.a-sas.org/jas/symposia/proceedings/0938.pdf>. 6. Shingfield KJ, Saebo A, Saebo PC et al.: Effect of abomasal infusion of a mixture octadecenoic acids on milk fat synthesis in lactating cows. J Dairy Sci 2009; 92: 4317-4329. 7. Belury MA, Heuvel JPV: Modulation of diabetes by conjugated linoleic acid. Chapter 32 in Advances in conjugated linoleic acid research 1999; 1: 404-411. 8. Malacarne M, Martuzzi F, Summer A et al.: Protein and fat composition of mare's milk: some nutritional remarks with reference to human and cow's milk. Intern Dairy Journ 2002; 12: 869-877. 9. Lukiw WJ, Cui JG, Marcheselli VL et al.: A role for docosahexaenoic acid-derived neuroprotectin D1 in neural cell survival and Alzheimer disease. Journ Clin Invest 2005; 115(10): 2774-2783. 10. Ziemiański S, Wartanowicz M: Witaminy antyoksydacyjne. Nowa Med 1995; 11:7-12. 11. Rice-Evans CA, Sampson J, Bramley PM et al.: Why do we expect carotenoids to be antioxidant *in vivo*? Free Radic Res 1997; 26: 381-398. 12. Nozière P, Graulet B, Lucas A et al.: Carotenoids for ruminants: From forages to dairy products. Anim Feed Sci Technol 2006; 131: 418-450. 13. Grolier P, Duszka C, Borel P et al.: *In vitro* and *in vivo* inhibition of beta-carotene dioxygenase activity by canthaxanthin in rat intestine. Anrch Biochem Biophys 1997; 348: 233-238. 14. Kuczyńska BA: Składniki bioaktywne i parametry technologiczne mleka produkowanego w gospodarstwach ekologicznych i konwencjonalnych. Rozpr Nauk Monogr SGGW 2011. 15. Bergamo P, Fedele E, Iannibelli L et al.: Fat-soluble

vitamin contents and fatty acid composition In organic and conventional Italian dairy products. Food Chemistry 2003; 82: 625-631. 16. Brody EP: Biological activities of bovine glycomacropeptide. Brit J Nutr 2000; 84: 39-46. 17. Barłowska J, Litwińczuk A: Właściwości funkcjonalne białek mleka krowiego. Przegl Hod 2008; 5: 26-28. 18. Fong BY, Norris CS, Mac Gibbon AKH: Protein and lipid composition of bovine milk-fat-globule membrane. Inter Dairy J 2007; 17: 275-288. 19. Artym J: Aktywność przeciwnowotworowa i chemio prewencyjna laktoferryny. Post Hig Med Dośw 2006; 60: 352-369. 20. McIntosh GH, Regester GO, Le Leu RK et al.: Dairy proteins protect against dimetylohydrazine-induced intestinal cancers in rats. J Nutrit 1995; 125: 809-816. 21. Rutherford KJ, Gill HS: Peptides affecting coagulation. Brit J Nutr 200; 84 (Suppl. 1): 99-102. 22. Kontopidis G, Holt C, Sawyer L: Invited Review: β -Lactoglobulin: Binding Properties, Structure, and Function. J Dairy Sci 2004; 87: 785-796. 23. Mele M, Conte G, Serra A et al.: Relationship between beta-lactoglobulin polymorphism and milk fatty acid composition in milk of Massese dairy ewes. Small Rum Res 2007; 73: 37-44. 24. Baveye S, Elaiss E, Mazurier J et al.: Lactoferrin: a multifunction glycoprotein involved in the modulation of the inflammatory process. Clin Chem Lab Med 1999; 37: 281-286. 25. Kruzel ML: Rola laktoferryny w rozwoju ostrych stanów zapalnych. Post Hig Med Dośw 2003; 57: 377-404. 26. Ogata T, Teraguchi S, Shin K et al.: The mechanism of *in vivo* bacteriostasis of bovine lactoferrin. Adv Exp Med Biol 1998; 443: 239-246. 27. Shah NP: Effects of milk-derived bioactives: an overview. Brit J Nutr 2000; 84 (Suppl. 1): 3-10. 28. Wątrobińska K, Nałęcz-Tarwacka T: Frakcje białkowe mleka krowiego. Przegl Mlecz 2007; 6: 10-12. 29. Krzyżewski J: W jaki sposób można zwiększyć zawartość białka w mleku? Hodowca Bydła 2006; 12: 8-12. 30. Barłowska JB: Wartość odżywcza i przydatność technologiczna mleka krów 7 ras użytkowanych w Polsce. Rozpr Nauk AR w Lublinie 2007; 321: 5-82. 31. Kuczyńska B, Puppel K: Biologicznie czynne związki o działaniu przeciwutleniającym w mleku krów różnych ras. Przegl Mlecz 2009; 10: 13-17. 32. Nałęcz-Tarwacka T: Wpływ wybranych czynników na zawartość funkcjonalnych składników tłuszczu mleka krów. Rozprawy Naukowe i Monografie, Wyd. SGGW, Warszawa 2006. 33. Nałęcz-Tarwacka T, Kuczyńska B, Grodzki H et al.: Effect of selected factors on conjugated linoleic acid content in milk of dairy cows. Vet Med 2009; 5(65):326-329. 34. Reklewska B, Bernatowicz E, Reklewski Z et al.: Zawartość biologicznie aktywnych składników w mleku krów zależnie od systemu żywienia i sezonu. Zesz Nauk Przegl Hod 2003; 68(1): 85-98.

nadesłano: 20.02.2013

zaakceptowano do druku: 14.03.2013

Adres do korespondencji:

*Beata Kuczyńska

Zakład Hodowli Bydła

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego

ul. Ciszewskiego 8, 02-786 Warszawa

tel.: +48 (22) 593-65-40

e-mail: beata_kuczynska@sggw.pl