

MAGDA FILIPCZAK-FIUTAK, MONIKA WSZOŁEK

## ANALIZA SKŁADU CHEMICZNEGO ORAZ JAKOŚCI MIKROBIOLOGICZNEJ I MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA MLEKA OŚLEGO

### Streszczenie

**Wprowadzenie.** Celem pracy było porównanie składu chemicznego, właściwości fizyko-chemicznych oraz jakości mikrobiologicznej mleka trzech gatunków zwierząt. Materiał badawczy stanowiło surowe mleko: krowie, kozie i ośle. Analizowano podstawowy skład chemiczny (zawartość białka ogółem, kazeiny, białek serwatkowych, tłuszczu, laktozy, suchej masy, popiołu). Ponadto oznaczono profil kwasów tłuszczowych oraz zawartość pierwiastków mineralnych, a także jakość mikrobiologiczną każdego rodzaju mleka.

**Wyniki i wnioski.** Mleko ośle charakteryzowało się największą zawartością laktozy (7,30 %), niską koncentracją białka ogółem (1,63 %) - przy dużym udziale białek serwatkowych (0,56 %) oraz najmniejszą spośród badanych gatunków mleka zawartością tłuszczu (0,38 %) – przy największym udziale kwasów linolowego (6,95 %) i linolenowego (9,38 %). Stwierdzono istotne różnice jakości mikrobiologicznej mleka oślego, oznaczając najmniejszą ogólną liczbę drobnoustrojów ( $3,53 \log \text{ jtk/cm}^3$ ), bakterii psychrotrofowych ( $2,26 \log \text{ jtk/cm}^3$ ) oraz bakterii z grupy *coli* ( $1,97 \log \text{ jtk/cm}^3$ ). Uzyskane w ramach niniejszej pracy wyniki pozwalają stwierdzić istotne różnice pomiędzy mlekiem oślim, a mlekiem krowim i kozim. Ponadto mleko ośle może stanowić alternatywę dla dzieci cierpiących z powodu alergii na białko mleka krowiego, jak również być surowcem do produkcji nowych rodzajów napojów fermentowanych.

**Słowa kluczowe:** mleko ośle, skład podstawowy, jakość mikrobiologiczna, związki mineralne, alergia, białko mleka krowiego, CMPA o

### Wprowadzenie

Mimo wielu przeciwników spożywania mleka i produktów otrzymywanych na jego bazie oraz dzięki równie licznym jego zwolennikom branża mleczarska cieszy się wciąż dużym zainteresowaniem. Konsumenci wybierają nie tylko dobrze znane mleko

---

Dr inż. M. Filipczak-Fiutak, ORCID: 0000-0001-5355-8022, dr hab. inż. M. Wszolek, ORCID: 0000-0002-0590-280X, Katedra Przetwórstwa Produktów Zwierzęcych, Wydział Technologii Żywności, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, ul. Balicka 122, 30-149 Kraków; Kontakt: magda.filipczak-fiutak@urk.edu.pl

krowie, czy też mleko kozie, ale również bardziej niszowe gatunki mleka – jak ośle. W wielu pracach badawczych analizowano szczególne właściwości mleka koziego oraz fakt braku reakcji alergicznych po jego spożyciu [4, 44, 48]. Jednak publikacje te nie potwierdziły właściwości antyalergicznymi przypisywanych mleku tego gatunku, w przeciwieństwie do mleka oślego [6, 15, 39]. Alergie oraz nietolerancje pokarmowe u dzieci jak i dorosłych stawiają wyzwania przed naukowcami, a także producentami żywności. Stosunkowo nowym odkryciem w dziedzinie żywności jest fakt, że profil białkowy mleka oślego i mleka kobiecego cechuje duże podobieństwo [10]. To podobieństwo czyni mleko ośle cennym surowcem, którego baza stopniowo rozwija się także na terenie naszego kraju.

W związku z powyższym porównanie cech jakościowych mleka trzech gatunków ssaków oraz zgłębienie wiedzy dotyczącej mleka oślego pozyskiwanego w Polsce jest uzasadnieniem celu badań w niniejszej pracy.

### **Material i metody**

Material badawczy stanowiło surowe mleko zbiorcze trzech gatunków ssaków: krowie, kozie oraz ośle. Mleko krowie od krów rasy holsztyńsko-fryzyjskiej pozyskano z gospodarstwa w Dziekanowicach koło Krakowa; kozie od kóz rasy alpejska i biała uszlachetniona pochodziło z gospodarstwa mieszczącego się w Włodowicach, województwo Śląskie. Ośle mleko (klacze rasy *Asinus domesticus*) pochodziło z prywatnego gospodarstwa agroturystycznego z okolic Krakowa.

Kwasowość czynną zmierzono przy użyciu pH-metru cyfrowego CP-215 oraz elektrody zespolonej AS Ag-Pt Elektron (Polska). Oznaczenie kwasowości miareczkowej wykonano metodą miareczkowania 0,25 M roztworem NaOH wobec fenoloftaleiny [2]. Suchą masę oznaczono susząc próbki do stałej masy w temp. 105 °C. Zawartość tłuszczu oznaczono metodą Gerbera, zawartość laktozy – metodą Bertranda [30]. Substancje azotowe ogółem oznaczono metodą Kjeldahla przy użyciu aparatu typu 322 firmy Büchi (Szwajcaria). Oznaczenia zawartości kazeiny wykonano wykorzystując metodę Aschaffenburga i Drewry'ego [29, 50]. Zawartość substancji mineralnych oznaczono po termicznej mineralizacji próbki w temperaturze 500 °C w piecu mufowym [2].

Jakość mikrobiologiczną próbek mleka oznaczono metodą płytkową z wykorzystaniem pożywek mikrobiologicznych firmy Biocorp, posiewy przeprowadzono zgodnie z ogólnymi wymaganiami dotyczącymi analiz mikrobiologicznych [36]. We wszystkich trzech gatunkach mleka oznaczano ogólną liczbę bakterii tlenowych oraz obecność bakterii psychrotrofowych [31, 32]. Zanieczyszczenie bakteriami z rodziny *Enterobacteriaceae* na podłożu Lauryl Sulfate Broth [37], drożdże i pleśnie oznaczono, wykorzystując selektywną pożywkę z chloramfenikolem [33], natomiast oznaczenie liczby paciorkowców mezofilnych wykonano na podłożu M17 o pH 7,15.

Oznaczenie zawartości składników mineralnych wykonano metodą atomowej spektrometrii absorpcyjnej z atomizacją w płomieniu FAAS (Spektrometer AA240FS, Agilent, USA) wg odpowiednich norm [34, 35], po uprzedniej mineralizacji „na mokro” metodą ciśnieniową w piecu mikrofalowym MarsXpress (Mineralizator MarsXPress, CEM, USA).

Analiza składu kwasów tłuszczowych poprzedzona była ekstrakcją. Do analizy pobierano 1 g badanej próbki i ekstrahowano w 5 cm<sup>3</sup> mieszaniny chloroform/metanol w stosunku 2 : 1. Próbkę z rozpuszczalnikami poddano wytrząsaniu na vortexie, następnie dodano 1 cm<sup>3</sup> wody i po powtórным wytrząsaniu wirowano przy 7 tys. obr/min przez 5 minut. Do dalszej analizy pobrano dolną warstwę chloroformową, którą sączono przez bezwodny siarczan sodowy. W strumieniu azotu odparowano rozpuszczalnik (50 °C). Do transestryfikacji pobrano 4 krople tłuszczu, rozpuszczono w 5 cm<sup>3</sup> heksanu i dodano 0,3 cm<sup>3</sup> 2 M roztworu KOH w metanolu. Całość wytrząsano, a następnie zakwaszono wodorosiarczanem sodu. Do analizy chromatograficznej użyto 0,25 cm<sup>3</sup> roztworu rozcieńczonego pięciokrotnie. Rozdział kwasów tłuszczowych wykonano z wykorzystaniem chromatografu gazowego (Trace 1300, ThermoScientific, USA) (gaz nośny – hel, 40 psi) w kolumnie BPX 70 (60 m x 0,22 mm), grubość fazy 0,25 µm. Analizy wykonano w programie temperatury: 140 °C (1 min) – 1,5 °C/min – 210 °C (5min). Temperatura dozownika wynosiła 220 °C, a detektora – 240 °C, dozowanie dzielnikowe 100 : 1. Gazem nośnym był hel (40 psi).

Badania prowadzono w trzech seriach, każdorazowo wykonując analizy w trzech powtórzeniach. Otrzymane wyniki zestawiono i opracowano przy pomocy programu komputerowego Statistica 12.0 z uwzględnieniem średnich arytmetycznych i odchyłeń standardowych między badanymi parametrami. W celu scharakteryzowania właściwości mleka oślego w porównaniu do mleka koziego i krowiego przeprowadzono jednoczynnikową analizę wariancji ich wskaźników jakościowych. Ponadto istotność różnic pomiędzy badanymi parametrami określono testem Tukeya przy  $p \leq 0,05$ .

## Wyniki i dyskusja

Stwierdzono istotne różnice składu podstawowego oraz właściwości fizykochemicznych mleka oślego w stosunku do krowiego i koziego (tabela 1). Natomiast skład podstawowy mleka koziego zbliżony jest do krowiego, przy czym obydwie gatunki charakteryzuje większa zawartość białka, tłuszczu i popiołu, a mniejsza zawartość laktozy w porównaniu z oślim.

Kwasowość potencjalna mleka oślego (1,93 °SH), w porównaniu do mleka przeżuwaczy jest bardzo mała, co można tłumaczyć niewielką koncentracją białka (szczególnie kazeiny) i odmiennym składem soli mineralnych (niewielka zawartość fosforanów). Największa objętość ługu wykorzystanego podczas miareczkowania zobojętnia

Tabela 1. Skład i właściwości fizykochemiczne mleka oślego, koziego i krowiego  
 Table 1. Composition and physicochemical properties of donkey's, goat's and cow's milk

Wskaźnik fizykochemiczny Physicochemical parameters	Gatunek mleka / Milk species		
	Ośle Donkey's	Kozie Goat's	Krowie Cow's
Kwasowość potencjalna [°SH] Titratable acidity [°SH]	1,93 <sup>A</sup> ± 0,08	6,66 <sup>B</sup> ± 0,12	6,40 <sup>B</sup> ± 0,10
Kwasowość czynna [pH] Acidity [pH]	7,19 <sup>A</sup> ± 0,03	6,61 <sup>B</sup> ± 0,04	6,73 <sup>B</sup> ± 0,05
Gęstość [g/cm <sup>3</sup> ] Density [g/cm <sup>3</sup> ]	1,034 <sup>A</sup> ± 0,0	1,027 <sup>B</sup> ± 0,0	1,029 <sup>B</sup> ± 0,0
Sucha masa [%] Dry matter [%]	9,49 <sup>A</sup> ± 0,12	12,21 <sup>B</sup> ± 0,14	12,35 <sup>B</sup> ± 0,16
Tłuszcz [%] Fat [%]	0,42 <sup>A</sup> ± 0,08	3,72 <sup>B</sup> ± 0,10	4,07 <sup>B</sup> ± 0,08
Białko [%] Protein [%]	1,63 <sup>A</sup> ± 0,09	3,25 <sup>B</sup> ± 0,14	3,36 <sup>B</sup> ± 0,11
Kazeina [%] Casein [%]	0,97 <sup>A</sup> ± 0,04	2,49 <sup>B</sup> ± 0,03	2,74 <sup>B</sup> ± 0,04
Białka serwatkowe [%] Whey protein [%]	0,73 <sup>AB</sup> ± 0,03	0,42 <sup>A</sup> ± 0,01	0,45 <sup>B</sup> ± 0,04
Laktoza [%] Lactose [%]	7,15 <sup>A</sup> ± 0,11	4,10 <sup>B</sup> ± 0,04	4,46 <sup>B</sup> ± 0,07
Popiół [%] Ash [%]	0,45 <sup>A</sup> ± 0,02	0,88 <sup>B</sup> ± 0,01	0,72 <sup>C</sup> ± 0,05

Objaśnienia / Explanatory notes:

W tabeli przedstawiono wartości średnie ± odchylenia standardowe / Table shows mean values ± standard deviations; n = 3;

A, B – wartości średnie w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie przy  $p \leq 0,05$  / mean values in rows denoted by different letters differ statistically significantly at  $p \leq 0,05$

występujące w stanie zjonizowanym grupy  $\text{NH}^{3+}$  i imidazolowe w białkach (kazeinie) oraz powoduje przekształcenie fosforanów jednozasadowych w dwuzasadowe. Wartość kwasowości otrzymana w badaniach własnych była mniejsza od podanej przez Salimei i wsp. [39] (2,72 °SH). Niska kwasowość miareczkowa mleka oślego powiązana była z największą wartością pH (7,19) w stosunku do pozostałych dwóch gatunków mleka, odpowiednio 6,73 dla krowiego i 6,61 dla koziego. Według Guo i wsp. [15] pH mleka oślego zawiera się w przedziale 7,14 ÷ 7,22. Autorzy, na podstawie przeprowadzonych badań dotyczących zmian składu podstawowego mleka w ciągu 180 dni, wnioskują, że pH nie ulega istotnym wahaniom w czasie trwania laktacji. Takie spostrzeżenia potwierdzają również badania Piccione i wsp. [27], w których średnia wartość pH mleka oślego kształtowała się między 7,00 ÷ 7,10 i była niezależna

od pory dojenia, czy też stadium laktacji. Kwasowość (wyrażona jako kwasowość czynna lub miareczkowa) jest jednym z ważniejszych parametrów fizykochemicznych, który określa przydatność mleka jako surowca do przetwórstwa. Wartości tych parametrów, oznaczone dla wszystkich trzech analizowanych rodzajów mleka nie różniły się od dostępnych danych literaturowych i świadczą o tym, że mleko było świeże, pozbawione oznak nadkwaszenia i kwalifikujące się jako surowiec do dalszego przerobu. Badając gęstość, stwierdzono największą jej wartość w odniesieniu do mleka oślego ( $1,034 \text{ g/cm}^3$ ), natomiast pozostałe dwa gatunki charakteryzowały się niemal identyczną wielkością tego parametru ( $1,027 \div 1,029 \text{ g/cm}^3$ ). Guo i wsp. [15] dla mleka oślego rasy Jiangyue podają wartość  $1,032 \text{ g/cm}^3$ , a więc również większą od tej oznaczonej dla mleka krowiego i koziego, a ponadto bardzo zbliżoną do wyniku otrzymanego w badaniach własnych dla mleka oślego. Dodatkowo autorzy stwierdzają, brak istotnych wahań gęstości mleka oślego w czasie laktacji. Większa gęstość mleka oślego mogła wynikać m.in. z mniejszej w porównaniu do mleka przeżuwaczy, zawartości tłuszczu. Sucha masa jest odzwierciedleniem zawartości podstawowych składników każdego gatunku mleka. Istotnie najniższą zawartością suchej masy charakteryzowało się mleko ośle (9,49 %), natomiast w mleku krowim i kozim stwierdzono wartości odpowiednio: 12,35 i 12,21 %. Zawartość suchej masy mleka oślic wynikająca z danych literaturowych przedstawia się następująco: 8,37 – 9,50 % [23], 8,58 % [18], 8,86 % [40], 9,53 % [15], co pozostaje w zgodzie z wynikami badań własnych. Głównym komponentem suchej masy mleka, szczególnie oślego jest laktoza, uznawana za składnik charakterystyczny tego gatunku mleka. W mleku oślim stwierdzono 7,15 % laktozy, co stanowi wartość większą od oznaczonej przez Massourasa i wsp. [23] ( $6,01 \div 6,78 \%$ ) oraz Guo i wsp. [15] (6,33 %), natomiast zbliżoną do podanej przez Innocente i wsp. [18] – 7,16 %. Laktoza poprawia wchłanianie wapnia, fosforu, magnezu i baru w przewodzie pokarmowym, co ma wpływ na mineralizację kości u noworodków. Ponadto wysokie stężenie tego cukru w mleku oślim wpływa na jego smakowość, co jest ważnym aspektem w kontekście żywienia dzieci [42]. Piccione i wsp. [27], badając zawartość poszczególnych składników mleka oślego, nie stwierdzili istotnych różnic stężenia laktozy (ok.  $6,8 \text{ g/100 cm}^3$ ) w czasie 7 miesięcy laktacji. Należy pokreślić, że spośród analizowanych trzech gatunków mleka tylko mleko ośle różniło się istotnie pod względem zawartości podstawowego sacharydu mleka.

Frakcja tłuszczowa w mleku pochodzącym od różnych gatunków zwierząt może różnić się pod względem ilości, kompozycji kwasów tłuszczowych i stanu rozproszenia, który ma wpływ na jego optyczne, reologiczne i technologiczne właściwości (kolor, przewodnictwo, szybkość podstoju tłuszczu oraz przydatność do przetwórstwa na sery i masło) [4]. Istotnie najmniejszą zawartość tłuszczu stwierdzono w mleku oślim (0,42 %), największą natomiast – w mleku krowim 4,07 %. Według Salimei i wsp. [39] mleko ośle charakteryzuje się zawartością tłuszczu na poziomie 0,38 %, z kolei inni

autorzy podają: 0,5 % [27], 0,76 % [40], a nawet 1,16 % [15]. Z cytowanej powyżej literatury, a także analiz własnych wynika, że zawartość tłuszczu w mleku oślim charakteryzuje duża zmienność. Najmniejszą zawartością białka charakteryzowało się mleko ośle (1,63 %), natomiast pomiędzy mlekiem pozostałych badanych gatunków zwierząt nie stwierdzono istotnych różnic. Również mniejszą, w porównaniu z mlekiem omawianych przeżuwaczy, koncentrację białka w mleku oślim potwierdzają Salimei i wsp. [39] ( $1,72 \pm 0,02$  %), a także Piccione i wsp. [27] (1,6 %) czy Tidona i wsp. [45] ( $1,54 \pm 0,18$  %). Według Massourasa i wsp. [23] zawartość białka w mleku oślim waha się w granicach  $1,22 \div 1,87$  %. Rozbieżności można tłumaczyć zależnością składu ilościowego poszczególnych komponentów mleka od czynników środowiskowych, sposobu żywienia czy rasy zwierząt. Z uwagi na fakt, iż większość dostępnych danych literaturowych dotyczących charakterystyki mleka oślego opiera się na surowcu pozyskiwanym od zwierząt hodowanych w innych szerokościach geograficznych, uzasadnione jest prowadzenie analizy mleka oślego pochodzącego od zwierząt hodowanych na terenie naszego kraju. Najmniejszą zawartość kazeiny stwierdzono w mleku oślim (0,97 %). Według Guo i wsp. [15] zawartość frakcji kazeinowej w mleku oślim może być mniejsza od oznaczonej w badaniach własnych i zawiera się w przedziale  $0,64 \div 1,03$  g/100g. Zawartości kazeiny w mleku krowim (2,74 %) i kozim (2,49 %), większe od wartości oznaczonej dla mleka oślego, również nie różniły się statystycznie istotnie między sobą ( $p \leq 0,05$ ). Zawartość kazeiny w mleku krowim w zakresie  $2,46 \div 2,80$  g/100 g podają Guo i wsp. [15], natomiast zawartość tego białka w mleku kozim według Leitnera i wsp. [21] to 2,81g/100g, co stanowi wynik zbliżony do otrzymanego w badaniach własnych. Największa koncentracja białek serwatkowych (0,73 %) charakteryzowała mleko ośle, co istotnie odróżniało ten gatunek od mleka przeżuwaczy. Tidona i wsp. [45] podają zakres  $0,43 \div 0,85$  %, co potwierdzają badania Guo i wsp. [15]  $0,49 \div 0,80$ %. Uważa się, że proporcja pomiędzy kazeiną a białkami serwatkowymi istotnie wpływa na prawdopodobieństwo wystąpienia reakcji uczuleniowej na białko mleka. Lara-Villoslada i wsp. [20], przeprowadzając doświadczenie z wykorzystaniem myszy, stwierdzili mniej osobników, u których wystąpiła biegunka po spożyciu mleka ze zmodyfikowaną fazą białkową, w porównaniu z grupą kontrolną karmioną niemodyfikowanym mlekiem krowim. Autorzy twierdzą, że im mniejsza wartość współczynnika proporcji, tym słabszy potencjał alergizujący, a stosunek kazeiny do białek serwatkowych 40:60 (0,67) w mniejszym stopniu powoduje alergię od tego naturalnie występującego w mleku krowim 80:20 (ok. 4). Przeliczając proporcję zawartości kazeiny do białek serwatkowych mleka oślego analizowanego w ramach pracy, otrzymano wartość 1,33. Zgodnie z danymi prezentowanymi przez Tidona i wsp. [45] dla mleka oślic wartość ta waha się w przedziale od 1,05 do 1,70. Ponadto autorzy twierdzą, że największym wzajemnym stosunkiem kazeiny do białek serwatkowych charakteryzuje się mleko oślic z początkowych miesięcy laktacji. Takie właśnie mleko

analizowano w badaniach własnych. Większa zawartość kazeiny w stosunku do białek serwatkowych tego gatunku mleka w badaniach własnych mogła wynikać z niecałkowitego strącenia kazeiny w  $\text{pH} = 4,6$ , jakie stosowano w badaniach własnych, jak i wielu innych pracach podczas frakcjonowania białek mleka. Według Uniacke-Lowe i wsp. [46], maksymalne strącenie kazeiny w przypadku mleka oślego wymaga mniejszej wartości  $\text{pH}$ , równej nawet 4,2. Obecność składników mineralnych wyrażonych jako popiół w przypadku mleka oślego była najmniejsza (0,45 %) co potwierdzają badania [15]. Jednak należy podkreślić, iż mleko kobiece również charakteryzuje się mniejszą w stosunku do innych ssaków zawartością związków mineralnych, w związku z czym mleko krowie w procesie humanizacji jest częściowo odmineralizowane. Zawartość popiołu w mleku oślim zmniejsza się w czasie laktacji – systematyczny spadek może tłumaczyć fakt, że w początkowym stadium laktacji, gdy przyrost wagi żrebięcia jest największy, mleko będące jedynym pokarmem żrebięcia jest bogatsze w związki mineralne niż później, kiedy młode spożywają również inne pokarmy. Najwięcej popiołu stwierdzono w mleku kozim (0,88 %), co także znalazło odzwierciedlenie w literaturze. Według Yangilar [49], jak również Park [26] zawartość popiołu w mleku kozim wynosi 0,8%.

Należy podkreślić istotną zależność składu mleka z szerokością geograficzną, w której prowadzona jest hodowla zwierząt mlecznych. Między innymi stąd brak różnic między mlekiem krowim a kozim, pod względem zawartości laktozy, a także innych komponentów suchej masy mleka. Mleko kozie jest bardziej lekkostrawne w stosunku do krowiego, a także charakteryzuje się większą pojemnością buforową. Pomimo tego, analizując średni skład podstawowy mleka koziego, można zauważyć, że nie różni się ono istotnie od krowiego. Mleko kozie charakteryzuje się jednak pewnymi szczególnymi cechami, które odróżniają te dwa gatunki mleka w aspekcie technologicznym. Należą do nich: mniejsza średnica kuleczek tłuszczowych, odmienna budowa i rozmiary miceli kazeinowych, różnice w proporcjach poszczególnych frakcji białkowych – mniejsza lub brak zawartości kazeiny- $\alpha_1$  (delikatniejszy skrzep), większa zawartość związków azotowych niebiałkowych, lepsza zdolność wiązania wody i mniejsza lepkość [14, 49]. Zatem różnice istniejące pomiędzy mlekiem krowim i kozim mogą nie być widoczne w trakcie podstawowych analiz mleka, charakteryzujących suchą masę i ilościowy udział jej komponentów.

Charakterystykę mikrobiologiczną mleka oślego, krowiego i koziego przedstawiono w tabeli 2. Najmniejszą ogólną liczbę drobnoustrojów, a także bakterii psychrotrofowych stwierdzono w mleku oślim (3,53 i 2,26  $\log \text{jtk/cm}^3$ , odpowiednio), natomiast większe i bardzo zbliżone wartości oznaczono dla mleka krowiego i koziego, odpowiednio: 6,47 i 6,30  $\log \text{jtk/cm}^3$  ogólnej liczby bakterii mezofilnych oraz 5,74 i 5,40  $\log \text{jtk/cm}^3$  bakterii psychrofilnych. Niską koncentrację bakterii w mleku oślim

Tabela 2. Liczebność mikroflory mleka oślego, krowiego i koziego [log jtk/cm<sup>3</sup>]Table 2. The number of microflora in donkey's, cow's and goat's milk [ log cfu/cm<sup>3</sup>]

Rodzaj mikroflory [log jtk/cm <sup>3</sup> ] Type of microflora [log cfu/cm <sup>3</sup> ]	Gatunek mleka / Milk species		
	Ośle Donkey	Kozie Goat	Krowie Cow
Ogólna liczba drobnoustrojów Total microorganism number	3,53 <sup>A</sup> ± 0,02	6,30 <sup>B</sup> ± 0,07	6,47 <sup>B</sup> ± 0,04
Bakterie kwaszące Lactic acid bacteria	3,31 <sup>A</sup> ± 0,22	5,94 <sup>B</sup> ± 0,15	6,10 <sup>B</sup> ± 0,03
Bakterie z grupy coli Coliforms	1,97 <sup>A</sup> ± 0,39	4,31 <sup>B</sup> ± 0,61	5,40 <sup>B</sup> ± 0,02
Drożdże Yeast	0,99 <sup>A</sup> ± 0,5	4,89 <sup>B</sup> ± 0,28	5,37 <sup>B</sup> ± 0,46
Bakterie psychrotrofowe Psychrotrophic bacteria	2,26 <sup>A</sup> ± 0,37	5,40 <sup>B</sup> ± 0,31	5,74 <sup>B</sup> ± 0,09

Objaśnienia jak pod tab. 1. / Explanatory notes as in Tab. 1

potwierdzają w swoich badaniach również Salimei i wsp. [39] oraz Massourasa i wsp. [23]. Zakłada się, że liczebność bakterii w mleku oślim związana jest z frakcją białek serwatkowych tego gatunku mleka, natomiast za właściwości przeciwbakteryjne głównie odpowiada lizozym. Lizozym znany jest jako naturalny środek antybakteryjny z uwagi na zdolność katalizowania hydrolizy wiązań glikozydowych w ścianach komórkowych bakterii [8]. Według Buscino i wsp. [6] enzym ten wraz z immunoglobulinami, laktoferyną oraz laktoperoksydazą mogą wspomagać niemowlęcy układ pokarmowy redukując częstotliwość występowania infekcji. Inni autorzy donoszą o obecności w mleku oślim lizozymu występującego w dwóch wariantach – LYS A i LYS B, które różnią się trzema aminokwasami podstawionymi w 48, 52 i 61 miejscu w łańcuchu polipeptydowym [16]. Średnia zawartość lizozymu w mleku oślim (1 mg/cm<sup>3</sup>) jest znacznie większa w porównaniu do mleka krowiego (w tym rodzaju mleka występują śladowe ilości lizozymu), kobiecego (0,12 mg/cm<sup>3</sup>) oraz koziego – również śladowe ilości [15]. Należy jednak podkreślić, że istotnie większa wartość ogólnej liczby drobnoustrojów oznaczona dla mleka krowiego i koziego jest charakterystyczna dla tych gatunków mleka i zgodna z danymi literaturowymi. Stwierdzono istotne różnice liczebności bakterii kwaszących pomiędzy mlekiem oślim a krowim i kozim. Najwięcej bakterii tego rodzaju występowało w mleku krowim: 6,10, najmniej w mleku oślim – 3,31 log jtk/cm<sup>3</sup>. Stosunkowo dobry wzrost bakterii kwasu mlekowego i drożdży w mleku oślim w 20 °C sugeruje, że naturalna mikrobiologiczna ochrona mleka oślego nie wpływa na tego rodzaju drobnoustroje, stąd Coppola i wsp. [9] sugerują, że mleko ośle może być idealnym surowcem do produkcji nowych typów napojów fermentowanych. *Escherichia coli*, będąca głównym gatunkiem z rodzaju *Entero-*



*bacter* wchodzącego w skład tzw. grupy coli, powoduje głównie skażenie mleka surowego, a z uwagi na zdolność szybkiego fermentowania laktozy z wydzieleniem kwasów i gazów prowadzi do jego psucia [47]. Odnotowano istotne różnice w liczebności bakterii z grupy coli w mleku oślim 1,94 (log jtk/cm<sup>3</sup>), a krowim i kozim (5,40 i 4,31 log jtk/cm<sup>3</sup>, odpowiednio). Temperatura chłodnicza może efektywnie wpłynąć na kontrolę wzrostu mikroorganizmów jednak obecność drobnoustrojów z grupy coli nie powinna zostać pominięta. Dlatego, jak w przypadku każdego gatunku mleka, bardzo ważna jest higiena udoju i utrzymanie określonych standardów przy produkcji mleka oślego. Badania wykonane przez Pilla i wsp. [28] potwierdzają niskie prawdopodobieństwo infekcji w wymieniu oślicy oraz brak patogenów pokarmowych, co sugeruje, że mleko ośle może należeć do bezpiecznej żywności, jeśli gruczoł mlekowy jest zdrowy, a udój prowadzony jest z uwzględnieniem wszystkich wymaganych zasad higieny. Największą liczebność drożdży stwierdzono w mleku krowim – 5,37, mniejszą w mleku kozim – 4,89, natomiast najmniej w mleku oślim – 0,99 log jtk/cm<sup>3</sup>. Według Massourasa [23] liczebność drobnoustrojów tego rodzaju w mleku oślim jest większa i zawiera się między 1,86 a 2,95 log jtk/cm<sup>3</sup>, co może wynikać z większej liczebności stada od którego pozyskiwano mleko w badaniach cytowanych autorów.

Zawartości poszczególnych składników mineralnych w analizowanym mleku oślim, kozim i krowim przedstawiono w tabeli 3. Największą zawartość wapnia stwierdzono w mleku krowim (1010,02 mg/kg), istotnie mniejszą natomiast w mleku oślim (469,55 mg/kg). Od lat 30. XX wieku duża zawartość wapnia jest stale wykorzystywana podczas popularyzowania mleka krowiego jako prozdrowotnego składnika diety. Duże stężenie wapnia i innych związków mineralnych jest charakterystyczne dla mleka owczego, podczas gdy mleko ośle i kobiece odznaczają się stosunkowo najmniejszą ich koncentracją [4]. Zawartość Ca i P w mleku oślim zbliżona jest do tej w mleku krowim i około 3 razy większa niż w mleku kobiecym. Jednocześnie mleko ośle charakteryzuje się około 1,5 raza mniejszą koncentracją omawianych pierwiastków [11, 39]. Należy jednak zauważyć, że oznaczony na podstawie badań własnych stosunek wapnia do fosforu w mleku oślim wynosi w przybliżeniu 1 : 1 więc jest niższy niż w mleku kobiecym. Koncentracja makroelementów mleka kobiecego z wyjątkiem sodu jest mniejsza w stosunku do tej w mleku oślim [10], a ta z kolei niższa niż w mleku krowim takich jak krowy [12] i kozy [26].

Zawartość związków mineralnych w mleku zależy od potrzeb gatunkowych osisków w związku z czym stwierdzono różnice w zawartości sodu, potasu, magnezu i cynku pomiędzy wszystkimi badanymi gatunkami mleka, przy czym koncentracja wszystkich związków mineralnych była najmniejsza w mleku oślim, co potwierdza również najmniejsza zawartość popiołu oznaczona dla tego gatunku mleka (0,45 %, tab. 1).

Tabela 3. Zawartość związków mineralnych mleka oślego, krowiego i koziego  
 Table 3. Concentration of mineral compounds in donkey's, cow's and goat's milk

Związki mineralne [mg/kg] Mineral compounds [mg/kg]	Gatunek mleka Milk species		
	Ośle Donkey's	Kozie Goat's	Krowie Cow's
Ca	469,55 <sup>A</sup> ± 44,51	989,67 <sup>B</sup> ± 25,01	1010,02 <sup>B</sup> ± 1,85
P	457,69 <sup>A</sup> ± 12,7	1213,5 <sup>B</sup> ± 11,62	1072,3 <sup>B</sup> ± 38,94
Na	158,37 <sup>A</sup> ± 9,17	334,17 <sup>B</sup> ± 3,79	372,25 <sup>C</sup> ± 2,36
K	488,72 <sup>A</sup> ± 21,40	1693,68 <sup>B</sup> ± 2,30	1507,33 <sup>C</sup> ± 7,73
Mg	50,33 <sup>A</sup> ± 2,42	129,82 <sup>B</sup> ± 1,57	103,15 <sup>C</sup> ± 0,12
Mn	0,042 <sup>AC</sup> ± 0,021	0,123 <sup>B</sup> ± 0,015	0,10 <sup>BC</sup> ± 0,001
Fe	0,69 <sup>A</sup> ± 0,071	0,81 <sup>AB</sup> ± 0,013	0,97 <sup>B</sup> ± 0,059
Zn	3,19 <sup>A</sup> ± 0,22	4,06 <sup>B</sup> ± 0,09	5,31 <sup>C</sup> ± 0,13

Objaśnienia jak pod tab. 1. / Explanatory notes as in Tab. 1

Stężenie żelaza, cynku i miedzi w mleku przeżuwaczy jest powiązana głównie z frakcją kazeinową, podczas gdy w mleku kobyliczym pierwiastki te powiązane są z rozpuszczalnymi białkami. W porównaniu do mleka przeżuwaczy, mleko kozie charakteryzuje się mniejszą zawartością tych pierwiastków, jednak mimo mniejszej zawartości żelaza w mleku kozim (0,81 mg/kg), jak podają Copolla i wsp. [9], jest ono bardziej przyswajalne (biologicznie dostępne) niż to z mleka krowiego. Powodem tego jest wyższa zawartość nukleotydów w mleku kozim, które przyczyniają się do podwyższenia absorpcji tego pierwiastka w jelitach [38].

Na podstawie analizy profilu kwasów tłuszczowych stwierdzono, że frakcja tłuszczowa mleka oślego istotnie różni się od tłuszczu z mleka krowiego i koziego nie tylko pod względem ilościowym, ale także jakościowym. Stwierdzono istotne różnice zawartości kwasów tłuszczowych w mleku oślim w porównaniu z ich koncentracją w tłuszczu mleka przeżuwaczy (tabela 4). Najmniejszy procentowy udział kwasu masłowego (C 4:0) stwierdzono w mleku oślim (0,23 %), podczas gdy najwięcej tego związku oznaczono w tłuszczu mleka krowiego (3,19 %), co potwierdzają Jaworski i Kuncewicz [19]. Natomiast otrzymany w badaniach własnych wynik zawartości kwasu masłowego w mleku oślim odbiega od danych literaturowych ponieważ Blasi i wsp. [5] podają wyższą wartość (1,2 %), natomiast Salimei i wsp. [39] – 0,6 %. Podobne zależności stwierdzono w zawartości kwasu kapronowego (tab. 4).

Ponownie najmniej kwasu kapronowego (C 6:0) odnotowano w mleku oślim (0,66 %). Blasi i wsp. [5] podają wartość bardzo zbliżoną do otrzymanej w badaniach własnych (0,5 %), natomiast Salimei i wsp. [39] – dwukrotnie wyższą. Z kolei poziom

Tabela 4. Profil kwasów tłuszczowych tłuszczu mleka oślego, koziego i krowiego

Table 4. The fatty acid profile of donkey's, cow's and goat's milk fat

Kwasy tłuszczowe [%] Fatty acids [%]	Gatunek mleka Milk species		
	Ośle Donkey's	Kozie Goat's	Krowie Cow's
C4:0	0,23 <sup>A</sup> ± 0,02	1,99 <sup>C</sup> ± 0,222	3,19 <sup>B</sup> ± 0,050
C6:0	0,66 <sup>A</sup> ± 0,037	1,37 <sup>B</sup> ± 0,030	1,44 <sup>B</sup> ± 0,070
C8:0	7,48 <sup>A</sup> ± 0,58	1,81 <sup>B</sup> ± 0,015	1,03 <sup>B</sup> ± 0,005
C10:0	13,13 <sup>A</sup> ± 1,19	7,06 <sup>C</sup> ± 0,08	2,50 <sup>B</sup> ± 0,021
C10:1	2,12 <sup>A</sup> ± 0,15	0,20 <sup>B</sup> ± 0,007	0,25 <sup>B</sup> ± 0,007
C12:0	9,85 <sup>A</sup> ± 0,96	3,99 <sup>B</sup> ± 0,029	2,97 <sup>B</sup> ± 0,003
C14:0	6,36 <sup>A</sup> ± 0,50	10,91 <sup>B</sup> ± 0,041	10,30 <sup>B</sup> ± 0,017
C14:1	0,28 <sup>A</sup> ± 0,02	0,25 <sup>A</sup> ± 0,002	0,93 <sup>B</sup> ± 0,002
C15:0	0,31 <sup>A</sup> ± 0,004	1,09 <sup>B</sup> ± 0,005	1,02 <sup>B</sup> ± 0,004
C16:0	18,23 <sup>A</sup> ± 1,01	27,65 <sup>B</sup> ± 0,105	31,28 <sup>B</sup> ± 0,151
C16:1	2,63 <sup>A</sup> ± 0,06	1,34 <sup>C</sup> ± 0,069	2,11 <sup>B</sup> ± 0,027
C17:0	0,21 <sup>A</sup> ± 0,05	0,54 <sup>B</sup> ± 0,001	0,58 <sup>B</sup> ± 0,003
C17:1	0,39 <sup>A</sup> ± 0,01	0,33 <sup>C</sup> ± 0,025	0,27 <sup>B</sup> ± 0,025
C18:0	1,31 <sup>A</sup> ± 0,00	11,23 <sup>C</sup> ± 0,070	12,47 <sup>B</sup> ± 0,155
C18:1 (cis + trans)	17,73 <sup>A</sup> ± 0,91	27,42 <sup>C</sup> ± 0,10	25,52 <sup>B</sup> ± 0,29
W tym izomerów trans:	0	1,72 <sup>B</sup>	4,21 <sup>A</sup>
C18:2	6,97 <sup>A</sup> ± 0,00	1,97 <sup>B</sup> ± 0,019	2,85 <sup>B</sup> ± 0,114
C18:3	10,25 <sup>A</sup> ± 0,69	0,17 <sup>B</sup> ± 0,002	0,27 <sup>B</sup> ± 0,007
CLA	0	0,34 <sup>A</sup> ± 0,017	0,70 <sup>A</sup> ± 0,002
C20:0	0,025 <sup>A</sup> ± 0,004	0,27 <sup>C</sup> ± 0,005	0,19 <sup>B</sup> ± 0,005
C20:1	0,014 <sup>A</sup> ± 0,04	0,08 <sup>C</sup> ± 0,008	0,13 <sup>B</sup> ± 0,005
Krótkołańcuchowe lotne(SCVFAs)	23,62±0,44	12,43±0,05	8,41 ± 0,03
Średnio łańcuchowe nasycone (MCSFAs)	16,52±0,5	15,99±0,03	14,29±0,01
Nasycone (SFAs)	35,78± 0,36	55,68± 0,04	58,81± 0,05
Jednonienasycone (MUFAs)	23,16 ±0,20	29,62±0,04	29,21±0,07
Wielonienasycone (PUFAs)	17,22 ±0,34	2,14 ±0,01	3,12 ±0,06

Objaśnienia jak pod tab. 1. / Explanatory notes as in Tab. 1

kwasu kaprylowego (C 8:0) (7,48 %) oznaczony w tłuszczu mleka oślego był ponadpięciokrotnie większy niż w mleku krowimi trzykrotnie większy niż w mleku kozim, odpowiednio 1,03 i 1,81 %. Podobne zależności odnotowano w stosunku do kwasu kaprynowego (C 10:0) w tłuszczu mleka trzech gatunków zwierząt. W rezultacie udział krótkołańcuchowych, lotnych kwasów tłuszczowych był największy w tłuszczu mleka oślego i wynosił 23,62 %, wobec 8,41 % w mleku krowim i 12,43 % w mleku kozim. Zawartość kwasu laurynowego (C 12:0) w mleku oślim była trzykrotnie większa niż

w mleku krowim, a 2,5 raza większa niż w kozim, natomiast kwasów mirystynowego (C 14:0) i pentadecylowego (C 15:0) było istotnie mniej. Z tego względu sumaryczny udział nasyconych średniołańcuchowych kwasów tłuszczowych w badanych gatunkach mleka był porównywalny.

Udział najpowszechniejszego w przyrodzie kwasu palmitynowego (C 16:0), który występował w największej ilości we wszystkich badanych gatunkach mleka, okazał się być na najniższym poziomie w mleku oślim i wynosił 18,23 %. Ponad 50% więcej tego kwasu stwierdzono w mleku kozim, a o ok. 72 % więcej w tłuszczu mleka krowiego. Podobne wyniki uzyskiwali inni autorzy [1, 5]. Kwas stearynowy (C 18:0) jest drugim, po palmitynowym, najczęściej występującym nasyconym kwasem tłuszczowym w każdym tłuszczu [13]. W tłuszczu mleka krowiego i koziego jego zawartość oznaczono na poziomie około 12 %, co w przypadku mleka krowiego potwierdzają Ceballos i wsp. [7], jednak w przypadku tłuszczu mleka koziego dane literaturowe są niższe o 10 ÷ 20 %. Prawdopodobnie wynika to z różnic rasowych i innych sposobów żywienia i hodowli [1, 7]. W mleku oślic oznaczona zawartość kwasu stearynowego (C 18:0) była ponad dziesięć razy mniejsza i wynosiła 1,31 %. Według Salimei [39] wartość ta jest zbliżona i wynosi 1,12 %, natomiast Blasi i wsp. [5] stwierdzają poziom 1,5 %.

Stwierdzono istotne różnice zawartości kwasów jednonienasyconych, w tym oleinowego (C 18:1). Mleko ośle charakteryzowało się najniższą jego zawartością (17,73 %), natomiast w mleku krowim i kozim odnotowano wartości odpowiednio 25,52 i 27,42 %. Blasi i wsp. [5] dla mleka oślego stwierdzają nieco wyższą wartość: 19,8 %, natomiast Salimei [39] – dużo niższą 9,65 %. W udziale kwasu oleinowego (trans C 18:1) stwierdzono istotne różnice pomiędzy mlekiem krowim i kozim, odpowiednio: 4,21% i 1,72%. W mleku oślim izomer ten nie występuje wcale, ponieważ jednokopytne nie są przeżuwaczami. Największe różnice w profilu kwasów tłuszczowych pomiędzy mlekiem oślim a krowim i kozim występują w zakresie wielonienasyconych kwasów tłuszczowych. Najwięcej (17,22 %) znajduje się ich w mleku oślim, linolowego (C 18:2) i linolenowego (C 18:3) odpowiednio: 6,97 i 10,25 %, natomiast w przypadku mleka krowiego i koziego kształtowały się na podobnym, lecz dużo mniejszym poziomie. Według Blasi i wsp. [5] mleko ośle zawiera 9% kwasu linolowego i 5,1 % linolenowego, Salimei [39] natomiast stwierdza wyższą wartość dla kwasu linolowego (8,15 %) i niższą dla kwasu linolenowego (6,3 %). Jaworski i Kunciewicz [19] podają zawartość kwasu linolenowego w mleku krowim w zakresie 1,8 – 2,1 % w zależności od pory roku. Udział skoniungowanego kwasu linolowego (CLA) w mleku krowim i kozim kształtuje się na poziomie 0,7 i 0,34 %, natomiast w tłuszczu mleka oślic, z uwagi na fakt że ten gatunek zwierząt nie należy do przeżuwaczy, kwas ten nie występuje. Koncentracja sprzężonego kwasu linolowego zależy głównie od sposobu żywienia [24]. Liczne dane literaturowe wskazują na wzrost zawartości CLA w tłuszczu

czu mleka krów wypasanych na pastwisku w stosunku do tych karmionych paszami skoncentrowanymi (Total Mixed Ration- TMR) [3, 22, 43]. W kontekście rozpatrywania mleka oślego jako gatunku mleka zbliżonego składem do mleka kobiecego warto podkreślić, że tłuszcz mleka kobiecego charakteryzuje bardzo specyficzny profil kwasów tłuszczowych, znacząco różny od tego występującego u przeżuwaczy. Zawiera prawie o 1/3 mniej nasyconych kwasów tłuszczowych (SFAs) i 9 razy więcej wielonienasyconych kwasów (PUFAs).

W ostatnich latach podejmowane są badania nad możliwością wykorzystania mleka pochodzącego od innych gatunków ssaków do karmienia niemowląt i małych dzieci cierpiących z powodu alergii na białko mleka krowiego. Okazało się, że są przeciwwskazania w przypadku mleka koziego i owczego ze względu na ich wysoką zdolność reakcji krzyżowych z białkiem mleka krowiego zarówno *in vivo* jak i *in vitro*. CMPA (cow's milk protein allergy) występuje głównie w dzieciństwie, dotykając ok 3 % dzieci w wieku do 3 lat [41], a skuteczność terapii zależy od całkowitej eliminacji białka mleka krowiego z diety dzieci. Ponadto produkty będące zamiennikami powinny być hipoalergiczne, nie wchodzić w reakcje krzyżowe z mlekiem krowim, a dodatkowo powinny zachować odpowiednią wartość odżywczą i być smaczne. Smakowitość jest ważna w przypadku dzieci, ponieważ niesmacznych produktów nie chcą one jeść – zwłaszcza dzieci alergiczne będące poddawanych różnym dietom [25]. Na podstawie analiz własnych stwierdzono istotne różnice zarówno składu podstawowego, zawartości związków mineralnych, jakości mikrobiologicznej, jak i profilu kwasów tłuszczowych pomiędzy mlekiem oślim a krowim i kozim. Ponadto, porównując otrzymane rezultaty badań z literaturą, można zauważyć podobieństwo pomiędzy mlekiem oślim a mlekiem kobiecym. W związku z czym istnieje prawdopodobieństwo, że mleko ośle mogłoby stanowić substytut mleka krowiego dla dzieci cierpiących z powodu CMPA. W badaniach klinicznych z udziałem dzieci cierpiących z powodu alergii na białko mleka krowiego, u których nie było możliwości zastąpienia tego gatunku mleka żadnym dostępnym substytutem mleka krowiego, terapia z wykorzystaniem mleka oślego okazała się skuteczna w niemal w 83 %. Spośród 46 dzieci biorących udział w badaniu 38 tolerowało mleko ośle przez cały okres obserwacji, a stopień reakcji krzyżowych immunoglobulin E (IgE) mleka oślego był bardzo niski. Ośle mleko okazało się również odpowiednim substytutem pod względem smakowitości oraz przyrostu masy ciała tych dzieci [17]. Reasumując – ośle mleko jest bardzo obiecującym substytutem mleka krowiego zarówno dzięki jego hipoalergiczności, ale też wartości odżywczej i walorom smakowym [25]. Tak zachęcające wyniki powinny prowadzić do kontynuacji prac badawczych, a także do wzrostu produkcji mleka oślego, a w związku z tym obniżenia kosztów pozyskiwania tego surowca w naszym kraju.

## Wnioski

1. Mleko ośle charakteryzowało się największą zawartością laktozy (7,30 %), niską koncentracją białka ogółem (1,63 %) – przy dużym udziale białek serwatkowych (0,56 %) oraz najmniejszą spośród badanych gatunków mleka zawartością tłuszczu (0,38 %) – przy największym udziale kwasów linolowego (6,95 %) i linolenowego (9,38 %).
2. Stwierdzono istotne różnice jakości mikrobiologicznej mleka oślego, w stosunku do mleka krowiego i koziego, oznaczając najmniejszą ogólną liczbę drobnoustrojów ( $3,53 \log \text{jtk/cm}^3$ ), bakterii psychrotrofowych ( $2,26 \log \text{jtk/cm}^3$ ) oraz bakterii z grupy *coli* ( $1,97 \log \text{jtk/cm}^3$ ).
3. Uzyskane w ramach niniejszej pracy wyniki pozwalają stwierdzić istotne różnice pomiędzy mlekiem oślim, a mlekiem krowim i kozim. Mleko ośle może stanowić alternatywę dla dzieci cierpiących z powodu alergii na białko mleka krowiego, jak również być surowcem do produkcji nowych rodzajów napojów fermentowanych.

*Badania zostały sfinansowane z dotacji przeznaczonej przez MNiSW na działalność statutową.*

## Literatura

- [1] Alonso L., Fontecha J., Lozada L., Fraga M.J., Juárez M.: Fatty acid composition of caprine milk: major chain and trans fatty acids. *J. Dairy Sci.*, 1999, 10, 135-149.
- [2] AOAC. (1995). Official methods of analysis 16th Ed. Association of Official Analytical Chemists. International, Arlington, VA, USA.
- [3] Audist M.K., Kay J.K. Thomson N.A., Napper A.R., Kolvers E.S.: Concentration of conjugated linoleic acid in milk from cows grazing pasture or fed a Total Mixed Ration for an entire lactation. *Proc. New Zeal. Soc. An.*, 2002, 62, 240-241.
- [4] Barłowska J., Sz wajkowska M., Litwińczuk Z., Król J.: Nutritional Value and Technological Suitability of Milk from Various Animal Species Used for Dairy Production. *Food Sci. Food Safety*, 2001, 10, 291-302.
- [5] 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 Compos. Anal.*, 2008, 21, 1-7.
- [6] 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.
- [7] Ceballos LS., Morales ER, de la Torre Adarve G., Castro JD., Martinez LP., Sampelayo MRS.: Composition of goat and cow milk produced under similar conditions and analyzed by identical methodology. *J. Food Compos. Anal.*, 2009, 22(4), 322-9.
- [8] Chiavari C., Coloretti F., Nanni M., Sorrentino E., Grazia L.: Use of donkey milk for fermented beverage with lactobacilli. *Lait*, 2005, 85, 481-490.
- [9] Coppola R., Salimei E., Succi M., Sorrentino E., Nanni M., Ranieri P.: Behaviour of *Lactobacillus rhamnosus* strains in ass's milk. *Ann. Microbiol.*, 2002, 52, 55-60.

- [10] Darragh L., Lonnerdal B.: Human milk. J. W. Fuquay P.F. Fox & P.L.H. McSweeney (Eds.) (2<sup>nd</sup> ed.) Encyclopedia of dairy sci., 2011, Vol. 3, 581-590, San Diego, CA, USA: Academic Press.
- [11] Fantuz F., Ferraro S., Todini L., Piloni R., Mariani P., Salimei E.: Donkey milk concentration calcium, phosphorus, potassium, sodium and magnesium. *Inter. Dairy J.*, 2012, 24, 143-145.
- [12] Gaucheron F.: The minerals of milk. *Reprod. Nutr. Dev.*, 2005, 45(4), 473-83.
- [13] Gawęcki J., Hryniewiecki L.: Podstawy nauki o żywieniu. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2007.
- [14] Gomes J.J.L., Duarte A.M., Batista A.S.M., Figueiredo R.M.F., Sousa E.P., Souza E.L., Queiroga R.C.R.E.: Physicochemical and sensory properties of fermented dairy beverages made with goat's milk, cow's milk and a mixture of the two milks. *LWT - Food Sci. Technol.*, 2013, 54, 18-24.
- [15] Guo H.Y., Pang K., Zhang X.Y., Zhao L., Chen S.W., Dong M.L., Ren F.Z.: Composition physicochemical properties, distribution, nitrogen fraction distribution and amino acid profile of donkey milk. *J. of Dairy Sci.*, 2007, 90, 1663-1643.
- [16] Herrouin M., Mollé D., Fauquant J., Ballestra F., Maubois J. L., Lenoil J.: New genetic variants identified in donkey's milk whey protein. *J. of Protein Chem.* 2000, 19, 105-115.
- [17] Iacono G., Carroccio A., Cavataio F.: Use of donkey's milk in multiple food allergy. *J. Pediatr. Gastroenterol Nutr.*, 1992, 14, 177-81.
- [18] 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, May 2011, 16-18.
- [19] Jaworski J., Kuncewicz A.: Właściwości fizykochemiczne mleka. W: *Mleczarstwo*, tom I. Red. S. Ziajka, Wydawnictwo UWM, Olsztyn, 2008, 53-100.
- [20] Lara-Villoslada F., Olivares M., Xaus J.: The balance between casein and whey proteins in cow's milk determines its allergenicity. *J. Dairy Sci.*, 2005, 88(5), 1654-60.
- [21] Leitner G., Chaffer M., Shamay A., Shapiro F., Merin U., Ezra E., Saran A., Silanikove N.: Changes in milk composition as affected by subclinical mastitis sheep. *J Dairy Sci.*, 2004, 87(1), 46-52.
- [22] Looor J.J., Soriano F.D., Lin X., Herbein J.H., Polan C.E.: Grazing allowance after the morning or afternoon milking for lactating cows fed a Total Mixed Ration (TMR) enhances trans11-18:1 and cis9, trans11-18:2 (rumenic acid) in milk fat to different extents. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 2003, 109(1), 105-19.
- [23] Massouras T., Bitsi N., Paramithiotis S., Manolopoulou E., Drosinos E.H., Triantaphyllopoulos K.A.: Microbial Profile Antibacterial Properties and Chemical Composition of Raw Donkey Milk. *Animals*, 2020, 10(11), 2001.
- [24] Michalski M. C. Briard V., Juaneda P.: CLA profile in native fat globules of different sizes selected from raw milk. *Int. Dairy J.*, 2005, 15(11), 1089-94.
- [25] Monti G., Bertino E., Muratore M.C., Coscia A., Cersi F., Silvestro L., Fabris C., Fortunato D., Giuffrida M.G., Conti A.: Efficacy of donkey's milk in treating highly problematic cow's milk allergic children: An *in vivo* and *in vitro* study. *Pediatr. Allergy and Immunol.*, 2007, 18, 258-264.
- [26] 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.
- [27] Piccione G., Fazio F., Caola G., Refinetti R.: Daily rhythmicity in nutrient content of asinine milk. *Livestock Science*, 2008, 116, 323-327.
- [28] Pilla R., Daprà V., Zecconi A., Piccinini R.: Hygienic and health characteristics of donkey milk during a follow-up study. *J. of Dairy Res.*, 2010, 77, 392-397.
- [29] PN EN-ISO 8968-1:2004. Mleko. Oznaczenie zawartości azotu. Część 1. Metoda Kjeldahla.
- [30] PN-75/A 86130. Mleko i Przetwory Mleczarskie – Napoje Mleczne – Metody Badań.

- [31] PN-93/A-86034/04. Badania mikrobiologiczne. Ogólna liczba drobnoustrojów – oznaczenie metodą płytkową w temperaturze 30°C.
- [32] PN-93/A-86034/06. Badania mikrobiologiczne. Drobnoustroje psychrotrofowe – oznaczania liczby metodą płytkową w temperaturze 6,5 i 21°C.
- [33] PN-93/A-86034/07. Badania mikrobiologiczne. Pleśnie i drożdże – oznaczanie liczby metodą płytkową w temperaturze 25°C.
- [34] PN-EN 14084:2004. Artykuły żywnościowe – Oznaczanie pierwiastków śladowych – Oznaczanie zawartości ołowiu, kadmu, cynku, miedzi i żelaza metodą atomowej spektrometrii absorpcyjnej (AAS) po mineralizacji mikrofalowej.
- [35] PN-EN 15505:2009 Artykuły żywnościowe – Oznaczanie pierwiastków śladowych – Oznaczanie zawartości sodu i magnezu metodą płomieniowej absorpcyjnej spektrometrii atomowej (AAS) po mineralizacji mikrofalowej.
- [36] PN-EN ISO 7218:2008. Mikrobiologia żywności i pasz. Wymagania ogólne zasady badań mikrobiologicznych.
- [37] PN-ISO 4831:2007 Mikrobiologia żywności i pasz – Horyzontalna metoda wykrywania i oznaczania liczby bakterii z grupy coli – Metoda najbardziej prawdopodobnej liczby.
- [38] Raynal-Ljutovac K., Lagriffoul G., Paccard P., Guillet I., Chilliard Y.: Composition of goat and sheep milk products: an update. *Small Rumin. Res.*, 2008, 79(1), 57-72.
- [39] Salimei E., Fantuz F., Coppola R., Chiofalo B., Polidori P., Varisco G.: Composition and characteristics of ass's milk. *Animal Res.*, 2004, 53, 67-79.
- [40] 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, 365-373.
- [41] Sampson H.A.: Update of food allergy. *J. Allergy Clin. Immunol.*, 2004, 113, 805-19.
- [42] Schaafsma G.: Nutritional significance of lactose and lactose derivatives. In H. Roginski, J.W. Fuquay, & P.F. Fox (Eds.). *Encyclopedia of Dairy Sci.*, 2003. Vol. 3, 1529-1533. London: Academic Press.
- [43] Schroeder G.F., Delahoy J.E., Vidaurreta I., Bargo F., Gagliostro G.A., Muller L.D.: Milk fatty acid composition of cows fed a Total Mixed Ration or pasture plus concentrates replacing corn with fat. *J. Dairy Sci.*, 2003, 86(10), 3237-48.
- [44] Szczepaniak A., Libudzisz A.: Mleko Kozie i jego właściwości. *Przeg. Mlecz.*, 2000, 5, 136-139.
- [45] Tidona F., Criscione A., Devold T.G., Bordonaro S., Marletta D., Vegarud G.E.: Protein composition and micelle size of donkey milk with different protein patterns: effects on digestibility. *Int. Dairy J.*, 2014, 35, 57-62.
- [46] Uniacke-Lowe T., Huppertz T., Fox P.F.: Equine milk proteins: Chemistry, structure and nutritional significance. *Int. Dairy J.*, 2010, 20, 609-629.
- [47] Usajewicz I.: Mikrobiologia fermentowanych produktów mleczarskich. W: *Mleczarstwo*, tom I. Red. S. Ziajka, Wydawnictwo UWM, Olsztyn, 2008, 188-204.
- [48] Wszolek M.: Wartość odżywcza, właściwości fizykochemiczne i biologiczne składników mleka koziego. *Nowa Medycyna*, 1997, IV (9), 41-48.
- [49] Yangilar F.: As a potentially functional food: goat's milk and products. *J. Food Nutr. Res.*, 2013, 1(4), 69-81.
- [50] Zmarlicki S.: *Ćwiczenia z analizy mleka i produktów mlecznych*. SGGW, Warszawa 1978.



---

**THE ANALYSIS OF THE CHEMICAL COMPOSITION, MICROBIOLOGICAL QUALITY  
AND THE POSSIBILITIES OF USING DONKEY'S MILK****S u m m a r y**

**Background.** The aim of the study was to compare the chemical composition, physicochemical properties and microbiological quality of milk from three animal species. The experimental material was raw cow's, goat's and donkey's milk. The basic chemical composition was analyzed (total protein, casein, whey protein, fat, lactose, dry matter, ash content). In addition, the profile of fatty acids and the content of mineral compounds, as well as the microbiological quality of each type of milk were determined.

**Results and conclusion.** Donkey's milk was characterized by the highest content of lactose (7.30 %), a low concentration of total protein (1.63 %) - with a high share of whey proteins (0.56 %) and the lowest fat content among the examined types of milk (0.38 %) - with the highest content of linoleic acids (6.95 %) and linolenic acids (9.38 %). Significant differences in the microbiological quality of donkey's milk were found, with the lowest total number of microorganisms ( $3.53 \log \text{cfu/cm}^3$ ), psychrotrophic bacteria ( $2.26 \log \text{cfu/cm}^3$ ) and coliform bacteria ( $1.97 \log \text{cfu/cm}^3$ ). The results obtained in this study exhibit significant differences between donkey's milk and cow's and goat's milk. Moreover, donkey's milk could be an alternative for children suffering from allergies to cow's milk protein, as well as a raw material for the production of new types of fermented beverages.

**Key words:** donkey's milk, basic composition, microbiological quality, mineral compounds, allergy, cow's milk protein, CMPA 