

ROLA SUBSTANCJI ANTYOKSYDACYJNYCH MLEKA OWCZEGO

Edyta Molik, Julia Musiał, Zuzanna Flis

Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Katedra Żywienia, Biotechnologii Zwierząt i Rybactwa
al. Mickiewicza 24/28, 30-059 Kraków
e-mail: rzmolik@cyf-kr.edu.pl

Mleko owcze, a zwłaszcza produkty z niego pozyskiwane zyskują coraz większą popularność wśród konsumentów ze względu na wysokie walory smakowe oraz zawartość substancji bioaktywnych. Obecność w mleku owczym wielu antyoksydantów, takich jak witaminy D, A, E oraz koenzym Q10 czy sprzężony kwas linolowy wpływają na wiele fizjologicznych i biochemicznych mechanizmów zachodzących w organizmie. Główną rolą tych substancji jest zapobieganie powstawaniu stresu oksydacyjnego poprzez wymiatanie wolnych rodników. Dodatkowo wspomagają one prawidłowy rozwój układów odpornościowego, oddechowego, pokarmowego, nerwowego, a także funkcjonowanie poszczególnych narządów. Antyoksydanty pełnią kluczową rolę dla zdrowia zarówno młodego, jak i dorosłego człowieka. Substancje te wykazują działanie zapobiegające chorobom nowotworowym oraz chorobom cywilizacyjnym, takim jak otyłość, miażdżyca i cukrzyca. Wprowadzenie do codziennej diety produktów z mleka owczego może korzystnie wpłynąć na stan zdrowia ludzi.

Słowa kluczowe: mleko owcze, substancje bioaktywne, antyoksydanty

Mleko jako pierwszy pokarm ssaków jest bogate w korzystnie wpływające na organizm substancje, takie jak tłuszcz, białko, laktoza, substancje mineralne, enzymy, hormony, immunoglobuliny oraz witaminy (de la Fuente i in., 2013). Mleko owcze zawiera około 18,3% całkowitej masy suchej, 6,0% tłuszczu, 12,3% suchej masy beztłuszczowej (SNF), 4,9% laktozy, 0,94% popiołu i 5,2% białka. Wysoka zawartość cennych składników odżywczych i substancji biologicznie czynnych w mleku owczym świadczy o wartościach dietetycznych tego mleka i wytwarzanych z niego produktów. Mleko owcze ma wyższe stężenie nienasyconych kwasów tłuszczowych, wapnia, fosforu, żelaza i magnezu niż mleko krowie (Kanwal i in., 2004). Co więcej, mleko owcze zawiera mniej wody niż krowie, bo około 82%, co przekłada się na większą ilość zawartych w nim substancji biologicznych, białka (5,7%) oraz tłuszczów (7,1%) (de la Fuente i in., 2013). Dodatkowo, ma ponad sześć razy więcej witaminy D i średnio dwa razy więcej witamin z grupy B – tiaminy, ryboflawiny i niacyny (Kunachowicz i in., 2017). Mleko owcze stanowi znakomite źródło wapnia, który wspiera działanie neurotransmitterów, pracę serca oraz proces wytwarza-

nia hormonów i enzymów. Ponadto zawarte w nim substancje bioaktywne przyczyniają się do obniżenia ciśnienia krwi, wspomagają pracę układu odpornościowego, a liczne substancje antyoksydacyjne hamują utlenianie komórek i substancji w organizmie oraz wykazują działanie antynowotworowe. Białka mleka owczego dzielą się ze względu na swoją budowę i funkcję na kazeiny oraz białka serwatkowe. Kazeiny to około 80% całkowitej ilości białka, dla porównania w mleku kobiecym stanowią mniej niż 50% (Hill i Newburg, 2015). Co więcej, micelle kazeinowe mleka owczego zawierają więcej wapnia niż te w mleku innych przeżuwaczy (Balthazar i in., 2017). Ze względu na wyższą zawartość substancji bioaktywnych spożycie mleka owczego jest korzystne dla zdrowia człowieka (de la Fuente i in., 2013; Balthazar i in., 2017).

Substancje antyoksydacyjne to określenie grupy związków wykazujących tę samą aktywność, jaką jest opóźnianie lub zapobieganie oksydacji (neutralizacja substancji utleniających), ale też usuwanie uszkodzenia danej cząsteczki spowodowanego utlenieniem. Wiążą również wolne rodniki, które mają postać atomu, grupy atomów albo cząsteczki z jednym lub kilkoma wolnymi elektronami na ostatniej powłoce, co sprawia, że są wysoko reaktywne. Wolne rodniki mogą być zarówno kationami, anionami lub jonami obojnaczymi. Powstają jako skutek uboczny metabolizmu komórek podczas niszczenia wiązań w związkach lub transportowania jonów, a także w wyniku reakcji łańcuchowych. Uszkadzają strukturę DNA, białek, tłuszczów, ściany naczyń krwionośnych, a także utleniają lipidy. Szczególnie szkodliwe dla ludzkiego organizmu są wolne rodniki tlenowe, określane często jako reaktywne formy tlenu (ROS – reactive oxygen species). Wytwarzane są one w mitochondriach, a dokładniej w łańcuchu oddechowym z cząsteczek tlenu, które nie zostały w pełni zredukowane. Wolne rodniki w niewielkich ilościach działają korzystnie na organizm, wspomagają układ immunologiczny, jednak ich nadmiar skutkuje zmianami patologicznymi (Białek i Czauderna, 2016). Na przełomie lat 80. i 90. XX wieku sformułowano tzw. teorię wolnych rodników (free radical theory) mówiącą o ich przyczynianiu się do powstawania chronicznych chorób oraz przyspieszania procesu starzenia. Wśród schorzeń wyróżnia się nowotwory, miażdżycę, choroby układu nerwowego czy cukrzycę (Berger i in., 2012). Obecność wolnych rodników w organizmie człowieka powodowana jest nie tylko przez oddychanie komórkowe. Nieprawidłowa dieta bogata w żywność o wysokiej zawartości cukrów, produkty mięsne z długą datą przydatności, a także wędzone, smażone oraz grillowane mięso przyczynia się do wyższego stężenia tych cząsteczek w organizmie (Białek i Czauderna, 2016). W przypadku nadmiaru substancji oksydacyjnych oraz wolnych rodników dochodzi do powstania stresu oksydacyjnego. Ma on negatywny wpływ na komórkę (wspomaga proces starzenia się) oraz jej elementy strukturalne, powoduje uszkodzanie DNA, RNA, cząsteczek cholesterolu, tłuszczów, węglowodanów oraz białek. Z utlenienia tych molekuł powstają substancje, których stężenie mierzy się w celu stwierdzenia obecności stresu oksydacyjnego (Caroprese i in., 2019).

W mleku owczym obecnych jest wiele antyoksydantów, takich jak kwas moczowy, makro oraz mikroelementy, bioaktywne peptydy uwalniane podczas trawienia, kazeina, enzymy (dysmutaza superoksydacyjna, katalaza, peroksydaza glutationowa) i karotenoidy (występujące w mleku owczym w śladowych ilościach). Najważ-

niejszymi są jednak witaminy D, E oraz A, koenzym Q10, sprzężony kwas linolowy i laktoferyna (Caroprese i in., 2019).

Znaczenie substancji antyoksydacyjnych

Substancje antyoksydacyjne towarzyszą nam od samego początku istnienia, ich stężenie w organizmie matki w okresie ciąży wpływa na rozwój dziecka. Podczas wzrostu i rozwoju młodego organizmu komórki, tkanki, organy oraz układy ulegają przemianom, które w przypadku niedoboru substancji antyoksydacyjnych mogą przyczynić się do zaburzeń rozwojowych. Proces narodzin stanowi ogromny stres oksydacyjny dla dziecka. Zmiana środowiska o niskim stężeniu tlenu na takie o wysokim odbywa się w chwili, gdy dziecko jest podatne na nadmiar czynników utleniających. Wcześniaki są szczególnie narażone na toksyczne działanie tlenu, gdyż ich antyoksydacyjny mechanizm obrony nie jest w pełni wykształcony (Tipple i Ambalavanan, 2019). Prawidłowe stężenie antyoksydantów na każdym etapie życia zmniejsza szansę na rozwinięcie się w późniejszym czasie chorób, takich jak artretyzm, nowotwór, cukrzyca, miażdżyca, czy też chorób neurodegeneracyjnych (Rajendran i in., 2014).

Witaminy. W mleku owczym znajduje się większość znanych człowiekowi witamin. W porównaniu do mleka koziego i krowiego, mleko owcze zawiera najwięcej witaminy A (64,0 µg na 100 g mleka) oraz witaminy D (0,11 mg na 100 g mleka) (Flis i Molik, 2021). Zawartość witaminy E jest także wysoka i wynosi 0,11 mg/100 g mleka. Jedynie mleko ludzkie zawiera więcej witaminy E (0,23 mg/100 g) (Raynal-Ljutovac i in., 2008). Zarówno ilość witaminy E (retinol), jak i witaminy A (tokoferol) sprzężona jest z zawartością tłuszczu w mleku. Im większa jego zawartość, tym mleko jest bardziej bogate w tokoferol oraz retinol. Dodatkowo, ich stężenie w mleku jest niższe na początku, a wyższe w późniejszych fazach laktacji (Michlová i in., 2015). Ze względu na wysoką zawartość witamin produkty wytwarzane z mleka owczego powinny pełnić kluczową rolę w codziennej diecie człowieka. Kefir wyprodukowany z mleka owczego charakteryzuje się wyższym poziomem substancji antyoksydacyjnych niż kefir z mleka krowiego (Yilmaz-Ersan i in. 2018). Co więcej, sery takie jak roquefort, feta czy manchego są bogate w witaminę A (odpowiednio 0,295, 0,22 oraz 0,375mg na 100 g sera) (de la Fuente i in., 2013).

Zarówno witamina D, jak i jej metabolity posiadają receptory na większości komórek układu odpornościowego, m.in. na monocytach, makrofagach, limfocytach B i T, czy komórkach NK. Swoją obecnością regulują ich działanie, powodują zwiększenie syntezy białek przeciwbakteryjnych oraz zmniejszenie produkcji cytokin sprzyjających stanom zapalnym. Metabolity witaminy D odgrywają rolę w kontrolowaniu produkcji limfocytów T regulatorowych, odpowiedzialnych za reakcje autoimmunologiczne, zmniejszając skutki chorób wywołanych niszczeniem organizmu przez własne komórki (reakcja autoimmunologiczna). Dodatkowo zwiększają one zdolność do degradacji uszkodzonych organelli komórkowych oraz peptydów, zwiększając tym samym skuteczność układu odpornościowego w walce z wirusami. Jej niedobór skutkuje częstszymi infekcjami dróg oddechowych, a także mniejszym wytwarzaniem przeciwciał poszczepiennych (Antico i in., 2012). Witamina D obniża ryzyko wystąpienia chorób układu krążenia poprzez spowalnianie procesów patogennych, takich

jak zwapnienie naczyń krwionośnych czy produkcja cytokin. Wiele badań wskazuje też na związek pomiędzy stężeniem witaminy D w organizmie a ryzykiem wystąpienia chorób nowotworowych (Chakraborti, 2011; Krishnan i in., 2013). Wykazano zależność pomiędzy zamieszkiwaną szerokością geograficzną a podatnością na choroby nowotworowe u ludzi. Im dalej od równika, tym większe prawdopodobieństwo zachorowania na nowotwory prostaty, piersi czy okrężnicy (Combs, 2008). Witamina D warunkuje prawidłowy rozwój mózgu już podczas życia płodowego (Laird i in., 2017). Jej obecność w organizmie dziecka zmniejsza ryzyko zachorowania na stwardnienie rozsiane oraz schizofrenię (Eyles i in., 2009).

Tabela 1. Zawartość wybranych witamin w mleku owczym, kozim, krowim oraz ludzkim (na 100 g) (Raynal-Ljutovac i in., 2008; Claeys i in., 2014)
Table 1. Content of some vitamins in sheep, goat, cow and human milk (per 100 g) (Raynal-Ljutovac et al., 2008; Claeys et al., 2014)

Witaminy rozpuszczalne w tłuszczach Fat-soluble vitamins	Mleko kozie Goat milk	Mleko owcze Sheep milk	Mleko krowie Cow milk	Mleko ludzkie Human milk
Retinol (mg/100 g mleka) Retinol (mg/100 g milk)	0,04	0,08	0,04	0,06
Beta karoten (mg/100 g mleka) Beta carotene (mg/100 g milk)	0	0	0,02	0,02
Witamina D (µg/100 g mleka) Vitamin D (µg/100 g milk)	0,06	0,18	0,08	0,06
Tokoferol Tocopherol	0,04	0,11	0,11	0,23
Laktoferyna (g/l mleka) Lactoferrin (g/l milk)	0,02–0,2	0,8	0,02–0,5	1,5–2,0
CLA (%)	0,3–1,2	0,6–1,1	0,2–2,4	0,2–1,1

Kolejnym ważnym antyoksydantem występującym w mleku owczym jest witamina A, która wpływa na rozwój układu wzrokowego i jest odpowiedzialna za prawidłową syntezę rodopsyny oraz jodopsyny. Niedobór witaminy A prowadzi do kseroftalmii oraz kurzej ślepoty i jest uważany za najczęstszy powód zaburzeń wzroku u dzieci. Witamina A wspomaga układ odpornościowy, niezbędna jest też do prawidłowej budowy oraz funkcjonowania komórek nabłonkowych i utrzymuje poprawny metabolizm nabłonka układu oddechowego. Co więcej, witamina A wspomaga wydzielanie S-IgA, czyli sekrecyjnej odmiany immunoglobuliny A, odpowiedzialnej za obronę miejscową przed toksynami i wirusami (Woof i Kerr, 2006). Witamina A warunkuje prawidłowe funkcjonowanie nadnerczy produkujących kortykosteroidy niezbędne do zwalczania infekcji. Bierze udział w różnicowaniu komórek mieloidalnych (macierzystych komórek szpiku kostnego) do neutrofilii. Wpływa także korzystnie na produkcję hemoglobiny oraz erytrocytów. W przypadku niedoboru witaminy A dochodzi do keratynizacji komórek, co obniża ich odporność oraz sprawia, że tracą one swoją funkcję. Proces ten może dotknąć komórek układu pokarmowego, rozrodczego, oddechowego oraz moczowego, a także komórek spojówki czy skóry. W konsekwencji, pośrednimi skutkami niedoboru witaminy A są biegunka oraz za-

palnie płuc. Niewystarczające stężenie tej witaminy w organizmie wpływa też niekorzystnie na układ immunologiczny dzieci, zwalnia czas reakcji układu odpornościowego, zwiększa szanse na infekcje układu oddechowego, pokarmowego oraz anemię. Witamina A jest potrzebna do prawidłowego funkcjonowania układu kostnego. Zarówno jej nadmiar, jak i niedobór skutkuje nieprawidłową gęstością kości (Combs, 2008).

Istotnym dla zdrowia czynnikiem antyoksydacyjnym jest witamina E, która efektywnie wiążąc ROS zapobiega niszczeniu komórek organizmu oraz rozwijaniu się chorób. Wspomaga ona też funkcjonowanie układu odpornościowego. Przeprowadzone dotychczas badania wykazały, że suplementacja witaminy E przyczynia się do namnażania limfocytów, zwiększonej syntezy interleukiny 2, a zmniejsza syntezę interleukiny 6. Niedobór witaminy E może skutkować słabszym działaniem układu immunologicznego, a co za tym idzie większą podatnością na wszelakie infekcje zarówno bakteryjne, jak i wirusowe (Lee i Han, 2018). Istnieją przypuszczenia, że witamina E bierze też udział w tworzeniu składników strukturalnych błon biologicznych, reakcjach redoks oraz kontroluje biosyntezę DNA w komórce.

Koenzym Q10. Kolejnym ważnym antyoksydantem jest koenzym Q10, lipofilna substancja, pełniąca wiele funkcji w metabolizmie komórkowym. Ubiquinol-10 (CoQH_2), czyli zredukowana forma koenzymu Q10, hamuje peroksydację tłuszczów, oczyszczając organizm z wolnych rodników, wspomaga też alfa-tokoferol poprzez przywracanie go z formy utlenionej do zredukowanej. Dodatkowo bierze też udział w syntezie ATP, a dokładniej w fosforylacji oksydacyjnej, gdzie funkcjonuje jako przenośnik elektronów. Koenzym Q10 poprzez interakcje z białkami błonowymi stabilizuje także błony komórkowe. Skutkuje to zwiększeniem ich odporności oraz zmniejszeniem ilości substancji opuszczających komórkę, takich jak woda czy jony. Niedobór koenzymu Q10 może ujawniać się już w życiu płodowym, poprzez upośledzenie rozwoju organizmu, układu nerwowego lub mięśniowego. Często objawia się opóźnieniem wzrostu płodu oraz małowodziami. U takich noworodków zazwyczaj obserwuje się encefalopatie, hipotonię mięśni czy kwasicę mleczanową. Późniejsze skutki niedoboru to zaburzenia neurologiczne takie jak ataksja, utrata słuchu, atrofia wzroku czy dysfunkcje autonomiczne. Jak dotąd, suplementacja jest jedynym możliwym leczeniem pacjentów z zaburzeniem syntezy koenzymu Q10 (Herebian i in., 2018). Niedobór koenzymu Q10 wywołuje zespół nerczycowy u dzieci i młodzieży, dlatego też substancja ta jest niezbędna do prawidłowego funkcjonowania nerek (Kleiner i in., 2018). Innymi możliwymi skutkami zbyt niskiego stężenia koenzymu Q10 w organizmie jest zwiększone ryzyko chorób serca (miażdżycy, nadciśnienia tętniczego), układu immunologicznego, cukrzycy, chorób mięśni, a także chorób neurodegeneracyjnych (choroba Parkinsona, czy Alzheimer) (Siemieniuk i Skrzydlewska, 2005). Niski poziom tej substancji w ludzkim organizmie spowodowany może być wyłącznie chorobą, mutacjami genów warunkujących jego syntezę lub w wyniku zachodzących procesów starzenia. Obniżone stężenie w komórkach wiąże się z niższym potencjałem antyoksydacyjnym, a co za tym idzie zaburzeniami funkcjonowania komórek oraz występowaniem wielu schorzeń (Mohapatra i in., 2019). Suplementacja koenzymu Q10 jest bardzo skutecznym sposobem na eliminację skutków jego niedoboru (Kleiner

i in., 2018). Mleko krowie zawiera 1,9 mg koenzymu Q10 na 1 kg mleka (Strazisar i in., 2005). W jagnięcinie na 100 g mięsa znajduje się około 4 mg tej substancji (Purchas i in., 2004), natomiast w jogurcie z mleka owczego 0,3 mg na kilogram, przy zawartości tłuszczu na poziomie 6% (Pravst i in., 2010).

Sprzężony kwas linolowy (CLA). Jedną z najczęściej występujących chorób cywilizacyjnych jest otyłość. Skutkiem otyłości w wieku dziecięcym lub młodzieńczym są poważne problemy zdrowotne w późniejszym życiu, takie jak insulinooporność, choroby metaboliczne, czy problemy z układem krążenia (Cali i Caprio, 2008). Jednym z ważnych czynników zapobiegającym tej chorobie jest stosowanie diety bogatej w antyoksydanty, np. sprzężony kwas linolowy (CLA), który w organizmie człowieka hamuje działanie enzymu lipazy lipoproteinowej. Ta właściwość CLA zmniejsza odkładanie tkanki tłuszczowej, tym samym obniżając prawdopodobieństwo otyłości u dziecka, co więcej, skutkuje spadkiem masy ciała. Spożywanie produktów bogatych w CLA u młodych ludzi zmniejsza prawdopodobieństwo zachorowania na raka sutka, płuc, jelit oraz czerniaka złośliwego. (Karwat i in., 2013). CLA wspomaga także układ odpornościowy oraz ma właściwości przeciwzapalne, głównie poprzez kontrolowanie produkcji cytokin, a także aktywności limfocytów oraz makrofagów (Fuke i Nornberg, 2017). Dodatkowo poprawia on mineralizację kości i wykazuje właściwości bakteriostatyczne (Cichosz i Czeczot, 2011). Spośród wszystkich przeżuwaczy to mleko owcze jest najbogatsze w kwas wakcenyowy, prekursor CLA, a jego zawartość podlega sezonowym wahanom od -0,54% zimą do 1,28% latem (Walisiewicz-Niedbalska i in., 2001). Mleko owcze zawiera bardzo dużo CLA (1,1%), a jego stężenie w mleku tych przeżuwaczy jest zależne od pory roku, co związane jest z sygnałem melatoniny (Claeys i in., 2014; Molik i in., 2020). W porównaniu z innymi niezbędnymi nienasyconymi kwasami tłuszczowymi (NNKT), suplementacja izomerami CLA nie przyczynia się do dalszego wzrostu produkcji ROS wywołanej przez H_2O_2 (Basiricò i in., 2017), a podawanie CLA łagodzi stres oksydacyjny wywołany akroleiną i dysfunkcją bioenergetyki mitochondrialnej u szczurów (Aydin i in., 2018). CLA wykazuje działanie antyoksydacyjne i zdolność do zmiatania wolnych rodników. Świadczą o tym badania na szczurach, u których podawanie kompleksu laktoferyny i CLA (LF-CLA) spowodowało znaczący spadek poziomu ROS, azotynów (NO) i dialdehydu malonowego (MDA) (Agwa i Sabra, 2021). Co więcej, według Fagali i Catalá (2008) dwa izomery CLA (c9, t11-CLA i t10, c12-CLA) zapewniają ochronę przed wolnymi rodnikami, poprzez wygaszanie stabilnego rodnika 2, 2, difenyl-1-pikrylohydrazylu (DPPHU).

Podsumowanie

Mleko owcze jest ważnym źródłem kwasów tłuszczowych, białek, laktozy, substancji mineralnych, enzymów, hormonów oraz witamin, które korzystnie wpływają na zdrowie ludzkie. Wiele substancji bioaktywnych zawartych w mleku wykazuje działanie antyoksydacyjne i wspiera mechanizmy pozwalające zneutralizować i usunąć wolne rodniki. Niekontrolowana aktywność wolnych rodników prowadzi do stresu oksydacyjnego, który powoduje rozkład lipidów, białek czy DNA. Zmiany te mogą prowadzić do rozwoju cukrzycy, miażdżycy, nadciśnienia czy kancerogenezy.

Antyoksydanty mleka owczego hamują utlenianie komórek oraz innych substancji, wykazując tym samym działanie przeciwnowotworowe oraz ochronne na układ krążenia i układ odpornościowy. Zawartość niezbędnych składników odżywczych, antyoksydantów oraz innych substancji bioaktywnych świadczy o wysokiej wartości prozdrowotnej mleka owczego.

Piśmiennictwo

- Agwa M.M., Sabra S. (2021). Lactoferrin coated or conjugated nanomaterials as an active targeting approach in nanomedicine. *Int. J. Biol. Macromol.*, 167: 1527–1543.
- Antico A., Tampoia M., Tozzoli R., Bizzaro N. (2012). Can supplementation with vitamin D reduce the risk or modify the course of autoimmune diseases? A systematic review of the literature. *Autoimmun Rev.*, 12 (2): 127–136.
- Aydın B., Atlı Şekeroğlu Z., Şekeroğlu V. (2018). Effects of whey protein and conjugated linoleic acid on acrolein-induced cardiac oxidative stress, mitochondrial dysfunction and dyslipidemia in rats. *Biomed Pharmacother.*, 107: 901–907.
- Balthazar C.F., Pimentel T.C., Ferrao L.L., Almada C.N., Santillo A., Albenzio M., Mollakhalili N., Mortazavian A.M., Nascimento J.S., Silva M.C., Freitas M.Q., Sant'Ana A.S., Granato D., Cruz A.G. (2017). Sheep milk: physicochemical characteristics and relevance for functional food development. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, 16 (2): 247–262.
- Basiricò L., Morera P., Dipasquale D., Tröschler A., Bernabucci U. (2017). Comparison between conjugated linoleic acid and essential fatty acids in preventing oxidative stress in bovine mammary epithelial cells. *J. Dairy Sci.*, 100 (3): 2299–2309.
- Berger R.G., Lunkenbein S., Ströhle A., Hahn A. (2012). Antioxidants in food: mere myth or magic medicine? *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 52 (2): 162–171.
- Białek M., Czauderna M. (2016). Budowa chemiczna oraz funkcje fizjologiczne wybranych antyoksydantów. Instytut Fizjologii i Żywności Zwierząt im. Jana Kielanowskiego Polskiej Akademii Nauk.
- Cali A.M.G., Caprio S. (2008). Obesity in children and adolescents. *J. Clin. Endocrinol. Metab.*, 93 (11 Suppl. 1): 31–36.
- Caroprese M., Ciliberti M.G., Albenzio M., Marino R., Santillo A., Sevi A. (2019). Role of antioxidant molecules in milk of sheep. *Small Rum Res.*, 180 (July), pp. 79–85.
- Chakraborti C.K. (2011). Vitamin D as a promising anticancer agent. *Indian J. Pharmacol.*, 43 (2): 113–120.
- Cichosz G., Czczot H. (2011). Tłuszcz mlekowy – źródło antyoksydantów w diecie człowieka. *Bromat. Chem. Toksykol.*, ss. 8–16.
- Claeys W.L., Verraes C., Cardoen S., De Block J., Huyghebaert A., Raes K., Dewettinck K., Herman L. (2014). Consumption of raw or heated milk from different species: an evaluation of the nutritional and potential health benefits. *Food Control*, 42: 188–201.
- Combs G.F. (2008). *The Vitamins: Fundamental Aspects in Nutrition and Health*. 2nd Edition., Int. J. Food Sci.
- De la Fuente M.A., Mercedes R., Isidra R., Manuela J. (2013). Sheep Milk, Milk and Dairy Products in Human Nutrition. Park Y.W., Haenlein G.F.W. (Eds). John Wiley & Sons: Oxford, pp. 554–577.
- Eyles D.W., Feron F., Cui X., Kesby J.P., Harms L.H., Ko P., McGrath J.J., Burne T.H.J. (2009). Developmental vitamin D deficiency causes abnormal brain development. *Psychoneuroendocrinology*, 34 (Suppl. 1).
- Fagali N., Catalá A. (2008). Antioxidant activity of conjugated linoleic acid isomers, linoleic acid and its methyl ester determined by photoemission and DPPH techniques. *Biophys. Chem.*, 137 (1): 56–62.
- Flis Z., Molik E. (2021). Importance of bioactive substances in sheep's milk in human health. *Int. J. Mol. Sci.*, 22 (9): 4364.

- Fuke G., Nornberg J.L. (2017). Systematic evaluation on the effectiveness of conjugated linoleic acid in human health. *Crit Rev Food Sci Nutr.*, 57 (1): 1–7.
- Herebian D., López L.C., Distelmaier F. (2018). Bypassing human CoQ10 deficiency. *Mol. Genet. Metab.*, 123 (3): 289–291.
- Hill D.R., Newburg D.S. (2015). Clinical applications of bioactive milk components. *Nutr Rev.* 73 (7): 463–476.
- Kanwal R., Ahmed T., Mirza B. (2004). Comparative analysis of quality of milk collected from buffalo cow goat and sheep of Rawalpindi/Islamabad region in Pakistan. *Asian. J. Plant Sci.*, 3: 300–305.
- Karwat J., Gil-Kulik P., Kotuła L., Niedojadło A., Kocki L., Sawiuk M. (2013). CLA – właściwości prozdrowotne. *Med. Og. Nauk Zdr.*, 4: 535–538.
- Kleiner G., Barca E., Ziosi M., Emmanuele V., Xu Y., Hidalgo-Gutierrez A., Qiao C., Tadesse S., Area-Gomez E., Lopez L.C., Quinzii C.M. (2018). CoQ10 supplementation rescues nephrotic syndrome through normalization of H₂S oxidation pathway. *Biochim. Biophys. Acta.*, 1864 (11): 3708–3722.
- Krishnan A.V., Swami S., Feldman D. (2013). Equivalent anticancer activities of dietary vitamin D and calcitriol in an animal model of breast cancer: Importance of mammary CYP27B1 for treatment and prevention. *J. Steroid Biochem. Mol. Biol.*, 136: 289–295.
- Kunachowicz H., Przygoda B., Nadolna I., Iwanow K. (2017). Tabele składu wartości odżywczej żywności. Wyd. PZWL, Warszawa.
- Laird E., Thurston S., van Wijngaarden E., Shamlaye C., Myers G., Davidson P., Watson G., McSorley E., Mulhern M., Yeates A., Ward M., McNulty H., Strain J. (2017). Maternal vitamin D status and the relationship with neonatal anthropometric and childhood neurodevelopmental outcomes: results from the Seychelles child development nutrition study. *Nutrients*, 9 (11): 1235.
- Lee G.Y., Han S.N. (2018). The role of vitamin E in immunity. *Nutrients*, 10 (11): 1–18.
- Michlová T., Dragounová H., Horníčková Š., Hejtmánková A. (2015). Factors influencing the content of vitamins A and E in sheep and goat milk. *Czech J. Food Sci.*, 33 (1): 58–65.
- Mohapatra A., Shinde A.K., Singh R. (2019). Sheep milk: a pertinent functional food. *Small Rum. Res.*, 181: 6–11.
- Molik E., Błasiak M., Pustkowiak H. (2020). Impact of photoperiod length and treatment with exogenous melatonin during pregnancy on chemical composition of sheep's milk. *Animals*, 10 (10): 1721.
- Pravst I., Žmitek K., Žmitek J. (2010). Coenzyme Q10 contents in foods and fortification strategies. *Crit Rev Food Sci Nutr.*, 50 (4): 269–280.
- Purchas R.W., Purchas R.W., Rutherford S.M., Pearce P.D., Vather R., Wilkinson B.H.P. (2004). Concentrations in beef and lamb of taurine, carnosine, coenzyme Q10, and creatine. *Meat Sci.*, 66 (3): 629–637.
- Rajendran P., Nandakumar N., Rengarajan T., Palaniswami R., Gnanadhas E.N., Lakshminarasiah U., Gopas J., Nishigaki I. (2014). Antioxidants and human diseases. *Clin. Chim. Acta.* Sep 25, 436: 332–347.
- Raynal-Ljutovac K., Lagriffoul G., Paccard P., Guillet I., Chilliard Y. (2008). Composition of goat and sheep milk products: An update. *Small Rum. Res.*, 79 (1): 57–72.
- Siemienuk E., Skrzydlewska E. (2005). Coenzyme Q10: its biosynthesis and biological significance in animal organisms and in humans. *Post. Hig. Med. Dośw.* (Online), 59: 150–159.
- Strazisar M., Fir M., Golc-Wondra A., Milivojevic L., Prosek M., Abram V. (2005). Quantitative determination of coenzyme Q10 by liquid chromatography and liquid chromatography/mass spectrometry in dairy products. *J. AOAC Int.* 88 (4): 1020–1027.
- Tipple T.E., Ambalavanan N. (2019). Oxygen toxicity in the neonate: thinking beyond the balance. *Clin Perinatol.*, 46 (3): 435–447.
- Walisiejewicz-Niedbalska W., Patkowska-Sokoła B., Lipkowski A., Bodkowski R., Kwiatkowski J., Gwardiak H. (2001). Study on conjugated linoleic acid (CLA) in sheep milk fat. *Archiv für Tierzucht*, 44: 322–328.
- Woof J.M., Kerr M.A. (2006). The function of immunoglobulin A in immunity. *J. Pathol.*, 208 (2): 270–282.

Yilmaz-Ersan L., Ozcan T., Akpinar-Bayizit A., Sahin S. (2018). Comparison of antioxidant capacity of cow and ewe milk kefir. *J. Dairy Sci.*, 101: 1–11.

Zatwierdzono do druku: 24 XI 2021

EDYTA MOLIK, JULIA MUSIAŁ, ZUZANNA FLIS

The role of sheep's milk antioxidants

SUMMARY

Sheep's milk, and especially its products, are gaining more and more popularity among consumers due to the high taste qualities and content of bioactive substances. The presence of many antioxidants in sheep's milk, such as vitamins D, A and E, coenzyme Q10 or conjugated linoleic acid affect many physiological and biochemical mechanisms in the body. The main role of these substances is to prevent oxidative stress by scavenging free radicals. In addition, they support the proper development of the immune, respiratory, digestive and nervous systems, as well as the functioning of particular organs. Antioxidants play a key role in the health of both young and adult humans. These substances are proven to prevent neoplastic diseases as well as modern diseases of civilization such as obesity, atherosclerosis and diabetes. The introduction of sheep's milk products into daily diet can have a positive effect on human health.

Key words: sheep's milk, bioactive substances, antioxidants