

MONIKA WSZOŁEK, MAGDA FILIPCZAK-FIUTAK,
JACEK DOMAGAŁA

SKŁAD I WŁAŚCIWOŚCI MLEKA OŚLEGO

Streszczenie

Wzrastająca liczba przypadków alergii na mleko krowie wśród niemowląt wywołała zainteresowanie mlekiem koniowatych (klaczy koni i osłów) z powodu podobieństwa składu tego mleka do mleka kobiecego. W badaniach klinicznych wykazano bardzo dobre tolerowanie tego rodzaju mleka przez organizm niemowląt i małych dzieci. Mleko ośle uważane jest za użyteczne w zapobieganiu arteriosklerozie i w regulowaniu reakcji immunologicznych ludzi w starszym wieku. Mimo podobieństwa do mleka kobyłego wyróżnia się ono szczególnie dużą zawartością lizozymu, dzięki któremu charakteryzuje się właściwościami antybakteryjnymi nawet po pasteryzacji, co między innymi sprawia, że jest szczególnie przydatne do produkcji napojów probiotycznych.

Słowa kluczowe: mleko ośle, lizozym, właściwości antyalergiczne, cechy funkcjonalne

Wprowadzenie

W ostatniej dekadzie wzrosło zainteresowanie mlekiem oślim ze względu na jego właściwości immunologiczne i podobieństwo do mleka kobiecego. Mleko to cechuje charakterystyczny skład chemiczny i unikatowe właściwości funkcjonalne oraz możliwość wykorzystania jako naturalnego substytutu mleka matki w żywieniu dzieci z CMPA (*cow's milk protein allergy*) [4, 19, 24, 31, 33]. Obecnie w niektórych krajach, zwłaszcza w Europie, mleko ośle dostępne jest na rynku i przeznaczone głównie dla noworodków oraz dla osób starszych i rekonwalescentów.

Skład chemiczny i wartość żywieniowa mleka oślego

Mleko ośle charakteryzuje się dużą zawartością laktozy i małą zawartością białka. Laktoza przekracza często 7 % i stanowi składnik charakterystyczny dla tego rodzaju mleka. Frakcja białek mleka jest szczególnie bogata w białka serwatkowe, które mogą

Dr hab. inż. M. Wszolek, mgr inż. M. Filipczak-Fiutak, prof. dr hab. inż. J. Domagała, Katedra Przetwórstwa Produktów Zwierzęcych, Wydz. Technologii Żywności, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, ul. Balicka 122, 30-149 Kraków. Kontakt: rtwszole@cyf-kr.edu.pl

stanowić nawet 70 % całkowitej zawartości białka [23]. Te składniki mleka oślego najbardziej upodobniają je do mleka kobiecego.

Tabela 1. Podstawowe składniki mleka oślego, kobylego, krowiego i kobiecego.
Table 1. Basic components of donkey's, female horse's, cow's and human milk.

Gatunek mleka Variety of milk	Składniki [g/100 g] Components [g/100 g]					
	Sucha masa Dry matter	Laktoza Lactose	Tłuszcz Fat	Azot ogółem × 6,38 Total nitro- gen	Zw. miner. jako popiół Ash	Źródło Source
Mleko ośle Donkey's milk	8,86	7,14	0,30	1,46	0,34	[23, 32]
Mleko kobyle Female horse's milk	11,00	6,10	1,40	2,14	0,45	[16, 31]
Mleko krowie Cow's milk	12,50	4,80	3,70	3,20	0,70	[32]
Mleko kobiece Human milk	12,50	6,44	3,46	1,25	0,19	[21]

Przydatność technologiczna mleka i jego wartość odżywcza oceniana jest na podstawie zawartości głównego białka mleka, jakim jest kazeina. Pod tym względem najwyższą ocenianą jest mleko bawole, owcze i krowie, chociaż wykorzystywane jest również mleko kozie, mimo tego że przy jego przerobieniu występują już pewne trudności [39, 40], Mleko i produkty z niego wyprodukowane mają wprawdzie wysoką wartość odżywczą, ale są trudniej strawne dla osób z niewydolnym układem trawiennym, osób starszych, osób z nietolerancją pokarmową, czy też z alergiami na niektóre frakcje białkowe, a przede wszystkim dla niemowląt i małych dzieci.

Mleko ssaków koniowatych (klaczy osłów i koni) charakteryzuje się małą zawartością kazeiny. Najważniejsze białka serwatkowe to α -laktoalbumina, β -laktoglobulina i lizozym. Mleko ośle zawiera mniej β -laktoglobuliny i więcej α -laktoalbuminy niż mleko krowie. Frakcja proteoz i peptonów jest obecna w mleku oślim w większych ilościach niż w mleku krowim. Według Guo i wsp. [19] zawartość białek serwatkowych w mleku oślim wynosi od 0,49 do 0,80 g/100 g. Mleko to charakteryzuje się małą zawartością kazeiny: od 0,64 do 1,03 g/100 g. Według Innocente i wsp. [23] zawartość kazeiny jest jeszcze mniejsza i wynosi 0,53 %. Spośród mleka różnych gatunków ssaków mleko ośle jest najbardziej podobne do mleka kobiecego pod względem składu frakcji białkowych, zawiera niewiele kazeiny i stosunkowo dużo białek serwatkowych (35 do 57 % całkowitej ilości białka), podczas gdy w mleku

krowim wnosi on około 20 % [38]. Ponadto charakteryzuje go brak α_1 -kazeiny, inna struktura β -laktoglobuliny i wysoki poziom lizozymu. W mleku zwierząt z rodziny jednokopytnych β -laktoglobulina występuje w postaci monomeru bez wolnej grupy -SH nawet przy pH obojętnym, natomiast w mleku krowim β -laktoglobulina występuje w formie dimerycznej przy obojętnym pH i wolnej grupie -SH [2].

Tabela 2. Skład białek serwatkowych w mleku oślim, kobyli, krowim i kobiecym.

Table 2. Composition of whey protein in donkey's, female horse's, cow's, and human milk.

Gatunek mleka Variety of milk	Rodzaj białek serwatkowych [mg/ml] Type of whey proteins [mg/ml]						
	α -laktoalbumina α -lactoalbumin	Albumina serum Serum albumin	β -laktoglobulina β -lactoalbumin	Proteozy – peptony Proteose-peptone	Laktoferyna Lactoferrin	Lizozym Lisosome	Źródło Source
Mleko ośle Donkey's milk	1,543	0,423	2,034	2,270	0,306	1,434	[23, 32]
Mleko kobyłe Female horse's milk	2,370	-	2,552	-	0,821	0,547	[30]
Mleko krowie Cow's milk	1,093	0,381	4,432	1,221	0,101	ślady traces	[23, 32]
Mleko kobiece Human milk	2,490	0,486	0	-	1,646	0,340	[33]

Różnice pod względem zawartości poszczególnych aminokwasów związane są z inną zawartością białka w mleku poszczególnych gatunków zwierząt, jednak gdy wartości są wyrażane w gramach aminokwasów na 100 g białka mleka różnice nie są duże. Odnotowano większą zawartość seryny, kwasu glutaminowego, argininy i waliny oraz niższy poziom cysteiny w mleku oślim. Biorąc pod uwagę poziom 8 niezbędnych aminokwasów w białku mleka oślego jest on wyższy w porównaniu z mlekiem kobyli i krowim. Taka kompozycja aminokwasów sprawia, że mleko ośle jest lepiej przyswajalne przez człowieka niż mleko innych ssaków [6].

Tabela 3. Średni skład aminokwasów w czterech gatunkach mleka.
Table 3. Average composition of amino acids in four different milk varieties.

Zawartość aminokwasów [g AA/100 g białka] Amino acid concentration [g AA/100 g protein]	Gatunek mleka Variety of milk			
	Mleko ośle Donkey's milk	Mleko kobyle Female horse's milk	Mleko krowie Cow's milk	Mleko kobiece Human milk
Kwas asparaginowy Aspartic acid	8,9	10,4	7,8	9,2
Seryna / Serine	6,2	6,2	4,8	5,0
Kwas glutaminowy Glutamic acid	22,8	20,1	23,2	18,4
Glicyna / Glicine	1,2	1,9	1,8	2,3
Histydyna / Histidine	2,3	2,4	3,0	2,3
Arginina / Arginine	4,6	5,2	3,3	4,0
Treonina / Treonine	3,6	4,3	4,5	4,7
Alanina / Alanine	3,5	3,2	3,0	3,8
Prolina / Proline	8,8	8,4	9,6	8,5
Cysteina / Cysteine	0,4	0,6	0,6	2,2
Tyrozyna / Thyrosine	3,7	4,3	4,5	4,2
Walina / Valine	6,5	4,1	4,8	6,4
Metionina / Methionine	1,8	1,5	1,8	1,6
Lizyna / Lisine	7,3	8,0	8,1	6,8
Izoleucyna / Isoleucine	5,5	3,8	4,2	5,9
Leucyna / Leucine	8,6	9,7	8,7	9,7
Fenylalanina Phenylalanine	4,3	4,7	4,8	3,9
Tryptofan / Tryptophan	-	1,2	1,5	1,8
Niezbędne aminokwasy Essential amino acids	38,2	36,7	37,5	41,1
Źródło: / Source	[19]		[6]	[14]

Zawartość tłuszczu w mleku oślim jest najmniejsza ze wszystkich gatunków mleka i wynosi 0,3 %, ale jego frakcje są porównywalne do frakcji tłuszczu mleka kobiecego. Blasi i wsp. [3] twierdzą, że struktura triacylogliceroli wpływa na fizyczne i odżywcze właściwości tłuszczu mleka. W mleku krowim i kozim nasycone kwasy

tłuszczowe o krótkich łańcuchach najczęściej są zestryfikowane w pozycji *sn-3*-triacylogliceroli, natomiast w mleku oślim kwas kapronowy występuje w pozycji *sn-1*-, kwas mirystynowy zaś w pozycji *sn-2*-. Jednonienasycony kwas tłuszczowy – oleinowy w mleku oślim, krowim i kozim jest podobnie rozmieszczony w pozycji *sn-1*, w pozycji *sn-2*- ulega estryfikacji najczęściej w mleku kozim i owczym, a w *sn-3*- – we wszystkich trzech rodzajach mleka. Spośród wielonienasyconych kwasów tłuszczowych kwas linolowy najczęściej ulega estryfikacji w pozycji *sn-2*-, a w mleku krowim w *sn-3*-. Ponadto mleko ośle charakteryzuje się większą zawartością podstawowych kwasów tłuszczowych w pozycji *sn-2*- w porównaniu z innymi rodzajami mleka, co jest niezwykle ważne ze względu na to, że tłuszcze występujące w diecie są wchłaniane głównie, jako *sn-2* monoacyloglicerole i wolne kwasy tłuszczowe.

Wykazano, że mleko przeżuwaczy odznacza się dużą zawartością nasyconych kwasów tłuszczowych (ponad 70 %) w porównaniu z mlekiem oślim (59,6 %). Ponadto mleko ośle cechuje większa zawartość nienasyconych kwasów tłuszczowych (14,6 %) w porównaniu z innymi gatunkami mleka. W mleku krowim wynosi 2,3%, w bawolim, kozim i owczym – do 3,9%. Nienasycone kwasy tłuszczowe są skuteczne w zapobieganiu chorobom serca i stanom zapalnym, dlatego tłuszcz mleka oślego jest bardziej korzystny dla zdrowia człowieka w stosunku do tłuszczu innych gatunków mleka. Do nasyconych krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych wchodzących w skład tłuszczu mleka oślego należą głównie: kwas masłowy w ilości 2,1 % i kwas kapronowy w ilości 0,5 % [3]. Zawartość tych kwasów w mleku oślic jest najmniejsza, natomiast w mleku owczym kształtuje się na poziomie trzykrotnie wyższym. Z drugiej strony krótkołańcuchowe kwasy tłuszczowe pełnią szereg istotnych funkcji biologicznych, w tym regulują syntezę cholesterolu i triacylogliceroli w komórkach wątroby oraz wykazują terapeutyczne działanie na nabłonek jelita grubego [12]. Wśród długołańcuchowych kwasów tłuszczowych występujących w tłuszczu mleka oślego wyróżnia się przede wszystkim: kwas palmitynowy i kwas stearynowy. Kwas palmitynowy występuje w największej ilości zarówno w tłuszczach zwierzęcych, jak i roślinnych. Zawartość tego kwasu w mleku oślim jest o 10 % mniejsza niż w mleku krowim. Z kolei kwas stearynowy w mleku oślim kształtuje się na niskim poziomie (1,5 %), w mleku krowim jego udział jest czterokrotnie większy (6 %) a w pozostałych gatunkach mleka największy (10 %) [3].

W mleku oślim najczęściej występującym kwasem jednonienasyconym jest kwas oleinowy, a jego udział wynosi ok. 20 %, podobnie jak w innych gatunkach mleka. Kwas ten w organizmie człowieka obniża poziom LDL cholesterolu, wpływa na obniżenie ciśnienia krwi oraz blokuje wchłanianie cholesterolu pokarmowego [12]. Chiofalo i wsp. [10] wykazali, że mleko ośle może być efektywnie stosowane w terapii antymiażdżycowej, w czasie rehabilitacji pacjentów z chorobą niedokrwienną serca oraz w diecie antycholesterolowej. Tłuszcz mleka oślego charakteryzuje się największym

udziałem kwasu palmitooleinowego. Jest on 3 razy większy niż w mleku krowim oraz ponad 10 razy większy niż w mleku kozim.

Pod względem żywieniowym najważniejsze są kwasy tłuszczowe wielonienasycone zwane niezbędnymi nienasyconymi kwasami tłuszczowymi (NNKT). Zalicza się do nich kwas linolowy, α -linolenowy oraz związki należące do ich rodzin, np. kwas arachidonowy, kwas eikozapentaenowy (EPA) i kwas dokozaheksaenowy (DHA) [18]. Mleko ośle charakteryzuje się największym udziałem kwasów: linolowego i linolenowego (odpowiednio 9 i 5 %) w porównaniu z innymi gatunkami mleka, w których wynosi on średnio mniej niż 3 % i 1 %. Ponadto, mleko to pomimo bardzo małej zawartości tłuszczu charakteryzuje się zbliżoną zawartością kwasu linolenowego do wysokotłuszczowego mleka bawolego [3, 33]. Badania wykazały, że dodanie do diety kwasu linolowego może być pomocne w leczeniu niektórych atopowych zapaleń skóry, a mleko ośle może być doskonałym jego źródłem [20, 38]. Na uwagę zasługuje również skład triacylogliceroli (TAG) w mleku oślim, z 30 do 54 atomami węgla. Najczęściej występującymi kwasami tłuszczowymi w cząsteczce TAG są palmitynowy-oleinowy-linolowy (6,69 %), palmitynowy-oleinowy-oleinowy (6,62 %), palmitynowy-palmitynowy-oleinowy (5,25 %), kaprynowy-palmitynowy-oleinowy (4,63 %), palmitynowy-oleinowy-linolowy (4,48 %), i palmitynowy-palmitooleinowy-oleinowy (4,18 %) [9]. Mleko ośle wykazuje pewne podobieństwo jakościowe we frakcjach TAG do mleka krowiego, w którym występuje przewaga TAG palmitynowy-oleinowy-oleinowy (około 24 %), i palmitynowy-oleinowy-linolowy (około 19 %), następnie palmitynowy-palmitynowy-oleinowy, oleinowy-oleinowy-oleinowy, palmitynowy-palmitooleinowy-oleinowy, linolowy-oleinowy-oleinowy [26]. W porównaniu z mlekiem krowim w TAG, które występują najliczniej, nie ma wielonienasyconych kwasów tłuszczowych, a w większości występują masłowy-mirystynowy-palmitynowy, masłowy-palmitynowy-palmitynowy i masłowy-mirystynowy-palmitynowy [9].

W tłuszczu mleka oślego stosunek kwasów omega 6 : omega 3 wynosi 1,8 : 1, co jest bardzo korzystne dla wartości odżywczej tego mleka. Należy dodać, że proporcja ta jest od 2 do 6 razy mniejsza niż w mleku innych ssaków. W związku z tym, że pożądanym stosunek tych kwasów w diecie wynosi 4 : 1, podczas gdy obecnie wynosi on 10 : 1, poszukuje się nowych składników diety w celu podwyższenia jej wartości odżywczej. Takim składnikiem może być mleko ośle [3].

Sole mineralne i witaminy

Mleko jest bardzo ważnym źródłem substancji mineralnych, zwłaszcza wapnia, fosforu, potasu, sodu i jodu [1]. Największą zawartością składników mineralnych charakteryzuje się mleko owcze, natomiast mleko ośle i ludzkie zawiera ich najmniej [2]. Zawartość składników mineralnych w postaci popiołu mleka oślego zmniejsza się

w czasie laktacji – systematyczny spadek można tłumaczyć tym, że mleko w początkowym stadium laktacji, będące jedynym pokarmem źrebięcia, jest bardziej zasobne w związki mineralne niż później, gdy pobiera ono również inne pożywienie [19].

Tabela 4. Najważniejsze mikro- i makroelementy oraz witaminy w mleku oślim, kobylim, krowim i kobiecym.

Table 4. Essential micro-, macro-minerals, and vitamins in donkey's, female horse's, cow's, and human milk.

Składnik [mg/l] Component [mg/l]	Gatunek mleka Variety of milk			
	Mleko ośle Donkey's milk	Mleko kobyle Female horse's milk	Mleko krowie Cow's milk	Mleko kobiece Human milk
Ca	330 - 1140	500 - 1300	1120	278
P	320 - 650	200 - 1200	890	140
K	240 - 747	300 - 800	1360	530
Na	100 - 268	167 - 200	530	180
Mg	40 - 83	40 - 110	110	35
Ca/P	0,93 - 2,37	1,72	1,26	1,70
Fe	0,43 - 2,64	0,22 - 1,46	0,9	0,72
Zn	1,23 - 3,19	0,9 - 6,4	4,6	1 - 3
Cu	0,08 - 0,30	0,2 - 1,0	0,14	0,2 - 0,44
Mn	ślady / traces	0,010 - 0,050	0,030	0,003 - 0,006
Witamina / Vitamin A	0,017	0,093 - 0,34	0,38	0,30 - 0,70
Witamina / Vitamin D		0,003	0,0005	0,0004
Witamina / Vitamin E	0,051	0,26 - 1,13	1,0	3,0 - 8,0
Witamina / Vitamin K		0,029	0,035	0,003 - 0,015
Witamina / Vitamin C		17,2 - 147	15,0	50 - 100
Witamina/ Vitamin B ₂		0,37	1,8	0,4 - 0,6
Źródło / Source:		[33]	[7, 34, 36]	[33]

Zawartość związków mineralnych w oślim mleku jest bardzo zbliżona do mleka ludzkiego i mleka kłaczy, z wyjątkiem większej zawartości wapnia i potasu, ale stosunek Ca : P (0,93 - 2,37) [31] mleka oślego zawiera się w granicach między najniższą wartością charakterystyczną dla mleka krowiego, a najwyższą – odpowiadającą mleku ludzkiemu [28]. W porównaniu z mlekiem krowim (1340 mg/kg) i kozim

(1220 mg/kg) [29] mleko ośle charakteryzuje się mniejszą zawartością wapnia (330 - 1140 mg/kg) [33]. Duża zawartość laktozy odpowiedzialna jest za smakowitość tego rodzaju mleka oraz za poprawę wchłaniania wapnia w jelitach, co jest niezbędne w procesie mineralizacji kości noworodków [35]. Należy podkreślić, że obciążenie nerek niemowląt zależy głównie od zawartości białka i soli mineralnych w diecie i jest ono takie samo przy karmieniu mlekiem matki, jak i przy karmieniu mlekiem oślim.

Właściwości antybakteryjne

Mleko, ze względu na dużą zawartość składników odżywczych, jest bardzo dobrą pożywką sprzyjającą rozwojowi mikroorganizmów.

W mleku występuje ok. 60 rodzimych enzymów, których źródłem są leukocyty, osocze krwi oraz komórki gruczołu mlecznego. Ich rozmieszczenie jest nierównomierne i zależne od takich czynników, jak: gatunek ssaka, od którego pochodzi mleko, jego rasa, wiek, liczba i okres laktacji, stan zdrowotny oraz czynniki żywieniowe [17]. Enzymy mleka oślego charakteryzują unikatowe właściwości bakteriobójcze, które wyróżniają je spośród mleka innych ssaków [25]. Badania Zhanga i wsp. [41] dotyczące bezpieczeństwa żywności prowadzone wstępnie na 9 różnych mikroorganizmach w testach dyfuzyjnych, a następnie w badaniach *in situ*, gdy do mleka oślego wprowadzano *Salmonella choleraesuis* (CGMCC 1.1859) i *Shigella dysenteriae* (CGMCC 1.1869) oraz badano ich liczbę w czasie przechowywania w temp. 4 i 20 °C. Wyniki badania testów dyfuzyjnych wykazały, że bakterie *Salmonella choleraesuis* i *Shigella dysenteriae* są szczególnie wrażliwe na oddziaływanie antybakteryjne mleka oślego, natomiast badania *in situ* wykazały szczególne działanie na *Shigella dysenteriae*, gdyż po przechowywaniu mleka w 20 °C nie wykryto obecności tych bakterii.

Lizozym znany jest jako naturalny środek antybakteryjny, ponieważ katalizuje hydrolizę wiązań β -1,4-glikozydowych pomiędzy cząsteczkami kwasu N-acetylmuraminowego i N-glukozoaminą w ścianach komórkowych bakterii [8], w tym częstych patogenów żywności, jak *Staphylococcus* i *Streptococcus*. Enzym ten wraz z immunoglobulinami, laktorefiną i laktoperoksydazą może wspomagać układ pokarmowy, zmniejszając ryzyko występowania infekcji zapalnych żołądka i jelit u niemowląt [4]. W organizmie człowieka stanowi ponadto jeden z mechanizmów nieswoistej, humoralnej odpowiedzi immunologicznej. Przypuszcza się, że stymuluje głównie produkcję limfocytów T, obecnych w tkankach limfoidalnych związanych z układem pokarmowym [cyt. za 15].

Jak podaje Malacarne i wsp. [25], zawartość laktoferyny w mleku oślim jest dwukrotnie większa niż w mleku krowim. Średnia zawartość lizozymu w mleku oślim (1 mg/ml) jest większa w stosunku do mleka kobiecego (0,12 mg/ml), krowiego i koziego, gdzie występują jego śladowe ilości. Jednakże zawartość lizozymu w mleku oślim jest zbliżona do zawartości tego związku w mleku klaczy (0,79 mg/ml) [37]. Tak

duża zawartość lizozymu w mleku oślim wpływa pozytywnie na efekty konserwacji surowego mleka i produktów z niego otrzymywanych, co potwierdzają Xiao-Ying Zhang i wsp. [41], którzy oznaczyli ogólną liczbę drobnoustrojów (OLD) surowego mleka oślego na poziomie 4,34 log jtk/ml, podczas gdy OLD w przypadku mleka krowiego czy owczego w przybliżeniu wynosi odpowiednio 10^7 i $10^5 - 10^7$ jtk/ml [11, 27].

Niektórzy autorzy sugerują użycie mleka oślego do celów probiotycznych, ponieważ jest dobrym medium do wzrostu probiotycznych szczepów *Lactobacillus* z uwagi na dużą zawartość lizozymu oraz laktozy [13].

Ponadto Chiavari i wsp. [8] wykazali, że w napojach z mleka oślego pasteryzowanego w temp. 63 °C przez 30 min, fermentowanego przez pałeczki z rodzaju *Lactobacillus*, aktywność lizozymu pozostała praktycznie bez zmian w stosunku do początkowej wartości, nawet po 30 dniach chłodniczego przechowywania.

Inne kierunki wykorzystania mleka oślego

Mleko ośle z uwagi na skład chemiczny zbliżony do mleka kobiecego może być rozważane jako surowiec do produkcji proszku mlecznego będącego alternatywą w systemie żywienia noworodków, u których występuje alergia pokarmowa. Zwraca się uwagę zwłaszcza na duże podobieństwo w profilu lipidowym i składzie białkowym tych rodzajów mleka. Badania kliniczne dowodzą, że odżywki dla niemowląt, które bazują na mleku krowim, są mniej akceptowane niż mleko ośle w przypadku żywienia osób cierpiących z powodu CMPA (*cow's milk protein allergy*) [5].

W krajach Europy Zachodniej, zarówno w Szwajcarii jak i Belgii, a także w Stanach Zjednoczonych ośle mleko jest butelkowane i sprzedawane, przy czym blisko połowa produkcji stanowi bazę do produkcji kosmetyków [22].

Podsumowanie

Najnowsze dowody badań klinicznych dotyczące tolerancji mleka oślego przez niemowlęta w przypadku alergii na białka mleka krowiego odnowiły zainteresowanie mlekiem koniowatych. Wprawdzie zostały dobrze dopracowane odżywki z białek wysoko zhydrolizowanych lub sojowych, lecz żywność alternatywna, w szczególności trudnych przypadkach alergii, jest bardzo ceniona. Mleko ośle ze względu na podobieństwo składu do mleka kobiecego i jego szczególną smakowitość odgrywa dużą rolę w Europie Zachodniej i w USA, chociaż zwraca uwagę konieczność uzupełnienia tłuszczu w diecie z tego mleka. Z kolei dzięki niewielkiej zawartości tłuszczu i unikalnemu składowi kwasów tłuszczowych mleko to i jego pochodne stają się wartościowym środkiem spożywczym dla starszych konsumentów.

Literatura

- [1] Al-Wabel NA.: Mineral contents of milk of cattle, camels, goats and sheep in the central region of Saudi Arabia. *Asian J. Biochem*, 2008, **3**, 373-375.
- [2] Barłowska J., Szwajkowska M., Litwińczuk Z., Król J.: Nutritional value and technological suitability of milk from various animal species used for dairy production. *Compr. Rev. Food Sci. F*, 2011, **10**, 291-302.
- [3] Blasi F., Montesano D., Angelis M., Maurizi A., Ventura F., Cossignani L., Simonetti M.S., Damiani P.: Results of stereospecific analysis of triacylglycerol fraction from donkey, cow, ewe, goat and buffalo milk. *J. Food Comp. Anal.*, 2008, **21**, 1-7.
- [4] Buscino L., Gianpietro P.G., Lucenti P., Lucaroni F., Pini C., Di Felice G.: Allergenicity of mare's milk in children with cow's milk allergy. *J. Allergy Clin. Immunol.*, 2000, **105**, 1031-1034.
- [5] Carroccio A., Cavataio F., Montalto G., D'Amico D., Alabrese, L.: Intolerance to hydrolysed cow's milk proteins in infants: clinical characteristics and dietary treatment. *Clin. Exp. Allergy*, 2000, **18**, 1597-1603.
- [6] Casapo-Kiss Zs., J. Stefler, T.G. Martin, S. Makray, and J. Casapo.: Composition of mares' colostrum and milk. Protein content, amino acid composition and content of macro- and micro-elements. *Int. Dairy J.*, 1995, **5**, 403-415.
- [7] Cashman K.D.: Macroelements, Nutritional Significance. In: *Encyclopaedia of Dairy Science*. Eds. H. Roginski, J.W. Fuquay, P.F. Fox. Academic Press. London 2003, **vol. 3**, pp. 2051-2065.
- [8] Chiavari C., Coloretto F., Nanni M., Sorrentino E., Grazia L.: Use of donkey's milk for fermented beverage with lactobacilli. *Lait*, 2005, **85**, 481-490.
- [9] Chiofalo B., Drogoul C., Salimei E.: Other utilisation of mare's and ass's milk. In: *Nutrition and feeding of the broodmare*. Eds. N. Miraglia, W. Martin-Rosset. EAAP Publication. Wageningen Academic Publishers. Wageningen, The Netherlands, 2006, **120**, pp. 133-147.
- [10] Chiofalo B., Salimei E., Chiofalo L.: Ass's milk: Exploitation of an alimentary resource. *Riv. Foli-umin*, 2001, **1 (Suppl. 3)**, 235-241.
- [11] Chye F.Y., Abdullah A., Ayob M.K.: Bacteriological quality and safety of raw milk in Malaysia. *Food Microbiol.*, 2004, **21**, 535-541.
- [12] Cichosz G.: Prozdrowotne właściwości tłuszczu mlekowego. *Przegl. Mlecz.*, 2007, **5**, 4-8.
- [13] Coppola R., Salimei E., Succi M., Sorrentino E., Nanni M., Ranieri P., Belliblanes R., Grazia L.: Behaviour of *Lactobacillus rhamnosus* strains in ass's milk. *Annals Microbiol.*, 2002, **52**, 55-60.
- [14] Darragh A., Human milk. In: *Encyclopedia of Dairy Science*. Eds. H. Roginski, J.W. Fuquay, P.F. Fox Academic Press. London 2003, **vol. 3**, pp. 1350-1360.
- [15] Dembczyński R., Białas W., Jankowski T.: Wykorzystanie dwufazowej ekstrakcji wodnej do separacji lizozymu z białka jaja kurzego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2009, **5 (66)**, 5-17.
- [16] Doreau M., Martuzzi F.: Fat content and composition in mare's milk. In: *Nutrition and feeding of the broodmare*. Eds. N. Miragli, W. Martin-Rosset. EAAP Publication. Wageningen Academic Publishers Wageningen, The Netherlands, 2006, **120**, 77-87.
- [17] Dziuba J.: *Enzymy mleka*. W: *Mleczarstwo*. Red. S Ziąjka. Wyd. UWM, Olszyn 2008.
- [18] Gawęcki J., Hryniewiecki L.: *Podstawy nauki o żywieniu*. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa 2007.
- [19] Guo H.Y., Pang K., Zhang X.Y., Zhao L., Chen S.W., Dong M.L., Ren F.Z.: Composition physico-chemical properties, distribution, nitrogen fraction distribution and amino acid profile of donkey milk. *J. Dairy Sci.*, 2007, **90**, 1663-1643.
- [20] Horrobin, D. F.: Essential fatty acid metabolism and its modification in atopic eczema. *Am. J. Clinical Nutr.*, 2000, **71**, 367-372.
- [21] Hossi S., Honma K., Daimatsu T., Kiyokawa M., Aikawa T., Watanabe S.: Lower energy content of human milk than calculated using conversion factors. *Pediatrics Inter.*, 2005, **47**, 177-181.

- [22] Iacono G., Carroccio A., Cavataio F., Montaldo G., Soresi M., Balsamo V. Use of ass's milk in multiple food allergy. *J. Pediatric Gastroenterol. Nutr.* 1992, **90**, 549-563.
- [23] Innocente N., Parpinel M., Biasutti M.: Composition and nutritional value of donkey milk. Proc. IDF International Symposium on Sheep and Goat and other non-Cow Milk, Athens, Greece, 16-18 May 2011.
- [24] Marshall K., Ali Z.: Gender issues in donkey use in rural Ethiopia. In: *Donkey's people and development*. Eds. P.Starkey, D. Fielding. Wageningen, The Netherlands, 1998, 62-68.
- [25] Malacarne M., Martuzzi F., Summer A., Mariani P.: Protein and fat composition of mare's milk: some nutritional remarks with reference to human and cow's milk. *Int. Dairy J.*, 2002, **12**, 869-877.
- [26] Morera Pons S., Castellote A.I., Jauregui O., Casals I., Lopez Sabater M.C.: Triacylglycerol markers of mature human milk. *European J. Clinical Nutr.*, 2003, **57**, 1621-1626.
- [27] Morgan F., Massouras T., Barbosa M., Roseiro L., Ravasco F., Kandarakis I.: Characteristics of goat milk collected from small and medium enterprises in Greece, Portugal and France. *Small Rumin. Res.*, 2003, **47**, 39-49.
- [28] Pagliarini E., Solaroli G., Peri C.: Chemical and physical characteristics of mare's milk. *Ital. J. Food Sci.*, 1993, **4**, 323-332.
- [29] Park Y.W., Juarez M., Ramos M., Haenli G.F.W.: Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small Rumin. Res.*, 2007, **68**, 88-113.
- [30] Potočník K., Gantner V., Kuterovac K., Cividini A.: Mare's milk: composition and protein fraction in comparison with different milk species. *Mljekarstvo*, 2011, **61 (2)**, 107-113.
- [31] Salimei E., Fantuz F., Coppola R., Chiofalo B., Polidori P., Varisco G.: Composition and characteristic of ass's milk. *Animal Res.*, 2004, **53**, 67-78.
- [32] Salimei E.: Animals that produce dairy foods – Donkey. In: *Encyclopaedia of Dairy Sciences*. Eds. J.W. Fuquay, P.F. Fox, P.L.H. McSweeney. 2nd ed. Academic Press. San Diego, CA, USA, 2011, **vol. 1**, pp. 365-373.
- [33] Salimei E., Fantuz F.: Equid milk for human consumption. *Int. Dairy J.*, 2012, **24**, 130-142.
- [34] Sanz Ceballos L., Ramos Morales E., Torre Advare G., Diaz Castro J., Perez Martinez L., Sanz Sampelayo M.: Composition of goat and cow milk produced under similar conditions and analysed by identical methodology. *J. Food Comp. Anal.*, 2009, **22**, 322-329.
- [35] Schaafsma, G.: Nutritional significance of lactose and lactose derivatives. In: *Encyclopaedia of Dairy Science*. Eds. H. Roginski, J.W. Fuquay, P.F. Fox. Academic Press, London 2003, **vol. 3**, pp. 1529-1533.
- [36] Schaafsma, G.: Vitamins. General Introduction. In: *Encyclopaedia of Dairy Science*. Eds. H. Roginski, J.W. Fuquay, P.F. Fox. Academic Press. London 2003, **vol. 4**, pp. 2653.
- [37] Stelwagen K.: Milk protein. In: *Encyclopaedia of Dairy Science*. Eds. H. Roginski, J.W. Fuquay, P.F. Fox. Academic Press, London 2003, **vol. 3**, pp. 1835-1842.
- [38] Vincenzetti S., Polidori P., Mariani P., Cammertoni N., Fantuz F., Vita A.: Donkey's milk protein fractions characterization. *Food Chem.*, 2008, **106**, 640-649.
- [39] Wszolek M.: Mleczne napoje fermentowane z mleka koziego. *Wyd. Nauk. PTTŻ, Kraków* 2006.
- [40] Wszolek M.: Przydatność technologiczna mleka koziego. *Przegl. Mlecz.*, 1997, **1**, 12-14.
- [41] Zhang X-Y., Zhao L., Jiang L., Dong M-L., Ren F-Z.: The antimicrobial activity of donkey milk and its microflora changes during storage. *Food Control*, 2008, **19**, 1191-1195.

COMPOSITION AND PROPERTIES OF DONKEY'S MILK

S u m m a r y

An increasing number of cases of cow's milk allergy in infants evoked interest in equine milk (milk from female horses and donkeys) owing to its composition similar to that of human milk. Clinical studies proved a very good tolerance of this kind of milk by the body of infants and young children. Milk is considered useful in preventing atherosclerosis and in controlling immune responses in elderly people. Although similar to mare's milk, donkey's milk has one distinctive characteristic: it contains a particularly high content of lysozyme. For that reason, it is characterized by antibacterial properties even after pasteurization and, therefore, among other things, it is particularly useable in the production of probiotic beverages.

Key words: donkey's milk, lysozyme, anti-allergic properties, functional characteristics ☒