

Bazkatze estentsiboaren eta edoskitzaroaren eragina behor esnearen kalitate nutrizionalean

(Effect of grazing and lactation stage on mare milk nutritional quality)

Ana Blanco-Doval^{ab*}, Luis Javier R. Barron^a, Maria Ángeles Bustamante^a, Noelia Aldai^a

^aLaktiker ikerketa-taldea. Elikagaien Teknologia Arloa, Farmazia Fakultatea, UPV/EHU, Unibertsitateko Ibilbidea 7, 01006 Gasteiz, Araba

^bEsnearen eta Mikroorganismoen Biokimika ikerketa-taldea, Metodoen Garapena eta Analisiak Departamentua, Agroscope, Schwarzenburgstrasse 161, 3097 Berna, Suitza

LABURPENA:

Behor esnari ezaugarri osasungarriak egotzen zaizkio Asian zein Europan, baina oraindik ez da bere osaera kimikoa guztiz ezagutzen. Gainera, beste animalia espezieen esnean aztertu denez, esnearen kalitatea hainbat faktoreen menpe dago. Hala ere, behor esnearen kalitatea aztertu duten ikerketek sarritan ez dute ekoizpen faktore ezberdinen eragina kontuan hartu. Hau dela eta, ikerketa honen helburua manei sistema eta edoskitzaroak behor esnearen kalitatean daukaten eragina aztertzea zen. Horretarako, hiru abeltegietako hemezortzi behorren esne laginak jaso ziren edoskitzaro osoan zehar (sei hilabete). Abeltegien arteko ezberdintasun nagusia manei sistema zen: lehenengoan, larratze denbora motza zen; bigarrenan, larratze denbora luzea eta belar onduarekin osatua; eta hirugarrenean, larratze denbora luzea eta belar siloratuarekin osatua. Laginen osaera orokorra eta mineralen, bitaminen, gantz azidoen eta polifenol totalen edukia aztertu zen teknika analitiko aurreratuak erabiliz. Esnearen ahalmen antioxidatzailea ere aztertu zen. Datuen analisi estatistikorako pausoen bidezko analisi diskriminatzailea erabili zen. Bai manei sistemak bai edoskitzaroak eragina izan zuten behor esnearen kalitate nutrizionalean. Oro har, manei sistemak esnearen gantz azidoen profila aldatu zuen, eta larratze denbora luzeagoak gantz azido onuragarrien (omega-3 poliasagabeak) eduki altuagoarekin erlazionatu ziren batez ere. Bestalde, edoskitzaroaren amaieran batez ere mineralen, gantz azidoen, proteina totalaren eta bitamina batzuen edukia murriztu zen. Lortutako emaitzen arabera, kalitate nutrizional handieneko esnea edoskitzaroaren hasiera-erdialdekoa eta larreetan bazkatu zuten behorrena zen.

GAKO-HITZAK: Ekido, larratzea, Euskal Herriko Mendiko zaldia, esnearen kalitatea

ABSTRACT:

In Asia and Europe, a number of beneficial properties are attributed to mare milk. However, mare milk chemical composition is not fully understood yet. As observed in milk from other mammal species, chemical composition can be affected by different production factors. Unfortunately, studies on mare milk composition often fail to consider the effect of these factors. Therefore, the aim of this study was to evaluate the effect of lactation stage and management system on the nutritional quality of mare milk. Milk samples were collected from eighteen individual mares belonging to three different farms during the complete lactation period (six months). The main difference among farms was the management system: the first one used a short grazing period, the second one used a long grazing period and completed animal diet with hay, and the third one used a long grazing period and silage. Milk samples were analysed for gross composition, mineral elements, vitamins, fatty acids, total polyphenols and antioxidant capacity, using advanced analytical methods. Statistical analysis was done using a stepwise discriminant analysis. Both lactation stage and management system affected mare milk nutritional quality. Overall, the management system mainly determined the fatty acid profile of the milk, being milk samples from mares that grazed for a longer period richer in beneficial (omega-3 polyunsaturated) fatty acids. On the other hand, the content of some compounds, especially mineral elements, fatty acids, total protein and some vitamins, decreased at late lactation. According to these results, the highest nutritional quality belonged to mare milk from early-mid lactation stages and to that milked from mares on a long grazing period.

KEYWORDS: Equid, pasture, Basque Mountain Horse, milk quality

1

***Harremanetan jartzeko/ Corresponding author:** Ana Blanco Doval, Esnearen eta Mikroorganismoen Biokimika ikerketa-taldea, Metodoen Garapena eta Analisiak Departamentua, Agroscope (Liebefeld), 3003 Berna, Suitza. 
<https://orcid.org/0000-0001-8754-8578>, ana.blancod@ehu.eus / ana.blancodova@agroscope.admin.ch

Nola aipatu / How to cite: Blanco-Doval, Ana; Barron, Luis Javier R; Bustamante, Maria Ángeles; Aldai, Noelia (2025). << Bazkatze estentsiboaren eta edoskitzaroaren eragina behor esnearen kalitate nutrizionalean >>, Ekaia, 49, xx-xx. (<https://doi.org/10.1387/ekaia.27147>)

Jasoa: Abenduak 3, 2024; Onartua: Urriak 27, 2025

ISSN 0214-9001-eISSN 2444-3225 / © 2025 UPV/EHU



Obra Creative Commons Atribución 4.0 Internacional-en lizentzian dago

1. SARRERA

Behor esnea elikagai tradizionala da Erdialdeko Asian [1]. Bertan, behor esne hartzitua (*kumis*) edaten dute, ez bakarrik nutrienteen iturri izateagatik, baizik eta hainbat ezaugarri funtzional esleitzen zaizkiolako. Asiako herrialde horietan, behor esnea eta *kumis*-a hainbat gaixotasun sendatzeko erabili izan da, hala nola: tuberkulosia, hepatitis, ultzera peptikoak edota bihotzerrea [2, 3]. Hala ere, behor esnearen onurak esperientzian eta tradizioan oinarritzen dira, eta ez dago horiek babesten dituen ebidentzia zientifiko sendorik. Alde batetik, kontuan izan behar da elikagaiak inoiz ezin direla gaixotasunen aurkako tratamendu gisa erabili (medikamentu moduan) eta, kasurik onenean, prebentziorako baino ezin direla balioztatu. Bestalde, behor esnari buruzko ikerketa zientifikoak eskasak dira (beste espezieetako esneekin alderatuta). Ikerketa gutxi batzuek behor esnearen ahalmen antioxidatzailea, antihipertentsiboa [4] eta antidiabetikoa [5] frogatu dituzte, baina ikerketa gehiago behar da behor esnearen osaera, konposatu bioaktiboen edukia eta horien metabolismo bideak hobeto ulertzeko.

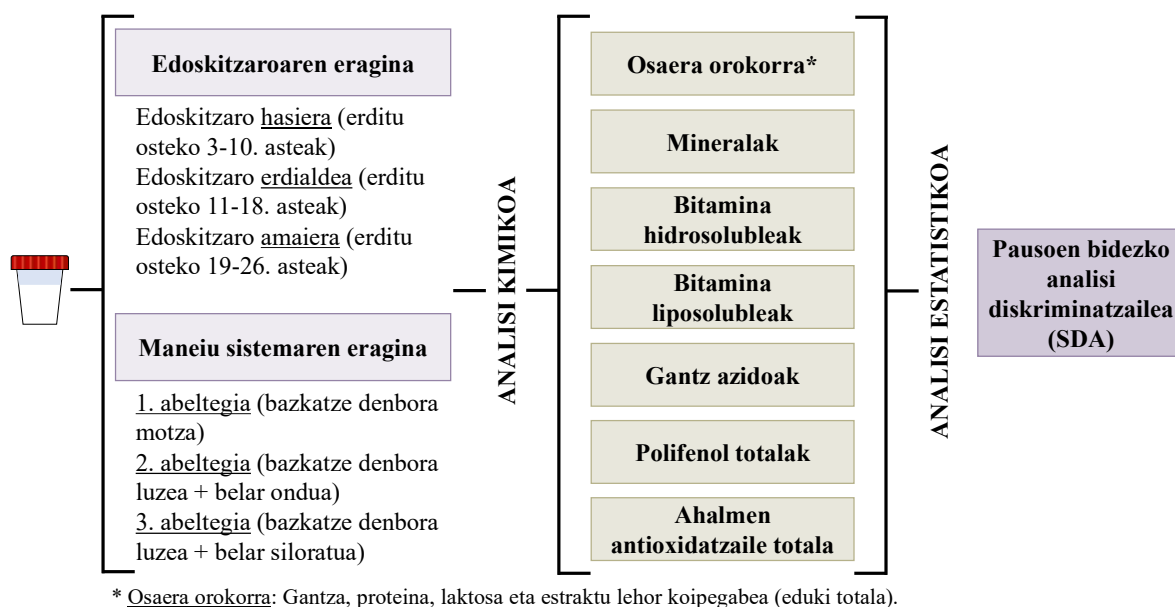
Behor esnearen osaera hobeto ezagutzeaz harago, bere kalitatean eragin dezaketen faktoreak identifikatu eta ulertzea ezinbestekoa da. Izan ere, aspaldi badakigu animaliaaren arrazak, adinak, erditze kopuruak, edoskitzaroak eta elikadurak, besteak beste, eragina daukatela hausnarkarien esnearen konposizioan [6]. Aldaketa esanguratsuak ikusi dira ere bazkatzen duten eta bazkatzen ez duten behien esnearen kalitatean. Esaterako, behien manei u estentsiboak esnearen gantz azido onuragarrien edukia handiagotzen du, hau da, gantz azido asegabeena (batez ere poliasegabeak) [7].

Edoskitzaroak eta behorren elikadurak esnean daukaten eragina gutxi ikertu bada ere, faktore horiek esnearen kalitate nutrizionala aldatu dezaketela frogatu da. Orokorrean, edoskitzaroak aurrera egin ahala behor esnearen gantz eta proteina kantitatea murrizten da; laktosarena, ordea, handitu egiten da [8]. Halaber, aldaketak ikusi dira gantz azidoen [9] edota elementu mineralen [10] profilean edoskitzaroan zehar. Behorren manei uari dagokionez, Deng et al.-ek frogatu zuten larreetan bazkatu zuten behorren esnea aberatsagoa zela gantz azido poliasegabeetan eta lipidoen digestio eta absortzioarekin erlazionatutako bide metabolikoetan parte hartzen duten lipidoetan [11]. Hala ere, gaur egun ez da erabat ezagutzen behorren manei u estentsiboak esnearen osaeran duen eragina.

Gure laborategian burututako azken ikerketetan frogatu dugunez, edoskitzaroak eta behorren bazkatzeak badaukate eragin esanguratsua esnearen konposaketan. Edoskitzaroak aurrera egin ahala konposatu indibidual gehienen edukia murrizten da. Gainera, bazkatze denbora luzeagoak behor esnearen osaera era esanguratsuan aldatzen du [12, 13, 14, 15]. Bai edoskitzaroaren bai bazkatzearen

eragina modu sakonean ulertze aldera, ikerketa horietan banakako konposatuen aldaketak aztertu ziren. Orain, ikerlan honetan, analizatutako konposatu (aldagai) guztiak hartu dira kontuan esnearen kalitate nutrizional orokorrean gertatzen diren aldaketak eta euren arteko erlazioa hobeto ulertzeko.

Hortaz, ikerketa honen helburua manei u sistemak eta edoskitzaroak behor esnearen kalitate nutrizionalean duten eragina aztertzea da, aldagai anitzeko analisi estatistikoa erabiliz. Ikerketaren nondik norakoa 1. irudian laburbildu da.



1. irudia. Ikerketaren laburpen eskematikoa.

2. MATERIALAK ETA METODOAK

2.1. Laginak

Esne laginak Arabako hiru abelategi komertzialetatik jaso ziren: bat Buruagan eta beste biak Azazetan kokatuak. Abelategi bakoitzean sei behor, Euskal Herriko Mendiko Zaldia arrazakoak, jetzi ziren maiatzetik urrira: asteen behin maiatzetik uztailean eta bi asteen behin abuztutik urrira. Jezte bakoitzean, behorrek emandako esne guztia jaso zen. Esne ekoizpena ez zen nabarmen aldatu edoskitzaroan zehar. Guztira, 311 lagin jaso ziren. Banakako esne laginak gelezko hotz metagailuekin hoztutako hozkailu eramangarrietan eraman ziren abelategietatik laborategira (tenperatura ez zen neurtu). Behin laborategian, -80 °C-tan izoztu ziren.

Hiru abeltegiek manei sistema ezberdina erabili zuten eta horien arteko ezberdintasun nagusia behorren elikadura zen. Hain zuzen, lehenengo abeltegiko (1. abeltegia) behorrek maiatzean baino ez zuten larreetan bazkatu. Horren ostean, alpapa, belar ondua, belar siloratua, fruta eta patata jan zuten. Bigarren eta hirugarren abeltegietako behorrek, aldiz, larreetan bazkatu zuten edoskitzaro osoan zehar, baina belar urritasuna zela eta, belar onduarekin (2. abeltegia) edo belar siloratuarekin (3. abeltegia) osatu zuten behorren dieta uztailetik aurrera. Laginketaren deskribapen sakonagoa Blanco-Doval et al.-en ikus daiteke [12].

2.2. Analisi kimikoa

2.2.1. Osaera orokorra

Esne laginen osaera orokorra, hau da, gantz, proteina, laktosa eta estraktu lehor koipegabe eduki osoa aztertu zen Lenkunberriko Esnekari Erakundean (Lekunberri, Nafarroa), Akreditazioen Erakunde Nazionalaren (ENAC) akreditazioa daukana (174/LE381). Analisia infragorri hurbilaren espektroskopia bitartez egin zen, laborategian bertan garatu eta balioetsitako metodo analitikoa (PE/ALVO/02) erabiliz.

2.2.2. Mineralak

Esnearen mineralen osaera aztertzeko, lehenik laginen digestio azidoa egin zen. Horretarako, $0,20 \pm 0,01$ g esne, 5 mL azido nitriko (% 65, b/b) eta 1 mL hidrogeno peroxido (% 30-32, b/b) nahastu ziren. Digestioa mikrouhinekin lagundutako digestore batean (Berghof Products + Instruments, Berlin, Alemania) eta $190\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ko gehienezko tenperaturan egin zen. Digeritutako laginak indukzioz akoplatutako plasma masa espektrometria bidez (ICP-MS; Agilent Technologies, Santa Clara, AEB) analizatu ziren. Kuantifikaziorako rodioa erabili zen barne estandar moduan, eta sodio (Na), magnesio (Mg), potasio (K), kaltzio (Ca), fosforo (P), sufre (S), manganeso (Mn), burdin (Fe), kobre (Cu) eta zink (Zn) estandarrak erabili ziren kalibrazio kurbak eraikitzeko. Determinazio koefiziente guztiak 0,994 baino handiagoak izan ziren [12]. Mineralen analisia UPV/EHUko Ikerkuntzarako Zerbitzu Orokorrean (SGIker) egin zen.

2.2.3. Bitamina hidrosolubleak

Bitamina hidrosolubleen artean tiamina (B_1 bitamina), erriboflabina (B_2 bitamina), azido nikotinikoa eta niazinamida (B_3 bitamina), azido pantotenikoa (B_5 bitamina), piridoxala eta piridoxina (B_6 bitamina), azido folikoa (B_9 bitamina), zianokobalamina (B_{12} bitamina) eta azido askorbikoa (C bitamina) aztertu ziren. Esnearen bitaminak erauzteko, $5,0000 \pm 0,0001$ g esne $750\text{ }\mu\text{L}$ hauspeatze

disoluzio batekin (91 g/L zink azetato dihidrato, 55 g/L azido tungstosfosforiko hidrato eta % 5,8 [b/b] azido azetiko glazial uretan; Millipore, Merck, Darmstadt, Alemania) nahastu ziren. Nahasketa 15 minutuz ilunpean utzi ondoren zentrifugatu zen (3.500 g, 20 °C, 5 min; SORVALL ST 16R, Thermo Fisher Scientific, Waltham, AEB). Gainjalkina nylonezko filtroetan zehar (OlimPeak 0,2 µm poro tamaina; Teknokroma, Bartzelona, Espainia) iragazi zen [16].

Analisia egiteko, fluoreszentsia (2475 modelo) eta diodo hedapen (2998 modelo) detektagailuei akoplatutako likido kromatografoa (2695 modelo) (HPLC-FLD-DAD; Waters, Mildford, AEB) eta C18 Spherisorb ODS-2 zutabea (25 cm x 4,6 mm, 3 µm poro tamaina; Waters) erabili ziren [16]. Kuantifikazioa konposatu puruekin eraikitako kalibrazio kurben bitartez egin zen, eta determinazio koefiziente guztiak 0,999 baino handiagoak izan ziren, erriboflabinarena izan ezik (0,957).

2.2.4. *Bitamina liposolubleak*

Bitamina liposolubleen artean bederatzi tokol (α -tokoferol azetatoa, α -, β -, γ - eta δ -tokoferola, eta α -, β -, γ - eta δ -tokotrienola) eta lau erretinoide (erretinil azetatoa, erretinil propionatoa, erretinil palmitatoa eta erretinola) aztertu ziren. Bitamina liposolubleen erauzketa etanol, hexano/etil azetato (90/10, b/b), ur eta dietil eterrarekin egin zen, hiru faseetan. Zentrifugazioaren bidez (4 °C, 10 min, 2.900 g lehenengo eta bigarren faseak; 4 °C, 5 min, 300 g hirugarren fasea; SORVALL RC 5B Plus, Thermo Fisher Scientific) gainjalkin organikoa jaso eta nitrogeno fluxupean lurrundu zen, eta erauzitako konposatuak 1,5 mL hexano/isopropanolean (99/1, b/b) birdisolbatu ziren [17].

Erauzkinaren analisia fluoreszentsia (1260 Spectra modelo; Agilent Technologies) detektagailu bati akoplatutako likido kromatografoarekin (1260 modelo; Agilent Technologies) eta Luna Silica zutabe batekin (100 x 3 mm, 3 µm poro tamaina; Phenomenex, Torrance, AEB) egin zen [17]. Kuantifikazioa konposatu puruekin eraikitako kalibrazio kurben bitartez egin zen, eta determinazio koefiziente guztiak 0,996 baino handiagoak ziren. Bitamina liposolubleen analisia UPV/EHUko Ikerkuntzarako Zerbitzu Orokorrean (SGIker) egin zen.

2.2.5. *Gantz azidoak*

Gantza esnetik erauzteko Luna et al.-en zentrifugazio bikoitzaren metodoa erabili zen [18]. Lehenengo zentrifugazioarekin (1.000 g, 4 °C, 20 min.; SORVALL RC 5B Plus, Thermo Fisher Scientific) esnegaina banandu zen, eta bigarren zentrifugazioarekin (22.000 g, 20 °C, 30 min.; SORVALL ST 16R, Thermo Fisher Scientific) gantza esnegainetik erauzi zen.

Ondoren, sodio metoxidoa metanolean (0,5 N) erabili zen erauzitako gantz azidoen deribatizazio basikoa egiteko [19, 20]. Metilatutako gantz azidoen analisisa sugar ionizazioko detekzioari akoplatutako gas kromatografiaren bitartez egin zen (GC-FID; 7890A modeloa, Agilent Technologies). Konposatuen banaketa Supelco SP2560 zutabe kapilarrarekin egin zen (100 m x 0,25 mm barne diametroa; Merck), Kramer et al.-en gradiente programa jarraituz [21]. Kuantifikaziorako bi barne estandar (13:0 eta 23:0 gantz azidoak) eta hainbat gantz azidoen estandarrekin egindako kalibrazio kurbak erabili ziren [13].

2.2.6. *Polifenol totalak*

Esnearen polifenol totalen analisisa Vázquez et al.-en metodoaren bidez egin zen [22]. Horretarako, $8,0000 \pm 0,0001$ g esne 500 μ L Carrez I disoluzioarekin, 500 μ L Carrez II disoluzioarekin eta 5 mL azetonitrilorekin nahastu ziren. Nahasketa 25 minutuz utzi zen, eta hauspeatutako frakzioa zentrifugazio bitartez (4.700 g, 15 min, giro tenperaturan; SORVALL ST 16R, Thermo Fisher Scientific) banandu zen.

Gainjalkina Folin-Ciocalteu (2 N) erraktiboarekin erreakzionarazi zen 90 minutuz, giro tenperaturan eta ilunpean. Ondoren, absorbantzia espektrofotometria bidez (Cary 50 Bio UV/VIS, Varian, Agilent Technologies) neurtu zen, 750 nm-an. Kuantifikazioa azido galikoarekin egindako kalibrazio kurben bitartez egin zen. Kurba guztietan 0,9995 baino determinazio koefiziente handiagoak lortu ziren.

2.2.7. *Ahalmen antioxidatzaile osoa*

Esnearen ahalmen antioxidatzailea aztertzeko 2,2'-azino-bis(azido-3-etilbenzotiazolin-6-sulfonikoa) (ABTS) metodoa erabili zen [23]. ABTS^{++} disoluzioa prestatzeko 7 mM ABTS eta 2,45 mM potasio persulfato ur-disoluzio bat 12-16 orduz oxidatu zen, ilunpean eta giro tenperaturan. Ondoren, disoluzioa gatz fosfato tanpoi (PBS; pH 7,4, 5 mM) batean diluitu zen 734 nm-an $0,70 \pm 0,02$ -ko absorbantzia lortu arte (Cary 50 Bio UV/VIS, Varian, Agilent Technologies).

Behor esnearen ahalmen antioxidatzailea aztertzeko, esne laginak PBS-n diluitu ziren (1/20), eta hau ABTS^{++} disoluzioarekin erreakzionarazi zen 10 minutuz 25 °C-ra. Ondoren, absorbantzia 734 nm-an neurtu zen (Cary 50 Bio UV/VIS, Varian, Agilent Technologies). Kuantifikazioa azido 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilkroman-2-karboxilikoarekin (Trolox) eraikitako kalibrazio kurben bidez egin zen, eta determinazio koefizienteak 0,994 baino handiagoak izan ziren.

2.3. Datuen tratamendua eta analisi estatistikoa

Analisi kimikotik lortutako datu guztiak logaritmo bihurtu ziren, eta normalitatea eta homoskedastikotasuna egiaztatu ziren. Kuantifikazio limitetik beherako datu guztiak, baita kuartil arteko ibiltartearen hirukoitzetik gora edo behera geratzen ziren datuak datu-matrizek kendu ziren (balio galdua). Aldagaiak analisi estatistikoan sartzeko hurrengo baldintza bete behar zen: gutxienez bi behorretan balio positiboak izatea ustiatetik eta edoskitzaroko aste bakoitzeko. Hau horrela, guztira 93 aldagai erabili ziren analisi estatistikorako: 3 osagai nagusi (gantz, proteina eta laktosa totalak), 10 mineral, 7 bitamina hidrosoluble, 2 bitamina liposoluble, 69 gantz azido, polifenol totalak eta ahalmen antioxidatzailea.

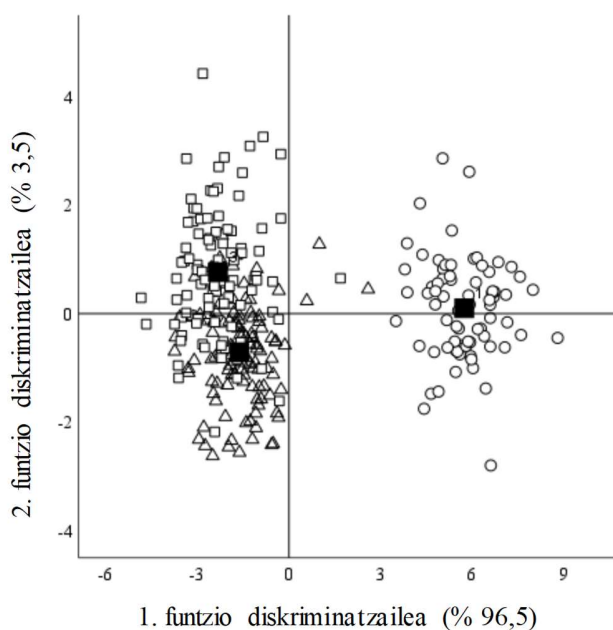
Datuak pausoen bidezko analisi diskriminatzailearen (*stepwise discriminant analysis* edo SDA) bidez aztertu ziren (IBM SPSS Statistics software, 28.0 bertsioa, IBM, Armonk, AEB), Wilks lambda metodoa erabiliz. Bi faktore aztertu ziren: edoskitzaroa eta maneiu sistema (bazkatze denborarekin erlazionatua). Faktore bakoitzak hiru maila zituen. Edoskitzaroaren hiru mailak edoskitzaro hasiera (erditze osteko 3-10. asteak), edoskitzaro erdialdea (erditze osteko 11-18. asteak) eta edoskitzaro amaiera (erditze osteko 19-26. asteak) ziren. Maneiu sistemaren hiru mailak 1., 2. eta 3. abelategiak ziren. Pausoen bidezko analisi diskriminatzailean balioztatze gurutzatuaren ondorengo emaitzak baino ez ziren kontuan hartu.

3. EMAITZAK ETA EZTABAIDA

Pausoen bidezko analisi diskriminatzailearen emaitzak 2. eta 3. irudietan, eta 1. eta 2. tauletan aurkeztu dira. Egitura matrizeetan (1. eta 2. taulak), aldagaiak handienetik txikienera ordenatu dira funtzio diskriminatzaile bakoitzarekin daukaten korrelazioaren arabera.

Maneiuaren edo bazkatze denboraren eraginari dagokionez (2. irudia), lagingen arteko diskriminazioa % 79 baino gehiagokoa zen. Zehazki, 1. funtzio diskriminatzaileak diskriminazio osoaren % 96,5 azaldu zuen, eta bazkatze denbora laburreko (1. abelategia) eta luzeko (2. eta 3. abelategiak) lagingak desberdindu zituen. Egitura matrizearen arabera (1. taula), 1. funtzio diskriminatzailearekin korrelazio handiena zeukaten aldagaiak gantz azido *cis*-monoasegabeak (azido oleikoa [9c-18:1] barne), gantz azido poliasegabeak (azido linolenikoa [18:3n-3] barne), beste gantz azido batzuk eta piridoxina ziren. Horien artean, gantz azido ase eta monoasegabeak, eta piridoxinak korrelazio positiboa aurkezten zuten funtzio diskriminatzailearekin; gantz azido poliasegabeak, ordea, korrelazio negatiboa. Hau horrela, maneiu sistemak behor esnearen gantz azidoen profilean eragin zuen

batez ere, eta eragin hori kontrakoa zen gantz azido ase eta monoasegabeen eta poliasegabeen artean. Laginak bi funtzio diskriminatzaileen artean nola banatzen diren kontuan hartuta (2. irudia), 1. abeltegiko laginak (larratze laburra) gantz azido ase eta monoasegabeetan, eta piridoxinan aberatsagoak ziren, eta 2. eta 3. abeltegietako laginak (larratze luzea), ordea, gantz azido poliasegabeetan aberatsagoak ziren. Hori zaldiaren digestio aparatuaren ondorio izan daiteke. Izan ere, zaldiak monogastrikoak dira, eta hauskarkariek ez bezala, errumenik ez daukate. Hausnarkarietan, errumeneko mikrobiotak dietatik jasotako gantz azido asegabeak *trans* gantz azido eta gantz azido ase bihurtzen ditu (biohidrogenazioa deritzon prozesuaren bidez). Zaldiek errumenik ez daukatenez, gai dira dietako gantz azidoak eraldatu gabe heste mehean xurgatzeko [24]. Halaber, belar freskoa gantz azido poliasegabeetan aberatsa da, batez ere azido linolenikoan (18:3n-3) [25, 26, 27]. Hortaz, bazkatze denbora luzeagoak esnean gantz azido poliasegabe gehiago metatzea ekarri zuen ikerketa honetan, eta gantz azidoen profila zen, hain zuzen, behorren bazkatze luzeraren adierazle nagusia.



2. irudia. Pausoen bidezko analisi diskriminatzailearen bitartez lortutako behor esne laginen banaketa manei sistemaren (edo bazkatze denboraren luzeraren) arabera. ○, 1. abeltgia; △, 2. abeltgia; □, 3. abeltgia; ■, taldearen zentroidea.

Bestalde, 2. funtzio diskriminatzaileak diskriminazio osoaren % 3,5 baino ez zuen azaldu (2. irudia). Horrek bazkatze denbora luzeko bi abeltegietako (2. eta 3. abeltgiak) laginak desberdindu

zituen, eta seguraski behorren dieta osatzeko erabili zen elikagaiaren (belar ondua ala siloratua) eragina islatzen du. Kasu horretan, diskriminazioan eragin handiena zuten konposatuak K eta Na, gantz azido *cis*-monoasegabeak, beste gantz azido batzuk, gantz totala eta azido pantotenikoa ziren (1. taula). Dena den, 2. funtzio diskriminatzaileak azaldutako diskriminazio-ehunekoa baxua zen, eta ziurrenik 2. eta 3. abeltegietako esneen arteko alde estatistikoki esanguratsuak oso txikiak ziren.

1. Taula Maneiu sistemaren araberako pausoen bidezko analisi diskriminatzailetik lortutako egitura matrizeak.

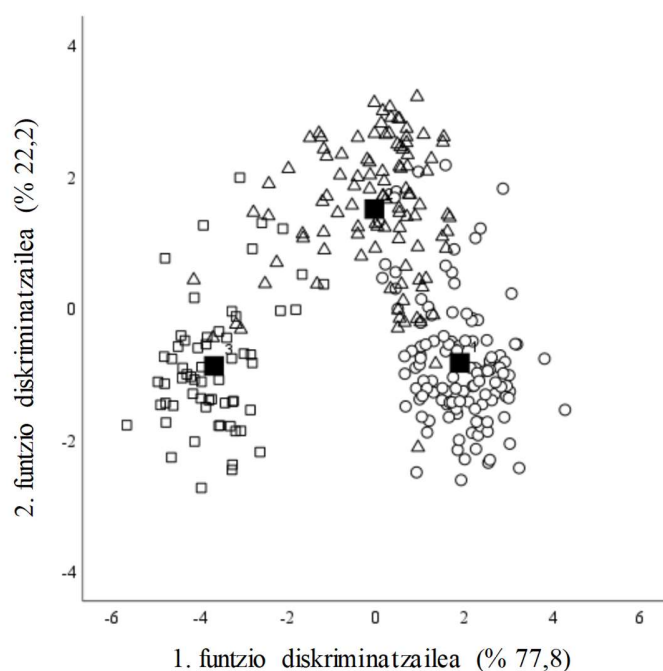
Aldagaia	1. FD	2. FD
16:3n-3	-0,278*	-0,074
11c-20:1	0,191*	-0,108
18:3n-3	-0,170*	-0,115
9c-18:1	0,152*	-0,034
11c-18:1	0,139*	-0,096
13c-22:1	0,139*	-0,081
9t,12t,15c-18:3	-0,137*	-0,111
Piridoxina	0,120*	0,116
9t-18:1	0,111*	-0,104
22:2n-6	-0,105*	-0,066
9:0	0,101*	0,047
8:0	0,101*	-0,078
10:0	0,100*	-0,057
16:2n-6	-0,098*	-0,052
20:5n-3	-0,097*	-0,089
K	-0,009	0,306*
9c-14:1	0,036	-0,275*
Azido pantotenikoa	0,023	0,261*
Na	0,193	-0,234*
11c-19:1	0,108	-0,204*
11c-16:1	0,048	-0,201*
9c-16:1	0,060	-0,197*
9c-20:1	0,087	-0,194*
9c-17:1	0,043	-0,182*
9t-16:1	0,050	-0,178*
19:0	0,019	-0,175*
11:0	0,041	-0,165*
Gantz totala	0,057	-0,160*
20:4n-3	0,007	-0,157*
22:6n-3	0,029	-0,157*

FD: Funtzio diskriminatzailea.

* Aldagai bakoitzak funtzio diskriminatzaile batekin duen korrelazio absolutu handiena.

Zenbakiak aldagai bakoitzak 1. eta 2. funtzio diskriminatzaileekin daukan korrelazioa adierazten dute. Funtzio diskriminatzaile bakoitzarekin korrelazio handiena daukaten 15 aldagai baino ez dira taulan adierazi.

Edoskitzaroaren efektuari dagokionez (3. irudia), laginen arteko diskriminazioa % 86 baino gehiagokoa zen. Kasu horretan, 1. funtzio diskriminatzaileak diskriminazio osoaren % 77,8 azaldu zuen, eta batez ere edoskitzaroaren hasierako eta amaierako laginak ezberdindu zituen. Funtzio horrekin korrelazio handiena aurkeztu zuten konposatuak elementu mineral batzuk (Mg, P, K eta Ca), kate motz eta ertaineko gantz azido aseak (C4-14), piridoxala, α -tokoferola eta proteina totala ziren (2. taula). Kasu horretan, funtzioaren eta aldagai horien guztien arteko korrelazioa positiboa zen, beraz, behor esnearen banakako konposatuen edukia handiagoa zen edoskitzaroaren hasieran amaieran baino. Gainera, 1. funtzio diskriminatzailearen arabera, edoskitzaroaren erdialdeko behor esnearen osaera edoskitzaroaren hasierakoaren antzekoagoa zen edoskitzaro amaierakoarekin alderatuta. Horren arabera, aldaketa nabarmenenak edoskitzaroaren amaieran eman ziren, esnearen konposatuen kontzentrazioa murriztu zelako.



3. irudia. Pausoen bidezko analisi diskriminatzailearen bitartez lortutako behor esne laginen banaketa edoskitzaroaren arabera. ○, edoskitzaroaren hasiera; △, edoskitzaroaren erdialdea; □, edoskitzaroaren amaiera; ■, taldearen zentroidea.

Bestalde, 2. funtzio diskriminatzaileak diskriminazio osoaren % 22,2 azaldu zuen eta edoskitzaroaren erdialdeko laginak ezberdindu zituen batez ere (3. irudia). Funtzio horrekin korrelazio handiena zuten konposatuak elementu mineral batzuk (S, Zn eta Cu), laktosa, ahalmen antioxidatzaile

totala, polifenol totalak eta gantz azido mono- eta poliasegabe batzuk (azido linoleiko (18:2n-6) eta linolenikoa (18:3n-3) barne) ziren (2. taula). Aldagaien eta 2. funtzio diskriminatzailearen arteko korrelazioa positiboa zen kasu guztietan, ahalmen antioxidatzailean izan ezik. Korrelazioak (2. taula) eta laginen banaketa (3. irudia) kontuan hartuta, 2. funtzio diskriminatzailearekin korrelazio handia zeukaten konposatuen edukia maximoa zen edoskitzaroaren erdialdean, ahalmen antioxidatzailea izan ezik, horrek balio minimoak aurkeztu zituen eta.

2. Taula Edoskitzaroaren arabeko pausoen bidezko analisi diskriminatzailetik lortutako egitura matrizeak.

Aldagaia	1. FD	2. FD
Mg	0,539*	-0,071
P	0,465*	0,460
10:0	0,455*	-0,042
K	0,423*	0,006
8:0	0,412*	0,033
12:0	0,405*	-0,041
6:0	0,400*	0,042
Piridoxala	0,372*	0,103
Ca	0,365*	0,239
Proteina totala	0,354*	-0,276
9:0	0,349*	-0,197
4:0	0,303*	-0,147
14:0	0,288*	-0,064
7:0	0,226*	-0,092
α -Tokoferola	0,211*	0,020
S	0,243	0,429*
Laktosa totala	-0,336	0,383*
Ahalmen antioxidatzailea	0,024	-0,357*
Zn	-0,143	0,325*
20:2n-6	0,046	0,300*
6c-18:1	-0,148	0,272*
9t,12t,15c-18:3	0,079	0,270*
Polifenol totalak	0,070	0,263*
22:2n-6	0,010	0,254*
18:2n-6	-0,014	0,249*
20:3n-3	0,180	0,246*
18:3n-3	0,135	0,232*
16:2n-6	-0,074	0,214*
Cu	-0,125	0,171*
7c-20:1	-0,044	0,161*

FD: Funtzio diskriminatzailea.

* Aldagai bakoitzak funtzio diskriminatzaile batekin duen korrelazio absolutu handiena.

Zenbakiak aldagai bakoitzak 1. eta 2. funtzio diskriminatzaileekin daukan korrelazioa adierazten dute. Funtzio diskriminatzaile bakoitzarekin korrelazio handiena daukaten 15 aldagai baino ez dira taulan adierazi.

Edoskitzaroaren araberako sailkapenean lortutako emaitzak bat datoz behor esnearen banakako konposatuek edoskitzaroan zehar duten bilakaeraren azterketan lortutakoekin. Labur, proteina totalaren kontzentrazioa nabarmen murrizten da edoskitzaroaren hasieratik amaierara, eta laktosarena, aldiz, handitzen da edoskitzaroaren hasieratik erdialdera, baina apur bat murrizten da gero [14]. K eta Mg-aren edukiak modu jarraian murrizten dira edoskitzaroan zehar, eta P eta Ca-aren edukiak nabarmen murrizten dira edoskitzaroaren hasiera-erdialdetik amaierara. Gainera, S eta Zn-aren edukiak maximora heltzen dira edoskitzaroaren erdialdean (13-20. asteak), eta hain nabarmena ez bada ere, Cu-aren edukia handiagoa da edoskitzaroaren erdialde-amaieran hasieran baino [12]. Gantz azidoei dagokienez, gantz azido asean edukiak behera egiten dute edoskitzaroan zehar, eta bai n-3 bai n-6 gantz azido poliasegabeen edukiak balio maximora heltzen dira edoskitzaroaren erdialdean (13-14. asteak). Gantz azido monoasegabeen kasuan, edukiak handiagotzen dira edoskitzaroaren hasieratik 17-22. asteetara, eta murrizten dira gero [13]. Piridoxalaren eta α -tokoferolaren kontzentrazioek ere behera egiten dute edoskitzaroa igaro ahala. Azkenik, polifenol totalen edukiaren eta ahalmen antioxidatzailearen balioak antzekoak dira edoskitzaroaren hasieran eta amaieran, baina aldaketa nabarmenak ematen dira edoskitzaroaren erdialdean bakarrik. Zehazki, polifenolen edukia handiagotzen da eta ahalmen antioxidatzailea murrizten da [15].

Behor esnearen osakeran ematen diren edoskitzaroan zeharreko aldaketek hainbat arrazoiri erantzuten diete. Alde batetik, edoskitzaroaren amaieran konposatu askoren kontzentrazioaren murrizketa ugatzaren inboluzioaren ondorio izan daiteke. Guk dakigula, behorretan ez da ikerketarik egin, baina ama esnearekin (giza esnea) egindako ikerketa transkriptomiko batek frogatu du laktozito jariatzaileen ugaritasuna eta esnearen osagaien sintesi eta jariaketan parte hartzen duten geneen adierazpena murriztu egiten dela edoskitzaroan zehar [28]. Esnearen proteinak (kaseinak, α -laktalbumina, β -laktoglobulina...) [29] eta kate motz eta ertaineko gantz azido aseak [30] ugatzean sintetizatzen dira, eta elementu mineralak bertan sintetizatzen ez badira ere, era aktiboan jariatzen dira esnera [31]. Horiek dira, hain zuzen, ikerketa honetan edoskitzaroaren hasierako eta amaierako esne laginak ezberdintzen zituzten konposatu nagusiak (2. taula, 1. funtzio diskriminatzailea).

Oro har, bai edoskitzaroak bai maneiu sistemak gantz azidoetan eta elementu mineraletan eragin zuten gehien bat. Aldiz, bitaminen edukia ez zen laginen arteko desberdinketarako aldagai eraginkorra izan. Izan ere, bitaminak dietatik bakarrik badatoz ere (animalientzat konposatu esentzialak dira),

ugatzak esnearen bitamina edukiak orekatzeko mekanismo-sistema konplexua daukala uste da [31]. Hau horrela, dietaren bidezko bitaminen ekarpenaren aldaketek esnean duten eragina arinduko litzateke. Hala ere, behor esnearen bitamina edukien erregulazio-mekanismoak ez dira guztiz ulertzen gaur egun. Hortaz, zaila da dietaren eta esnearen bitamina edukien arteko erlazioa azaltzea [31, 32].

4. ONDORIOAK

Behor esnearen kalitate nutrizionala animaliaaren maneiuaren zein edoskitzaroaren arabera da. Maneiari dagokionez, larratze denbora luzeagoak gantz azido poliasagabeen edukia handiagotzen eta gantz azido ase eta monoasagabeen eta piridoxinaren edukiak murrizten ditu. Hortaz, esnearen gantz azidoen profila behorren larratze intentsitatearen adierazle ona da. Bestalde, edoskitzaroaren hasieratik amaierara mineralen, gantz azido ase, proteina totalaren eta bitamina batzuen edukia murrizten da; hori ugatzaren inboluzioaren ondorioz gerta daiteke. Gainera, konposatu batzuen edukia maximoa da edoskitzaroaren erdialdean, eta ahalmen antioxidatzailearena, aldiz, minimoa da. Esnearen osatura orokorra eta mineral eta gantz azidoen edukiak maneiu sistemaren eta edoskitzaroaren adierazle onak diren bitartean, bitaminak ez dira, oro har, adierazle ona, ziurrenik ugatzak esnearen bitamina edukiak orekatzeko mekanismoak dituelako. Beraz, kalitate nutrizional handieneko esnea lortze aldera, edoskitzaroaren hasierakoa edota erdialdekkoa den eta larreetan bazkatzen duten behorren esnea aukeratu daiteke.

Behor esnearen kalitate nutrizionala eta esleitzen zaizkion onurak kontuan izanda, kontsumorako elikagai interesgarria izan daiteke, nahiz eta ikerketa gehiago behar diren giza osasunean daukan eragina frogatzeko. Ikerketa hau maneiu sistema estentsibopean ekoiztutako behor esnearen biomarkatzaileak identifikatzen dituen lehen urratsa da, eta oinarri sendoa eraikitzen du funtzionala izan daitekeen elikagai hau etorkizunean sakonago aztertzeko. Euskal Herrian izan dezakeen inpaktuari dagokionez, Euskal Herriko Mendiko zaldien ekoizpena dibertsifikatzeko aukera aurkeztzen du, haragiaz gain kalitate handiko esnea ekoiztu daitekeela erakutsiz. Horrekin, landa eremuetako hazkunde ekonomiko eta soziala bultzatuko litzateke.

Ikerlan honek baditu ere zenbait muga. Euskal Herriko Mendiko zaldiaren esnean egindako lehenengo proiektua denez, abeltegiz gutxi hartu zuten parte eta animalia gutxiarekin egin zen lan. Bestalde, ikerketa hau behor esnearen analisi kimikora mugatu da, eta ez dira beste hainbat ekoizpen parametro kontuan hartu, hala nola: etekin eta bideragarritasun ekonomikoa, kontsumitzaileen ikuspegia, ezaugarri organoleptikoak, etabar. Hori horrela, proiektu honek bidea irekitzen du, etorkizunean, Euskal Herriko Mendiko zaldiaren esnea diziplina anitzetik aztertzeko.

ESKER ONAK

Ikerketa hau Eusko Jaurlaritzak finantzatu du ELKARTEK 2019 (BIOTASMA), Kooperazioa 2020 (BEHOR ESNE) and IT944-16 and IT1568-22 proiektuen bitartez. Ana Blanco Dovalek eskerrak eman nahi dizkio Eusko Jaurlaritzako Hezkuntza Sailari doktoretza aurreko laguntzagatik. Autoreek eskerrak eman nahi dizkiete ikerketan parte hartu zuten abeltzainei.

BIBLIOGRAFIA

- [1] DOREAU, M. eta MARTIN-ROSSET, W. 2002. *Encyclopedia of dairy sciences. Dairy animals: Horse*. Academic Press, London.
- [2] PARK, Y.W., ZHANG, H., ZHANG, B. eta ZHANG, L. 2006. *Mare milk. Handbook of milk of non-bovine mammals*. Blackwell Publishing, Oxford.
- [3] PIESZKA, M., ŁUSZCZYŃSKI, J., ZAMACHOWSKA, M., AUGUSTYN, R., DŁUGOSZ, B. eta HĘDRZAK, M. 2016. «Is mare milk and appropriate food for people? - A review». *Annals of Animal Science*, **16**, 33-51.
- [4] UGWU, C.P., ABARSHI, M.M., MADA, S.B., SANUSI, B. eta NZELIBE, H.C. 2019. «Camel and horse milk casein hydrolysates exhibit angiotensin converting enzyme inhibitory and antioxidative effects in viro and in silico». *International Journal of Peptide Research and Therapeutics*, **25**, 1595-1604.
- [5] SONG, J.J., WANG, Q., DU, M., JI, X.M. eta MAO, X.Y. 2017 «Identification of dipeptidyl peptidase-IV inhibitory peptides from mare whey protein hydrolysates». *Journal of Dairy Science*, **100**, 6885-6894.
- [6] LABEN, R.C. 1963. «Factors responsible for variation in milk composition». *Journal of Dairy Science*, **46**, 1293-1301.
- [7] ALOTHMAN, M., HOGAN, S.A., HENNESSY, D., DILLON, P., KILCAWLEY, K.N., O'DONOVAN, M., TOBIN, J., FENELON, M.A. eta O'CALLAGHAN, T. 2019. «The "grass-fed" milk story: Understanding the impact of pasture feeding on the composition and quality of bovine milk». *Foods*, **8**, 350.
- [8] HACHANA, Y., NASRAOUI, C., FRIJA, I. eta FORTINA, R. 2022. «Arabian mare's milk characterisation and clotting ability». *Journal of Food Science and Technology*, **59**, 1840-1846.
- [9] NAVRÁTILOVÁ, P., POSPÍŠIL, J., BORKOVCOVÁ, I., KANIOVÁ, L., DLUHOŠOVÁ, S. eta HORÁKOVÁ, S. 2018. «Content of nutritionally important components in mare milk fat». *Mlékarstvo: časopis za unaprjeđenje proizvodnje i prerade mlijeka*, **68**, 282-294.

- [10] SUMMER, A., SABBIONI, A., FORMAGGIONI, P. eta MARIANI, P. 2004. «Trend in ash and mineral element content of milk from Haflinger nursing mares throughout six lactation months». *Livestock Production Science*, **88**, 55-62.
- [11] DENG, L., YANG, Y., LI, Z., ZHU, Y., MENG, Q., LIU, J. eta WANG, X. 2022. «Impact of different dietary regimens on the lipidomic profile of mare's milk». *Food Research International*, **156**, 111305.
- [12] BLANCO-DOVAL, A., BARRON, L.J.R. eta ALDAI, N. 2023. «Changes during lactation in the mineral element content of mare milk produced in semi-extensive rural farms». *Journal of Food Composition and Analysis*, **123**, 105629.
- [13] BLANCO-DOVAL, A., BARRON, L.J.R., KRAMER, J.K.G. eta ALDAI, N. 2024. «Complete characterization of the fatty acid profile of mare milk during lactation from commercial semi-extensive farms». *Journal of Food Composition and Analysis*, **134**, 106495.
- [14] BLANCO-DOVAL, A., BARRON, L.J.R. eta ALDAI, N. 2024. «Ekoizpen-sistema erdi-estentsibopean hazitako Euskal Herriko Mendiko zaldia arrazako behor-esnearen kalitate nutrizionalaren azterketa». *Ekaia*, **45**, 113-126.
- [15] BLANCO-DOVAL, A., BARRON, L.J.R., BUSTAMANTE, M.A. eta ALDAI, N. 2024. «Characterization and monitoring of changes during lactation in the profile of multiple bioactive compounds of milk from grazing mares». *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **105**, 1894-1903.
- [16] ZAFRA-GÓMEZ, A., GARBALLO, A., MORALES, J.C. eta GARCÍA-AYUSO, L.E. 2006. «Simultaneous determination of eight water-soluble vitamins in supplemented foods by liquid chromatography». *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **54**, 4531-4536.
- [17] VALDIVIELSO, I., BUSTAMANTE, M.A., BUCCIONI, A., FRANCI, O., RUIZ DE GORDOA, J.C., DE RENOBALLES, M. eta BARRON, L.J.R. 2015. «Commercial sheep flocks - Fatty acid and fat-soluble antioxidant composition of milk and cheese related to changes in feeding management throughout lactation». *Journal of Dairy Research*, **82**, 334-343.
- [18] LUNA, P., JUÁREZ, M. eta DE LA FUENTE, M.A. 2005, «Validation of a rapid milk fat separation method to determine the fatty acid profile by gas chromatography». *Journal of Dairy Science*, **88**, 3377-3381.
- [19] ALDAI, N., KRAMER, J.K.G., CRUZ-HERNANDEZ, C., SANTERCOLE, V., DELMONTE, P., MOSSOBA, M.M. eta DUGAN, M.E.R. 2012. *Appropriate extraction and methylation techniques for lipids analysis. Fats and fatty acids in poultry nutrition and health*. Context, Leicestershire.

[20] CRUZ-HERNANDEZ, C., DENG, Z., ZHOU, J., HILL, A.R., YURAWECZ, M.P., DELMONTE, P., MOSSOBA, M.M., DUGAN, M.E.R. eta KRAMER, J.K.G. 2004. «Methods for analysis of conjugated linoleic acids and trans-18:1 isomers in dairy fats by using a combination of gas chromatography, silver-ion thin-layer chromatography/gas chromatography, and silver-ion liquid chromatography». *Journal of AOAC International*, **87**, 545-562.

[21] KRAMER, J.K.G., HERNANDEZ, M., CRUZ-HERNANDEZ, C., KRAFT, J. eta DUGAN, M.E.R. 2008. «Combining results of two GC separations partly achieves determination of all cis and trans 16:1, 18:1, 18:2 and 18:3 except CLA isomers of milk fat as demonstrated using Ag-ion SPE fractionation». *Lipids*, **43**, 259-273.

[22] VÁZQUEZ, C.V., ROJAS, M.G.V., RAMÍREZ, C.A., CHÁVEZ-SERVÍN, J.L., GARCÍA-GASCA, R., MARTÍNEZ, R.A.F., GARCÍA, O.P., ROSADO, J.L., LÓPEZ-SABATER, C.M., CASTELLOTE, A.I., MONTEMAYOR, H.M.A. eta CARBOT, K.T. 2015. «Total phenolic compounds in milk from different species. Design of an extraction technique for quantification using the Folin-Ciocalteu method». *Food Chemistry*, **176**, 480-486.

[23] GILA-DÍAZ, A., CARRILLO, G.H., CAÑAS, S., SAENZ DE PIPAON, M., MARTÍNEZ-ORGADO, J.A., RODRÍGUEZ-RODRÍGUEZ, P., LÓPEZ DE PABLO, A.L., MARTÍN-CABREJAS, M.A., RAMIRO-CORTIJO, D. eta ARRIBAS, S.M. 2020. «Influence of maternal age and gestational age on breast milk antioxidants during the first month of lactation». *Nutrients*, **9**, 2569.

[24] CLAUSS, M., GRUM, C. eta HATT, J. 2009. «Polyunsaturated fatty acid content in adipose tissue in foregut and hindgut fermenting mammalian herbivores: A literature review». *Mammalian Biology*, **74**, 153-158.

[25] SAHAKA, M., AMARA, S., WATTANAKUL, J., GEDI, M.A., ALDAI, N., PARSIEGLA, G., LECOMTE, J., CHRISTELLER, J.T., GRAY, D., GONTERO, B., VILLENEUVE, P. eta CARRIÈRE, F. 2020. «The digestion of galactolipids and its ubiquitous function in nature for the uptake of the essential α -linolenic acid». *Food & Function*, **11**, 6710-6744.

[26] VALDIVIELSO, I., BUSTAMANTE, M.A., ALDEZABAL, A., AMORES, G., VIRTO, M., RUIZ DE GORDOA, J.C., DE RENOBAL, M. eta BARRON, L.J.R. 2016. «Case study of a commercial sheep flock under extensive mountain grazing: Pasture derived lipid compounds in milk and cheese». *Food Chemistry*, **197**, 622-633.

[27] WARREN, L. eta VINEYARD, K.R. 2013. *Fat and fatty acids. Equine applied and clinical nutrition*. Saunders, Philadelphia.

[28] NYQUIST, S. K., GAO, P., HAINING, T.K.J., RETCHIN, M.R., GOLAN, Y., DRAKE, R.S., KOLB, K., MEAD, B.E., AHITUV, N., MARTINEZ, M.E., SHALEK, A.K., BERGER, B. eta

GOODS, B.A. 2022. «Cellular and transcriptional diversity over the course of human lactation». *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **119**, e2121720119.

[29] BIONAZ, M., HURLEY, W.L. eta LOOR, J. 2012. *Milk protein synthesis in the lactating mammary gland: Insights from transcriptomics analyses. Milk protein*. IntechOpen, London.

[30] PALMQUIST, D.L. eta HARVATINE, K.J. 2020. *Origin of fatty acids and influence of nutritional factors on milk fat. Advanced dairy chemistry*. Springer, Cham.

[31] MONTALBETTI, N., DALGHI, M.G., ALBRECHT, C. eta HEDIGER, M.A. 2014. «Nutrient transport in the mammary gland: Calcium, trace minerals and water soluble vitamins». *Journal of Mammary Gland Biology and Neoplasia*, **19**, 73-90.

[32] LIMA, M.S.R., DIMENSTEIN, R. eta RIBEIRO, K.D.S. 2014. «Vitamin E concentration in human milk and associated factors: A literature review». *Jornal de Pediatria*, **90**, 440-448.