

# Prozdrowotne znaczenie substancji bioaktywnych mleka owczego

Edyta Molik, Klaudia Stańko, Zuzanna Flis

Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Katedra Żywnienia, Biotechnologii Zwierząt i Rybactwa

Siara i mleko stanowią pierwszy pokarm nowonarodzonych ssaków. Są one dla rozwijającego się organizmu bogatym źródłem wartościowych substancji, takich jak witaminy, aminokwasy egzogenne, krótko- i średnio-łańcuchowe kwasy tłuszczowe, hormony. Badania przeprowadzone na prosiętach wykazały, że obecność niektórych substancji bioaktywnych (np. leptyny) w siarze i mleku może wpływać na prawidłowy rozwój struktury i funkcjonowania jelita cienkiego [26]. Podstawowy skład chemiczny mleka owczego stanowi: sucha masa, która wynosi odpowiednio 19,30%, białko 5,98%, tłuszcz 7%, węglowodany 5,36% oraz energia wynosząca 108 kcal. Wysoka zawartość cennych substancji odżywczych i biologicznie aktywnych w mleku owczym rzutuje na walory dietetyczne tego mleka oraz pochodzących z niego przetworów. W ostatnim czasie popularna stała się tzw. żywność funkcjonalna, czyli żywność charakteryzująca się właściwościami prozdrowotnymi, wynikającymi głównie z obecności bioaktywnych substancji, które wywierają pozytywny wpływ na przebieg procesów metabolicznych oraz właściwych proporcji indywidualnych składników. Ze względu na swój skład chemiczny, mleko owcze cechuje się wyjątkowymi walorami prozdrowotnymi, na które wpływa między innymi obecność substancji o działaniu antyoksydacyjnym (skoniugowany kwas linolowy – CLA, witaminy A, D, fosfolipidy,  $\alpha$ -tokoferol, koenzym Q10). Mleko owcze jest bogatym źródłem żelaza, miedzi, cynku i manganu oraz cechuje się dużą zawartością selenu (7-8 mg/g mleka). Mleko pochodzące od owiec jest źródłem ryboflawiny, kwasu nikotynowego, pantotenu, foliolewo i biotyny [22]. Substancje bioaktywne mleka działając ogólnoustrojowo wpływają na rozwój młodego organizmu.

## Znaczenie substancji bioaktywnych

Wyjątkowość mleka matki związana jest z jego składem, poprzez prawidłowe dobranie zarówno jakościowo, jak i ilościowo specyficznych dla danego gatunku składników odżywczych, które są niezbędne do prawidłowego rozwoju młodego organizmu, wspomagając jego układ immunologiczny [21]. Według zaleceń Światowej Organizacji Zdrowia (WHO), Amerykańskiej Akademii Pediatrii (AAK), Europejskiego Towarzystwa Gastroenterologii, Hepatologii i Żywnienia Dzieci (ESPGHAN), najlepszym sposobem odżywiania noworodka jest karmienie mlekiem matki przez okres pierwszych 6 miesięcy życia dziecka, a także jego kontynuacja w kolejnych miesią-

cach rozwoju. Szczególnym składnikiem mleka owczego są białka, które po strawieniu uzupełniają całość zapotrzebowania na aminokwasy pochodzenia egzogenne. Znaczna ich ilość, łącznie z immunoglobulinami, doskonale wpływa na układ immunologiczny, chroniąc młody organizm przed patogenami.

Peptydy biologicznie aktywne nie tylko wpływają na układ odpornościowy, ale także na funkcjonowanie układu pokarmowego, nerwowego i krwionośnego, obniżając ciśnienie krwi, działając przeciwkrzepliwie oraz antyoksydacyjnie. Do peptydów tych należą kazokininy, uwalniane z kazeiny, o właściwościach przeciwbakteryjnych, ale również przeciwnadciśnieniowych. Działają one jako peptydowe inhibitory ACE, czyli enzymu konwertującego angiotensynę. Enzym ten działa głównie w układzie renina-angiotensyna, gdzie przekształca angiotensynę I w angiotensynę II inaktywując przy tym bradykininę, co w rezultacie doprowadza do wzrostu ciśnienia krwi. Kazokininy, dzięki swym właściwościom zatrzymują działanie ACE i obniżają ciśnienie krwi. Podobne działanie wykazują laktorfiny, które hamują aktywność ACE, normalizują funkcje śródbłonka naczyń poprzez ich relaksację oraz wykazują zależność od receptorów opioidowych [7, 19]. Ważnym składnikiem mleka owczego jest obecność laktoferyny i jej przeciwdziałanie stresowi oksydacyjnemu [1]. Laktoferyna obecna w dużej ilości w mleku owczym jest doskonałym antyoksydantem, gdyż przeciwdziała odkładaniu się złogów  $\beta$ -amyloidu, który przyczynia się do występowania choroby Alzheimera [13]. Złogi  $\beta$ -amyloidu zaburzają działanie synaps, powodują ich dysfunkcję, zakłócając połączenie między neuronami, co prowadzi do ich śmierci. Choroba ta występuje u ludzi w starszym wieku, powodując zaburzenie funkcji poznawczych i świadomości doprowadzając do neurodegradacji synaps i neuronów [20]. Obecność laktoferyny pozwala na łatwiejsze przyswajanie składników pokarmowych ze szczególnym uwzględnieniem żelaza, cynku, manganu i cukrów. Zmniejsza również w znacznym stopniu rozwój mikroflory pochodzenia patogenne, wpływając na rozwój mikroflory korzystnej dla organizmu. Obecność laktoferyny jest niezwykle ważna w ochronie jelita podczas endotoksemii lub zakażenia ogólnego i może zostać wykorzystana do leczenia osób z uszkodzoną śluzówką jelita [1].

Innym związkiem wpływającym na odpowiedź immunologiczną jest prolina. Odgrywa ona ważną rolę w syntezie białek, metabolizmie, pomaga w gojeniu się ran, działa antybakteryjnie i ma właściwości przeciwutleniające. Stanowi ok. 12% białka w mleku ssaków. Wysoka zawartość prolina jest zgodna z zapotrzebowaniem na nią noworodka. Prolina tworzy również PRP (Proline-rich polypeptide), czyli polipeptyd bogaty w prolinę. Został on wyizolowany z siary owczej, gdzie występował jako frakcja związana z immunoglobulinami IgG<sub>2</sub>. Polipeptyd ten bierze przede wszystkim udział w humoralnej odpowiedzi immunologicznej poprzez zwiększenie napływu limfocytów T supresorowych oraz wpływa na ich dojrzewanie. Jednak PRP posiada także wiele innych właściwości. Spożywany wraz z siarą kompleks wchłania się w tkankę limfatyczną jelita i przyspiesza dojrzewanie komórek układu odpornościowego [28].

W funkcjonowaniu organizmu istotne znaczenie mają również witaminy z grupy B, których zawartość w mleku owczym jest wyższa niż w mleku krowim. Witamina B<sub>1</sub>, a szczególnie trifosforan tiaminy będący jej aktywną formą jest korzystny dla układu serotonino-adrenergicznego. Witamina B<sub>2</sub> przeciwdziała utlenianiu się lipidów. Jest ona czynnikiem niezbędnym w walce z wolnymi rodnikami, utrzymującym glutation w zredukowanej formie. Natomiast odpowiednia ilość witaminy B<sub>6</sub> w organizmie hamuje powstawanie wszelkich zmian neurologicznych, uwzględniając zbyt wczesne starzenie neuronów, zmniejsza stężenie kwasu GABA (kwas  $\gamma$  – aminomasłowy). Najwięcej witaminy B<sub>6</sub> zawiera mleko owcze (0.07±0.01mg/100g mleka), natomiast mniej zawiera mleko krowie oraz kozie (odpowiednio 0.04±0.01mg /100 g mleka i 0.048±0.0 mg /100 g mleka). Do prawidłowej pracy mózgu jest również potrzebna niacyna (witamina B<sub>3</sub>), której główna rola polega na wspomaganie syntezy insuliny, kortyzolu oraz tyroksyny. Niedobór witamin z grupy B przyczynia się do rozwoju depresji, irytacji i powoduje neuropatię peryferyjną. Zaburzony metabolizm homocysteiny, przyczyniający się do zmniejszenia sprawności umysłowej, może być spowodowany niedoborem witamin z grupy B. Wysokie stężenie homocysteiny nie tylko przyczynia się do rozwoju arteriosklerozy, ale również wpływa na rozwój chorób związanych z układem krążenia. Witamina B<sub>12</sub>, razem z kwasem foliowym, odpowiadają za przemianę homocysteiny w metioninę, natomiast powstawanie cystationiny z seryny lub homocysteiny katalizuje witamina B<sub>6</sub> stanowiąca kofaktor  $\beta$ -syntetazy cystationiny. Występowanie depresji i niska zawartość kwasu foliowego w mózgu może być spowodowane zmianą stężenia serotoniny i S-adenozylometioniny obecnych w mózgu. Główne źródło syntezy S-adenozylometioniny stanowią przemiany homocysteiny do metioniny dzięki obecności kwasu foliowego. Wysoki poziom homocysteiny, spowodowany niedoborem witamin z grupy B, przyczynia się do rozwoju choroby Alzheimera [17]. W badaniach przeprowadzonych na osobach starszych, którym podawano wyższe stężenie zarówno kwasu foliowego, jak i witaminy B<sub>12</sub>, wykazano, że osoby te osiągnęły lepsze wyniki podczas rozwiązywania testów. Nastąpił mniejszy problem z zapamiętywaniem oraz z rysowaniem przestrzennym [23]. Mleko owcze zawiera najwięcej witaminy B<sub>12</sub> (0.66±0.05  $\mu$ g/100g mleka), krowie zawiera (0.5±0.3  $\mu$ g/100g mleka) a kozie tylko (0.065±0.0  $\mu$ g/100g mleka), stosowane w codziennej diecie może przyczynić się do ograniczenia występowania chorób o podłożu neurologicznym.

Mleko owcze jest produktem, który wykazuje korzystny wpływ na układ pokarmowy, wspomagając leczenie zaburzeń żołądkowo-jelitowych [11]. Otyłość jako choroba cywilizacyjna powodowana nie tylko czynnikami środowiskowymi i genetycznymi, ale głównie złym odżywianiem lub brakiem wysiłku fizycznego [25]. Stanami towarzyszącymi otyłości jest występowanie chorób kardiologicznych (nadciśnienie) i cukrzyca. Zachorowalność okołoporodowa utożsamiana z otyłością nie kończy się na okresie niemowlęcym, ale ma niekorzystny wpływ na regulację metabolizmu młodego organizmu. Odżywianie noworodka jest bardzo ważne i dlatego podawanie mleka matki może ograniczyć występowanie chorób zwią-

zanych z otyłością w wieku dorosłym [2]. Zawarte w mleku przeżuwaczy izomery cis oraz trans kwasu wakcennowego (ok 4% – mleko owcze, 2,5% – mleko krowie, 2% – mleko kozie), który jest prekursorem kwasu CLA, hamują tempo namnażania się komórek nowotworu okrężnicy oraz przyczyniają się do obniżenia masy ciała [8]. Głównym źródłem CLA jest mleko przeżuwaczy, a zwłaszcza mleko owcze, które zawiera aż 1,17%, następnie krowie – 1,01% oraz najmniej kozie – 0,65%. Zawartość tego kwasu w tłuszczu mlekowym jest bardzo duża i mieści się w granicach od 2,9 do 11,3 mg/g tłuszczu. Izomery cis-9, trans-11 oraz trans-10, cis-12, stanowią od 73% do 93% całkowitego CLA. Kwas CLA podawany myszom w stężeniu 0,5% skutkował obniżeniem masy ciała o 57% i 75% przez okres 4-8 tygodni [8]. W diecie ludzi cierpiących na otyłość stosowanie izomerów trans-10, cis-12 i cis-9, trans-11 przez okres 12 tygodni powodowało redukcję tkanki tłuszczowej. Podawanie osobom chorującym na zespół metaboliczny, 5 ml mleka wzbogaconego mieszaniną izomerów CLA przyczyniło się do zmniejszenia otyłości brzusznej i zmniejszenia masy ciała [15]. Duża zawartość CLA w diecie powoduje wydatkowanie przez organizm takiej ilości energii, jaka jest wydzielana podczas wysiłku fizycznego pomimo faktu, że organizm znajduje się w spoczynku [14]. Wzrost wydatku energetycznego to jeden z mechanizmów, któremu zawdzięcza się zmniejszenie tkanki tłuszczowej. Kwas CLA poprzez pobudzenie procesu lipolizy i zmniejszenie stężenia enzymu lipazy lipoproteinowej w adipocytach wpływa na metabolizm energetyczny organizmu. Przeprowadzone badania na komórkach zrębowych naczyń pochodzących z ludzkiej tkanki tłuszczowej wykazały, że izomery trans-10, cis-12 osłabiły lipogenezę w komórkach, a izomery cis-9, trans-11 zwiększały ilość triglicerydów [6]. Przypuszcza się, że obniżenie zawartości tkanki tłuszczowej nie tylko związane jest z ograniczeniem procesu namnażania się komórek tłuszczowych, poprzez stymulację ich programowanej śmierci, ale głównie ze zmniejszeniem się wielkości adipocytów. Kolejnym mechanizmem obniżania tkanki tłuszczowej jest pobudzenie przez CLA działania enzymu CPTI (palmitoilotransferazy karnitynowej I). Kwas CLA pobudzając CPTI, powoduje znaczne zużycie kwasów tłuszczowych, które zostały uwolnione z tkanki tłuszczowej organizmu [3, 25]. Dużym problemem zdrowotnym w społeczeństwie są choroby związane z układem sercowo-naczyniowym. Szczególną uwagę należy zwrócić na chorobę tętnic, powszechnie zwaną miażdżycą, prowadzącą do częściowego lub nawet całkowitego zamknięcia światła naczynia, co wynika z pęknięć blaszek miażdżycowych i tworzeniem się na ich powierzchni skrzeplin [12]. Przyczyną tej choroby jest zbyt duża ilość tłuszczów przyjmowana wraz z pokarmem, szczególnie utlenianie się cholesterolu pochodzącego z produktów zwierzęcych (mleko owcze ok. 19 mg/g) [27]. Jednonienasycone kwasy tłuszczowe nie powodują akumulacji cholesterolu, w porównaniu z nasyconymi kwasami tłuszczowymi. Wpływają pozytywnie na (HDL), czyli stężenie lipoprotein o wysokiej gęstości, transportując cholesterol ze ścian naczyń krwionośnych do wątroby, gdzie następuje jego rozkład, jednocześnie zmniejsz-

szając stężenie (LDL) lipoprotein o niskiej gęstości, które odkładają się w naczyniach krwionośnych. Objawy powstające w wyniku zmian miażdżycowych związane są z zaburzeniem prawidłowego funkcjonowania śródbłonna, co wynika z występowania cukrzycy, wysokiej zawartości frakcji cholesterolu LDL, niedotleniania wolnych rodników, infekcji czy hiperhomocysteinemii. Właściwie funkcjonujące komórki śródbłonna stanowią bodziec dla prawidłowej pracy mięśni gładkich, jednocześnie utrzymując ścianę naczynia w odpowiednim napięciu [5]. Kwas CLA mleka owczego ma korzystny wpływ na zmniejszenie nie tylko frakcji cholesterolu LDL i triglicerydów, ale również cholesterolu całkowitego, przeciwdziała hipertriglicydemii oraz reguluje profil lipidowy we krwi. Antymiażdżycowe działania ujawniają również inne przeciwutleniające występujące w mleku owczym. Warto wymienić witaminę E (mleko owcze  $0.11 \pm 0.01 \text{ mg}/100 \text{ g}$ ), która współpracując z aminokwasami siarkowymi i selenem, przeciwdziała oksydacji tłuszczów budujących błonę komórkową. Fosfolipidy również odgrywają ważną rolę, ponieważ zawierają znacznie więcej WNK (wielonienasycone kwasy tłuszczowe) w porównaniu z triglicerydami. Substancje bioaktywne mleka tj. średnio- i krótkołańcuchowe kwasy tłuszczowe oraz WNK wpływają na regulację metabolizmu tłuszczów i cholesterolu pochodzenia endogenego. Ich przeciwdziałanie stanom chorobowym polega na zwiększeniu intensywności przemian cholesterolu oraz powstawaniu jego estrów, zapobiegając tym samym oksydacji cholesterolu i lipidów strukturalnych znajdujących się w narządach i komórkach, ponadto zmniejsza powstawanie triglicerydów i cholesterolu wątrobowego [9]. Związek między ilością i rodzajem tłuszczu w diecie ma wpływ na występowanie chorób układu krążenia i pokarmowego. Ogólne ryzyko choroby wieńcowej może zostać zmniejszone, gdy ograniczymy ilość kwasów SFA (kwasy tłuszczowe nasycone) w diecie, a zwiększymy udział kwasów MUFA (kwasy tłuszczowe monoenurowe). Nie wszystkie nasycone kwasy w jednakowy sposób wpływają na zawartość cholesterolu. Kwasy tłuszczowe nasycone zawierające od 4 do 10 atomów węgla, jak i również kwas stearynowy, obniżają poziom cholesterolu we krwi. Kwas laurynowy, stearynowy i mirystynowy zwiększają ryzyko chorób krążenia, natomiast kwas palmitynowy wykazuje podobne działania tylko u ludzi w podeszłym wieku. Mleko przeżuwaczy oraz jego produkty stanowią jedno z ważniejszych źródeł SFA w diecie człowieka [24]. W mleku owczym poziom nasyconych kwasów tłuszczowych (SFA) w tłuszczu mlecznym wynosi ponad 60%, jednonasycony (MUFA) i wielonasycony (PUFA) stanowią odpowiednio 28% i 6%. Na podstawie wielu badań wykazano nasiloną wrażliwość insulinową tkanek naszego organizmu w wyniku oddziaływania CLA, co powoduje znaczące zmniejszenie we krwi poziomu insuliny i wolnych kwasów tłuszczowych [15, 19].

### **MikroRNA mleka i jego rola w organizmie**

MikroRNA (miRNA) są małymi cząsteczkami będącymi częścią niekodującą RNA, kodowane przez region genomu odpowiednio intragenowy lub intergenowy [16]. Biorą udział w procesach związanych z rozwojem organizmu oraz jego funkcjonowaniem. Uważa się, że mniej niż po-

łowa genów zawiera we własnych transkryptach sekwencje, które wykorzystywane są przez miRNA. Ich specyficzność wynika z przeprowadzonej przez nie ekspresji. Wiele z nich może ulegać ekspresji w danej tkance w sposób dla niej charakterystyczny lub może nie być podatna na ten proces. Stąd też na podstawie badań na wielu gatunkach zwierząt stwierdzono, iż ekspresja tych cząsteczek jest tkankowo-specyficzna [18]. Stabilność zaobserwowana w płynie mózgowo-rdzeniowym, łzach, osoczu krwi, a także mleku związana jest z opornością na rybonukleazy, co wynika z połączenia miRNA z białkiem Ago-2 należącym do rodziny Argonaute. Zarówno ta cecha, jak i wielokierunkowość działania wpływa na bardzo duże zainteresowanie miRNA [16]. Izomery miRNA mogą kontrolować metabolizm przemian lipidowych zachodzący w wątrobie, a także mieć wpływ na kształtowanie się tkanki mięśniowej, oddziałując na poszczególne etapy miogenezy. W wyniku działania na deacetylazy histonowe miRNA powoduje różnicowanie się komórek mięśniowych [16]. Metabolizm oraz kształtowanie się ludzkich komórek tłuszczowych zależne jest między innymi od miR-14 kontrolującego cykl komórkowy, metabolizm lipidów, ilość triglicerydów i diacyloglicerydów. Z kolei mikroR-143 odpowiada za kształtowanie się komórek tłuszczowych, a zahamowanie jego ekspresji powoduje zaprzestanie kształtowania się preadipocytów [10]. Od około 2012 roku prowadzone są badania dotyczące miRNA pochodzenia egzogenego np. zawartego w mleku. Mleko kobyce zawiera kilkaset cząsteczek miRNA, które mogą wpływać na ekspresję około 900 genów. Przeprowadzone badania wykazały również, że znaczna część miRNA zawarta w mleku różnych ssaków wykazuje bardzo duży stopień podobieństwa, na podstawie czego można stwierdzić, że są sekwencjami konserwatywnie ewolucyjnymi [4]. Niektóre cząsteczki, takie jak: miRNA-21, miRNA-29s lub miRNA-148a są komplementarne do mRNA odpowiadającego za kodowanie metylotransferazy DNA (DNMT), przez co mogą działać hamująco na ich syntezę, co z kolei przekłada się na ekspresję genów. Zmniejszona metylacja DNA, spowodowana obecnym w mleku miRNA, prowadzi do zwiększonej transkrypcji wielu genów, co wiąże się z powstawaniem nowych białek. Uważa się, że powstawanie głównie białka FTO (genu otyłości – z ang. Fat Mass and Obesity Associated Gene), związanego z otyłością, ma istotny wpływ na rozwój niemowlęcia. Demetylacja N6-metyloadenozyny zawartej w miRNA w nierozpoznany jeszcze sposób wpływa korzystnie na neurogenezę oraz układ odpornościowy. Warto wspomnieć o działaniu miRNA-21, który pobudza namnażanie się komórek, zaburzając apoptozę, wprowadzając stany zapalne oraz niestabilność genomu, co jest niekorzystne dla organizmu. Natomiast miRNA 21 oraz 148a biorą udział w powstawaniu cukrzycy typu II, oraz adipogenezie. Zawartość miRNA w mleku krowim jest podobna do występującej w mleku kobiecym. W wyniku przeprowadzonych badań zauważono, że zwiększone stężenie miRNA występuje w przypadku chorób cywilizacyjnych takich jak: nowotwór skóry, płuc i jajnika. Ich obecność w surowicy krwi powoduje, że stanowią one biomarkery pomagające w wykrywaniu tych chorób. Ze względu na wcześniej



wspomnianą stabilność oraz brak reakcji na działanie kwasów żołądkowych, miRNA zawarty w mleku ssaków nie tylko kontroluje ekspresję genów, ale także włączając się do genomu komórek układu odpornościowego, może wspomagać jego działanie w trakcie rozwoju noworodka. Znacząc poziom ekspresji miRNA, można odróżnić tkanki zdrowe od zmienionych chorobowo. Wykorzystując poznane mechanizmy działania tych cząsteczek, można je zastosować w nutrigenomice, ale także w medycynie poprzez regulację ekspresji genów w postępie chorób nowotworowych.

Podsumowując, ze względu na swój skład chemiczny, mleko owcze cechuje się wyjątkowymi walorami prozdrowotnymi, na które wpływa między innymi obecność substancji o działaniu antyoksydacyjnym, przeciwzapalnym i stabilizującym funkcjonowanie organizmu. Produkt ten może posłużyć do opracowania tzw. programowanej żywności w leczeniu wielu schorzeń u ludzi. Określenie zawartości substancji bioaktywnych mleka owczego również może być wykorzystane w opracowywaniu biopolimerów stosowanych w rolnictwie czy medycynie.

**Literatura:** 1. Artym J., Zimecki M., 2005 – Rola laktoferyny w prawidłowym rozwoju noworodka. *Postępy Higieny i Medycyny Doświadczalnej*, 59: 421-432. 2. Badillo-Suárez P.M., Rodríguez-Cruz M., Nieves-Morales X., 2017 – Impact of metabolic hormones secreted in human breast milk on nutritional programming in childhood obesity. *Journal of Mammary Gland and Biology*, 22: 171-191. 3. Bawa S., 2003 – An update on the beneficial roles of conjugated linoleic acid (CLA) in modulating human Health: mechanisms of action – a review. *Polish Journal Of Food Nutrition Sciences*, 12.53(3): 3-13. 4. Benmoussa A., Provost P., 2019 – Milk MicroRNAs in Health and Disease. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18: 703-722. 5. Berek K., Bobiński R., 2009 – Miażdżyca – choroba wieloczynnikowa. *Via Medica*, 17(3): 257-261. 6. Brown J.M., Halvorsen Y.D., Lea-Currie Y.R., Geigerman C., McIntosh M., 2001 – Trans-10, cis-12 but not cis-9, trans-11, conjugated linoleic acid attenuates lipogenesis in primary cultures of stromal vascular cells from human adipose tissue. *The Journal of Nutrition*. 131: 2316-2321. 7. Car H., Kopro-wicz T., Tokajuk A., Tokajuk A., 2014 – Wpływ naturalnych białek serwatki na mechanizmy regulacji ciśnienia tętniczego krwi. *Postępy Higieny i Medycyny Doświadczalnej*, 68: 172-175. 8. Cichosz G., Czeczot H., 2012 – Kwasy tłuszczowe izomerii trans w diecie człowieka. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna. Polskie Towarzystwo Farmaceutyczne. XLV*, 2012, 2: 181-190. 9. Cichosz G., Czeczot H., 2014 – Wapń – niezbędny dla każdego. *Polski Merkuriusz Lekarski*, XXXVI, 216, 407. 10. Esau C., Kang X.,

Peralta E., Hanson E., Marcusson EG., Ravichandran LV., Sun Y., Koo S., Perera R.J., Jain R., Dean NM., Freier SM., Bennett CF., Lollo B., Griffey R.J., 2004 – MicroRNA-143 regulates adipocyte differentiation. *Biology o. Chemistry*, 10; 279(50):52361-5. 11. Haenlein G.F., 2001 – Past, Present and Future Perspectives of Small Ruminant Dairy Research *Journal of Dairy Science*, 84: 2097-2115. 12. Janczy M., 2012 – Sprzężony kwas linolowy cis-9, trans-11 CLA, a zmiany miażdżycowe. *Zeszyty Naukowe Akademii Morskiej w Gdyni*, 73: 5-7. 13. Kruzel M.L., 2003 – Rola laktoferyny w rozwoju ostrych stanów zapalnych. *Postępy Higieny i Medycyny Doświadczalnej*, 57: 377-404. 14. Karwat J., Gil-Kulik P., Kotuła L., Niedojadło A., Kocki J., Sawiuk M., 2013 – CLA-właściwości prozdrowotne. *Medycyna Ogólna i Nauki o zdrowiu*. 13(4): 535-538. 15. Kowalska M., Cichosz G., 2013 – Produkty Mleczarskie – najlepsze źródła CLA. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna. Polskie Towarzystwo Farmaceutyczne, Warszawa*. 16. Koziołkiewicz M., 2019 – MikroRNA – Nowy Gracz Wśród Bioaktywnych Składników Diety. Budryn G. (red.), Śliżewska K. Nauka, technologia i innowacje w żywności i żywieniu. *Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej*. Łódź. 5-13. 17. Leszczyńska T., Pisulewski P.M., 2004 – Wpływ wybranych składników żywności na aktywność psychofizyczną człowieka. *Żywność Nauka Technologia i Jakość*, 1(38): 12-24. 18. Lisowski P., Gościak J., Zwierzchowski L., 2010 – MikroRNA w hodowli zwierząt gospodarskich. *Biotechnologia*, 3(90): 115-125. 19. Moatsou G., Sakkas L., 2019 – Sheep milk components: Focus on nutritional advantages and biofunctional potential. *Small Ruminant Research*, 180: 86-99. 20. Murphy M.P., LeVine H., 2010 – Alzheimer's Disease and the  $\beta$ -amyloid Peptide. *Journal of Alzheimer's Disease*, 19(1): 311. 21. Orczyk-Pawitowicz M., Wesołowska A., 2013 – Różnice w biochemicznym składzie mleka wcześniaków i noworodków urodzonych o czasie- aspekt żywieniowy i terapeutyczny. *Standardy medyczne/Pediatrics*, 10: 677-686. 22. Pandya A.J., Ghodke K.M., 2007 – Goat and sheep milk products other than cheeses and yoghurt. *Small Ruminant Research*. 6:193-206. 23. Riggs K.M., Spiro A., Tucker K., Rush D., 1996 – Relations of vitamin B-12, vitamin B-6, folate and homocysteine to cognitive performance in the Normative Aging Study. *American Journal of Clinical Nutrition*, 63: 306-314. 24. Szulc T., 2012 – Tajemnice mleka. UWP, Wrocław. 25. Świerczyński J., Szolkiewicz M., Rutkowski B., 2007 – Stosowanie sprzężonych kwasów linolowych w zapobieganiu i leczeniu otyłości. *Przegląd Lekarski*, 64: 7-8. 26. Woliński J., Słupecka M., Romanowicz K., 2014 – Leptin and ghrelin levels in colostrum, milk and blood plasma of sows and pig neonates during the first week of lactation. *Journal of Animal Science*, 85(2), 143-149. 27. Wójcik M., Matwijczuk A., 2011 – Cholesterol w mleku a miażdżyca. *Przegląd Hodowlany*, 3: 22. 28. Zimecki M., 2008 – A Proline-Rich Polypeptide from Ovine Colostrum: Colostrinin with Immunomodulatory Activity. *Bioactive Components of Milk*. Tom 606, Rozdział 2, s. 241-243.

## The health-promoting role of bioactive substances in sheep milk

### Summary

Milk is the first food consumed by mammals. Intake of milk is essential to provide all the nutrients necessary for the proper development of the young body. A large portion of the bioactive substances contained in milk pass into it from the blood, while others are formed in the mammary gland. This helps in the formation of the immune response and in the development of the digestive system and nervous system. Bioactive substances contained in milk not only support the development of the young animal, but also help in the fight against various types of infection. Many studies have shown that milk is an essential factor in the human diet, and it is becoming increasingly popular as a functional food. Proper nutrition and consumer awareness undoubtedly affect the development of the body. Today, milk and dairy products are an indispensable element of the human diet. The high content of valuable nutrients and biologically active substances in sheep milk positively affects the dietary value of this milk and products made from it.

**KEY WORDS:** sheep milk, bioactive substances, development