

Latvijas Biozinātņu un tehnoloģiju universitāte
Latvia University of Life Sciences and Technologies

Lauksaimniecības un pārtikas tehnoloģijas fakultāte
Faculty of Agriculture and Food Technology



Mg.agr. **Līga Marcinkoniene**

**LATVIJĀ IEGŪTĀ KAZAS PIENA KVALITĀTE SIERA
RAŽOŠANAI**

***QUALITY OF LATVIAN GOAT MILK FOR CHEESE
PRODUCTION***

Promocijas darba KOPSAVILKUMS
zinātnes doktora grāda (*Ph.D.*) iegūšanai

SUMMARY
of the Doctoral thesis for the Doctoral degree of
Science (Ph.D.)

JELGAVA

2026

Promocijas darba vadītājs / Scientific supervisor:

LBTU profesore / LBTU professor Dr.sc.ing. **Inga Ciproviča**

Darba recenzenti / Official reviewers:

Vadošā pētniece / Leading researcher Dr.sc.ing. **Vita Šterna** – APP Agrolesursu un ekonomikas institūts / Institute of Agricultural Resources and Economics

Vadošais pētnieks / Leading researcher Dr.sc.ing. **Vitālijs Radenkovs** – APP Dārzkopības institūts / Institute of Horticulture

Vadošā pētniece / Leading researcher Ph.D. **Inga Šarenkova** – APP Agrolesursu un ekonomikas institūts / Institute of Agricultural Resources and Economics

Promocijas darba aizstāvēšana notiks Latvijas Biozinātņu un tehnoloģiju universitātes Pārtikas un dzērienu tehnoloģijas nozares promocijas padomes atklātajā sēdē 28.08.2026 plkst. 11:00 Pārtikas institūta 216. auditorijā, Rīgas ielā 22a, Jelgavā.

The defence of the doctoral thesis in an open session of the Promotion Board of the Food and Beverage Technology of Latvia University of Life Sciences and Technologies will be held on 28.08.2026 at 11:00 at the Food Institute, Riga street 22a, Jelgava.

Ar promocijas darbu un tā kopsavilkumu var iepazīties LBTU Fundamentālajā bibliotēkā, Lielajā ielā 2, Jelgavā un portālā (pieejams: www.kopkatalogs.lv). Atsauksmes sūtīt Pārtikas un dzērienu tehnoloģijas nozares promocijas padomes sekretārei, asociētai profesorei Dr.sc.ing. **J.Zagorskai** (Rīgas iela 22a, Jelgava, LV–3004, e-pasts: jelena.zagorska@lbtu.lv).

*The doctoral thesis is available at the Fundamental Library of the Latvia University of Life Sciences and Technologies, Liela street 2, Jelgava, and on the university website (www.kopkatalogs.lv). References should be sent to associate professor Dr.sc.ing. **J.Zagorska**, the Secretary of the Promotion Board of Food and Beverage Technology at the Faculty of Food Technology, Riga street 22a, Jelgava, LV–3004, Latvia or e-mail: jelena.zagorska@lbtu.lv*

SATURS

<i>PĒTĪJUMA AKTUALITĀTE</i>	4
<i>ZINĀTNISKĀ DARBA APROBĀCIJA</i>	6
<i>MATERIĀLI UN METODES</i>	8
<i>REZULTĀTI UN DISKUSIJA</i>	19
1. Kazas piena sastāva izmaiņas šķirnes ietekmē	19
2. Kazas piena sastāva izmaiņas laktācijas ietekmē	23
3. Kazas piena sastāva izmaiņas sezonas ietekmē	24
4. Kazas piena kvalitātes analīze	26
5. Kazas piena piemērotība saldpiena siera ražošanai	30
6. Puscietā saldpiena kazas piena siera ražošanas analīze	37
<i>SECINĀJUMI</i>	45
<i>LITERATŪRAS SARAKSTS</i>	72

CONTENT

<i>RELEVANCE OF THE STUDY</i>	46
<i>APPROBATION OF THE SCIENTIFIC WORK</i>	49
<i>MATERIALS AND METHODS</i>	50
<i>RESULTS AND DISCUSSION</i>	55
1. Changes in the composition of goat milk as influenced by breed	55
2. Changes in the composition of goat milk as influenced by lactation	57
3. Changes in the composition of goat milk as influenced by season	58
4. Goat milk quality analysis	59
5. Suitability of goat milk for the production of rennet-induced cheese ...	62
6. Analysis of semi-hard rennet-induced goat milk cheese production	67
<i>CONCLUSIONS</i>	70
<i>REFERENCES</i>	72

PĒTĪJUMA AKTUALITĀTE

Kazas pienam ir nozīmīga loma uzturā, ko nosaka tā ķīmiskā sastāva līdzība mātes pienam un augstā olbaltumvielu biopieejamība. Turklāt tas ir mazāk alerģisks un piemērots patērētājiem ar govju piena nepanesamību. Kazas piens satur gan makro-, gan mikroelementus, raksturojas ar augstāku cinka, dzelzs un magnija saturu, un ir īpaši piemērots cilvēkiem ar gremošanas sistēmas, elpceļu un vielmaiņas saslimšanām.

Pēdējo divdesmit gadu laikā kazas piena ražošanas apjomi pasaulē ir pieauguši, sasniedzot 20 miljonus tonnu gadā, turpretī Eiropas Savienībā ir vērojama kazu populācijas skaita samazināšanās, kas ir saistīta ar strukturālām pārmaiņām lauksaimniecībā un tradicionālās kazkopības nozares ekonomisko lejupslīdi Vidusjūras reģionā. Arī Latvijā pēdējos gados ir novērojama mazo un vidējo saimniecību skaita samazināšanās vai to pārorientēšanās uz alternatīvām darbības formām, tostarp lauku tūrismu, ietekmējot saražotā piena apjomu. Līdz ar to pētījumi par kazas piena sastāvu un tā piemērotību pārstrādei ir būtiski gan pētniecībā balstītu rezultātu ieguvei, gan piena pārstrādes nozares konkurētspējas celšanai.

Latvijā nav veikti pētījumi par kazas piena sastāvu un kvalitātes ietekmi uz piena produktu, tostarp siera ražošanu un būtiski ir tos veicināt. Izpratne par šķirnes, laktācijas un sezonas ietekmi uz kazas piena kvalitāti dod iespēju optimizēt ražošanas procesus, samazināt tehnoloģiskos zudumus un uzlabot galaproduktu kvalitāti. Šim nolūkam ir nepieciešams apzināt piena sastāva izmaiņu likumsakarības un kazas piena lietojamību siera ražošanā, kā arī tā kvalitāti un iznākumu ietekmējošos faktorus.

Latvijas vietējā kazu šķirne, lai arī atpaliek no Zānes kazu šķirnes piena ražības ziņā, ir piemērotāka Latvijas klimatiskajiem apstākļiem, raksturojas ar augstāku dabisko izturību pret slimībām, kas ir būtiski kazu ganāmpulka veidošanai. Līdz ar to lielāka uzmanība būtu jāakcentē Latvijas vietējās kazu šķirnes saglabāšanai un mērķtiecīgai tās selekcijai. Ciltsdarbam ir liela nozīme dzīvnieku produktivitātes un veselības uzlabošanā, tostarp kazas piena apjoma un kvalitātes nodrošināšanai pārstrādei.

Līdz šim Latvijā veiktie pētījumi vērsti uz Latvijas vietējās kazu šķirnes piena sastāva izpēti no ģenētiskā viedokļa. Tikpat nozīmīgi ir vērtēt Latvijā audzēto kazu šķirņu produktivitāti un īpašības no piena produktu ražošanas un kvalitātes skatupunkta. Zinātniskajā literatūrā aizvien vairāk tiek pētīta kazas piena piemērotība saldpiena sieru ražošanai, kā arī analizēti faktori, kas rada svārstības piena sastāvā: barība, ganības sezona, šķirne, laktācija un laktācijas fāze.

Siers ir vispieprasītākais kazas piena produkts un ražotājiem ir nozīmīgas vissīkākās nianšes, kas paaugstina siera iznākumu. Lai iegūtu kvalitatīvu pienu un sieru, īpaša nozīme ir piena kvalitātei, tostarp somatisko šūnu skaitam (SŠS). SŠS ir viens no būtiskākajiem kazas piena kvalitātes rādītājiem, kas raksturo gan dzīvnieku veselības stāvokli, gan piena tehnoloģisko kvalitāti. Pētījumi rāda, ka paaugstināts SŠS ir saistīts ar piena ķīmiskā sastāva izmaiņām, tostarp

samazinātu laktozes, tauku un kazeīna saturu, kas negatīvi ietekmē siera ražošanas procesu. Daudzviet pasaulē, arī Latvijā netiek limitēts SSS kazas pienā, līdz ar to Latvijas kazu piena tehnoloģisko īpašību izpēte siera ražošanai ir jāsaista ar kazu šķirnes īpatnībām, ēdināšanas un turēšanas apstākļiem, somatisko šūnu skaitu, laktāciju un sezonu. Turklāt vietējo resursu efektīva izmantošana un kvalitatīvu produktu ražošana veicina lauku teritoriju attīstību un sniedz ieguldījumu veselīgas pārtikas izejvielu nodrošināšanai Latvijas sabiedrībai.

Promocijas darba hipotēze: Kazu šķirnei, laktācijai un sezonai ir būtiska ietekme uz kazas piena tehnoloģiskajām īpašībām puscietā saldpiena siera ražošanā.

Pētījuma hipotēzi pierāda ar šādām **tēzēm**:

1. kazu šķirņu ģenētiskās atšķirības ietekmē piena sastāvu un īpašības puscietā saldpiena siera ražošanai;
2. laktācija un sezona izraisa pārmaiņas kazas piena kvalitātē, ietekmējot piena tehnoloģiskās īpašības puscietā saldpiena siera ražošanai;
3. somatisko šūnu skaitam ir būtiska ietekme uz kazas piena tehnoloģiskajām īpašībām puscietā saldpiena siera ražošanai;
4. kazas piena piemērotība puscietā saldpiena siera ražošanai ir cieši saistīta ar piena sastāva izmaiņu likumsakarībām kazas šķirnes, laktācijas un sezonas ietekmē.

Promocijas darba mērķis: analizēt Latvijā iegūtā kazas piena kvalitāti puscietā saldpiena siera ražošanā.

Promocijas darba uzdevumi:

1. noteikt kazas piena ķīmisko sastāvu un atsevišķu sastāvdaļu savstarpējās attiecības puscietā saldpiena siera ražošanā nepieciešamo tehnoloģisko īpašību nodrošināšanai;
2. analizēt šķirnes, laktācijas un sezonas ietekmi uz kazas piena sastāvu un kvalitāti, tostarp somatisko šūnu skaitu;
3. vērtēt kazas piena recēšanas īpašības ar recināšanas fermentu, to ietekmējošos faktorus;
4. izziņāt kazas piena piemērotību puscietā saldpiena siera ražošanai, kvalitātes un iznākuma nodrošināšanai.

Promocijas darba **zinātniskais nozīmīgums**:

- izziņātas Latvijas kazas piena sastāva izmaiņu likumsakarības šķirnes, laktācijas un sezonas ietekmē, un to nozīme puscietā saldpiena kazas piena siera ražošanā;
- noskaidrota somatisko šūnu skaita ietekme uz Latvijas kazas piena pārstrādi un iegūtā puscietā saldpiena kazas piena siera kvalitāti.

Promocijas darba **tautsaimnieciskā nozīme**:

- pētījuma rezultāti palīdz izprast piena sastāva izmaiņu likumsakarības no kvalitātes, iznākuma un tehnoloģisko zudumu viedokļa puscietā saldpiena kazas piena siera ražošanā;

- ar pētījumiem pierādīta agrīnā rudens sezonā iegūtā kazas piena sastāva un tehnoloģisko īpašību piemērotība efektīvai puscieta saldpiena kazas piena siera ražošanai.

Pētījums līdzfinansēts ar pētniecības programmas “Zinātniskās kapacitātes stiprināšana LLU” projekta Nr. Z34 “Latvijas kazas piena kvalitāte siera ražošanai” (2019 – 2021) un Atvērēšanas fonda projekta Nr. 5.2.1.1.i.0/2/24/I/CFLA/002 “LBTU institucionālās kapacitātes stiprināšana izcilībai studijās un pētniecībā” (ANM1) “Latvijas kazas piena kvalitāte siera ražošanai” (AF29) atbalstu.



ZINĀTNISKĀ DARBA APROBĀCIJA

Pētījuma rezultāti ir apkopoti un publicēti 4 izdevumos angļu valodā, kas indeksēti Scopus un/vai Web of Science datu bāzēs.

1. Marcinkoniene, L. & Ciprova, I. (2019). Goat milk quality in late lactation. FoodBalt 2019, 13th Baltic conference on food science and technology “Food Nutrition, Well – Being”, *conference proceedings*, Jelgava, May 2 – 3. Latvia University of Life Sciences and Technologies, Faculty of Food Technology, Jelgava: LLU, 2019. p. 258 – 260. ISSN 2255 – 9817. <http://doi.org/10.22616/FoodBalt.2019.034>
2. Marcinkoniene, L. & Ciprova, I. (2020). The influence of milk quality and composition on goat milk suitability for cheese production. *Agronomy Research*. Vol. 18(S3), p.1796 – 1803. ISSN 1406 – 894X. <https://doi.org/10.15159/AR.20.094>
3. Marcinkoniene, L. & Ciprova, I. (2023). Fatty acid composition of different breed goat milk. *Rural Sustainability Research*. Vol. 49 (344), p. 35 – 39. <https://doi.org/10.2478/plua-2023-0005>
4. Marcinkoniene, L. & Ciprova, I. (2026). Fluctuations in goat milk composition during processing. *Dairy*, 7 (1), 5. <https://doi.org/10.3390/dairy7010005>

Pētījuma rezultāti prezentēti 7 starptautiskās zinātniskās konferencēs Latvijā, Igaunijā, Beļģijā un Spānijā:

1. Marcinkoniene, L. & Ciprova, I. (2019). Goat milk quality in late lactation. 13th Baltic Conference on Food Science “Food. Nutrition. Well-Being” and

- NEEFood 2019 5th North and East European Congress on Food. Jelgava, Latvia, May 2 – 3, 2019 (mutiskā prezentācija / *oral presentation*).
2. Marcinkoniene, L. & Ciprovica, I. (2019). Latvian goat milk processing potential. International scientific conference “Research for Rural Development 2019”, Jelgava, Latvia, May 15 – 17 (mutiskā prezentācija / *oral presentation*).
 3. Marcinkoniene, L. & Ciprovica, I. (2020). The influence of milk quality and composition on goat milk suitability for cheese production. International scientific conference “Biosystems Engineering 2020”, Tartu, Estonia, May 6, 2020, online platform (mutiskā prezentācija / *oral presentation*).
 4. Marcinkoniene, L. & Ciprovica, I. (2020). Latvian dairy goat breeds as Saanen, Latvian Native and crossbred milk suitability for cheese production. 8th IDF International Symposium on sheep, goat and other non-cow milk, Brussels, Belgium, November 4 – 6, online platform (stenda referāts / *poster presentation*).
 5. Marcinkoniene, L. & Ciprovica, I. (2021) Seasonal impact on goat milk quality in Latvian goat breeds. International scientific conference “Research for Rural Development 2021”, Jelgava, Latvija, May 12 – 14, 2021, online platform (mutiskā prezentācija / *oral presentation*).
 6. Marcinkoniene, L. & Ciprovica, I. (2022). Fatty acid composition of goat milk in organic farming. International scientific conference “Research for Rural Development 2022”, Jelgava, Latvija, May 18 – 20, 2022, online platform (mutiskā prezentācija / *oral presentation*).
 7. Marcinkoniene, L. & Ciprovica, I. (2025). Seasonal variation of goat milk casein and their relationship to cheese production. 13th European Regional Conference of the International Goat Association (IGA), Tenerife, Spain, May 14 – 17, 2025 (mutiskā prezentācija / *oral presentation*).

Promocijas darba rezultāti prezentēti kazkopības nozari popularizējošos pasākumos “Kazu dienas 2025”:

- “Kazas piena kvalitāte siera ražošanā” (mutiskā prezentācija), un kvalifikācijas paaugstināšanas programmas “Kazu dienas 2025” noslēguma pasākumā (ZOOM platformā)
- “Somatisko šūnu ietekme uz kazas piena sastāvu un recēšanas īpašībām” (mutiskā prezentācija).

MATERIĀLI UN METODES

Pētījuma vietas un objekta raksturojums

Pētījumā analizēts Latvijas vietējo (LVK), Zānes (ZK), Anglo Nūbijas (AN) šķirņu kazu (tikai saimniecības kazu produktivitātes izvērtēšanas kontekstā), arī piena šķirņu krustojumu (XP)¹ kazu piens. Dzīvnieki turēti SIA „Līcīši Ltd” (Jelgavas novads, Cenu pagasts, “Līcīši”, LV–3018) kazu ganāmpulkā, kas pētījuma īstenošanas laikā bija viens no pieciem lielākajiem kazu ganāmpulkiem Latvijā².

Promocijas darba pētījums uzsākts 2018. gada pavasarī un turpinājās līdz 2023. gadam, bet laikā no 2024. līdz 2026. gadam analizēti un aprobēti pētījuma rezultāti, sagatavots promocijas darbs.

Šajā pētījumā dzīvnieki turēti vienādos apstākļos un tiem nodrošināta vienāda ēdināšana. Pētījumā analizēti 1606 individuālie kazu piena paraugi (autores analizēto paraugu skaits n=891) un 38 kopiena paraugi. Pētniecisko datu analīzei izmantoti arī 2018. – 2023. gada saimniecības pārraudzības dati (n=715). Informācija par dzīvnieku vecumu, laktāciju, izcelšanos, asinību, šķirni un produktivitāti iegūta no Lauksaimniecības datu centra datu bāzes (šobrīd Lauku atbalsta dienesta datu bāze).

Pētījuma sākumā ņemti individuālie LVK, ZK un XP kazu piena paraugi, lai novērtētu piena sastāvu, to mainību šķirnes, laktācijas un sezonas ietvaros. Pētījumā tika iekļautas saimniecībā esošās klīniski veselās slaucamās kazas (n=95) no 1. līdz 7. laktācijai, lai analizētu piena kvalitātes rādītājus laktāciju griezumā. Dzīvnieku atlase deva iespēju izveidot 3 pētījuma grupas, kas tika iedalītas pēc šķirnes ZK, LVK un XP, iekļaujot 2. līdz 4. laktācijas dzīvniekus. Katrā grupā bija 10 dzīvnieki piena paraugu iegūšanai. Piena paraugi tika ņemti reizi mēnesī un vienā paraugu ņemšanas reizē vidēji ievākti 30 individuālie piena paraugi. Koppiena paraugi ņemti 1 – 2 reizes mēnesī. Individuālie piena paraugi nogādāti SIA “Piensaimnieku laboratorija”, lai noteiktu kazeīna saturu un somatisko šūnu skaitu kazas pienā. Piena ķīmiskā sastāva (tauku, olbaltumvielu, laktozes, beztauku sausnas, sausnas saturs un sasaldšanas punkts) un piena recināšanas analīzes veiktas Latvijas Biozinātņu un tehnoloģiju universitātes Pārtikas tehnoloģijas fakultātes (šobrīd Pārtikas institūta) pilotražotnē. Rezultātu vērtēšanai izmantoti arī piena pārraudzības dati, kas analizēti SIA “Piensaimnieku laboratorijā”, nosakot tauku, olbaltumvielu, kazeīna, laktozes, urīnvielas saturu un somatisko šūnu skaitu kazu piena paraugos.

Lai vērtētu kazas piena sastāva ietekmi uz piena sensorajām īpašībām un iegūtā recekļa blīvumu, 15 individuālajiem kazu piena un 5 koppiena paraugiem veikta taukskābju sastāva un satura analīze. Individuālie paraugi ņemti LVK šķirnes kazām (n=5, pietā laktācija), ZK šķirnes kazām (n=5, trešā laktācija) un

¹ Piena šķirņu krustojumu kazu pamatā LVK un AN šķirnes kazas (ar 40 % un 60 % asinību)

² Latvijas Kazkopības nozares ziņojums 2018 (Piliena, Garkalne & Jonkus, 2019)

XP kazām (n=5, ceturtā laktācija), izvēloties piecas vienādas laktācijas kazas reprezentablu rezultātu ieguvei, kā arī koppienam. Paraugi analizēti SIA “Hamilton Baltic” laboratorijā.

Pētījuma dizains

Pētījums īstenots piecos posmos, lai strukturētu darba izstrādes procesu (1. att.). **Pirmajā posmā** detalizēti pētīta situācija kazkopībā Latvijā, analizējot pārraudzības rezultātus un ciltsdarba programmas. **Otrajā posmā** visaptveroši vērtēts pētījuma saimniecības kazu piena sastāvs šķirnes, laktācijas un sezonas ietekmē. ŠSS, kas ir nozīmīgs piena kvalitātes rādītājs un joprojām plaši diskutēts kazkopju vidū, ir pētīts **trešajā posmā**. Piena sastāvs un tā mainība kontekstā ar piena piemērotību siera ražošanai un sierniecībai būtiskiem kvalitātes kritērijiem vērtēts **ceturtajā posmā**. **Piektajā posmā** tika gatavots puscietais saldpiena siers (pēc *Gouda* siera tehnoloģijas) un vērtēts tā iznākums atbilstīgi kazas piena sastāvam, recināšanas rādītājiem un tauku un olbaltumvielu atgūstamībai sierā.

1. – 2. posms / 1st – 2nd stage

Kazas piena
pārstrādes ieguvumi
un izaicinājumi
Latvijā / *Benefits
and challenges of
goat milk
processing in
Latvia*

- Nozares analīze / *Industry analysis*
- Kazkopības nozares ziņojumi, pārraudzības rezultātu un ciltšdarba programmu analīze / *Goat industry reports, milk monitoring data and breeding programm analysis*
- Kazas piena sastāva mainība šķirnes, laktācijas un sezonas ietekmē / *Goat milk content diversity by breed, lactation and season*

3. posms / 3rd stage

Kazas piena
kvalitātes analīze /
*Goat milk quality
analysis*

- Somatisko šūnu skaits, dinamika laktācijas periodā / *Somatic cell count, dynamics in lactation period*
- Somatisko šūnu skaita noteikšanas pamatojums Latvijas kazu pienā / *Justification for somatic cell count determination in Latvian goat milk*

4. posms / 4th stage

Kazas piena sastāvs
un tā piemērotība
puscietā saldpiena
siera ražošanai /
*Goat milk
composition and its
suitability for semi
– hard cheese
production*

- Ķīmiskais sastāvs, tā mainība sezonas, dzīvnieku šķirnes un laktācijas ietekmē / *Chemical content, its diversity by season, animal breed and lactation*
- Kazas piena recināšanu un recekļa blīvumu ietekmējošie faktori (kazeīna saturs, piena sastāvs, somatisko šūnu skaits, šķirne, laktācija, sezona) / *Goat milk coagulation and curd firmness influencing factors (casein content, milk composition, somatic cell count, breed, lactation, season)*

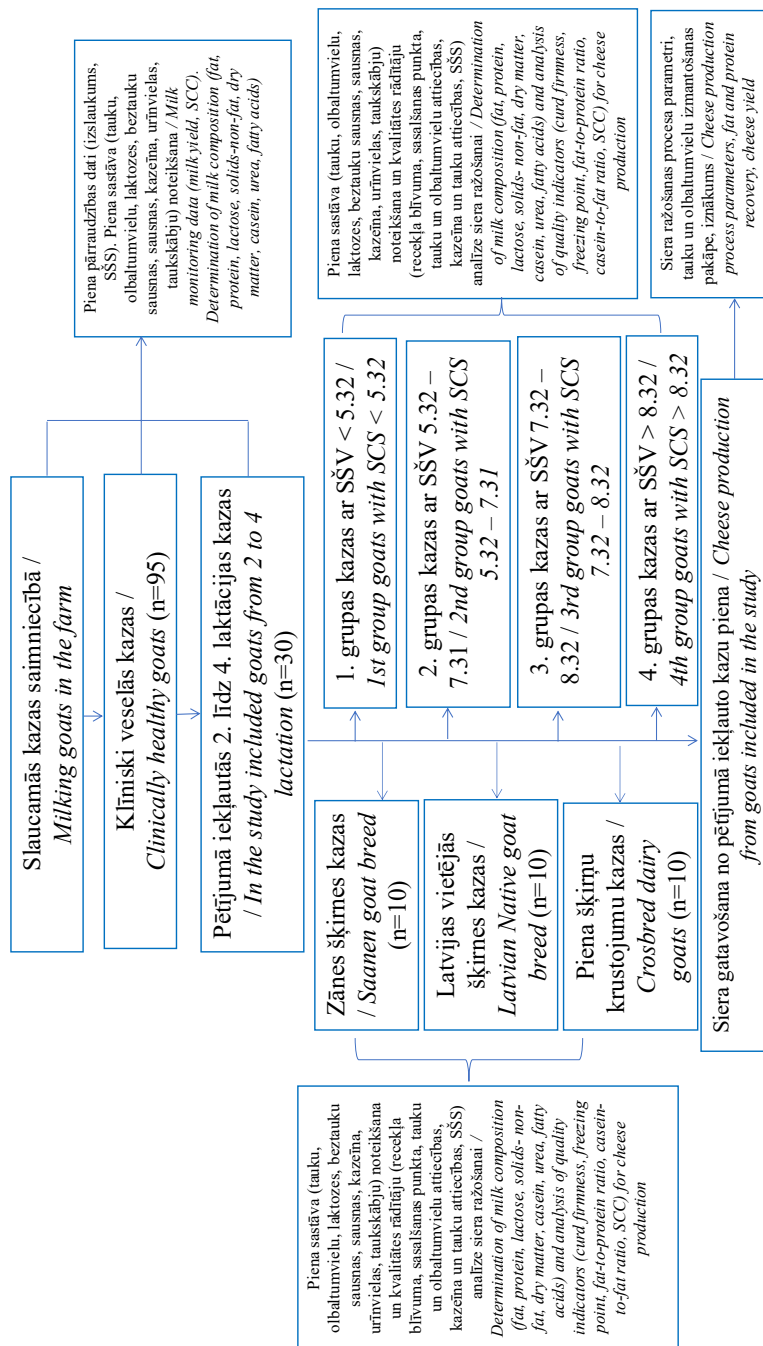
5. posms / 5th stage

Siers un tā kvalitāte
/ *Cheese and its
quality*

- Puscietā siera ražošana un iznākums, sūkalu dati / *Semi – hard cheese production and outcome, whey composition*
- Recekļa blīvuma un tauku un olbaltumvielu attiecības izvērtējums pēc saldpiena puscietā siera iznākuma datiem; sūkalu sastāva dati / *Curd firmness and fat and protein ratio assessment by semi–hard cheese outcome data; whey composition*

1.att. Pētījuma posmi / Fig.1. Research stages

Pētījuma shēma apkopota 2. att., kurā uzskatāmi parādīti kazas piena paraugiem noteiktie rādītāji un grupu iedalījums pēc SSS. Tālākajā pētījumā piena paraugi iegūti no kazām, kuras bija iespējams salīdzināt šķirnes, laktācijas un sezonas ietvaros.



2. att. Pētījuma shēma / Fig. 2. Research structure

Analizējot somatisko šūnu skaita ietekmi uz kazas piena kvalitāti, tostarp sastāva rādītājiem, iegūtos rezultātus iedalīja četrās grupās pēc somatisko šūnu skaita, kas tika pārrēķināts somatisko šūnu vērtībā (SSV) pēc Schutz et al. (1990).

Darbā pētītās sezonas definētas šādi:

- pavasaris (marts – aprīlis)
- vasaras sākums (maijs – jūnijs)
- vasaras beigas (jūlijs – augusts)
- rudens sākums (septembris – oktobris)
- rudens beigas (novembris).

Puscietā saldpiena kazas piena siera gatavošana

Puscietais saldpiena kazas piena siers (pēc *Gouda* siera tehnoloģijas)³ pētījuma laikā gatavots no jūnija, augusta, septembra un oktobra mēnešos iegūtā kazu koppiena, aptverot darbā vērtētās sezonas (vasaras sākums, vasaras beigas, rudens sākums, rudens beigas). Ievērtējot kazu atnešanās laiku, arī piena sastāva izmaiņas laktācijas perioda sākumā, pavasara sezonā iegūtais piens netika izmantots siera gatavošanai. Puscietā *Gouda* siera kvalitātes rādītāji, atbilstoši Codex Alimentarius standartam CXS 266–1966, apkopoti 1. tabulā.

1. tabula / *Table 1*

***Gouda* siera kvalitātes rādītāji / *Gouda cheese quality parameters*⁴**

Rādītāji / Parameters	Lielumi / Values
Tauku saturs siera sausnā / <i>Fat-on-dry basis</i>	Min 30 % / <i>Min 30 %</i>
	References vērtības 48 – 55 % / <i>Reference values 48 – 55 %</i>
Siera beztauku daļas mitruma saturs / <i>Moisture in cheese non-fat matter</i>	
Ja tauku saturs siera sausnā ir robežās no 30 % un ne vairāk kā 40 % / <i>Moisture in cheese non-fat matter is 30 % but less than 40 %</i>	Ne mazāk kā 48 % / <i>Not less than 48 %</i>
Ja tauku saturs siera sausnā ir robežās no 40 % un ne vairāk kā 48 % / <i>Moisture in cheese non-fat matter is 40 % but less 48 %</i>	Ne mazāk kā 52 % / <i>Not less than 52 %</i>

Katrā siera ražošanas reizē piens iegūts no pētījumā atlasītajām kazām, kurām iepriekšveikta individuālā piena sastāva analīze. Vidēji vienā ražošanas reizē

³ *Gouda* siers ir puscietais saldpiena siers

⁴ Standard for Gouda CXS 266-1966 [tiešsaiste] [skatīts 2026. gada 1. marts] Pieejams: https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/pl/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXS%2B266-1966%252FCXS_266e.pdf

izmantoti 30 kg kazas svaigpiena. Koppienam noteikts piena sastāvs, pH un skābums titrimetriski.

Siera gatavošanas tehnoloģiskie parametri apkopoti 2. tabulā.

2. tabula / Table 2

Siera ražošanas tehnoloģiskā procesa parametri / The process parameters of cheese production

Procesa posms / Stage of process	Mērvienība / Units	Parametri / Parameters
Svaigpiens / Raw milk	kg	30
Svaigpiena pasterizācija / Raw milk pasteurisation	°C	72
	s	15
Piena atdzesēšana / Cooling	°C	32
Piena kvalitātes rādītāji pirms ierauga pievienošanas / Milk quality parameters before adding the starter:		
- skābums / acidity	°T	18 – 19
- pH / pH		6.57 – 6.60
Sagatavošana recināšanai / Preparation for renneting		
- ieraugs (CHN 22, Chr.Hansen, Dānija) / starter culture (CHN 22, Chr. Hansen, Denmark)	g	2.16
- 40 % CaCl ₂	mL	15.00
Piena recināšanas laiks līdz recināšanas fermenta pievienošanai / Duration of milk renneting before rennet addition		
- temperatūra / temperature	°C	32
- laiks / time	min	45 – 55
- pH / pH		6.40 – 6.50
- skābums / acidity	°T	19.0 – 20.0
Recināšanas fermenta (CHY Max Ultra 1000, Chr.Hansen, Dānija) pievienošana / Rennet (CHY Max Ultra 1000, Chr.Hansen, Denmark) addition	mL	3
- temperatūra / temperature	°C	32
Piena recināšana / Milk clotting		
- laiks / time	min	25 – 45
- temperatūra / temperature	°C	32
Recekļa sagriešana, graudu veidošana un daļēja sūkalu atdalīšana / Cutting, grain treatment and partial whey discharge		
- laiks / time	min	10
- sūkalu atdalīšana / whey discharge	%atdalītās sūkalas	20 – 30
- pH sūkalām / whey pH		6.45 – 6.48
- skābums sūkalām / whey acidity	°T	12.0 – 13.0

2. tabulas turpinājums / Continuation of Table 2

Procesa posms / Stage of process	Mērvienība / Units	Parametri / Parameters
Graudu apstrāde / Processing of grains		
- laiks / time	min	50
- temperatūra / temperature	°C	32
- pH sūkalām / whey pH		6.40 – 6.45
- skābums sūkalām / whey acidity	°T	12.0 – 13.0
Otrā uzsildīšana / Scalding		
- temperatūra / temperature	°C	40
- uzsildīšanas ilgums / heating time	min	10 – 15
Graudu apstrāde pēc otrās uzsildīšanas / Grain processing after scalding		
- laiks / time	min	10
- temperatūra / temperature	°C	40
- pH sūkalām / whey pH		6.37 – 6.40
- skābums sūkalām / whey acidity	°T	13.0 – 14.0
Siera formēšana / Moulding of cheese		
- laiks / time	min	15
- temperatūra / temperature	°C	22
Siera presēšana / Pressing of cheese		
- laiks / time	min	90
- spiediens / pressure	kg	5 kg uz 1 kg siera
Siera apžāvēšana / Cheese drying		
- temperatūra / temperature	°C	22
- laiks / time	h	16
Siera sāļošana / Brining		
- laiks / time	h	24
- temperatūra / temperature	°C	8
- sāļjuma koncentrācija / brine concentration	%	20
- sāļjuma pH / brine pH		5.30 – 5.35
Siera apžāvēšana pēc sāļošanas / Drying of the cheese after brining		
- laiks / time	h	līdz 24
Siera nogatavināšana laiks / Ripening time		
- temperatūra / temperature	°C	12
- laiks / time	dienas	līdz 40
- relatīvais mitrums / relative humidity	%	80 – 85

Siera gatavošanas laikā kontrolēja piena un sūkalu pH un skābumu (°T). Iegūtajam receklim noteica recekļa blīvumu. Siera ražošanas procesā aprēķināja siera un sūkalu iznākumu, noteica sūkalu sastāvu. Svaigajam sieram pēc presēšanas noteica mitruma saturu, tauku saturu, tauku saturu siera sausrnā un siera beztauku daļas mitruma saturu. Sieru iepakojā termosarukuma plēvē un

nogatavināja līdz 40 dienām + 12 °C temperatūrā, kas atbilst jauna *Gouda* siera prototipam.

Kazas pienam nosakāmie rādītāji un izmantotās analīžu metodes

Individuālo svaigpiena paraugu ieguvei kazas tika slauktas ar rokām, pirms slaukšanas dezinficējot tesmeni ar Eimu Euterwasch (Polija) un atsevišķi atslaucot pirmās piena strūkļas. Piena paraugs ņemts ar tīru kausiņu un ieliets vienreizlietojamās polipropilēna trauciņos (50 mL) vai sterilās stikla burciņās recekļa blīvuma noteikšanai (200 mL). Paraugi ievietoti aukstumsomā ar aukstuma elementiem un nogādāti laboratorijā analīzēm.

Piena sastāva analīze

Paraugi tika analizēti ar piena analizātoru MilkoScan™ Mars (Foss, Dānija) (Pārtikas institūta laboratorijā) vai MilkoScan FT 6000 analizātoru (Foss, Dānija) (SIA “Piensaimnieku laboratorija”).

Piena sastāvs analizēts atbilstīgi ISO 9622:2013 standarta “Piens, šķidrie piena produkti – vadlīnijas vidējo – infrasarkanā spektrometru lietošanai” prasībām. Pienam noteica tauku saturu (%), olbaltumvielu saturu (%), laktozes saturu (%), beztauku sausnas saturu (%), sausnas saturu (%) un sasaldēšanas punktu (°C), lietojot kalibrējumu kazas piena sastāva noteikšanai.

Darbā izmantoti arī piena pārraudzības dati, iegūti laika posmā no 2018. līdz 2023. gadam, kas analizēti SIA “Piensaimnieku laboratorijā” pēc ISO 9622:2013 standarta, nosakot tauku saturu (%), olbaltumvielu saturu (%), laktozes saturu (%), kazeīna saturu (%), somatisko šūnu skaitu (tūkst. mL⁻¹) un urīnvielas saturu (mg dL⁻¹).

Taukskābju sastāva un satura analīze

Kazas piena taukskābju sastāvs un saturs analizēts SIA “Hamilton Baltic” laboratorijā, izmantojot laboratorijas akreditēto metodi PB-365 ed. I.

Somatisko šūnu skaita analīze

SŠS noteikts atbilstīgi LVS EN ISO 13366-2:2007 standartam “Piens. Somatisko šūnu skaita noteikšana. 2. daļa: Norādījumi par fluorescentoptoelektronisko skaitītāju ekspluatāciju” ar Fossomatic FC analizatoru (Foss, Dānija). Somatisko šūnu skaits rezultātu salīdzināšanai izteikts somatisko šūnu vērtībā, kas aprēķināta pēc Schutz et al. (1990) metodikas:

$$SŠV = \log_2\left(\frac{SŠS}{100,000}\right) + 3, \quad (1)$$

kur: SŠV – somatisko šūnu vērtība;

SŠS – somatisko šūnu skaits, tū/kst. mL⁻¹;

3 – empīriski pieņemts koeficients.

Ievērtējot piena paraugā esošo SŠS, piena paraugi iedalīti četrās grupās. Grupu robežas tika noteiktas pēc Desidera et al. (2025) un Tvarožková et al. (2023) pētījumos aprakstītā, pielāgojot SŠS datiem, iegūtiem saimniecībā pētījuma laikā. Ievērtējot nelielo paraugu skaitu, kurā somatisko šūnu skaits bija robežās no 500 līdz 999 tūkst. mL⁻¹, arī ievērojamo paraugu skaitu ar šūnu skaitu virs 2000 un 4000 tūkst. mL⁻¹, autore precizēja grupu iedalījumu. Grupu iedalījums un SŠV atspoguļota 3. tabulā.

Grupu iedalījums pēc somatisko šūnu skaita pienā /
Group classification based on somatic cell count in milk

Grupas / Group	SŠS, tūkst. mL⁻¹ / SCC, thous mL⁻¹	SŠV / SCS
1.	< 500	< 5.32
2.	500 – 1999	5.32 – 7.31
3.	2000 – 4000	7.32 – 8.32
4.	> 4000	> 8.32

Kazeīna satura analīze

Kazeīna saturs noteikts atbilstīgi ISO 9622/IDF141:2013 standartam ar MilkoScan FT 6000 analizatoru (Foss, Dānija).

Kazeīna saturs kazas pienā analizēts pamatā sezonas griezumā.

pH un skābuma noteikšana pienam un sūkalām

pH noteikšana veikta atbilstīgi ISO 5546:2010 standartam “Kazeīni un kazeināti. pH noteikšana (References metode)”, lietojot portatīvo pH–metru HALO2 (HANNA Instruments, Rumānija) vai stacionāro pH–metru SevenCompact pH S220 (Mettler Toledo, ASV). Elektrods kalibrēts pirms mērījuma ar standartšķīdumiem pH 4.01 (DuraCal Buffer, Šveice) un pH 7.00 (Hamilton Bonaduz AG, Šveice).

Piena un sūkalu noteikšana titrimetriski veikta atbilstīgi LVS ISO 6091 standartam “Sausais piens. Titrējamā skābuma noteikšana. (References metode)”, lietojot 0.1 M NaOH un patērēto sārma daudzumu reizinot ar 10, Ternera grādu iegūšanai.

Recekļa blīvuma noteikšana

Recekļa blīvuma noteikšanai paraugi analizēti ar pārtikas produktu struktūras analizatoru TA.HD.plus Texture Analyser (Lielbritānija).

Vārglāzē ielej 50 mL svaigpiena un uzsilda līdz 35 °C. Paraugam pievieno 1 mL 1 % recināšanas fermenta (CHY–MAX Ultra 1000, Chr.Hansen, Dānija) šķīdumu, rūpīgi samaisa (10 s) un recina 35 °C 30 minūtes atbilstīgas temperatūras ūdens vannā (WB22, Vācija). Izveidotajam receklim analizē blīvumu, izmantojot kompresijas metodi. Metodes tehniskie dati: lietotais uzgalis A/BE – 45, testa ātrums 1.0 mm s⁻¹, uzgaļa iespiešanās dziļums recekļi 8 mm (Petrovska et al., 2017).

Tauku satura noteikšana sierā un siera sausnā

Tauku saturs sierā noteikts pēc ISO 19662:2018 standarta “Piena tauku noteikšana ar skābes–butirometrisko metodi (Gerbera metode)”. Mērītājus centrifugē Nova Safety Centrifuge (Funke Gerber, Vācija) 5 min. Tauku saturu aprēķina pēc formulas:

$$T = \frac{x \cdot 11}{m}, \quad (2)$$

kur: T – tauku saturs sierā, %;
 x – nolasījums no tauku mērītāja skalas, %;
 m – siera iesvars, g;

11 – koeficients tauku mērītāja uzrādījuma pārrēķinam procentos.

Tauku saturu siera sausnā aprēķina pēc formulas:

$$T_s = \frac{T \cdot 100}{100 - M}, \quad (3)$$

kur: T_s – tauku saturs siera sausnā, %;

T – tauku saturs sierā, %;

M – siera mitruma saturs, %.

Mitruma satura noteikšana sierā un siera beztauku daļas siera mitruma noteikšana

Siera mitruma saturu nosaka pēc LVS EN ISO 5534:2004 standarta “Siers un kausētais siers. Kopējo cieto vielu satura noteikšana (References metode)”, karsējot sieru līdz nemainīgai masai + 130 °C žāvēskapī (Memmert, UF 55, Vācija).

Mitruma saturu aprēķina pēc formulas

$$M = \frac{g - g_1}{g - g_0} \cdot 100, \quad (4)$$

kur: M – siera mitruma saturs, %;

g – folijas masa kopā ar sieru līdz kaltēšanai, g;

g_1 – folijas masa kopā ar sieru pēc kaltēšanas, g;

g_0 – folijas masa, g.

Siera beztauku daļas mitruma saturu (SBDM) nosaka pēc formulas:

$$SBDM = \frac{M}{100 - T} \cdot 100, \quad (5)$$

kur: $SBDM$ – siera beztauku daļas mitruma saturs, %;

M – siera mitruma saturs, %;

T – tauku saturs sierā, %.

Piena paraugu analīzei nosakāmie rādītāji, lietotās metodes un standarti apkopoti 4. tabulā.

4. tabula / Table 4

Nosakāmie rādītāji, metodes un standarti / Parameters, methods and standards used in the study

N.p.k. / No	Nosakāmais rādītājs / Parameters determined	Mērvienība / Units	Metode, standarts, iekārta / Methods, standards, equipment
1.	Tauku saturs / <i>Fat content</i>	%	ISO 9622:2013, MilkoScan Mars™ (Foss, Dānija)
2.	Olbaltumvielu saturs / <i>Protein content</i>	%	
3.	Kazeīna saturs / <i>Casein content</i>	%	
4.	Laktozes saturs / <i>Lactose content</i>	%	
5.	Beztauku sausna / <i>Solids-non-fat content</i>	%	
6.	Sausna / <i>Dry matter</i>	%	

4. tabulas turpinājums / Continuation of Table 4

N.p.k. / No	Nosakāmais rādītājs / Parameters determined	Mērvienība / Units	Metode, standarts, iekārta / Methods, standards, equipment
7.	Somatisko šūnu skaits / <i>Somatic cell count</i>	tūkst. mL ⁻¹	LVS EN ISO 13366 – 2:2007, Fossomatic FC (Foss, Dānija)
8.	Sasalšanas punkts / <i>Freezing point</i>	°C	ISO 9622:2013, MilkoScan Mars™ (Foss, Dānija)
9.	Taukskābju saturs / <i>Fatty acid content</i>	g 100 g ⁻¹	GC–FID metode (PB–365 ed. I no 15.09.2017) (Hamilton Ltd, metode)
10.	Recekļa blīvums / <i>Curd firmness</i>	N	Petrovska et al., 2017 TA.HD.plus Texture Analyser (UK)
11.	Tauku saturs (piena pārraudzības dati) / <i>Fat content (milk monitoring data)</i>	%	ISO 9622:2013, Fossomatic FC (Foss, Dānija)
12.	Olbaltumvielu saturs (piena pārraudzības dati) / <i>Protein content (milk monitoring data)</i>	%	ISO 9622:2013, Fossomatic FC (Foss, Dānija)
13.	Laktozes saturs (piena pārraudzības dati) / <i>Lactose content (milk monitoring data)</i>	%	ISO 9622:2013, Fossomatic FC (Foss, Dānija)
14.	Urīnvielas saturs (piena pārraudzības dati) / <i>Urea content (milk monitoring data)</i>	mg dL ⁻¹	ISO 9622:2013, Fossomatic FC (Foss, Dānija)
15.	Somatisko šūnu skaits (piena pārraudzības dati) / <i>Somatic cell count (milk monitoring data)</i>	tūkst. mL ⁻¹	ISO 13366-2:2006, Fossomatic FC (Foss, Dānija)
16.	pH* / <i>pH</i>	–	ISO 5546:2010, pH–metrs SevenCompact pH S220 (Mettler Toledo, ASV) vai pH–metrs HALO2 (HANNA Instruments, Rumānija)
17.	Skābums* / <i>Acidity</i>	°T	Titrimetriskā metode, LVS ISO 6091:2010
18.	Mitruma saturs sieram** / <i>Moisture content in cheese</i>	%	LVS EN ISO 5534:2004 Žāvskapis (Memmert, UF 55, Vācija)
19.	Tauku saturs sieram** / <i>Fat content in cheese</i>	%	ISO 19662:2018 (Gerbera metode)

N.p.k. / No	Nosakāmais rādītājs / Parameters determined	Mērvienība / Units	Metode, standarts, iekārta / Methods, standards, equipment
20.	Siera beztauku daļas mitruma noteikšana** / Moisture in cheese non-fat matter	%	Aprēķina formula (5)

*Analizēts tikai pienam un sūkalām siera ražošanas procesā / Parameters were detected in milk and in whey in cheese production process

**Noteikts tikai gatavam sieram pēc preses / Detected in cheese after pressing

Datu matemātiskā statistika

Datu matemātiskai analīzei izmantota Microsoft Excel 2016 programmatūra aprakstošai statistikai (statistiskie rādītāji, diagrammas, attēlu veidošana) un IBM® SPSS® Statistics versija 20.0 (SPSS Inc., Čikāga, IL, ASV). Datiem aprēķināta vidējā aritmētiskā vērtība un standartnovirze (Descriptive Statistics). Faktora ietekme uz analizēto pazīmju mainību noteikta ar vienfaktora dispersijas analīzi (ANOVA Single Factor) un t-testu (Paired Two Sample for Means) (pieņemot, ka abu populāciju dispersijas ir vienādas), ar būtiskuma līmeni ($p < 0.05$). Visu rādītāju noteikšana veikta trijos atkārtojumos.

REZULTĀTI UN DISKUSIJA

1. Kazas piena sastāva izmaiņas šķirnes ietekmē

Piena sastāva un kvalitātes vērtēšanai analizēti individuālie kazu piena paraugi ($n=891$), kas iegūti pētījuma laikā, un rezultāti apkopoti 5. tabulā.

5. tabula / Table 5

Kazas piena sastāva izmaiņas atkarībā no šķirnes / Changes in goat milk composition depending on breed

Rādītāji / Parameters	Šķirne / Breed		
	Latvijas vietējā / Latvian Native ($n=274$)	Zānes / Saanen ($n=308$)	Piena šķirņu krustojumi / Crossbred dairy goats ($n=309$)
Sausnas saturs / Dry matter, %	11.32±1.71 ^a	11.07±1.36 ^a	11.87±1.77 ^b
Beztauku sausnas saturs / Solids- non-fat content, %	8.46±0.72 ^a	8.35±0.54 ^a	8.45±0.86 ^a
Tauku saturs / Fat content, %	3.27±1.09 ^a	3.25±1.02 ^a	3.65±1.04 ^b
Olbaltumvielu saturs / Protein content, %	3.57±0.59 ^{ab}	3.46±0.46 ^a	3.61±0.66 ^b

Rādītāji / Parameters	Šķirne / Breed		
	Latvijas vietējā / Latvian Native (n=274)	Zānes / Saanen (n=308)	Piena šķirņu krustojumi / Crossbred dairy goats (n=309)
Laktozes saturs / Lactose content, %	4.48±0.35 ^a	4.50±0.38 ^a	4.43±0.34 ^a
Sasalšanas punkts / Freezing point, °C	-0.494±0.0043 ^a	-0.492±0.0038 ^a	-0.496±0.0042 ^a
Urīnviela / Urea content, mg dL ⁻¹	65.60±9.45 ^a	67.90±8.54 ^a	66.12±9.31 ^a
SŠV / SCS	6.68±1.93 ^a	7.03±2.33 ^a	7.30±2.55 ^a

Rādītāji ar dažādiem burtiem rindās būtiski atšķiras starp šķirnēm ($p<0.05$).

Results marked with different letters in rows differ significantly between the breeds ($p<0.05$).

Sausnas saturā tika konstatētas būtiskas atšķirības starp šķirnēm, XP kazām bija būtiski augstāks sausnas saturs ($p=0.001$), savukārt beztauku sausnas saturā būtiskas atšķirības netika noteiktas. Līdzīgus secinājumus, analizējot beztauku sausnas saturu kazas pienā, ir veikuši Nepālas zinātnieki, nosakot šī rādītāja robežas no 7.27 līdz 7.48 % (Dahal et al., 2026). Alžīrijā veiktajā pētījumā iegūtie rezultāti ir pietuvināmi ZK kazu piena datiem un salīdzināmi ar vidējiem rādītājiem arī Nepālas ZK kazu pienā (Bouderka et al., 2025; Dahal et al., 2026).

Šajā pētījumā augstākais tauku un olbaltumvielu saturs tika konstatēts piena šķirņu krustojumu kazu pienā (3.65 % un 3.61 %), tauku saturs būtiski atšķīrās no LVK un ZK kazu piena ($p=0.000$). Olbaltumvielu saturs būtiski atšķīrās XP un ZK kazu pienā ($p=0.006$). Lietuvas zinātnieku (Laučienė et al., 2022) pētījumā tika iegūti līdzīgi rezultāti, XP kazām (ZK un AN krustojuma dzīvnieki) konstatējot augstāko tauku (XP 3.98 %, ZK 3.57 %) un olbaltumvielu saturu (XP 3.15 %, ZK 2.96 %) pienā. Arī Itālijas vietējo kazu šķirņu izpētē secināts, ka ZK kazu pienā tauku saturs ir līdz pat 20 % mazāks nekā vietējo šķirņu kazu pienā (Currò et al., 2019). Līdz ar to piena šķirņu krustojumu kazas ir perspektīvi dzīvnieki, kas spēj nodrošināt augstu tauku un olbaltumvielu saturu pienā.

Šajā pētījumā augstākais laktozes un urīnvielas saturs tika konstatēts Zānes šķirnes kazu pienā, attiecīgi, 4.50 % un 67.90 mg dL⁻¹. Vērtējot laktozes saturu, būtiskas atšķirības starp šķirnēm netika konstatētas un līdzīgi secinājumi ir arī citu autoru pētījumos (Smistad et al., 2024). Piena sasaldēšanas punkta variācijām nebija būtisku atšķirību starp šķirnēm un tas svārstījās robežās no - 0.492 līdz - 0.496 °C. Noteiktā somatisko šūnu vērtība bija mazāka Latvijas vietējo kazu (6.68), bet lielāka piena šķirņu krustojumu kazu pienā (7.30). Currò et al. (2019) pētījumā konstatēts, ka ZK ir augstāka SŠV (6.81) pienā nekā vidējie rādītāji vietējām kazu šķirnēm (4.68). Citos pētījumos ir secināts, ka vietējām šķirnēm ir lielāks SSS pienā nekā ZK šķirnei (Marcinkoniene & Ciproviča, 2020; Laučienė et al., 2022), kas apstiprina mūsu pētījumā iegūtos rezultātus piena šķirņu

krustojumu kazām. Turklāt kazas piena pārstrādē tiek izmantots visu saimniecībā esošo laktējošo kazu piens, kas koppienā iegūst stabilizētu sastāvu un ir arī skaidrojams tik dažādām variācijām piena produktu ražošanā iegūtajiem rezultātiem.

Analizējot kazas pienu šķirņu griezumā, uzmanība jāvērs piena tauku sastāvam, kas ietekmē ne tikai piena sensorās īpašības, bet arī piena produktu iznākumu. Zinātniskos pētījumos ir apstiprinātas taukskābju satura atšķirības pienā dažādām kazu šķirnēm vienādos ēdināšanas un turēšanas apstākļos. Lai gan Latvijā kazu piena sastāvs vairāk analizēts ģenētisko faktoru ietekmē, taukskābju sastāva un satura analīze dažādu šķirņu un piena šķirņu krustojumu kazu pienam, kā arī koppienam nav veikta. Taukskābju sastāvu un saturu kazu pienā skatīt 6. tabulā.

6. tabula / Table 6

Taukskābju sastāvs un saturs dažādu šķirņu kazu pienā un koppienā, g 100 g⁻¹ / Fatty acid composition and concentration in different goat breed milk and bulk milk, g 100 g⁻¹

Taukskābes / Fatty acids	Piena šķirņu krustojumi / Crossbred dairy goats (n=5)	Latvijas kaza / Latvian Native (n=5)	Zānes / Saanen (n=5)	Koppiens / Bulk milk (n=5)
Tauku saturs / Fat content, %	3.81±0.73 ^a	2.96±0.59 ^a	3.40±1.34 ^a	3.24±0.22 ^a
C4:0 sviestskābe / butyric acid	0.10±0.00 ^a	0.10±0.00 ^a	0.12±0.05 ^b	0.10±0.00 ^a
C6:0 kapronskābe / caproic acid	0.10±0.00 ^a	0.10±0.01 ^a	0.12±0.05 ^b	0.10±0.00 ^a
C8:0 kaprīliskābe / caprylic acid	<0.10 ^a	<0.10 ^a	0.10±0.00 ^b	0.10±0.00 ^b
C10:0 kaprīnskābe / capric acid	0.26±0.09 ^a	0.20±0.13 ^a	0.18±0.05 ^a	0.20±0.00 ^a
C12:0 laurīnskābe / lauric acid	0.12±0.05 ^a	0.10±0.01 ^a	0.10±0.00 ^b	0.10±0.00 ^b
C14:0 miristīnskābe / myristic acid	0.26±0.06 ^a	0.22±0.08 ^a	0.24±0.24 ^a	0.24±0.06 ^a
C16:0 palmitīnskābe / palmitic acid	0.96±0.17 ^a	0.74±0.16 ^a	0.92±0.35 ^a	0.82±0.08 ^a
C18:0 stearīnskābe / stearic acid	0.62±0.13 ^a	0.48±0.10 ^a	0.56±0.26 ^a	0.54±0.06 ^a
C18:1t9 trans-elaidīnskābe / trans-elaidic acid	0.10±0.00 ^a	0.10±0.00 ^a	0.10±0.01 ^a	0.10±0.00 ^a
C18:1c9 oleīnskābe / oleic acid	0.90±0.31 ^a	0.68±0.10 ^a	0.80±0.42 ^a	0.70±0.07 ^a

Taukskābes / Fatty acids	Piena šķirņu krustojumi / Crossbred dairy goats (n=5)	Latvijas kaza / Latvian Native (n=5)	Zānes / Saanen (n=5)	Koppiens / Bulk milk (n=5)
C18:2n6 linolēnskābe / linoleic acid	0.13±0.05 ^a	0.10±0.00 ^a	0.12±0.05 ^a	0.12±0.05 ^a

Rādītāji ar dažādiem burtiem rindās būtiski atšķiras starp šķirnēm un koppienu ($p<0.05$).

Results marked with different letters in rows differ significantly between the breeds and bulk milk ($p<0.05$).

Latvijas vietējās kazu šķirnes piens atšķirās tauku satura ziņā, svārstoties no 2.37 līdz 3.55 %. Visos analizētajos kazas piena paraugos tika noteikts taukskābju profils, kas atbilst literatūrā atspoguļotajam kazas pienam (Martínez-Marín et al., 2011; Mollica et al., 2021). To raksturo paaugstināts vidējo ķēžu taukskābju saturs (C6:0, C8:0 un C10:0), kā arī relatīvi mazāks polinepiesātināto taukskābju saturs, salīdzinot ar citu lauksaimniecības dzīvnieku pienu (Selvaggi et al., 2014; Park et al., 2017). Būtiski augstāks sviestskābes ($0.12 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$) saturs noteikts Zānes šķirnes kazu pienā, kas ir salīdzināms ar Park (2009) pētījuma rezultātiem ($0.13 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$). Lietuvas zinātnieku pētījumā, analizējot taukskābju saturu kazu pienā, lielākais sviestskābes saturs tika konstatēts ZK un AN šķirņu krustojumu kazu pienā ($0.14 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$) (Laučienė et al., 2022). Latvijas vietējās šķirnes kazu pienā bija mazāks gan tauku, gan kopējo piesātināto un mononepiesātināto taukskābju saturs, salīdzinājumā ar pētītajām šķirnēm, tomēr kaprīnskābes saturs Zānes kazu pienā bija mazāks ($0.18 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$) nekā LVK ($0.20 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$). Piena šķirņu krustojumu kazu pienā tika noteikts augstāks miristīnskābes ($0.26 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$), palmitīnskābes ($0.96 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$) un oleīnskābes ($0.90 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$) saturs, lai gan būtiskas atšķirības konstatētas tikai kapronskābes un kaprīliskābes saturā Zānes kazu pienā. Arī kopējais mononepiesātināto taukskābju saturs bija augstāks piena šķirņu krustojumu kazu pienā, bet būtiskas atšķirības netika konstatētas. Arī Voblikova et al. (2020) pētījumā uzsver, ka nepiesātinātās taukskābes, piemēram, linolskābe un oleīnskābe vairāk tika noteiktas piena šķirņu krustojumu kazu pienā (attiecīgi, 0.13 un $0.90 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$), līdzīgus oleīnskābes rezultātus – $0.90 \pm 0.31 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ uzrāda arī šajā pētījumā piena šķirņu krustojumu kazu piens. Analizējot koppiena tauku saturu, to veido 68 % piesātinātās taukskābes, 23 % mononepiesātinātās un 4.3 % polinepiesātinātās taukskābes. Dažādu valstu zinātnieki ir vērtējuši taukskābju sadalījumu kazas pienā, norādot, ka piesātināto taukskābju saturs svārstās robežās no 59 līdz 74 %, mononepiesātinātās no 19 līdz 36 %, bet polinepiesātinātās no 2.60 līdz 5.60 % (Koop et al., 2010; Mollica et al., 2021; Vulić et al., 2021; Laučienė et al., 2022; Šlyžius et al., 2023). Jāatzīmē, ka mūsu pētījuma rezultāti iekļaujas šajos intervālos.

Pozitīvi ir atzīmējamās polinepiesātināto taukskābju satura robežas no 3.14 līdz 4.32 % kazu pienā un kopienā, kas ir virs vidējiem rādītājiem, noteiktiem Koop et al. (2010), Mollica et al. (2021), Vulić et al. (2021), Laučienė et al. (2022), Šlyžius et al. (2023) pētījumos.

Analizējot taukskābju saturu, nav būtisku atšķirību starp noteiktajām taukskābēm dažādu šķirņu kazu un to krustojumu pienā, arī koppienā, izņemot sviestskābi un kapronskābi, ļaujot prognozēt izejvielas viendabīgumu taukskābju sastāvā un saturā piena produktu ražošanā.

2. Kazas piena sastāva izmaiņas laktācijas ietekmē

Kazas piena sastāva izmaiņas laktācijas ietekmē apkopotas 7. tabulā, kurā atainoti otrās, trešās un ceturtās laktācijas kazu piena sastāva rezultāti.

7. tabula / Table 7

Kazas piena sastāva izmaiņas atkarībā no laktācijas / Goat milk composition changes depending on lactation

Rādītāji / Parameters	Laktācija / Lactation		
	Otrā / Second (n=294)	Trešā / Third (n=282)	Ceturtā / Fourth (n=105)
Sausnas saturs / Dry matter, %	11.49±1.62 ^a	11.20±1.29 ^a	11.24±1.42 ^a
Beztauku sausnas saturs / Solids-non-fat content, %	8.43±0.69 ^a	8.28±0.66 ^b	8.31±0.58 ^{ab}
Tauku saturs / Fat content, %	3.42±1.09 ^a	3.25±0.89 ^a	3.32±1.03 ^a
Olbaltumvielu saturs / Protein content, %	3.60±0.49 ^a	3.40±0.49 ^b	3.45±0.46 ^b
Laktozes saturs / Lactose content, %	4.44±0.39 ^a	4.51±0.36 ^b	4.51±0.33 ^b
Sasalšanas punkts / Freezing point, °C	-0.495±-0.048 ^a	-0.490±-0.035 ^a	-0.493±-0.039 ^a
Urīnviela / Urea content, mg dL ⁻¹	68.08±9.12 ^a	67.33±8.42 ^{ab}	66.79±8.72 ^b
SŠV / SCS	6.81±2.16 ^a	7.32±2.53 ^b	7.23±2.78 ^b

Rādītāji ar dažādiem burtiem rindā būtiski atšķiras starp laktācijām ($p<0.05$).

Results marked with different letters in rows differ significantly between the lactations ($p<0.05$).

Vērtējot laktācijas ietekmi uz kazas piena sastāvu, tika novērots, ka tauku un olbaltumvielu saturs samazinās ar trešo laktāciju (attiecīgi, 3.25 % un 3.40 %), taču ceturtajā laktācijā novēro nelielu kāpumu (attiecīgi, 3.32 % un 3.45 %). Šī tendence saskan ar citu zinātnieku veiktajiem pētījumiem (Urbańska, et al., 2023; Boshoff et al., 2024). Albenzio et al. (2016) un Stojiljković et al. (2025) pētīt Zānes šķirnes kazas, konstatējuši, ka ar 3. laktāciju samazinās tauku un

olbaltumvielu saturs pienā (attiecīgi, no 3.78 % uz 3.65 % un no 3.41 % uz 3.32 %), bet 4. laktācijā novēro kāpumu (attiecīgi, 3.73 % un 3.36 %), izmaiņas saistot ar dzīvnieku briedumu un fizioloģiju. Laktozes saturs nedaudz palielinās no otrās uz trešo laktāciju, un stabilizējas, saglabājot līdzīgas vērtības ceturtajā laktācijā. Savukārt Ibrahim & Jalil (2022) novēroja līdzīgu tendenci laktozes satura palielināšanās kazu pienā no 2. uz 3. laktāciju (attiecīgi no 4.23 % uz 4.27 %) ar kritumu 4. laktācijā (4.10 %). Šīs izmaiņas autori skaidroja ar dzīvnieku vielmaiņu un piena izslaukuma kāpumu, kā arī barības vielu sabalansētību. Urīnvielas saturs kazu pienā samazinājās ar katru laktāciju, proti, no 68.08 līdz 66.79 mg dL⁻¹. Mūsu pētījumā konstatēts paaugstināts urīnvielas saturs kazas pienā, salīdzinot ar citu zinātnieku pētījumiem. Vēlamais urīnvielas saturs kazas pienā ir robežās no 30 līdz 45 mg dL⁻¹. Šādā koncentrācijā kazas dod maksimālu piena izslaukumu un olbaltumvielu saturu, kas norāda uz sabalansētu proteīna un enerģijas attiecību barībā (Widayati et al., 2017; Ljoljić et al., 2023). Augsts urīnvielas saturs pienā var liecināt par nesabalansētu barības devu vai zemu slāpekļa izmantošanu (Sadrucci et al., 2019), tādējādi ir jāsecina, ka kopējais urīnvielas saturs analizēto kazu pienā virs 66 mg dL⁻¹ var ietekmēt SŠS pienā. Darbā meklētas sakarības starp urīnvielas saturu pienā ar citām piena sastāvdaļām (olbaltumvielu un tauku saturu ($r=0.08$), somatisko šūnu skaitu ($r=0.11$)), konstatējot, ka tās ir ļoti vājas vai šajā pētījumā netika konstatētas.

Sasalšanas punkts kazu pienā starp laktācijām būtiski neatšķīrās, svārstoties robežās no - 0.495 līdz - 0.490 °C. Somatisko šūnu vērtība būtiski atšķīrās otrās laktācijas kazu pienā, konstatējot zemāko vērtību (6.81) šajā pētījumā, savukārt trešās un ceturtais laktācijas kazu pienā SŠV bija augstāka. Līdzīgi secinājumi ir arī Spānijas zinātniekiem (Salomone-Caballero et al., 2024), pierādot, ka SŠS palielinās, pieaugot laktāciju skaitam. Tas atspoguļo izmaiņas tesmens audos, kazām novecojot, kā arī lielāku to uzņēmību pret infekciju ierosinātajiem (Salomone-Caballero et al., 2024; Smistad et al., 2024). Iegūtie rezultāti un atziņas pierāda, ka piena kvalitātes vērtēšanas aspektā ieteicams pievērst uzmanību laktāciju skaitam kazu ganāmpulkos un izvērtēt vēlamās šķirnes izkopšanu. Turklāt iegūtie SŠV dati kazu pienam laktāciju griezumā pierāda, jo mazāka ir SŠV, jo mazākas izmaiņas piena sastāvā ir novērojamas. Līdz ar to nākamā nodaļā tiks skaidrota sezonas ietekme uz piena sastāvu, tostarp SŠV.

3. Kazas piena sastāva izmaiņas sezonas ietekmē

Sezona ir viens no faktoriem, kas ietekmē kazas piena ķīmisko sastāvu. Tā ir cieši saistīta ar laktāciju, barības dažādību un kvalitāti, arī ar klimatiskajiem apstākļiem. Gaisa temperatūra un relatīvais mitrums ir svārstīgi faktori, kas ietekmē dzīvnieku pašsajūtu un sintezētā piena apjomu un sastāvu. Kazas piena sastāva izmaiņas sezonas ietekmē ir apkopotas 8. tabulā.

**Kazas piena sastāva izmaiņas sezonas ietekmē /
Seasonal changes in goat milk composition**

Rādītāji / Parameters	Sezona / Season			
	Pavasaris / Spring (n=173)	Vasaras sākums / Early summer (n=304)	Vasaras beigas / Late summer (n=258)	Rudens / Autumn (n=156)
Sausnas saturs / <i>Dry matter, %</i>	10.80±1.59 ^a	11.17±1.07 ^a	11.15±1.03 ^a	10.74±1.03 ^a
Beztauku sausas saturs / <i>Solids-non-fat content, %</i>	8.26±0.62 ^a	8.07±0.73 ^{ab}	8.11±0.39 ^{ab}	7.99±0.56 ^b
Tauku saturs / <i>Fat content, %</i>	2.69±0.81 ^a	3.29±0.74 ^b	3.29±0.70 ^b	3.07±0.54 ^c
Olbaltumvielu saturs / <i>Protein content, %</i>	3.26±0.40 ^a	3.23±0.31 ^a	3.30±0.29 ^a	3.29±0.55 ^a
Laktozes saturs / <i>Lactose content, %</i>	4.59±0.30 ^a	4.55±0.33 ^a	4.48±0.32 ^b	4.41±0.27 ^b
Sasalšanas punkts / <i>Freezing point, °C</i>	-0.500±0.035 ^a	-0.489±0.032 ^b	-0.485±0.029 ^b	-0.469±0.024 ^c
SŠV / <i>SCS</i>	6.21±1.42 ^a	6.52±1.63 ^a	6.74±1.55 ^a	6.70±1.54 ^a

Rādītāji ar dažādiem burtiem rindās būtiski atšķiras starp sezonām ($p<0.05$).

Results marked with different letters in rows differ significantly between the seasons ($p<0.05$).

Analizējot iegūtos rezultātus, var secināt, ka augstākais tauku saturs tika noteikts vasaras sākumā un beigās (3.29 %), taču viszemākais pavasara sezonā (2.69 %). Olbaltumvielu saturs kazas pienā būtiski neatšķīrās sezonas ietekmē un svārstījās no 3.23 līdz 3.30 %. Līdzīgi rezultāti ir Scano un Caboni (2022) pētījumā, kurā autori augstāko olbaltumvielu saturu kazas pienā ir noteikuši laktācijas noslēgumā (oktobra un novembra mēnešos). Laktozes saturs kazas pienā būtiski atšķīrās pavasara un vasaras sākumā no vasaras beigās un rudens sezonā (4.59 % → 4.41 %) iegūtā. Arī Scano & Caboni (2022) pētījumā konstatēts laktozes satura samazinājums kazas pienā no pavasara līdz rudenim (4.54 % → 4.36 %). Arī citos pētījumos novērots laktozes satura samazinājums vasaras izskaņā (Kljajevic et al., 2018; Pazzola et al., 2022), ar nelielu kritumu rudenī. Arī pētījumā analizētajos kazu piena paraugos laktozes saturs no 4.59 % pavasarī nokritās līdz 4.41 % rudenī. Analizējot ZK šķirnes kazu piena sastāva izmaiņas Itālijā, novērots laktozes satura samazinājums no pavasara līdz rudenim, attiecīgi no 4.75 uz 4.36 % (Scano & Caboni, 2022). Augstākais laktozes saturs (4.59 %) kazas pienā konstatēts pavasarī, kad noteica arī zemāko SŠV (6.21) pienā. Sakarību starp lielāku laktozes saturu un mazāku SŠV novēro kazām laktācijas fāzes sākumā ar augstvērtīgas ganību zāles pieejamību ganību perioda sākumā (Rupp et al., 2019; Podhorecká et al., 2021).

Zemākais sausnas saturs kazas pienā konstatēts pavasarī (10.80 %) un rudenī (10.74 %), skaidrojot ar augstvērtīgas ganību zāles pieejamību tieši vasaras sezonā. Sasalšanas punkts pienā sezonas ietekmē svārstījās robežās no - 0.469 līdz - 0.500 °C, ar augstāko punktu rudenī (- 0.469 °C). Vienlaikus šajā sezonā tika novērots zemāks sausnas (10.74 %), beztauku sausnas (7.99 %) un laktozes saturs (4.41 %) kazas pienā. Sasalšanas punkta salīdzinoši mazās svārstības ir saistītas ar beztauku sausnas, īpaši laktozes satura nelielo samazinājumu (Kjajevic et al., 2018). Kopumā sezonas ietekme ir būtiska, analizējot piena kvalitāti un piena piemērotību piena produktu ražošanā (Inglingstad et al., 2014; Akshit et al., 2024). Piena sastāva izmaiņas sezonas ietekmē pierāda, ka vasaras noslēgumā iegūtā piena sastāvs ir vispilnvērtīgākais, lai gan SŠV datu būtiska ietekme ir tikai pavasara periodā iegūtā pienā.

4. Kazas piena kvalitātes analīze

SŠS monitorings kazu pienā ir būtisks ne tikai kazu veselības nodrošināšanai, bet arī piena pārstrādei, izvērtējot piena piemērotību produktu ražošanai un galaproduktu kvalitātei. Latvijā netiek reglamentēts SŠS pienā, bet būtu nepieciešams analizēt to, lai novērtētu šūnu skaita ietekmi uz piena produktu ražošanu, kvalitāti un iznākumu. SŠS rezultāti kazu pienā pētījuma saimniecības kazām šķirnes un laktācijas griezumā apkopoti 9. tabulā.

9. tabula / Table 9
Somatisko šūnu vērtība pētījumā analizēto kazu pienā /
Somatic cell score in studied goat milk samples

Gads / Year	Šķirne / Breed			Laktācija / Lactation		
	Latvijas vietējā / Latvian Native	Zānes / Saanen	Piena šķirņu krustojumi / Crossbred dairy goats	Otrā / Second	Trešā / Third	Ceturrtā / Fourth
2018	7.07±4.11 ^a	7.15±4.69 ^a	7.12±4.50 ^a	7.02±3.93 ^A	7.19±4.79 ^A	6.71±2.69 ^A
2019	6.98±4.29 ^a	7.10±4.34 ^{ab}	7.35±4.54 ^b	7.10±4.41 ^A	7.12±4.21 ^A	6.44±3.08 ^B
2020	8.03±4.22 ^a	7.82±4.79 ^a	7.60±4.72 ^b	7.54±4.61 ^A	7.72±4.74 ^A	7.94±4.74 ^A
2021	6.98±4.00 ^a	7.96±5.55 ^b	6.69±4.54 ^a	6.43±3.96 ^A	7.76±5.58 ^B	6.98±4.04 ^{AB}
2022 ⁵	6.80±4.18 ^a	7.18±3.05 ^a	6.94±3.86 ^a	7.11±4.79 ^A	6.68±4.02 ^A	6.82±2.50 ^A
2023 ⁵	6.51±3.58 ^a	6.75±4.01 ^a	6.56±3.28 ^a	6.23±3.33 ^A	6.63±3.00 ^A	6.52±3.48 ^A

Rādītāji ar dažādiem mazajiem burtiem rindās būtiski atšķiras starp šķirnēm ($p < 0.05$).

Results marked with different small letters in rows differ significantly between the breeds ($p < 0.05$).

Rādītāji ar dažādiem lielajiem burtiem rindās būtiski atšķiras starp laktācijām ($p < 0.05$).

Results marked with different capital letters in rows differ significantly between the lactations ($p < 0.05$).

⁵ Latvijas pārraudzības sistēma CILDA (piena pārraudzība) [tiešsaiste] [skatīts 2025. gada 15. decembris] Pieejams: <https://muvis ldc.gov.lv/atskaite/CildaAtskaite>

2020. gadā tika konstatētas augstākās SŠV pienā, salīdzinot ar citiem pētījuma gadiem. 2023. gadā novērotas atšķirības SŠV kazu šķirņu griezumā (LVK – 6.51; ZK – 6.75 un XP – 6.56). Michlová et al. (2016) pētījumā ieguvusi līdzīgus rezultātus, analizējot ZK šķirnes kazu piena kvalitāti un konstatējot augstāku SŠS to pienā. Vērtējot SŠV dažādu šķirņu kazu un piena šķirņu krustojumu kazu pienā, iezīmējas tendence, ka vietējo šķirņu kazu pienā ir mazāka SŠV. Arī piena šķirņu krustojumu kazām, krustojot ZK un LVK kazas, iespējams panākt mazāku SŠV pienā. Līdzīga situācija ir vērojama arī laktāciju griezumā, otrās laktācijas kazu pienā SŠV bija 6.23, trešās – 6.63, ar izņēmumu ceturtās laktācijas kazu pienā 2019. gadā (6.44). Vairāki pētījumi (Bagnicka et al., 2011; Jimenez-Granado et al. 2014; Yusuff et al., 2021; Salomone-Caballero et al., 2024; Smistad et al., 2024) pierāda, ka somatisko šūnu skaits kazas pienā palielinās ar katru laktāciju. Smistad et al. (2024), analizējot Norvēģijas piena kazu datus vairākās saimniecībās, identificēja laktāciju kā vienu no nozīmīgākajiem neinfekciozajiem faktoriem, kas veicina SŠS pieaugumu pienā.

Līdzīgi Salomone-Caballero et al. (2024), vērtējot Kanāriju salu piena kazas, konstatēja, ka SŠS bieži pieaug ar laktāciju, turklāt lielākās svārstības novērotas laktācijas vidū (jūnijs – jūlijs). Šajā pētījumā SŠS kazas pienā pieauga līdz vasaras noslēgumam (jūlijs – augusts → 6.74 SŠV) un rudenī nokritās līdz 6.70 SŠV (9. tabula). Arī Yusuff et al. (2021) secināja, ka trešās laktācijas kazām SŠS pienā bija būtiski augstāks (216 tūkst. mL⁻¹) nekā pirmās (189 tūkst. mL⁻¹) un otrās (187 tūkst. mL⁻¹) laktācijas kazu pienā. 2020. gadā Latvijā vidējā SŠV kazu pienā bija 6.62 (Lauku atbalsta dienests, 2025), nedaudz augstāka vērtība bija saimniecības slaucamo kazu pienā (6.82⁶).

2022. un 2023. gadā iegūtās SŠV kazas pienā nav būtiski atšķirīgas starp šķirnēm vai laktācijām, apstiprinot ciltsdarba programmu īstenošanas praktisko pienesumu stabilākas piena kvalitātes nodrošināšanai. Vērtējot SŠV svārstības, var iezīmēt tendenci piena sastāva un kvalitātes mainīgumā, apliecinot tik dažādu izejvielu un atšķirīgu produktu iznākumu, kas ir izaicinājums piena pārstrādei. Arī mājražotāji sieru ražo no kazas piena ar mainīgiem kvalitātes rādītājiem, kas apgrūtina kvalitātes nodrošināšanu galaproduktiem. Nereglamentējot SŠS kazas pienam, izmantojamam pārstrādē, nevar runāt par stratēģisku pieeju komerciālai kazas piena pārstrādes attīstībai Latvijā un produktu kvalitātes nodrošināšanai. Jāatzīmē, ka iepriekšminēto atziņu apstiprina arī AS “Cesvaines piens” pieredze, īslaicīgi ražojot puscieto saldpiena kazas piena sieru, kura pārtraukšanas iemesls bija kazas piena ražotāju nespēja nodrošināt atbilstošu izejvielas kvalitāti tik prasīgam piena produktam – sieram (personīgā komunikācija ar AS “Cesvaines piens”).

10. tabulā apkopota kazas piena izslaukuma, sastāva un kvalitātes mainība atkarībā no SŠV grupas.

⁶ Latvijas pārraudzības sistēma CILDA (piena pārraudzība) [tiešsaiste] [skatīts 2025. gada 29. decembris] Pieejams: <https://muvis.ldc.gov.lv/atskaite/CildaAtskaite>

Kazas piena izslaukuma, sastāva un kvalitātes rādītāju mainība somatisko šūnu skaita ietekmē / Variability of goat milk yield, composition and quality indicators in relation to somatic cell count

Rādītāji / Parameters	SŠV grupas / SCS groups			
	1 (n=164)	2 (n=472)	3 (n=149)	4 (n=106)
Izslaukums / Milk yield, kg	597±137 ^a	605±139 ^a	561±132 ^{ab}	532±130 ^b
Sausna / Dry matter, %	11.38±1.25 ^a	11.36±1.83 ^a	11.65±1.40 ^a	11.51±1.68 ^a
Beztauku sausas saturs / Solids-non-fat content, %	8.44±0.57 ^a	8.42±0.79 ^a	8.47±0.66 ^a	8.30±0.71 ^a
Tauku saturs / Fat content, %	3.32±0.92 ^a	3.34±1.16 ^a	3.51±0.93 ^{ab}	3.59±0.99 ^b
Olbaltumvielu saturs / Protein content, %	3.50±0.46 ^a	3.53±0.61 ^a	3.59±0.57 ^a	3.60±0.61 ^a
Laktozes saturs / Lactose content, %	4.53±0.33 ^a	4.46±0.40 ^a	4.50±0.29 ^a	4.41±0.32 ^a
Sasalšanas punkts / Freezing point, °C	-0.499±-0.036 ^a	-0.494±-0.046 ^a	-0.495±-0.032 ^a	-0.483±-0.036 ^b

Skaidrojums grupām: 1. grupa < 5.32 SŠV; 2. grupa 5.32 – 7.31 SŠV; 3. grupa 7.32 – 8.32 SŠV; 4. grupa > 8.32 SŠV. Explanations: Group 1 < 5.32 SCS; Group 2 < 5.32 – 7.31 SCS; Group 3 7.32 – 8.32 SCS; Group 4 > 8.32.

Rādītāji ar dažādiem burtiem rindās būtiski atšķiras starp SŠV grupām ($p < 0.05$).

Results marked with different letters in rows differ significantly between the SCS groups ($p < 0.05$).

Vērtējot izslaukumu, tika atrastas būtiskas atšķirības 4. grupas rādītājos, uzrādot mazāko izslaukumu 532 kg. Zinātniskajā literatūrā tiek uzsvērts, ka kazām izslaukums krītas, ja SŠS pārsniedz 1000 tūkst. mL⁻¹ (Rupp et al., 2019; Smistad et al., 2024; Šlyžius et al., 2023; Desidera et al., 2025). Arī Čehijas zinātnieku pētījums apstiprina, ka izslaukuma kritums var būt līdz 20 % (Podhorecká et al., 2021).

Analizējot iegūtos datus, tika novērotas svārstības piena sastāvdaļu saturā atkarībā no SŠS, tomēr statistiski nozīmīgas izmaiņas netika novērotas, izņemot tauku saturu. Augstākais tauku un olbaltumvielu saturs kazu pienā bija ceturtais grupas dzīvnieku pienā (attiecīgi, 3.59 % un 3.60 %), bet zemākais pirmās grupas kazu pienā (attiecīgi, 3.32 % un 3.50 %). Būtiski atšķīrās tauku saturs kazas pienā starp ceturto un pirmo grupu ($p=0.023$), kā arī otro grupu ($p=0.043$). Ukrainā veiktā pētījumā konstatēts, ka tauku saturs kazas pienā kāpj līdztekus SŠS,

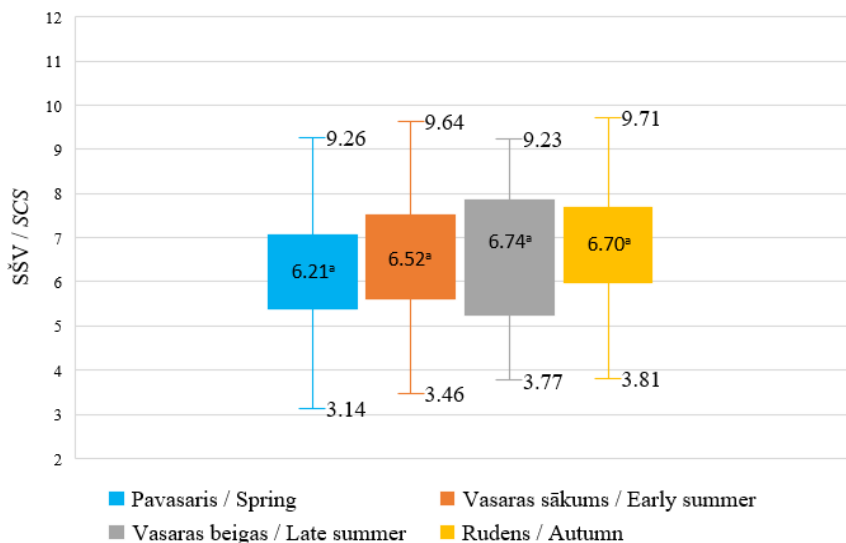
novērojot 3.40 % tauku saturu pienā pie SŠV 5.66, 3.97 % pie SŠV 6.03 (Zazharska, 2021).

Olbaltumvielu saturā netika konstatētas būtiskas atšķirības starp grupām, tā saturam kazas pienā svārstoties no 3.50 līdz 3.60 %. Neliels olbaltumvielu satura kāpums kazu pienā novērots arī citu zinātnieku darbos (Podhorecká et al., 2021), piemēram, no 3.13 līdz 3.33 % (SŠV < 7.90). Pretējus rezultātus ieguvuši Lietuvas zinātnieki, konstatējot olbaltumvielu satura palielināšanos no 3.08 % līdz 3.46 %, pieaugot SŠV. Vērtējot pretrunīgo informāciju par olbaltumvielu satura pieaugumu, 5. nodaļā analizētie kazeīna dati apliecina izmaiņas uz sūkalu olbaltumvielu satura pieauguma rēķina. Līdz ar tauku satura samazinājumu pienā, samazinās arī tauku un olbaltumvielu attiecība (Šlyžius et al., 2023). Šādas izmaiņas iezīmē piena piemērotības kritumu pārstrādei, īpaši sieram, un iespējami mazāku produktu iznākumu. Laktozes saturā noteiktas būtiskas atšķirības starp 1. un 4. grupu ($p=0.003$). Arī šī atziņa saskan ar citu zinātnieku pētījumu rezultātiem, novērojot negatīvu korelāciju starp laktozes saturu un SŠS (Smistad et al., 2024; Desidera et al., 2025). Sausnas, arī beztauku sausnas saturā būtiskas atšķirības starp grupām netika noteiktas, sausnas saturs svārstījās robežās no 11.36 līdz 11.65 % un beztauku sausnas saturs no 8.30 līdz 8.47 %, abi rādītāji augstākās vērtības uzrādīja 3. grupas kazu pienā. Lai gan minerālvielu saturs kazas pienā šajā pētījumā netika analizēts, pētījumi pierāda, ka, samazinoties minerālvielu, arī laktozes saturam, būtiski palielinās sasaldēšanas punkts. Būtiskas atšķirības sasaldēšanas punkta rādījumā noteiktas 4. grupas kazu pienā ($p=0.011$). Palielinoties SŠV kazas pienā, sasaldēšanas punkts paaugstinās, ko ietekmē laktozes satura un minerālvielu satura un sastāva izmaiņas, kas rodas piena dziedzeru epitēlijšūnas caurlaidības palielināšanās rezultātā (Rupp et al., 2019; Geus et al., 2024).

Pētījumā tika vērtētas sakarības starp SŠV un atsevišķām piena sastāvdaļām. Analizējot rezultātus, sakarības starp somatisko šūnu skaitu (izteiktu SŠV) un laktozes saturu ($r=0.178$), arī tauku saturu ($r=0.169$) ir ļoti vājas, savukārt starp sausnas ($r=0.010$), un olbaltumvielu ($r=0.069$) saturu ir statistiski nenozīmīgas. Vērtējot publicēto informāciju zinātniskos darbos, rezultāti ir ļoti pretrunīgi. Lai gan zinātnieki cenšas atrast saikni starp SŠS un olbaltumvielu vai tauku saturu, jāatzīmē, ka ne visos gadījumos tas izdodas. Arī Grieķijā veiktā pētījumā starp SŠS un tauku saturu konstatēja negatīvu vāju korelāciju ($r=-0.302$). Itālijā veiktajā pētījumā konstatēja vājas vai vidēji ciešas korelācijas (attieci, $r=0.387$ un $r=0.539$) starp SŠS un tauku, arī starp SŠS un olbaltumvielu saturu (Lianou et al., 2022, Scano & Caboni, 2022). Pētījumā par laktācijas un šķirņu ietekmi uz kazas piena sastāvu noteikta vidēji cieša korelācija starp SŠS un laktozes saturu ($r=0.531$) (Geca et al., 2021).

Sezona ietekmē SŠV, jo ir mainīgi klimatiskie apstākļi, barība un fizioloģiskie procesi dzīvnieka organismā (Rupp et al., 2019; Geus et al., 2024, Marcinkoniene & Ciproviča, 2026). Vasaras sezonā kazām ir augstāks izslaukums un ganību sezona visvairāk ietekmē SŠV pienā (Kljajevic et al., 2018; Podhorecká et al., 2021, Desidera et al., 2025). 3. attēlā atspoguļota SŠV

sezonas griezumā un redzams, ka augstākā vidējā vērtība (6.74) tika noteikta vasaras beigu sezonā un zemākā SŠV (6.21) tika konstatēta pavasarī iegūtā kazu pienā. Turklāt pētījuma saimniecībā ir sezonāls kazu meklēšanās periods, kas atsaucas uz cietlaišanas periodu kazām, parasti oktobris – novembris, un arī iegūtajiem SŠV rezultātiem šajā periodā.



3. att. Somatisko šūnu vērtības izmaiņas sezonas griezumā /

Fig. 3. Seasonal changes in somatic cell score

Ar dažādiem mazajiem burtiem atspoguļotie lielumi norāda uz būtiskām atšķirībām ($p < 0.05$) / Different lowercase letters indicate statistically significant differences ($p < 0.05$).

Iegūtie rezultāti skaidri pierāda, ka somatiskās šūnas būtu nepieciešams reglamentēt kazas pienā. Šai rekomendācijai ir pamatojums piena izslaukuma datos, kas samazinās, šūnu skaitam pieaugot. Lai gan tiešas SŠS izraisītas sastāva izmaiņas, izņemot laktozes saturu, kazas pienā nenovēroja, īstenotās ciltsdarba programmas saimniecībā ir ļāvušas samazināt SŠV no 7.07 – 7.15 līdz 6.23 – 6.51 jeb 1355 – 1380 tūkst. mL^{-1} līdz 1080 – 1180 tūkst. mL^{-1} . Līdz ar to ieteicamais somatisko šūnu skaits kazas pienam pārstrādei būtu ≤ 1000 tūkst. mL^{-1} .

5. Kazas piena piemērotība saldpiena siera ražošanai

Tauki un olbaltumvielas ir galvenie siera masas veidotāji, lai gan to izmantošanas pakāpe ir atkarīga no dažādiem faktoriem. Kazu šķirnes ietekme uz piena recēšanu noteicošajiem rādītājiem ir apkopota 1 l. tabulā. Tauku saturs

svārstījās no 2.66 % (LVK) līdz 3.16 % (XP) kazu pienā un būtiski atšķīrās starp šīm šķirnēm ($p=0.008$). Olbaltumvielu saturs kazu pienā bija robežās no 2.95 % (LVK) līdz 3.07 % (XP) un šim rādītājam nebija būtisku atšķirību starp šķirnēm.

Augstākā tauku un olbaltumvielu attiecība (1.04) noteikta piena šķirņu krustojumu kazu pienā, bet mazākā Latvijas vietējo kazu (0.92) pienā. Tauku un olbaltumvielu attiecība raksturo piena piemērotību siera ražošanai un dod iespēju prognozēt siera iznākumu (Ferro, Tedeschi & Atzori, 2017; Vacca et al., 2018; Scano & Caboni, 2022). Zānes kazu šķirnei tauku un olbaltumvielu attiecība bija 0.98, lai gan piena paraugos noteikts kvantitatīvi augstākais kazeīna saturs (2.33 %).

11. tabula / Table 11

Šķirnes ietekme uz piena recēšanas īpašībām / The influence of goat breed on milk coagulation properties

Rādītāji / Parameters	Šķirne / Breed		
	Latvijas vietējā / Latvian Native (n=65)	Zānes / Saanen (n=70)	Piena šķirņu krustojumi / Crossbred dairy goats (n=69)
Tauku saturs / Fat content, %	2.66±0.30 ^a	2.97±0.43 ^{ab}	3.16±0.48 ^b
Olbaltumvielu saturs / Protein content, %	2.95±0.28 ^a	3.04±0.26 ^a	3.07±0.34 ^a
Tauku un olbaltumvielu attiecība / Fat-to-protein ratio	0.92±0.18 ^a	0.98±0.15 ^a	1.04±0.15 ^b
Kazeīna saturs / Casein content, %	2.27±0.20 ^a	2.33±0.20 ^a	2.32±0.26 ^a
Kazeīna un tauku attiecība / Casein-to-fat ratio	0.87±0.17 ^a	0.80±0.13 ^a	0.75±0.12 ^b
SŠV / SCS	7.97±0.82 ^a	6.67±1.73 ^{ab}	6.49±1.53 ^b
Recekļa blīvums / Curd firmness, N	1.96±0.98 ^a	1.88±0.88 ^{ab}	1.82±0.62 ^b

Rādītāji ar dažādiem burtiem rindās būtiski atšķiras starp šķirnēm ($p<0.05$).

Results marked with different letters in rows differ significantly between the breeds ($p<0.05$).

Pētījumos secināts, ka ZK piens uzrāda augstāku tauku un olbaltumvielu saturu, salīdzinot ar mazāk produktīvām šķirnēm (Scheepers, Marle-Köster & Visser, 2010; Michlová et al., 2016, Marcinkoniene & Ciproviča, 2026). Kazeīna saturā būtiskas atšķirības starp šķirnēm nekonstatēja. Vērtējot kazeīna un tauku attiecību, būtiskas atšķirības noteiktas starp Latvijas vietējās un piena šķirņu krustojumu kazu pienu. Horvātijas zinātnieki, analizējot kazeīna un tauku attiecību siera ražošanā, secināja, ka ieteicamākā būtu 0.70, lai pilnvērtīgi izmantotu piena sausu (Kalit et al., 2021). Pētījumā šī attiecība bija robežās no 0.75 līdz 0.87, kas ievērojami atšķīrās no Kalit et al. (2021) pētījuma rezultātiem.

Lielāka attiecība skaidrojama ar atšķirībām kazu piena tauku saturā, kas mūsu pētījumā bija mazāks. SŠV būtiski augstāka bija LVK kazām ($p=0.013$). Literatūrā ZK šķirni raksturo ar izciliem piena produktivitātes rādītājiem, taču dažkārt vietējo kazu piens uzrāda augstāku recekļa blīvumu (LVK 1.96 N $\rightarrow$ ZK 1.88 N) (Marcinkoniene & Ciproviča, 2026). Piena šķirņu kazu krustošana ir nozīmīga, lai izprastu piena recēšanas īpašības un siera iznākumu (Malchiodi et al., 2014; Pazzola et al., 2022, Kolenc et al., 2023).

Kazas piena sastāvs atšķiras dažādu šķirņu kazām, katras šķirnes kazu pienam raksturīgas savas recēšanas īpašības un piemērofība siera ražošanai (Vacca et al., 2018b). Šajā pētījumā augstākais recekļa blīvums tika noteikts LVK un ZK pienā, turklāt visaugstāko max vērtību uzrādīja ZK piens (3.65 N), kas norāda, ka ne vienmēr pēc tauku un olbaltumvielu satura pienā var prognozēt recekļa veidošanos. Bieži pētījumos uzsver, ka vietējās kazu šķirnes raksturojas ar augstāku piena sausnas saturu, kas var pozitīvi ietekmēt recekļa blīvuma rādītājus (Currò et al., 2019; Pazzola et al., 2022). Piena šķirņu krustojumu kazām bija novērojams mazāks piena recekļa blīvums un tā mainība pētījuma laikā.

Laktācijas ietekme uz piena recēšanu ietekmējošiem rādītājiem apkopota 12. tabulā.

12. tabula / Table 12

**Laktācijas ietekme uz kazas piena recēšanu ietekmējošiem rādītājiem /
The effect of lactation on indicators affecting goat milk coagulation**

Rādītāji / Parameters	Laktācija / Lactation		
	Otrā / Second (n=73)	Trešā / Third (n=79)	Ceturrtā / Fourth (n=52)
Tauku saturs / Fat content, %	3.09±0.43 ^a	3.09±0.48 ^a	2.89±0.50 ^b
Olbaltumvielu saturs / Protein content, %	3.11±0.38 ^a	3.02±0.31 ^a	3.02±0.20 ^a
Tauku un olbaltumvielu attiecība / Fat-to-protein ratio	1.00±0.17 ^a	1.03±0.15 ^a	0.96±0.17 ^a
Kazeīna saturs / Casein content, %	2.40±0.31 ^a	2.28±0.22 ^b	2.32±0.13 ^{ab}
Kazeīna un tauku attiecība / Casein-to-fat ratio	0.79±0.15 ^{ab}	0.75±0.12 ^a	0.83±0.15 ^b
SŠV / SCS	6.51±1.87 ^a	6.58±1.44 ^a	7.28±1.56 ^a
Recekļa blīvums / Curd firmness, N	2.06±0.79 ^a	1.81±0.71 ^b	1.76±0.81 ^b

Rādītāji ar dažādiem burtiem rindās būtiski atšķiras starp laktācijām ($p<0.05$).

Results marked with different letters in rows differ significantly between the lactations ($p<0.05$).

Analizējot tauku saturu dažādu laktāciju kazu pienā, augstāks tika konstatēts otrās un trešās laktācijas kazām (3.09 %), bet zemākais ceturrtās laktācijas kazām

(2.89 %). Olbaltumvielu saturā netika noteiktas būtiskas atšķirības starp laktācijām. Tauku un olbaltumvielu attiecībā būtiskas izmaiņas dažādu laktāciju kazu pienā netika konstatētas, tajā pašā laikā ir jāuzsver, ka zemākā vērtība noteikta ceturrtās laktācijas kazu pienā (0.96). Arī citi zinātnieki apliecina tās mainību laktācijas ietekmē (Vacca et al., 2018a; Pazzola et al., 2022).

Pētījumā netika novērotas būtiskas atšķirības SŠV laktāciju ietvaros ($p=0.127$), bet augstākā vērtība noteikta ceturrtās laktācijas kazu pienā (7.28). Lai gan, vērtējot kvantitatīvos datus, otrās laktācijas kazām SŠV bija viszemākā (6.51) un kazeīna saturs pienā augstākais (2.40 %). Līdzīgus rezultātus ieguvuši Vacca et al. (2018b) savā pētījumā. Kazeīna un tauku attiecība kazu pienā laktāciju griezumā bija robežās no 0.75 līdz 0.83. Pazzola et al. (2019) un Kalit et al. (2021) pētījumos norādīts, ka attiecība zem 0.70 var rezultēties ar ievērojamiem tauku zudumiem ar sūkalām, arī ietekmēs siera sensorās īpašības. Augstākais recekļa blīvums tika noteikts otrās laktācijas kazu pienā (2.06 N) un ar katru nākamo laktāciju tas samazinājās, sasniedzot 1.81 N un 1.76 N. Recekļa blīvuma samazinājumu, palielinoties laktācijai, ir jāskaidro ar piena ķīmiskā sastāva atšķirībām, mazāku tauku un olbaltumvielu attiecību, kazeīna saturu un SŠV pieaugumu kazu pienā.

Laktācija ir nozīmīga kazas piena sastāva un kvalitātes vērtēšanā, tā ietekmē piena sastāva mainību un iegūtā recekļa blīvumu. Analizējot augstākās piena recekļa blīvuma vērtības katrā laktācijā, var secināt, ka recekļa blīvums, pieaugot laktācijai, samazinās ($3.20 \rightarrow 2.89 \rightarrow 2.87$ N), lai gan redzams, ka ceturrtās laktācijas kazu pienā noteiktā zemākā vērtība (0.71 N) ir lielāka nekā 2. un 3. laktācijas kazu piena zemākās vērtības. Arī Pazzola et al. (2018) un Salomone-Caballero et al. (2024) konstatēja, ka otrās laktācijas kazu pienam ir īsāks piena recēšanas laiks un augstāks recekļa blīvums. Palielinoties laktācijai, pieaug SŠV un kopā ar citām sastāva izmaiņām novēro recēšanas laika palielinājumu un mazāku recekļa blīvumu (Vacca et al., 2018b; Marcinkoniene & Ciproviča, 2026).

Recekļa blīvuma analīze atkarībā no SŠV apkopota 13. tabulā. Tauku saturs būtiski atšķīrās starp 4. un 1. grupas ($p=0.045$) piena paraugiem (13. tab.), un bija robežās no 3.08 % līdz 3.47 %. Zemāko vērtību olbaltumvielu saturam noteica 4. grupas kazu pienā (3.13 %) un augstāko (3.25 %) 1. grupas kazu pienā. Zemākā noteiktā tauku un olbaltumvielu attiecība konstatēta 4. un 2. grupas kazu pienā (0.99). 4. grupa raksturojās ar zemāko recekļa blīvumu (1.59 N) un augstāko kazeīna un tauku attiecību (0.82). Tauku un olbaltumvielu attiecība dod iespēju prognozēt siera iznākumu (Ferro, Tedeschi & Atzori, 2017; Vacca et al., 2018b; Scano & Caboni, 2022), turklāt, analizējot rezultātus, ir novērojama tendence, ka 4. grupas kazu piens ir mazāk piemērots siera ražošanai, ko pierāda arī citu zinātnieku pētījumi (Podhorecká et al., 2021; Smistad et al., 2024; Desidera et al., 2025).

**Somatisko šūnu skaita (izteikta SŠV) ietekme uz piena recēšanu
ietekmējošiem rādītājiem / The effect of somatic cell count (expressed as
SCS) on the indicators affecting milk coagulation**

Rādītāji / Parameters	SŠV grupas / SCS groups			
	1 (n=49)	2 (n=82)	3 (n=42)	4 (n=31)
Tauku saturs / Fat content, %	3.47±0.62 ^a	3.14±0.64 ^a	3.25±0.55 ^{ab}	3.08±0.92 ^b
Olbaltumvielu saturs / Protein content, %	3.25±0.25 ^a	3.18±0.34 ^a	3.19±0.37 ^a	3.13±0.24 ^a
Tauku un olbaltumvielu attiecība / Fat-to-protein ratio	1.07±0.16 ^a	0.99±0.20 ^a	1.03±0.18 ^{ab}	0.99±0.30 ^b
Kazeīna saturs / Casein content, %	2.42±0.21 ^a	2.32±0.24 ^a	2.26±0.26 ^a	2.32±0.15 ^a
Kazeīna un tauku attiecība / Casein-to-fat ratio	0.75±0.10 ^a	0.78±0.13 ^a	0.77±0.13 ^a	0.82±0.18 ^a
SŠV / SCS	4.34±0.52 ^a	6.38±0.45 ^b	7.71±0.37 ^c	9.03±0.47 ^d
Recekļa blīvums / Curd firmness, N	1.78±0.62 ^{ab}	1.80±0.69 ^a	1.84±0.64 ^a	1.59±0.62 ^b

Skaidrojums grupām: 1. grupa < 5.32 SŠV; 2. grupa 5.32 – 7.31 SŠV; 3. grupa 7.32 – 8.32 SŠV; 4. grupa > 8.32 SŠV. Explanations: Group 1 < 5.32 SCS; Group 2 < 5.32 – 7.31 SCS; Group 3 7.32 – 8.32 SCS; Group 4 > 8.32.

Rādītāji ar dažādiem alfabēta burtiem rindās būtiski atšķiras starp SŠV grupām ($p < 0.05$).

Results marked with different alphabetic letters in rows differ significantly between the SCS groups ($p < 0.05$).

Kazeīna saturam netika noteiktas būtiskas atšķirības starp SŠV grupām, bet augstāks kazeīna saturs (2.42 %) konstatēts piena paraugos ar mazāku SŠV. Rupp et al. (2019) un Podhorecká et al. (2021) secināja, ka palielināta SŠV negatīvi ietekmē kazeīna saturu, arī piena recēšanas īpašības. SŠV virs 6.38 pagarina piena recēšanas laiku un samazina iegūtā recekļa blīvumu (Stocco et al., 2018; Desidera et al., 2024; Marcinkoniene & Ciproviča, 2026). SŠV pienā ietekmē arī dzīvnieku stress (Mehdid et al., 2019), tādēļ papildu uzmanība jāvērs dzīvnieku turēšanas un ēdināšanas apstākļiem, lai jebkuru procesu inicētas izmaiņas pienā būtu pēc iespējas līdzsvarotākas. SSS limitu noteikšana kazu pienā ir nozīmīga piena pārstrādei, tādēļ būtiski ir vērtēt un ar rezultātiem pamatot to nepieciešamību.

Piena sastāvdaļu un to attiecību izmaiņas kazas pienā sezonas ietekmē apkopotas 14. tabulā.

Analizējot sezonas ietekmi uz piena piemērotību pārstrādei, redzams, ka tauku saturs kazas pienā pakāpeniski palielinās, rudenī sasniedzot būtiski augstāku vērtību (4.00 %), arī tauku un olbaltumvielu attiecību (1.13) pienā.

Sezonas ietekme uz piena recināšanu ietekmējošiem rādītājiem / The seasonal effect on indicators affecting goat milk coagulation

Rādītāji / Parameters	Pavasaris / Spring (n = 27)	Vasaras sākums / Early summer (n = 30)	Vasaras beigas / Late summer (n = 60)	Rudens / Autumn (n = 87)
Tauku saturs / Fat content, %	3.00±0.78 ^a	3.13±0.54 ^a	3.14±0.74 ^a	4.00±0.70 ^b
Olbaltumvielu saturs / Protein content, %	3.27±0.33 ^a	3.03±0.30 ^b	3.05±0.32 ^b	3.60±0.45 ^c
Tauku un olbaltumvielu attiecība / Fat-to-protein ratio	0.92±0.21 ^a	1.04±0.16 ^{ab}	1.03±0.24 ^b	1.13±0.22 ^b
Kazeīna saturs / Casein content, %	2.39±0.25 ^a	2.31±0.22 ^a	2.31±0.25 ^a	2.67±0.36 ^b
Kazeīna un tauku attiecība / Casein-to-fat ratio	0.85±0.26 ^a	0.76±0.13 ^b	0.77±0.16 ^b	0.69±0.15 ^c
SŠV / SCS	5.73±2.12 ^a	6.82±1.53 ^b	6.51±1.66 ^{ab}	6.88±1.59 ^b
Recekļa blīvums / Curd firmness, N	2.04±0.55 ^{ac}	1.55±0.49 ^b	2.14±0.84 ^{ac}	1.93±0.78 ^c

Rādītāji ar dažādiem burtiem rindās būtiski atšķiras starp sezonām ($p < 0.05$).

Results marked with different letters in rows differ significantly between the seasons ($p < 0.05$).

Olbaltumvielu saturs vasaras sezonā kazu pienā bija robežās no 3.03 līdz 3.05 %, kas ir būtiski zemāks ($p=0.047$) nekā pavasarī un rudenī iegūtajā pienā, attiecīgi 3.27 % un 3.60 %. Arī olbaltumvielu satura izmaiņas ietekmē tauku un olbaltumvielu attiecību (Scano & Caboni, 2022; Smistad et al., 2024; Marcinkoniene & Ciproviča, 2026). Līdzīga situācija ir vērojama Igaunijā veiktajā pētījumā, kurā autori ir konstatējuši būtiski augstāku tauku un olbaltumvielu saturu kazas pienā rudens sezonā, arī lielāko tauku un olbaltumvielu attiecību 1.16 (Tatar et al., 2015). Šī tendence novērota arī citos pētījumos, Margatho et al. (2018) augstākus šos rādītājus noteikuši oktobra mēnesī iegūtā kazas pienā. Šos rezultātus var saistīt ar barības maiņu kazām no ganību zāles uz sausāku un enerģētiski sabalansētāku barības devu (Clark & Mora-García, 2017; Desidera et al., 2025). Arī analizējot tauku un olbaltumvielu attiecību, tā būtiski atšķīrās pavasarī (0.92) un rudenī (1.13) iegūtam kazu pienam. Lai gan tendence saglabājās līdzīga, dažādu autoru darbos tā norādīta pat 1.27 (Scano & Caboni, 2022) vai pat 1.68 (Margatho et al., 2018). Ir jāatzīmē, ka tieši rudens periodā tiek sasniegta optimālā tauku un olbaltumvielu attiecība pienā, proti, no 1.10 līdz 1.27 (Ferro, Tedeschi & Atzori, 2017; Vacca et al., 2018b; Scano & Caboni, 2022; Magro et al., 2026).

Kazeīna saturs kazas pienā ir sezonāli mainīgs, augstākais kazeīna saturs noteikts rudenī iegūtajā kazas pienā (2.67 %), bet mazākais vasaras noslēgumā (2.31 %). Līdzīgas tendences aprakstītas literatūrā, kur norādīts, ka kazeīna saturs samazinās vasaras sezonā un palielinās rudenī (Stocco et al., 2018; Smistad et al., 2024). Arī Itālijā veiktajā pētījumā, analizējot kazeīna saturu kazas pienā pavasarī – vasarā, konstatēts tā samazinājums 3.00 → 2.61 % (Pazzola et al., 2022). Attiecīgi arī kazeīna un tauku attiecība pienā ir sezonāli mainīga, būtiski augstāka tā noteikta pavasarī (0.85).

Arī SŠV konstatētas atšķirības starp sezonām, bet tās nevar raksturot kā būtiskas. Portugālē veiktajā pētījumā mazāks SŠS kazas pienā konstatēts pavasarī (Margatho et al, 2018) līdzīgi mūsu pētījuma rezultātiem. Analizējot vidējos recekļa blīvuma datus, zemākais recekļa blīvums noteikts kazas pienā vasaras sākumā (1.55 N) un augstākais vasaras beigās (2.14 N). Iegūtos rezultātus var skaidrot ar atšķirībām tauku un olbaltumvielu attiecībā, arī ar kazeīna un tauku attiecību pienā, kas vasaras perioda beigās bija attiecīgi 1.03 un 0.77. Savukārt Pazolla et al. (2022) secināja, ka vasaras noslēgumā iegūtajam kazas pienam ir ilgāks recēšanas laiks, recekļa veidošanās kavējās, iegūstot viszemāko blīvumu (Pazzola et al., 2022). Vasaras sākumā noteikts mazākais recekļa blīvums (0.48 – 2.35 N) kazas pienam, jo ganību sezonas sākums maina piena sastāvu, sekmē izslaukuma palielināšanos līdz ar enerģiski pilnvērtīgas barības pieejamību. Rudens sezonā ir novērojams augstākais recekļa blīvuma rādītājs (3.86 N) kazas pienā.

Analizējot kazeīna satura ietekmi uz iegūtā kazas piena recekļa blīvumu, sakarība ir vāja ($r=0.08$). Sakarība meklēta, pamatojoties uz citu pētījumu datiem, kuros apstiprināta augstāka kazeīna satura un stingrāka recekļa saistība (Stocco et al., 2018; Vacca et al., 2018b). Clark & Sherbon (2000) pētījumā ir norādīts, ka augstāks kazeīna saturs nodrošina vairāk saskares punktu starp micellām, agregējot tās, un veido stingrāku recekli.

Jāatzīmē, ka kazeīna saturs nav tiešs kazas piena recekļa blīvuma rādītājs, ko pierāda pētījuma rezultāti iegūti rudens sezonā. Šajā sezonā konstatēts augstākais kazeīna saturs kazas pienā (2.67 %), arī lielākais noteiktais olbaltumvielu saturs (3.60 %), kas rezultējās recekļa blīvuma rādītājā – 1.93 N. Kazas piena kazeīns atšķiras no govs piena ar kazeīna frakciju sadalījumu, lielāku īpatsvaru tajā veido β kazeīna frakcija. Recekļa blīvums ir atkarīgs no α kazeīna satura. Turklāt būtiski lielāks tauku saturs rudens sezonā iegūtajā kazas pienā (4.00 %) ievērojami samazināja kazeīna un tauku attiecību (0.69), arī lielais vidējo ķēžu taukskābju saturs šāda tauku satura kazas pienā kavēja stingrāku recekļa iegūšanu (1.93 N). Arī jaunākie pētījumi skaidri demonstrē, ka recekļa blīvums ir kompleksu faktoru, proti, SŠS, dzīvnieka šķirnes, ēdināšanas un barības sabalansētības, ietekmes rezultāts (Pazolla et al., 2022; Li et al., 2023; Desidera et al., 2025; Magro et al., 2026), kas apstiprina nepieciešamību to analizēt dažādu faktoru griezumā.

Analizējot individuālo kazu piena paraugus, noskaidrotas plašas piena sastāva variācijas, bet piena produktu ražošanā izmanto koppienu. Tāpēc līdzās

individuālo kazas piena paraugu novērtējumam, vērtēts koppiens, tā sastāvs un kvalitāte (15. tabula). Koppiena paraugiem recekļa blīvums svārstījās robežās no 1.56 N līdz 2.43 N ar vidējo rādītāju 1.96 N. Tauku satura ietekme uz iegūtā recekļa blīvumu ir jāvērtē plašāk, jo zinātniskajā literatūrā ir norādīts, ka augstāks tauku saturs pienā var uzlabot piena recēšanas īpašības, saīsinot piena recēšanas laiku un samazinot recekļa nostiprināšanās ātrumu, nodrošinot lielāku recekļa blīvumu (Stocco et al., 2018; Desidera et al., 2025).

Pētījumā analizētā koppiena paraugos tauku un olbaltumvielu attiecība bija 1.04. Literatūrā atspoguļotajos rezultātos šāda attiecība netiek uzskatīta par piemērotu siera ražošanai (1.10 – 1.27), kas norāda uz ilgāku piena recēšanas laiku un iespējamām recekļa blīvuma novirzēm (Pazzola et al., 2019). Analizējot piena piemērotību siera ražošanai, ir svarīgi vērtēt tieši koppienu, lai saprastu piena ķīmiskā sastāva variācijas dažādu faktoru ietekmē un, koriģējot ražošanas procesu, samazinātu tehnoloģiskos zudumus piena produktu ražošanā.

15. tabula / Table 15

Koppiena sastāvs un kvalitāte pētījuma laikā / Bulk milk composition and quality in the study

Rādītāji / Parameters	Min	Max	Vidēji / Average
Tauku saturs / Fat content, %	2.61	5.53	3.56±0.73
Olbaltumvielu saturs / Protein content, %	2.43	5.04	3.45±0.56
Tauku un olbaltumvielu attiecība / Fat-to-protein ratio	0.68	1.53	1.04±0.18
Laktozes saturs / Lactose content, %	3.90	4.89	4.44±0.20
Sasalšanas punkts / Freezing point, °C	-0.411	-0.557	-0.486 ± -0.028
Recekļa blīvums / Curd firmness, N	1.56	2.43	1.96±0.24

Iegūtie rezultāti un zinātnisko rakstu atziņas norāda uz kompleksu faktoru ietekmi uz piena recēšanu un iegūtā recekļa kvalitāti. Līdz ar to, lai apstiprinātu iepriekšminētās atziņas un arī mūsu pētījuma rezultātus, vērtēta pusciētā saldpiena siera ražošanas specifika, iznākums, un iegūtā siera īpašības.

6. Pusciētā saldpiena kazas piena siera ražošanas analīze

Šajā nodaļā tiek vērtēta piena sastāva un kvalitātes ietekme pusciētā saldpiena kazas piena siera ražošanā. Siera ražošanas procesa vērtēšanā uzmanība vērsta piena sastāva un kvalitātes mainībai sezonas ietekmē, atsevišķi analizēti piena recēšanas rādītāji kazas pienam, vērtēts sūkalu sastāvs un siera iznākums pēc preses. 16. tabulā ir apkopots piena sastāvs un kvalitātes rādītāji katrai siera ražošanas partijai.

Kazas piena sastāvs un kvalitāte pusciētā saldpiena siera ražošanai / Goat milk composition and quality for rennet-induced semi-hard cheese production

Sastāvdaļas / Components	Vasaras sākums / Early summer	Vasaras beigas / Late summer	Rudens sākums / Early autumn	Rudens beigas / Late autumn
Sausna / Dry matter, %	10.83±0.03 ^a	11.36±0.03 ^b	12.09±0.02 ^c	12.67±0.04 ^c
Beztauku sausna / Solids-non-fat content, %	7.81±0.03 ^a	8.18±0.02 ^b	8.14±0.02 ^b	8.75±0.02 ^c
Tauku saturs / Fat content, %	3.31±0.00 ^a	3.44±0.01 ^a	4.08±0.01 ^b	4.11±0.00 ^b
Tauku un olbaltumvielu attiecība / Fat-to- protein ratio	1.11±0.00 ^a	0.99±0.00 ^b	1.12±0.00 ^a	1.08±0.00 ^a
Olbaltumvielu saturs / Protein content, %	2.98±0.02 ^a	3.48±0.01 ^b	3.65±0.01 ^c	3.82±0.01 ^d
Olbaltumvielu un tauku attiecība / Protein-to-fat ratio	0.90±0.00 ^a	1.01±0.00 ^b	0.89±0.00 ^a	0.93±0.00 ^a
Laktozes saturs / Lactose content, %	4.51±0.02 ^a	4.34±0.03 ^a	4.30±0.01 ^a	4.64±0.02 ^a
Sasalšanas punkts / Freezing point, °C	-0.539± -0.040 ^a	-0.481± -0.020 ^b	-0.503±- 0.020 ^{ab}	-0.498±- 0.040 ^{ab}
Recekļa blīvums, / Curd firmness, N	2.06±0.08 ^a	2.20±0.69 ^{ab}	2.34±0.30 ^b	2.16±0.50 ^{ab}

Rādītāji ar dažādiem burtiem rindās būtiski atšķiras starp sezonām ($p<0.05$).

Results marked with different letters in rows differ significantly between the seasons ($p<0.05$).

Piena recēšanas īpašības galvenokārt nosaka olbaltumvielu, kazeīna, tostarp α_{s1} -kazeīna, κ -kazeīna un β -laktoglobulīna saturs (Inglingstad, 2016). Lai gan kopējais olbaltumvielu saturs nereti korelē ar recekļa blīvumu, sakarība nav viennozīmīga, jo recekļa blīvuma veidošanos ietekmē arī kazeīna frakciju proporcijas un to funkcionālās īpašības. Pētījumā novērots, ka palielinoties olbaltumvielu saturam, palielinās recekļa blīvums. Rudens sākumā iegūtājā pienā recekļa blīvuma pieaugums tika konstatēts arī pie mainīga olbaltumvielu satura. Lai gan kazeīna micellu izmēri šajā pētījumā nav analizēti, pētījumi apstiprina mazākus kazeīna micellu izmērus kazas pienā (vidējie izmēri 196 nm), salīdzinot ar govs pienu (Ji et al., 2025). Turklāt piens ar mazākiem kazeīna micellu izmēriem (147 – 183 nm) rec ātrāk, nodrošinot blīvāku recekli nekā piens ar lielāka izmēra kazeīna micellām (200 – 266 nm) (Inglingstad, 2016).

Mazākām micellām ir vairāk κ kazeīna un tas iespējami veido vairāk para- κ -kazeīna saišu recināšanas laikā, rezultējoties blīvākā receklī. Turpretī lielāks tauku saturs samazina recekļa blīvumu, kas vērojams vasaras sākumā un rudens beigās iegūtā kazas pienā, jo tauku lodītes mehāniski traucē kazeīna micellu ciešāku agregāciju, veidojot vājāku recekli.

Olbaltumvielu un tauku attiecība kazas pienā sierošanai svārstījās no 0.89 līdz 1.01. Olbaltumvielu un tauku attiecība var arī neietekmēt piena recināšanas īpašības, tā būtiskāk maina ražojamā siera sastāvu. Pētījumi norāda, ka olbaltumvielu un tauku attiecības palielinājums par 0.10 sekmē olbaltumvielu pieaugumu sierā par 0.60 % un samazina tauku saturu siera sausnā par 1.90 % (Guinee et al., 2007). Lai gan 21. tabulā ir apkopoti minimālie un maksimālie beztauku daļas mitruma saturi ražotajam sieram, varēja novērot, ka, palielinoties olbaltumvielu un tauku attiecībai pienā (0.93), samazinājās siera beztauku daļas mitruma saturs, sasniedzot zemāko rezultātu 54.91 %. Vērtējot siera ražošanas procesa parametrus, iezīmējas tendence samazināties piena sagatavošanas laikam recināšanai no 60 līdz 45 min, lai sasniegtu vēlamo piena pH (pH 6.45 – 6.49) pirms recināšanas fermenta pievienošanas. Īsāks laiks piena recināšanai bija nepieciešams rudens sākumā un rudens beigās ražojot sieru, kas raksturojās ar piemērotiem siera ražošanai piena tehnoloģiskajiem rādītājiem – lielāku sausnas un olbaltumvielu saturu. Turklāt individuālo kazu piena kazeīna analīze (14. tabula) parāda lielāku kazeīna saturu (2.67 %) tieši rudens periodā iegūtā pienā.

Līdzīgi rezultāti vērojami, analizējot recekļa veidošanās laiku, kas bija robežās no 45 līdz 60 min. Turklāt pH izmaiņas graudu apstrādes laikā vieglāk regulējamas tieši rudens periodā iegūtā piena sierošanai. Īsāks laiks bija nepieciešams rudens sākumā un beigās gatavotam sieram, kas raksturojās ar optimālu tauku un olbaltumvielu attiecību (1.12) pienā un ietilpa vairāku autoru definētajās optimālajās robežās 1.10 – 1.27 (Ferro, Tedeschi & Atzori, 2017; Vacca et al., 2018b; Scano & Caboni, 2022; Magro et al., 2026). Arī tehnoloģiskā procesā novērota nianse starp ražotajām partijām, proti, piena recināšanas un graudu apstrādes ilgums līdz otrai uzsildīšanai, arī sasniedzamais pH un graudu apstrādes ilgums pēc otrās uzsildīšanas. Šie parametri ir tehnoloģiski regulējami un ne visos gadījumos skaidrojums ir jāmeklē sezonas vai citu faktoru ietekmē.

Siera iznākums iegūts dažādās sezonās gatavotajam sieram ir apkopots 17. tabulā.

Siera iznākums ir atkarīgs no tauku un olbaltumvielu satura pienā, siera ūdens saturs, nogatavināšanas ilguma un apstākļiem, zudumiem ražošanas procesā un citiem faktoriem. Arī siera ūdens saturs ietekmē piena patēriņu siera ražošanā. Izvēloties siera ražošanas procesa parametrus, esam spējušas sasniegt zemākos beztauku daļas mitruma satura rādītājus gatavotajam puscietajam sieram (21. tabula), turklāt starp minimālo un maksimālo šī rādītāja vērtību nebija ievērojamas atšķirības.

17. tabula / Table 17

**Siera iznākums (%) un piena patēriņš 1 kg pusciētā saldpiena siera
ražošanai / Cheese yield (%) and amount of milk for 1 kg of semi-hard
rennet-induced cheese production**

Tehnoloģiskie rādītāji / Technological parameters	Vasaras sākums / Early summer	Vasaras beigas / Late summer	Rudens sākums / Early autumn	Rudens beigas / Late autumn
Iznākums / Yield, %	9.43	9.50	11.55	11.23
Piena patēriņš 1 kg siera ražošanai / Amount of milk required to produce 1 kg of cheese, kg	10.77	10.54	9.14	8.74

Vērtējot iegūto sūkalu datus, skatīt 18. tabulu, vērojams arī sūkalu sastāva mainīgums starp siera partijām sezonas ietekmē. Analizējot sūkalu sastāvu, īpaša uzmanība jāvērst tauku un olbaltumvielu saturam tajās, jo tas atspoguļo izejvielas izmantošanas efektivitāti siera ražošanā.

18. tabula / Table 18

**Sūkalu sastāvs dažādām siera ražošanas partijām / Whey composition from
different cheese batches**

Sastāvdaļas / Compounds	Vasaras sākums / Early summer	Vasaras beigas / Late summer	Rudens sākums / Early autumn	Rudens beigas / Late autumn
Sausna / Solids, %	6.66±0.02 ^a	6.83±0.04 ^b	6.10±0.03 ^c	6.14±0.02 ^c
Beztauku sausas saturs / Solids-non- fat content, %	6.12±0.02 ^a	6.45±0.02 ^b	5.70±0.02 ^c	5.73±0.01 ^c
Tauku saturs / Fat content, %	0.86±0.00 ^a	1.06±0.00 ^b	0.70±0.00 ^c	0.73±0.00 ^c
Olbaltumvielu saturs / Protein content, %	0.80±0.01 ^a	0.94±0.01 ^b	0.84±0.00 ^a	1.08±0.01 ^c
Laktozes saturs / Lactose content, %	4.14±0.01 ^a	3.98±0.02 ^b	3.92±0.01 ^b	3.89±0.01 ^b

Rādītāji ar dažādiem burtiem rindās būtiski atšķiras starp sezonām ($p < 0.05$).

Results marked with different letters in rows differ significantly between the seasons ($p < 0.05$).

Tauku saturs kazas piena sūkalās ir lielāks, salīdzinot ar sūkalu sastāvu, iegūtu, pārstrādājot govju pienu pusciētā sierā, kas skaidrojams ar mazāku tauku lodīšu izmēru kazas pienā. Īpaši tauku satura atšķirības vērojamas vasaras

periodā iegūtā siera sūkalās. Govs piena sūkalās tauku saturs var sasniegt 0.70 %, arī rudens periodā iegūtā kazas piena sūkalās tauku saturs bija no 0.70 līdz 0.73 %. Turklāt ievērtējot atšķirīgo tauku lodīšu izmērus govīs un kazas pienā, iegūtie tauku satura dati sūkalās ir optimāli, ko raksturo arī rudens sezonā iegūtā lielākā tauku izmantošanas pakāpe (82.23 – 82.85 %).

Analizējot olbaltumvielu saturu sūkalās, redzams, ka tas svārstās no 0.80 līdz 1.08 %, īpaši liels ir vēlā rudens periodā iegūtajās sūkalās, kas ir jāvērtē kā ļoti augsts rādītājs. Lielāks tauku un olbaltumvielu saturs sūkalās netieši norāda uz siera iznākuma samazināšanos. 5. nodaļā ir skaidrota recekļa blīvuma mainība dažādu faktoru ietekmē, kas ir attiecināma arī uz iznākuma prognozēšanu.

Pēc tauku satura sūkalās var aprēķināt tauku izmantošanas pakāpi siera ražošanā. Tauku izmantošanas pakāpe siera ražošanā svārstās plašās robežās un ir atkarīga no siera veida, tauku satura pienā, tauku lodīšu lieluma, recekļa blīvuma, siera masas ieguves tehnikas, siera graudu apstrādes režīmiem un citiem faktoriem. Sierā vidēji pāriet 90 % no normalizētā pienā esošiem taukiem (Ozola & Ciproviča, 2002; Paschino et al., 2020; Pazzola et al., 2022). Tauku izmantošanas pakāpe siera ražošanā apkopota 19. tabulā.

Kazas piena siera gatavošana dažādās sezonās uzrādīja tauku izmantošanas pakāpi robežās no 69.19 līdz 82.85 %. Vērtējot šos rādītājus, tie ir jāsaista ar tauku lodīšu lielumu un iegūto recekļa blīvumu (īpaši rudens sākumā gatavojot sieru), arī kazas piena sausnas saturu, kas rudens periodā bija ievērojami augstāks nekā vasaras sezonā. Turklāt tauku zudumi ar sūkalām vismazākie noteikti rudens periodā gatavotam sieram, vienlaicīgi šajā periodā ir konstatēta augstākā tauku izmantošanas pakāpe (82.23 – 82.85 %), rezultējoties lielākā siera iznākumā un mazākā piena patēriņā 1 kg siera ražošanai.

19. tabula / Table 19

Tauku izmantošanas pakāpe siera ražošanā / Fat recovery in cheese production

Sastāvdaļas / Components	Vasaras sākums / Early summer	Vasaras beigas / Late summer	Rudens sākums / Early autumn	Rudens beigas / Late autumn
Tauku saturs pienā / Fat content in milk, %	3.31±0.00 ^a	3.44±0.01 ^b	4.08±0.01 ^c	4.11±0.00 ^d
Tauku saturs sūkalās / Fat content in whey, %	0.86±0.00 ^a	1.06±0.00 ^b	0.70±0.00 ^c	0.73±0.00 ^d
Tauku izmantošanas pakāpe / Fat recovery in cheese, %	74.02±0.00 ^a	69.19±0.15 ^b	82.85±0.05 ^c	82.23±0.00 ^c

Rādītāji ar dažādiem burtiem rindās būtiski atšķiras starp sezonām ($p < 0.05$).

Results marked with different letters in rows differ significantly between the seasons ($p < 0.05$).

Ražojot sieru, tiek izmantoti tikai apmēram 75 % pienā esošo olbaltumvielu. Daļa olbaltumvielu tiek zaudēta recekļa un siera graudu apstrādes laikā, arī siera veidošanas laikā. Šo zudumu lielums ir atkarīgs no recekļa blīvuma, siera graudu lieluma, apstrādes tehnikas un režīmiem. Turklāt no pienā esošā kazeīna satura siera saturā ir apmēram 97 – 98 % (McSweeney et al., 2025). Analizējot olbaltumvielu izmantošanas pakāpi (20. tabula), tā svārstījās no 71.73 līdz 76.96 %.

20. tabula / Table 20

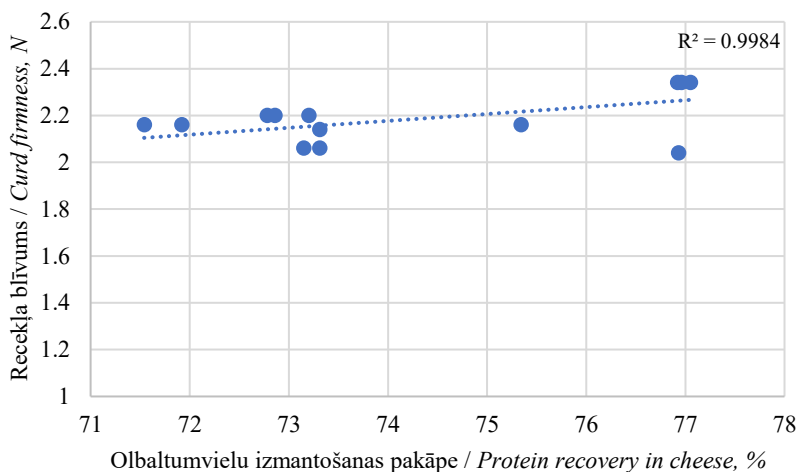
Olbaltumvielu izmantošanas pakāpe siera ražošanā / Protein recovery in cheese production

Sastāvdaļas / Components	Vasaras sākums / Early summer	Vasaras beigas / Late summer	Rudens sākums / Early autumn	Rudens beigas / Late autumn
Olbaltumvielu saturs pienā / Protein content in milk, %	2.98±0.02 ^a	3.48±0.01 ^b	3.65±0.01 ^{bc}	3.82±0.01 ^c
Olbaltumvielu saturs sūkalās / Protein content in whey, %	0.80±0.01 ^a	0.94±0.01 ^b	0.84±0.00 ^a	1.08±0.01 ^c
Olbaltumvielu izmantošanas pakāpe / Protein recovery in cheese, %	73.15±0.15 ^a	72.86±0.14 ^{ab}	76.96±0.03 ^c	71.73±0.15 ^b

Rādītāji ar dažādiem burtiem rindās būtiski atšķiras starp sezonām ($p<0.05$).

Results marked with different letters in rows differ significantly between the seasons ($p<0.05$).

Lielākā olbaltumvielu izmantošanas pakāpe noteikta rudens periodā ražotā sierā un ir cieši saistīta ar iegūtā recekļa blīvuma augstākajiem rādītājiem, attiecīgi 2.16 N un 2.34 N. Attiecības starp šiem rādītājiem, sakarību skaidrošanai, apkopotas 4. attēlā.



4. att. Iegūtā recekļa blīvuma saistība ar olbaltumvielu izmantošanas pakāpi siera ražošanā / Fig. 4. Relationships between curd firmness and protein recovery in cheese

Analizējot iegūtā recekļa blīvuma saistību ar olbaltumvielu izmantošanas pakāpi sierā, konstatēta cieša pozitīva korelācija ($r=0.99$). Turklāt tieši olbaltumvielu izmantošanas pakāpe optimālākā konstatēta rudens periodā iegūtā sierā. Sakarības starp recekļa blīvumu un tauku izmantošanas pakāpi šajā pētījumā nav meklētas, jo kopējā tauku izmantošanas pakāpe ir zema, lai gan rudens periodā ir tendencei tai palielināties. Kazas piena sastāvs siera ražošanai nav mainīts, kā to novēro govs piena gadījumā, standartizējot to. Standartizācija palīdz veidot stingrāku recekli, turklāt tā ir iespējams regulēt arī tauku un olbaltumvielu attiecību. Standartizācija ir process, kas palīdz nodrošināt ražotajam sieram noteiktos kvalitātes rādītājus (skatīt 21. tabulā).

Analizējot iegūtos siera kvalitātes rādītājus, siera beztauku daļas mitruma saturs atbilst puscieto/pusmīksto sieru grupai, kas ir robežās no 54 līdz 69 % (Ozola & Ciproviča, 2002) un šajā pētījumā vidējais rādītājs bija 55.06 % (atbilst 1. tabulā norādītajiem kritērijiem). Tauku saturs sieram noteikts pēc presēšanas, tam parasti ir jābūt par 1% augstākam kā paredzēts gatavā sierā, jo sālot siera sausna palielināsies uz sāls rēķina. Iegūtais siera beztauku daļas mitruma saturs (SBDM) ir atbilstošs šādam sieram, turklāt siera masa sāļšanas procesā samazinājās par 0.50 – 1.00 %, kas apstiprina masas zudumus.

21. tabula / Table 21

Siera kvalitātes rādītāji / Cheese quality indices

Rādītāji / Parameters	Min	Max	Vidēji / Average
Tauku saturs / Fat content, %	23.53	34.47	27.32±4.38
Tauku saturs siera sausnā / Fat-on-dry basis, %	38.30	45.17	40.82±2.67
Ūdens saturs / Moisture content, %	35.37	41.99	38.57±3.31
Siera beztauku daļas mitruma saturs / Moisture in cheese non-fat matter, %	54.91	55.22	55.06±0.12

Apkopojot pētījuma rezultātus par kazas piena sastāva un kvalitātes ietekmi uz pusciētā saldpiena kazas piena siera ražošanu, rezultātu kopsavilkums atspoguļots 22. tabulā.

22. tabula / Table 22

Pusciētā saldpiena kazas piena siera ražošanu ietekmējošo faktoru kopsavilkums / The summary of factors affecting rennet-induced semi-hard goat milk cheese production

Rādītāji & sastāvdaļas / Indicators & components	Recināšanas laiks / Renneting time	Receklā blīvums / Curd firmness	Tauku izmantošanas pakāpe / Fat recovery in cheese	Olbaltumvielu izmantošanas pakāpe / Protein recovery in cheese	Siera iznākums / Cheese yield	Siera beztauku daļas mitruma saturs / Moisture in cheese non-fat matter
Sausnas saturs / Solid content	p<0.05	p<0.05	n.k.	n.k.	p<0.05	n.k.
Tauku saturs / Fat content	p<0.05	p<0.05	p<0.05	n.k.	p<0.05	n.k.
Olbaltumvielu saturs / Protein content	p<0.05	p<0.05	n.k.	p<0.05	p<0.05	n.k.
Laktozes saturs / Lactose content	n.k.	p<0.05	n.k.	n.k.	n.k.	n.k.
Sezona / Season	p<0.05	p<0.05 (rudens)	p<0.05	p<0.05	p<0.05	n.k.
Šķime / Breed	n.k.	p<0.05	n.k.	n.k.	n.k.	n.k.
Laktācija / Lactation	n.k.	p<0.05	n.k.	n.k.	n.k.	n.k.

n.k. – nav konstatēts / not detected

Puscietā saldpiena kazas siera tehnoloģisko procesu ietekmē gan piena sastāva izmaiņas, gan sezona. Augstvērtīga siera iznākuma nodrošināšanai, jāņem vērā piena sastāvs un rūpīgi jāizvēlas atbilstošs tehnoloģiskais process siera ražošanai.

SECINĀJUMI

1. Analizējot šķirnes ietekmi, noskaidrots, ka
 - Latvijas vietējo kazu pienā ir mazāks somatisko šūnu skaits nekā Zānes kazu šķirnei un piena šķirņu krustojumu kazām;
 - piena šķirņu krustojumu kazas spēj nodrošināt augstu tauku un olbaltumvielu saturu pienā;
 - taukskābju satura analīze pierāda, ka nav būtisku atšķirību starp noteiktajām taukskābēm dažādu šķirņu kazu un to krustojumu pienā, izņemot sviestskābi un kapronskābi, ļaujot prognozēt izejvielas viendabīgumu piena produktu ražošanā;
 - lielākā tauku un olbaltumvielu attiecība noteikta piena šķirņu krustojumu kazu pienā, augstākie recekļa blīvuma rādītāji ZK kazu un LVK kazu pienā.
2. Vērtējot laktācijas ietekmi uz kazas piena sastāvu un tehnoloģiskām īpašībām, konstatēts, ka
 - laktāciju skaitam ir būtiska nozīme ganāmpulkā, tostarp lielākā somatisko šūnu skaitā;
 - recekļa blīvums samazinās, palielinoties laktācijai, piena sastāva izmaiņu, mazākas tauku un olbaltumvielu attiecības un lielāka somatisko šūnu skaita dēļ.
3. Skaidrojot sezonas ietekmi, izzināts, ka
 - rudens sākumā iegūtā kazas piena sastāvs ir ar augstāko olbaltumvielu izmantošanas pakāpi un piemērotāks puscietā saldpiena siera ražošanai;
 - sezonai ir būtiska ietekme uz iegūtā recekļa blīvumu un piena recēšanas laiku ar fermentu siera ražošanā, apstiprinot īsāku kazas piena recināšanas laiku rudens sezonā.
4. Somatisko šūnu skaitam ir būtiska ietekme uz piena recināšanas rādītājiem, augstāku recekļa blīvumu konstatējot kazas pienam ar mazāku somatisko šūnu skaitu.
5. Īstenotās ciltsdarba programmas kazkopjiem ir ļāvušas samazināt somatisko šūnu skaitu kazas pienā, pamatojot ieteicamo somatisko šūnu skaita robežvērtību pārstrādei $\leq 1,000,000 \text{ mL}^{-1}$.
6. Vērtējot kazas piena piemērotību puscietā saldpiena kazas piena sieru ražošanā, noskaidrots, ka:
 - rudens sezonā gatavotajam sieram ir optimāls iznākums, ko apliecina augstākā tauku un olbaltumvielu izmantošanas pakāpe un mazāks izejvielu patēriņš 1 kg siera ražošanai;

- olbaltumvielu izmantošanas pakāpe siera ražošanā korelē ar iegūtā recekļa blīvumu, apstiprinot ciešu pozitīvu sakarību ($r=0.99$);
 - iegūto siera partiju kvalitātes rādītāji atbilst ražojamā siera tauku saturam siera sausnā, siera beztauku daļas mitruma saturam un piena patēriņa rādītājiem 1 kg siera ražošanai.
7. Pētījumā pierādīta darba hipotēze, ka kazu šķirnei, laktācijai un sezonai ir būtiska ietekme uz kazas piena kvalitāti.

RELEVANCE OF THE STUDY

Goat milk plays an important role in human nutrition owing to its chemical composition, which closely resembles that of human milk, as well as its high protein bioavailability and lower allergenic potential, making it a suitable alternative for individuals intolerant to cow's milk. Goat milk contains both macro- and micronutrients, has higher concentrations of zinc, iron and magnesium, and is particularly suitable for individuals with digestive, respiratory, and metabolic disorders.

While global goat milk production has increased over the past two decades, reaching approximately 20 million tonnes annually, the European Union has experienced a decline in goat populations due to structural changes in agriculture and the economic downturn of the traditional goat farming sector in the Mediterranean region. In Latvia, a decline in the number of small and medium-sized farms has also been observed in recent years, alongside a shift towards alternative forms of economic activity, including rural tourism, thereby affecting milk production volumes. Research into the composition of goat milk and its suitability for processing is therefore essential, both for generating evidence-based findings and for enhancing the competitiveness of the dairy industry.

In Latvia, no studies have been conducted on the impact of goat milk composition and quality on the production of dairy products, including cheese, and it should be encouraged. Understanding the influence of breed, lactation stage, and season on goat milk quality enables the optimisation of production processes, the reduction of technological losses, and the improvement of final product quality. For this purpose, it is necessary to identify patterns in changes in milk composition and the suitability of goat milk for cheese production, as well as the factors affecting its quality and yield.

Although the Latvian Native goat breed is inferior to the Saanen goat breed in terms of milk yield, it is better adapted to Latvian climatic conditions and exhibits greater natural resistance to disease, which is essential for the development of sustainable goat herds. Consequently, greater emphasis should be placed on the conservation and targeted breeding of the Latvian Native goat breed. Breeding plays an important role in improving animal productivity and health, including the quantity and quality of goat milk for processing.

Research conducted in Latvia to date has focused primarily on the genetics of the Latvian Native goat breed. It is equally important to assess the productivity and characteristics of goat breeds bred in Latvia from the point of view of dairy production and quality. Scientific literature increasingly investigates the suitability of goat milk for the production of rennet-induced cheeses, as well as the factors contributing to variations in milk composition, including feed, grazing season, breed, lactation, and stage of lactation.

Cheese is the most highly valued goat milk product, and even minor factors that increase cheese yield are of considerable importance to producers. Milk quality, including somatic cell counts (SCC), is of particular importance for producing qualitative milk and cheese. Somatic cell count is one of the most important indicators of milk quality in goats, reflecting both animal health status and the technological quality of the milk. Studies have shown that elevated SCC levels are associated with changes in the chemical composition of milk, including reductions in lactose, fat, and casein content, which negatively affect the cheese-making process. In many parts of the world, including Latvia, no limits have been established for the SCC content of goat milk. Therefore, the study of the technological properties of Latvian goat milk for cheese production should take goat breed characteristics, feeding and housing conditions, somatic cell count, lactation stage, and seasonal factors into account. In addition, the efficient use of local resources and the production of high-quality products contribute to rural development and the provision of healthy food raw materials for Latvian society.

Hypothesis of the doctoral thesis: The goat breed, lactation, and season have a significant influence on the technological characteristics of goat milk in the production of semi-hard rennet-induced cheese.

The research hypothesis is supported by the following **theses**:

1. Genetic differences between goat breeds influence milk composition and the characteristics relevant to the production of semi-hard rennet-induced cheese.
2. The lactation and season cause changes in the quality of goat milk, thereby affecting its technological characteristics relevant to the production of semi-hard rennet-induced cheese.
3. The somatic cell count has a significant influence on the technological characteristics of goat milk for the production of semi-hard rennet-induced cheese.
4. The suitability of goat milk for the production of semi-hard rennet-induced cheese is closely linked to patterns of compositional change associated with breed, lactation and season.

The aim of the doctoral thesis: to analyse the quality of goat milk produced in Latvia for the production of semi-hard rennet-induced cheese.

Objectives of the research:

1. To determine the chemical composition of goat milk and the relative proportions of its individual components required for the production of

semi-hard rennet-induced cheese with the desired technological characteristics.

2. To analyse the influence of breed, lactation, and season on the composition and quality of goat milk, including somatic cell count.
3. To evaluate the coagulation properties of goat milk using a rennet, and to identify the factors influencing these properties.
4. To investigate the suitability of goat milk for the production, quality, and yield of semi-hard rennet-induced cheese.

Scientific significance of the thesis:

- The patterns of variation in the composition of Latvian goat milk as influenced by breed, lactation stage, and season, as well as their significance for the production of semi-hard rennet-induced goat milk cheese, are investigated.
- The effect of somatic cell count on the processing of Latvian goat milk and the quality of the resulting semi-hard rennet-induced goat milk cheese was evaluated.

Economic significance of the thesis:

- The results of the study contribute to an understanding of patterns of variation in milk composition in relation to quality, yield, and technological losses associated with the production of semi-hard rennet-induced goat milk cheese.
- Research has demonstrated that the composition and technological characteristics of goat milk produced during the early autumn season are suitable for the efficient production of semi-hard rennet-induced goat milk cheese.

The research was co-financed with the support of the Research Programme “Strengthening of Scientific Capacity at LLU” project No. Z34 “Quality of Latvian goat milk for cheese production” (2019 – 2021) and Recovery Fund Programme No. 5.2.1.1.i.0/2/24/I/CFLA/002 “Strengthening of LBTU Institutional Capacity for Excellence in Studies and Research” (ANM1) “Quality of Latvian goat milk for cheese production” (AF29).



"Zinātniskās kapacitātes stiprināšana LLU"

APPROBATION OF THE SCIENTIFIC WORK

The results of the research have been summarised and published in 4 publications in English, indexed in Scopus and/or Web of Science databases.

1. Marcinkoniene, L. & Ciprovica, I. (2019). Goat milk quality in late lactation. FoodBalt 2019, 13th Baltic conference on food science and technology “Food Nutrition, Well-Being”, *conference proceedings*, Jelgava, 2–3 May. Latvia University of Life Sciences and Technologies, Faculty of Food Technology, Jelgava: LLU, 2019. pp. 258 – 260. ISSN 2255 – 9817. <http://doi.org/10.22616/FoodBalt.2019.034>
2. Marcinkoniene, L. & Ciprovica, I. (2020). The influence of milk quality and composition on goat milk suitability for cheese production. *Agronomy Research. Vol. 18*(S3), pp.1796 – 1803. ISSN 1406 – 894X. <https://doi.org/10.15159/AR.20.094>
3. Marcinkoniene, L. & Ciprovica, I. (2023). Fatty acid composition of different breed goat milk. *Rural Sustainability Research. Vol. 49* (344), pp. 35 – 39. <https://doi.org/10.2478/plua-2023-0005>
4. Marcinkoniene, L. & Ciprovica, I. (2026). Fluctuations in goat milk composition during processing. *Dairy*, 7 (1), 5. <https://doi.org/10.3390/dairy7010005>

The results of the research were presented at 7 international scientific conferences in Latvia, Estonia, Belgium, and Spain:

1. Marcinkoniene, L. & Ciprovica, I. (2019). Goat milk quality in late lactation. 13th Baltic Conference on Food Science “Food. Nutrition. Well-Being” and NEEFood 2019 5th North and East European Congress on Food. Jelgava, Latvia, 2 – 3 May 2019 (oral presentation).
2. Marcinkoniene, L. & Ciprovica, I. (2019). Latvian goat milk processing potential. International scientific conference “Research for Rural Development 2019”, Jelgava, Latvia, 15 – 17 May (oral presentation).
3. Marcinkoniene, L. & Ciprovica, I. (2020). The influence of milk quality and composition on goat milk suitability for cheese production. International scientific conference “Biosystems Engineering 2020”, Tartu, Estonia, 6 May 2020, online platform (oral presentation).
4. Marcinkoniene, L. & Ciprovica, I. (2020). Latvian dairy goat breeds as Saanen, Latvian Native and crossed breed suitability for cheese production 8th IDF International Symposium on sheep, goat and other non-cow milk, Brussels, Belgium, 4 – 6 November, online platform (poster presentation).
5. Marcinkoniene, L. & Ciprovica, I. (2021) Seasonal impact on goat milk quality in Latvian goat breeds. International scientific conference “Research for Rural Development 2021”, Jelgava, Latvia, 12 – 14 May 2021, online platform (oral presentation).

6. Marcinkoniene, L. & Ciprovica, I. (2022). Fatty acid composition of goat milk in organic farming. International scientific conference “Research for Rural Development 2022”, Jelgava, Latvija, 18–20 May 2022, online platform (oral presentation).
7. Marcinkoniene, L. & Ciprovica, I. (2025). Seasonal variation of goat milk casein and their relationship to cheese production. 13th European Regional Conference of the International Goat Association (IGA), Tenerife, Spain, 14–17 May 2025 (oral presentation).

The results of the thesis were presented at Goat Days 2025, an event promoting the goat breeding sector:

- “Quality of goat milk in cheese production” (oral presentation), and the final event of the Goat Days 2025 skills development programme (on the ZOOM platform)
- “Effect of somatic cells on milk composition and coagulation characteristics in goats” (oral presentation).

MATERIALS AND METHODS

Description of the study site and object

The study analysed the milk of Latvian Native (LVK), Saanen (ZK), Anglo Nubian (AN) goat breeds (only in the context of assessing the productivity of the farm’s goats), including crossbred dairy (XP)⁷ goats. The animals were kept in the goat herd of SIA “Līcīši Ltd” (Jelgava Municipality, Cenu Rural Territory, “Līcīši”, LV-3018), which was one of the five largest goat herds in Latvia at the time of the study⁸.

The research for the doctoral thesis commenced in spring 2018 and continued until 2023. From 2024 to 2026, the research results were analysed and validated, and the doctoral thesis was written.

In this study, the animals were kept in the same conditions and fed the same feed. The study analysed 1606 individual goat milk samples (n=891 samples analysed by the author) and 38 bulk samples. The 2018 – 2023 on-farm monitoring data (n=715) were also used for the research data analysis. Information on age, lactation, pedigree, purity, breed, and productivity is obtained from the Agricultural Data Centre database (currently the Rural Support Service database).

At the beginning of the study, individual milk samples were taken from LVK, ZK and XP goats to assess milk composition and variability within breed, lactation, and season. Clinically healthy dairy goats (n=95) from the 1st to 7th

⁷ Crossbred dairy goats based on LVK and AN breeds (with 40 % and 60 % bloodiness)

⁸ Latvian Goat Farming Industry Report 2018 (Piliena, Garkalne & Jonkus, 2019)

lactation were included in the study to analyse milk quality parameters across lactations. The selection of animals allowed the creation of 3 study groups, divided by breed into ZK, LVK and XP, including animals from the 2nd to 4th lactation. Each group consisted of 10 animals for milk sampling. Milk samples were collected once a month, and an average of 30 individual milk samples were collected per sampling event. Bulk milk samples were taken 1 – 2 times a month. The individual milk samples were sent to the Piensaimnieku laboratorija Ltd. laboratory for the determination of casein content and somatic cell count in goat milk. Milk chemical composition (fat, protein, lactose, solids-non-fat, dry matter content, and freezing point) and milk renneting analyses were carried out at the pilot plant of Latvia University of Life Sciences and Technologies (LBTU) (currently the Food Institute). Milk monitoring data analysed in the laboratory of Piensaimnieku laboratorija Ltd. for fat, protein, casein, lactose, urea, and somatic cell counts in goat milk samples were also used to evaluate the results.

To assess the effect of goat milk composition on the sensory characteristics of milk and curd firmness, 15 individual goat milk samples and 5 bulk milk samples were analysed for fatty acid composition and content. Individual samples were taken from LVK goats (n=5, fifth lactation), ZK goats (n=5, third lactation) and XP goats (n=5, fourth lactation), selecting five goats of the same lactation for representative results, as well as for the bulk milk sample. The samples were analysed in the laboratory of Hamilton Baltic Ltd.

Research design

The research has been carried out in five stages to structure the process of the study (Figure 1). **The first stage** is a detailed study of the situation of goat breeding in Latvia, analysing the results of monitoring and breeding programmes. **The second stage** comprehensively evaluated the milk composition of the goats on the study farm in terms of breed, lactation, and season. **The third stage** investigates the SCC, an important indicator of milk quality and still widely debated among goat farmers. Milk composition and its variability in the context of suitability for cheese production and quality criteria relevant to cheese-making are assessed in **the fourth stage**. **In the fifth stage**, semi-hard rennet-induced cheese (using Gouda cheese technology) was produced, and its yield was evaluated according to goat milk composition, renneting characteristics, and fat and protein recovery in the cheese.

The research structure is summarised in Fig. 2, which shows the parameters determined for goat milk samples and the grouping by SCC. In a follow-up study, milk samples were obtained from goats that could be compared according to breed, lactation stage, and season.

When analysing the effect of somatic cell count on goat milk quality, including compositional parameters, the results were divided into four groups according to somatic cell count, which was converted into somatic cell score (SCS) following the method described by Schutz et al. (1990).

The seasons studied are defined as follows:

- spring (March-April);

- early summer (May – June);
- late summer (July – August);
- early autumn (September – October);
- late autumn (November).

Semi-hard rennet-induced goat milk cheese production

Semi-hard rennet-induced goat milk cheese, manufactured using Gouda-type cheese technology⁹, was produced from bulk goat milk collected in June, August, September, and October during the study period, thereby representing the seasons evaluated in the study (early summer, late summer, early autumn, and late autumn). Considering the kidding period of the goats and the changes in milk composition occurring during early lactation, milk produced in the spring season was excluded from cheese production. The quality characteristics of semi-hard Gouda cheese, according to Codex Alimentarius standard CXS 266-1966, are summarised in Table 1.

For each cheese production trial, milk was collected from goats selected for the study following the individual analysis of milk composition. On average, 30 kg of raw goat milk is used per production trial. The composition, pH, and acidity of the bulk milk were determined using titrimetric methods.

The technological parameters for cheese-making are summarised in Table 2.

The pH and acidity (°T) of the milk and whey were monitored during the cheese-making process. The curd firmness was determined. In the cheese-making process, the yield of cheese and whey was calculated, and the composition of the whey was determined. The moisture content, fat content, fat-on-dry basis, and moisture in cheese non-fat matter were determined for the fresh cheese after pressing. The cheese was wrapped in thermoshrink film and ripened for up to 40 days at + 12 °C, corresponding to the prototype of a young Gouda cheese.

Characteristics and methods of analysis to be determined for goat milk

Individual raw milk samples were collected by hand-milking the goats after disinfecting the udder with Eima Euterwasch (Poland) and discarding the first streams of milk. Milk samples were collected using a clean ladle and transferred into disposable polypropylene containers (50 mL) or sterile glass jars (200 mL) for the determination of curd firmness. The samples were placed in a cold bag with cold elements and taken to the laboratory for analysis.

Analysis of milk composition

Samples were analysed with a MilkoScan™ Mars analyser (Foss, Denmark) (Food Institute laboratory) or a MilkoScan FT 6000 analyser (Foss, Denmark) (Piensaimnieku laboratorija Ltd.).

The composition of the milk was analysed in accordance with the requirements of ISO 9622:2013 “Milk and liquid milk products. Guidelines for the application of mid-infrared spectrometry”. The milk was analysed for fat content (%), protein content (%), lactose content (%), solids-non-fat content (%),

⁹ Gouda cheese is a semi-hard rennet-induced cheese

total dry matter content (%), and freezing point (°C) using a calibration developed for the analysis of goat milk composition.

The study also utilised milk monitoring data from 2018 to 2023, analysed at the laboratory of Pienšaimnieku laboratorija ltd. in accordance with ISO 9622:2013 for fat content (%), protein content (%), lactose content (%), casein content (%), somatic cell count (thousand mL⁻¹), and urea content (mg dL⁻¹).

Fatty acid composition and content analysis

The fatty acid composition and content of goat milk were analysed at the laboratory of SIA Hamilton Baltic using the laboratory's accredited method PB-365, edition 1.

Somatic cell count analysis

Somatic cell count (SCC) was determined according to EN ISO 13366-2:2007 "Milk. Somatic cell counting. Part 2: Guidance on the operation of fluoro-opto-electronic counters", using a Fossomatic FC analyser (Foss, Denmark). For comparative purposes, somatic cell counts were expressed as somatic cell score (SCS), calculated according to the methodology described by Schutz et al. (1990):

$$SCS = \log_2\left(\frac{SCC}{100,000}\right) + 3, \quad (1)$$

where: SCS – somatic cell score;

SCC – somatic cell count, thous. mL⁻¹;

3 – empirically developed coefficient.

The milk samples were divided into four groups based on the presence of SCC in the milk sample. Group boundaries were defined as described in Desidera et al. (2025) and Tvarožková et al. (2023), adjusting for on-farm SCC data collected during the study. Considering the small number of samples with somatic cell counts ranging from 500 to 999 thous. mL⁻¹, and the significant number of samples with cell counts above 2000 and 4000 thous. mL⁻¹, the author refined the grouping. The groups and the SCS are shown in Table 3.

Analysis of casein content

Casein content was determined according to ISO 9622/IDF141:2013 using a MilkoScan FT 6000 analyser (Foss, Denmark).

The casein content of goat milk was analysed seasonally.

Determination of pH and acidity of milk and whey

pH was determined in accordance with ISO 5546:2010 "Caseins and caseinates. Determination of pH (Reference method)", using a portable HALO2 (HANNA Instruments, Romania) or a stationary SevenCompact pH S220 (Mettler Toledo, USA). The electrode was calibrated before measurement with standard solutions pH 4.01 (DuraCal Buffer, Switzerland) and pH 7.00 (Hamilton Bonaduz AG, Switzerland).

The titratable acidity of milk and whey was determined according to LVS ISO 6091 "Milk powder. Determination of titratable acidity (Reference method)", using 0.1 M NaOH, and the volume of alkali consumed was multiplied by 10 to express the result in degrees Thorner (°T).

Determination of curd firmness

For the determination of curd firmness, the samples were analysed with a TA.HD.plus Texture Analyser (UK). 50 mL of raw milk is poured into a beaker and heated to 35 °C. One millilitre of 1% rennet solution (CHY-MAX Ultra 1000, Chr. Hansen, Denmark) was added to the sample, thoroughly mixed for 10 s, and incubated at 35 °C for 30 min in a water bath (WB22, Germany). The resulting curd is analysed for firmness using the compression method. Technical data of the method: used tip A/BE – 45, test speed 1.0 mm s⁻¹, tip penetration depth 8 mm (Petrovska et al., 2017).

Determination of the fat content of cheese and fat-on-dry basis

The fat content of the cheese is determined according to ISO 19662:2018 “Milk. Determination of fat content. Acido-butyrometric (Gerber method)”. The butyrometers are centrifuged in a Nova Safety Centrifuge (Funke Gerber, Germany) for 5 min. The fat content is calculated according to the formula:

$$T = \frac{x \cdot 11}{m}, \quad (2)$$

where: T – fat content of cheese, %;

x – reading from the scale of the fat meter, %;

m – cheese weight, g;

11 – coefficient for converting the fat meter reading into a percentage.

Fat-on-dry basis is calculated using the following formula:

$$T_s = \frac{T \cdot 100}{100 - M}, \quad (3)$$

where: Ts – fat-on-dry basis, %;

T – fat content of cheese, %;

M – moisture content of cheese, %.

Determination of moisture in cheese and determination of moisture in cheese non-fat matter

The moisture content of the cheese was determined according to EN ISO 5534:2004 “Cheese and processed cheese. Determination of the total solids content (Reference method)”, by heating the cheese to constant weight + 130 °C in a drying oven (Memmert, UF 55, Germany). The moisture content was calculated according to the formula:

$$M = \frac{g - g_1}{g - g_0} \cdot 100, \quad (4)$$

where: M – moisture content of cheese, %;

g – weight of foil with cheese until drying, g;

g₁ – weight of foil with cheese after drying, g;

g₀ – weight of foil, g.

Moisture in cheese non-fat matter (SBDM) is determined according to the formula:

$$SBDM = \frac{M}{100 - T} \cdot 100, \quad (5)$$

where: SBDM – moisture in cheese non-fat matter, %;

M – water content of cheese, %;

T – fat content of cheese, %.

The parameters to be determined, methods, and standards used for the analysis of milk samples are summarised in Table 4.

Mathematical statistics of the data

Microsoft Excel 2016 was used for descriptive statistical analysis, including the calculation of statistical indicators and the preparation of charts and figures, while IBM® SPSS® Statistics 20.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) was used for statistical data analysis. The arithmetic mean and standard deviation (Descriptive Statistics) were calculated for the data. The effect of a factor on the variability of the analysed traits was determined by a single-factor analysis of variance (ANOVA Single Factor) and t-test (Paired Two Sample for Means) (assuming equal variances in both populations), with the significance level ($p < 0.05$). All indicators were measured in triplicate.

RESULTS AND DISCUSSION

1. Changes in the composition of goat milk as influenced by breed

Individual goat milk samples ($n=891$) collected during the study were analysed for milk composition and quality, and the results are summarised in Table 5.

Significant differences in dry matter content were observed between breeds, with XP goats exhibiting a significantly higher dry matter content ($p=0.001$), whereas no significant differences were found in solids-non-fat content. Similar findings have been made by scientists in Nepal when analysing the solids-non-fat content of goat milk, with a range of 7.27 to 7.48 % (Dahal et al., 2026). The results of the Algerian study are close to the data for ZK goat milk and comparable to the average for Nepalese ZK goat milk (Bouderka et al., 2025; Dahal et al., 2026).

In this study, the highest fat and protein contents were found in the milk of crossbred dairy goats (3.65 % and 3.61 %), while the fat content was significantly different between LVK and ZK goats ($p=0.000$). The protein content was significantly different between XP and ZK goats ($p=0.006$). A study conducted by Lithuanian researchers (Laučienė et al., 2022) reported similar results, with XP goats (crosses between ZK and AN breeds) exhibiting the highest milk fat (XP 3.98 %, ZK 3.57 %) and protein contents (XP 3.15 %, ZK 2.96 %). A study investigating local Italian goat breeds found that the fat content of ZK goat milk was up to 20% lower than that of local goat breeds (Curro et al., 2019). These findings suggest that crossbred dairy goats have strong potential for the production of milk with elevated fat and protein content.

In this study, the highest lactose and urea contents were found in the milk of goats of the Saanen breed, 4.50 % and 67.90 mg dL⁻¹, respectively. No significant differences in lactose content were observed between breeds, and similar conclusions have also been reported by other authors (Smistad et al., 2024). The

variation in the freezing point of the milk was not significantly different between varieties, and ranged from - 0.492 to - 0.496 °C. The established somatic cell score was lower in Latvian Native goats (6.68) but higher in crossbred dairy goats (7.30). A study by Currò et al. (2019) found that the ZK has a higher SCS (6.81) in milk than the average for local goat breeds (4.68). Other studies have concluded that local breeds have a higher SCC in milk than the ZK breed (Marcinkoniene & Ciproviča, 2020; Laučienė et al., 2022), confirming the results obtained in our study in crossbred dairy goats. In addition, goat milk is processed using milk obtained from all lactating goats on the farm, resulting in a more stabilised composition of the bulk milk and explaining the wide variation observed in the production results of dairy products.

When analysing goat milk by breed, particular attention should be paid to milk fat composition, as it affects not only the sensory characteristics of the milk but also the yield of dairy products. Scientific studies have confirmed differences in the fatty acid composition of milk among goat breeds maintained under the same feeding and housing conditions.

Although the composition of goat milk in Latvia has primarily been analysed in relation to genetic factors, the fatty acid composition and content of milk from goats of different breeds and dairy crossbreeds, as well as bulk milk, have not yet been investigated. The fatty acid composition and content in goat milk was shown in Table 6.

The milk of the Latvian Native goat breed varied in fat content, ranging from 2.37 % to 3.55 %. All goat milk samples analysed showed a fatty acid profile consistent with goat milk described in the literature (Martínez-Marin et al., 2011; Mollica et al., 2021). It is characterised by an increased content of medium-chain fatty acids (C6:0, C8:0 and C10:0) and a relatively lower content of polyunsaturated fatty acids compared to milk of other farm animals (Selvaggi et al., 2014; Park et al., 2017). A significantly higher butyric acid content (0.12 g 100 g⁻¹) was found in the milk of goats of the Saanen breed, which is comparable to the results of Park (2009) m. Lithuanian researchers analysing the fatty acid composition of goat milk reported the highest butyric acid content in the milk of crossbred ZK and AN goat (0.14 g 100 g⁻¹) (Laučienė et al., 2022). Compared with the other breeds studied, milk from the Latvian Native goat breed contained lower levels of fat and total saturated and monounsaturated fatty acids. However, the capric acid content was lower in Saanen goat milk (0.18 g 100 g⁻¹) than in LVK goat milk (0.20 g 100 g⁻¹). Milk from crossbred dairy goats contained higher concentrations of myristic acid (0.26 g 100 g⁻¹), palmitic acid (0.96 g 100 g⁻¹), and oleic acid (0.90 g 100 g⁻¹). However, significant differences were only observed for capric and caprylic acid concentrations in Saanen goat milk. Although the total monounsaturated fatty acid content was higher in the milk of crossbred dairy goats, the differences were not statistically significant. Similarly, Voblikova et al. (2020) reported the highest concentrations of unsaturated fatty acids, including linoleic acid and oleic acid, in the milk of crossbred dairy goats (0.13 and 0.90 g 100 g⁻¹, respectively). Comparable results for oleic acid (0.90 ±

0.31 g 100 g⁻¹) were also observed in the milk of crossbred dairy goats in the present study. The fatty acid profile of bulk milk consisted of 68 % saturated fatty acids, 23 % monounsaturated fatty acids, and 4.3 % polyunsaturated fatty acids. Researchers from various countries have evaluated the fatty acid distribution in goat milk, reporting saturated fatty acid contents ranging from 59 % to 74 %, monounsaturated fatty acid contents from 19 % to 36 %, and polyunsaturated fatty acid contents from 2.60 % to 5.60 % (Koop et al., 2010; Mollica et al., 2021; Vulić et al., 2021; Laučienė et al., 2022; Šlyžius et al., 2023). It should be noted that the results of our study fall within these ranges.

On the positive side, the polyunsaturated fatty acid content ranges from 3.14 to 4.32 % in goat milk, which are above the average values found in the studies of Koop et al. (2010), Mollica et al. (2021), Vulić et al. (2021), Laučienė et al. (2022), and Šlyžius et al. (2023).

Fatty acid analysis showed no significant differences in the fatty acid profiles of milk obtained from different goat breeds and crossbreeds, including bulk milk, with the exception of butyric and caproic acids. This indicates a relatively homogeneous fatty acid composition of the raw material for dairy product manufacture.

2. Changes in the composition of goat milk as influenced by lactation

Changes in goat milk composition according to lactation number are summarised in Table 7, which presents the results for goats in second, third, and fourth lactation.

When assessing the effect of lactation on the composition of goat milk, it was observed that the fat and protein contents decrease with the third lactation (3.25 % and 3.40 %, respectively), but a slight increase is observed in the fourth lactation (3.32 % and 3.45 %, respectively). This trend is in line with studies conducted by other researchers (Urbańska, et al., 2023; Boshoff et al., 2024). Albenzio et al. (2016) and Stojiljković et al. (2025), in studies of Saanen goats, observed a decrease in milk fat and protein content during the third lactation (from 3.78 % to 3.65 % and from 3.41 % to 3.32 %, respectively), followed by an increase during the fourth lactation (to 3.73 % and 3.36 %, respectively). The authors attributed these changes to the maturity and physiological characteristics of the animals. Lactose content increases slightly from the second to the third lactation and stabilises, maintaining similar values in the fourth lactation. In turn, Ibrahim & Jalil (2022) observed a similar trend of increasing lactose content in goat milk from the 2nd to the 3rd lactation (from 4.23 % to 4.27 %, respectively) with a decrease in the 4th lactation (4.10 %). The authors attributed these changes to the animals' metabolism and the increase in milk yield, as well as nutrient balance. The urea content of goat milk decreased with each lactation, from 68.08 to 66.79 mg dL⁻¹. Our study found an increased urea content in goat milk

compared to studies by other researchers. The preferred urea content of goat milk is between 30 and 45 mg dL⁻¹. At these concentrations, goats produce maximum milk yield and protein content, indicating a balanced protein-energy ratio in the feed (Widayati et al., 2017; Ljoljić et al., 2023). As high milk urea content may indicate unbalanced feed intake or low nitrogen utilisation efficiency (Sadrucci et al., 2019), total urea concentrations exceeding 66 mg dL⁻¹ in the milk of the analysed goats may be associated with increased SCC. Correlations between milk urea content and other milk parameters, including protein and fat content ($r=0.08$) and somatic cell count ($r=0.11$), were analysed in the present study; however, the correlations identified were very weak or not statistically significant.

The freezing point of goat milk did not differ significantly between lactations, ranging from -0.495 to -0.490 °C. Somatic cell scores differed significantly according to lactation number, with the lowest value (6.81) observed in second-lactation goats, while goats in their third and fourth lactation exhibited higher SCS. Similar findings have been reported by Spanish researchers (Salomone-Caballero et al., 2024), showing that SCC increases with lactation. This reflects changes in udder tissue as goats age, as well as their greater susceptibility to infectious agents (Salomone-Caballero et al., 2024; Smistad et al., 2024). The results and findings of the study indicate that, when assessing milk quality, it is advisable to consider the number of lactations within goat herds and to evaluate the development of the selected breed. Moreover, the SCS data obtained across different lactation stages indicate that lower SCS levels are associated with smaller changes in milk composition. The next chapter will therefore explain the seasonal effects on milk composition, including SCS.

3. Changes in the composition of goat milk as influenced by season

The season is one of the factors that influences the chemical composition of goat milk. It is closely linked to lactation, feed variety and quality, and climatic conditions. Air temperature and relative humidity are fluctuating factors that affect animal well-being and the volume and composition of milk synthesised. Table 8 summarises the seasonal changes in the composition of goat milk.

The analysis shows that the highest fat content was found at the beginning and end of summer (3.29 %), but the lowest was in spring (2.69 %). The protein content of goat milk did not vary significantly with the season, and ranged from 3.23 to 3.30 %. Similar results were reported by Scano and Caboni (2022), who observed the highest protein content in goat milk at the end of lactation (October and November). The lactose content of goat milk differed significantly between spring and early summer and late summer and autumn, decreasing from 4.59 % to 4.41 %. Scano & Caboni (2022) also found a decrease in lactose content in goat milk from spring to autumn (4.54 % to 4.36 %). Other studies have also

reported a decrease in lactose content during late summer (Kljajevic et al., 2018; Pazzola et al., 2022), followed by a slight further decline in autumn. A decrease in lactose content from 4.59 % in spring to 4.41 % in autumn was also observed in the goat milk samples analysed in the present study. An analysis of seasonal changes in the milk composition of the ZK goat breed in Italy demonstrated a decrease in lactose content from spring to autumn, declining from 4.75 % to 4.36 %, respectively (Scano & Caboni, 2022). The highest lactose content (4.59 %) in goat milk was found in spring, when the lowest SCS (6.21) in milk was also determined. Higher lactose content and lower SCS have been associated with goats in early lactation during the initial grazing period, when high-quality pasture grass is available (Rupp et al., 2019; Podhorecká et al., 2021).

The lowest dry matter content of goat milk was found in spring (10.80 %) and autumn (10.74 %), explained by the availability of high-quality pasture grass in summer. The freezing point of milk varied seasonally between - 0.469 and - 0.500 °C, with a peak in autumn (- 0.469 °C). At the same time, lower dry matter (10.74 %), solids-non-fat (7.99 %) and lactose (4.41 %) contents were observed in goat milk in the same season. The relatively small variation in freezing point is due to the slight decrease in solids-non-fat, especially lactose (Kljajevic et al., 2018). In general, seasonal effects are important when analysing milk quality and suitability for dairy production (Inglingstad et al., 2014; Akshit et al., 2024). The observed seasonal variation in milk composition suggests that milk produced in late summer possesses the most favourable compositional characteristics; however, only spring-produced milk had a significant effect on somatic cell values (SCS).

4. Goat milk quality analysis

Monitoring somatic cell count (SCC) in goat milk is important, not only for goat health assessment, but also for evaluating milk suitability for processing and product manufacture, as well as the quality of the final products. In Latvia, no regulations governing SCC in goat's milk have been established; however, its analysis is necessary to assess the impact of cell count on the production, quality, and yield of dairy products. The results of the SCC in goat milk in goats from the study farm by breed and lactation are summarised in Table 9.

In 2020, the highest SCS were found in milk compared to other years of the study. In 2023, differences were observed in the SCS by goat breed (LVK – 6.51; ZK – 6.75 and XP – 6.56). Michlová et al. (2016) reported similar results in a study analysing the milk quality of ZK goats, observing higher levels of SCC in their milk. When assessing SCS in milk from goats of different breeds and dairy goat crossbreeds, a tendency towards lower SCS in milk from local breeds was observed. In crossbred dairy goats, crosses between ZK and LVK goats may also contribute to lower SCS in milk. A similar pattern was observed across lactations, with SCS values of 6.23 and 6.63 recorded in milk from goats in their second

and third lactation, respectively, except for fourth-lactation goat milk in 2019, where the SCS value was 6.44. Several studies (Bagnicka et al., 2011; Jimenez-Granado et al., 2014; Yusuff et al., 2021; Salomone-Caballero et al., 2024; Smistad et al., 2024) reported that the number of somatic cells in goat milk increases with each lactation. Smistad et al. (2024), analysing data from Norwegian dairy goats across several farms, identified lactation as one of the most important non-infectious factors contributing to increased SCC in milk.

Similar findings were reported by Salomone-Caballero et al. (2024), who observed that SCC tended to increase with lactation in dairy goats from the Canary Islands, with the greatest variation occurring during mid-lactation (June-July). The present study demonstrated that SCS in goat milk increased until the end of summer (July – August; 6.74 SCS) and declined slightly in autumn to 6.70 SCS (Table 3.9). Yusuff et al. (2021) also reported that third-lactation goats had significantly higher SCC in milk (216 thousand mL^{-1}) than first- (189 thousand mL^{-1}) and second-lactation goats (187 thousand mL^{-1}). In Latvia in 2020, the average SCS in goat milk was 6.62 (Goat Milk Monitoring Summary 2020), with a slightly higher value for on-farm dairy goat milk (6.82^{10}).

In 2022 and 2023, no significant differences in goat milk SCS were observed between breeds or lactations, confirming the practical contribution of breeding programme implementation towards improving the stability of milk quality. Analysis of SCS variation revealed a tendency towards variability in milk composition and quality, highlighting the challenges associated with processing such heterogeneous raw material and achieving consistent product yields. Small-scale producers also manufacture goat milk cheese from milk with variable quality characteristics, which makes it difficult to ensure consistent final product quality. Without the regulation of SCC levels in goat milk intended for processing, there can be no strategic approach to the commercial development of goat milk processing or to ensuring product quality. This conclusion is further supported by the experience of SC Cesvaines piens in the short-term production of semi-hard rennet-induced goat milk cheese, where production was discontinued because goat milk producers were unable to ensure the quality of raw milk required for the manufacture of such a technologically demanding dairy product (personal communication with SC Cesvaines piens).

Table 10 summarises the variation in milk yield, composition, and quality of goat milk according to the SCS group.

When assessing milk yield, significant differences were observed among the four groups, with the group exhibiting the lowest milk yield producing 532 kg. The scientific literature highlights that goats have a decrease in milk yield when the SCC exceeds 1000 thousand mL^{-1} (Rupp et al., 2019; Smistad et al., 2024;

¹⁰ Latvian monitoring system CILDA (milk monitoring) [online] [accessed 29 December 2025]. Available at: <https://muvis ldc.gov.lv/atksaites/CildaAtksaites>

Šlyžius et al., 2023; Desidera et al., 2025). A study by Czech scientists also confirms that milk yield can fall by up to 20% (Podhorecká et al., 2021).

Analysis of the data revealed variations in milk constituent content depending on SCC; however, no statistically significant differences were observed, except for fat content. The highest fat and protein contents in goat milk were observed in milk from animals in Group 4 (3.59 % and 3.6 0%, respectively), while the lowest values were recorded in milk from goats in Group 1 (3.32 % and 3.50 %, respectively). The fat content of goat milk was significantly different between the fourth and the first group ($p=0.023$), as well as the second group ($p=0.043$). A study in Ukraine found that the fat content of goat milk rises with SCS, with 3.40 % fat content observed at an SCS of 5.66, and 3.97 % at an SCS of 6.03 (Zazharska, 2021).

No significant differences in protein content were observed between the groups, with goat milk protein content ranging from 3.50 % to 3.60 %. Similar slight increases in goat milk protein content have been observed by other authors (Podhorecká et al., 2021), with values increasing from 3.13 % to 3.33 % at an SCS < 7.90. Contrasting results were reported by Lithuanian researchers, who observed an increase in protein content from 3.08 % to 3.46 % as the SCS increased. Given the conflicting findings concerning increases in protein content, the casein data presented in Chapter 5 suggest that these changes are associated with an increase in whey protein content. As the fat content of milk decreases, the fat/protein ratio also falls (Šlyžius et al., 2023). These changes reduce the suitability of milk for processing, especially in cheese manufacture, and may contribute to reduced product yield. Significant differences in lactose content were found between groups 1 and 4 ($p=0.003$). This finding is also in line with the results of other researchers who have observed a negative correlation between the lactose content and SCC (Smistad et al., 2024; Desidera et al., 2025). No significant differences in total dry matter or solids-non-fat content were observed between the groups, with total dry matter ranging from 11.36 % to 11.65 % and solids-non-fat from 8.30 % to 8.47 %; both values were highest in the milk of goats in Group 3. Although the mineral composition of goat milk was not investigated in this study, previous research indicates that the freezing point increases significantly as the concentrations of minerals, including lactose, decrease. Significant differences in freezing point were found in milk from goats in Group 4 ($p=0.011$). Increasing SCS in goat milk is associated with an increase in freezing point, influenced by changes in lactose content and mineral composition arising from the increased permeability of the mammary gland epithelium (Rupp et al., 2019; Geus et al., 2024).

The study evaluated the relationship between SCS and individual milk components. Analysis of the results showed that the correlations between SCS and lactose content ($r=0.178$), as well as fat content ($r=0.169$), were very weak, while the correlations with dry matter content ($r=0.010$) and protein content ($r=0.069$) were statistically insignificant. When looking at published information in scientific papers, the results are very contradictory. Although scientists are

trying to find a link between SCC and protein or fat content, it should be noted that this is not always the case. A study in Greece also found a weak negative correlation ($r=-0.302$) between SCC and fat content. An Italian study found weak to moderate correlations ($r=0.387$ and $r=0.539$, respectively) between SCC and fat, and between SCC and protein (Lianou et al., 2022; Scano & Caboni, 2022). A study on the effect of lactation and breed on goat milk composition found a moderately strong correlation between SCC and lactose content ($r=0.531$) (Gecaj et al., 2021).

The season influences the SCS due to changes in climatic conditions, feed, and physiological processes in the animal (Rupp et al., 2019; Geus et al., 2024; Marcinkoniene & Ciproviča, 2026). Goats have higher milk yields in summer, and the grazing season has the greatest effect on the SCS in milk (Kljajevic et al., 2018; Podhorecká et al., 2021; and Desidera et al., 2025). Figure 3 shows the SCS changes by season, and shows that the highest mean value (6.74) was found in the late summer, and the lowest SCS (6.21) was found in spring goat milk. Furthermore, the study farm follows a seasonal breeding period for goats, generally occurring during October-November, which may have contributed to the SCS values observed during this period.

The results clearly show that somatic cells should be regulated in goat milk. This recommendation is supported by the milk yield data, which decreases as the cell number increases. Although no direct changes in goat milk composition, except for lactose content, were observed, the breeding programmes implemented on the farm led to a reduction in SCS from 7.07 – 7.15 to 6.23 – 6.51, corresponding to a decrease from 1355 – 1380 thousand mL^{-1} to 1080 – 1180 thousand mL^{-1} . Therefore, the recommended somatic cell count for goat milk for processing would be ≤ 1000 thousand mL^{-1} .

5. Suitability of goat milk for the production of rennet-induced cheese

Fat and protein constitute the main components contributing to cheese yield; however, their recovery is influenced by various factors discussed in greater detail in the following chapters. The effect of goat breed on the parameters determining milk curd firmness is summarised in Table 11. The fat content of goat milk ranged from 2.66 % (LVK) to 3.16 % (XP) and differed significantly between breeds ($p=0.008$). The protein content of goat milk ranged from 2.95 % (LVK) to 3.07 % (XP) and did not differ significantly between breeds.

Milk from crossbred dairy goats exhibited the highest fat-to-protein ratio (1.04), while the lowest ratio (0.92) was observed in LVK goats. The fat-to-protein ratio characterises the suitability of milk for cheese production and allows the cheese yield to be predicted (Ferro, Tedeschi & Atzori, 2017; Vacca et al., 2018; Scano & Caboni, 2022). The fat-to-protein ratio in the Saanen goat breed

was 0.98, although these milk samples exhibited the highest casein content (2.33 %). Studies have shown that ZK milk has a higher fat and protein content compared to less productive breeds (Scheepers, Marle-Köster & Visser, 2010; Michlová et al., 2016; Marcinkoniene & Ciproviča, 2026). No significant differences in casein content were found between breeds. Significant differences in the casein-to-fat ratio were observed between the milk of Latvian Native goats and crossbred dairy goats. Croatian researchers analysing the casein-to-fat ratio in cheese production concluded that a ratio of 0.70 was the most favourable for the efficient utilisation of milk dry matter (Kalit et al., 2021). In the study, this ratio ranged from 0.75 to 0.87, which was significantly different from the results of Kalit et al. (2021). The higher ratio is due to differences in the fat content of goat milk, which was lower in our study. The SCS was significantly higher in LVK goats ($p=0.013$). The literature characterises the ZK breed by excellent milk yield; however, milk from indigenous goats has, in some cases, demonstrated higher curd firmness (LVK 1.96 N vs ZK 1.88 N) (Marcinkoniene & Ciproviča, 2026). The crossbreeding of dairy goats is important for understanding milk coagulation characteristics and cheese yield (Malchiodi et al., 2014; Pazzola et al., 2022; Kolenc et al., 2023).

The composition of goat milk varies among goat breeds, with each breed exhibiting distinct coagulation characteristics and suitability for cheese production (Vacca et al., 2018b). The highest curd firmness values in the present study were recorded for LVK and ZK milk, with ZK milk exhibiting the highest maximum value (3.65 N). These findings suggest that milk fat and protein content do not always accurately predict curd formation characteristics. Studies frequently report that indigenous goat breeds are characterised by higher milk dry matter content, which may positively influence curd firmness (Currò et al., 2019; Pazzola et al., 2022). Crossbred dairy goats showed lower milk curd firmness and variability over the study period.

The effect of lactation on the parameters affecting milk coagulation is summarised in Table 12.

Analysis of milk fat content across lactations showed that the highest values occurred in second- and third-lactation goats (3.09 %), whereas the lowest fat content was observed in fourth-lactation goats (2.89 %). No significant differences in protein content were found between lactations. No significant changes in fat or protein content were identified among goats of different lactations, although the lowest fat-to-protein ratio (0.96) was observed in the milk of fourth-lactation goats. Other scientists have also reported that it varies with lactation (Vacca et al., 2018a; Pazzola et al., 2022).

No significant differences in SCS were observed between lactation groups ($p=0.127$); however, the highest value was recorded in milk from fourth-lactation goats (7.28). Although in terms of quantitative data, the second lactation goats had the lowest SCS (6.51) and the highest casein content in milk (2.40 %). Similar results were obtained by Vacca et al. (2018b). The casein-to-fat ratio in goat milk ranged from 0.75 to 0.83 across lactations. Studies by Pazzola et al.

(2019) and Kalit et al. (2021) indicate that ratios below 0.70 may result in significant fat losses in whey, thereby also affecting the sensory characteristics of the cheese. The highest curd firmness was observed in milk from second-lactation goats (2.06 N) and decreased with each subsequent lactation to 1.81 N and 1.76 N, respectively. The decrease in curd firmness with advancing lactation is associated with changes in milk composition, including a lower fat-to-protein ratio, reduced casein content, and increased SCS in goat milk.

Lactation plays an important role in goat milk composition and quality, influencing both the variability of milk composition and the firmness of the resulting curd. Analysis of the maximum curd firmness values for each lactation demonstrated a gradual decrease with advancing lactation (3.20 → 2.89 → 2.87 N). Nevertheless, the minimum value identified in milk from fourth-lactation goats (0.71 N) exceeded the minimum values observed in milk from second- and third-lactation goats. Pazzola et al. (2018) and Salomone-Caballero et al. (2024) also reported that milk from second-lactation goats exhibited a shorter coagulation time and higher curd firmness. As lactation progresses, SCS increases and, together with other compositional changes, is associated with a longer coagulation time and lower curd firmness (Vacca et al., 2018b; Marcinkoniene & Ciproviča, 2026). The analysis of the firmness of the curd depending on the SCS is summarised in Table 13.

The fat content was significantly differ between milk samples from Group 4 and Group 1 ($p=0.045$) (Table 13), ranging from 3.08 % to 3.47 %. The lowest value for protein content was found in the milk of Group 4 goats (3.13 %), and the highest (3.25 %) was in the milk of Group 1 goats. The lowest fat-to-protein ratio detected was found in the milk of goats in Groups 4 and 2 (0.99). Group 4 had the lowest curd firmness (1.59 N) and the highest casein-to-fat ratio (0.82). The fat-to-protein ratio enables the prediction of cheese yield (Ferro, Tedeschi & Atzori, 2017; Vacca et al., 2018b; Scano & Caboni, 2022), and the results of the present study indicate that milk from Group 4 goats is less suitable for cheese production, in agreement with findings reported by other researchers (Podhorecká et al., 2021; Smistad et al., 2024; Desidera et al., 2025).

No significant differences in casein content were observed between the SCS groups; however, a higher casein content (2.42 %) was found in milk samples with lower SCS. Rupp et al. (2019) and Podhorecká et al. (2021) concluded that increased SCS has a negative effect on casein content, including milk coagulation properties. An SCS above 6.38 increases the time required for milk clotting and reduces the firmness of the resulting curd (Stocco et al., 2018; Desidera et al., 2024; Marcinkoniene & Ciproviča, 2026). As SCS in milk is also affected by animal stress (Mehdid et al., 2019), particular attention should be given to housing and feeding conditions in order to minimise and stabilise process-induced changes in milk composition and quality. Establishing SCC limits for goat milk is important for milk processing, and, therefore, their necessity should be assessed and justified using scientific evidence.

Table 14 summarises the seasonal changes in milk components and their ratios in goat milk.

Analysis of the seasonal effect on milk suitability for processing showed that the fat content of goat milk gradually increased, reaching a significantly higher value in autumn (4.00 %), together with a higher fat-to-protein ratio (1.13). The protein content of goat milk during summer ranged from 3.03 % to 3.05 %, which was significantly lower ($p=0.047$) than the values observed in spring and autumn milk (3.27 % and 3.60 %, respectively). Changes in protein content also affect the fat-to-protein ratio (Scano & Caboni, 2022; Smistad et al., 2024; Marcinkoniene & Ciproviča, 2026). A similar pattern was observed in a study conducted in Estonia, where the authors reported significantly higher fat and protein contents in goat milk during the autumn season, including the highest fat-to-protein ratio (1.16) (Tatar et al., 2015). This trend has also been observed in other studies. Margatho et al. (2018) reported higher values in goat milk produced in October. These results can be attributed to a shift in goats' diet from pasture grass to more energy-balanced diet (Clark & Mora-García, 2017; Desidera et al., 2025). The fat-to-protein ratio also differed significantly between goat milk produced in spring (0.92) and autumn (1.13). Although the trend remained similar, different authors have reported it as high as 1.27 (Scano & Caboni, 2022) or even 1.68 (Margatho et al, 2018). It should be noted that it is during the autumn period that the optimum fat-to-protein ratio in milk is reached, between 1.10 and 1.27 (Ferro, Tedeschi & Atzori, 2017; Vacca et al., 2018b; Scano & Caboni, 2022; Magro et al., 2026).

Seasonal variation in goat milk casein content was observed, with the highest content recorded in autumn milk (2.67 %) and the lowest in late summer milk (2.31 %). Similar trends have been reported in the literature, indicating that casein content decreases during summer and increases in autumn (Stocco et al., 2018; Smistad et al., 2024). Similarly, an Italian study reported a decrease in goat milk casein content from 3.00 % to 2.61 % during the spring-summer period (Pazzola et al., 2022). Accordingly, the casein-to-fat ratio in milk is also seasonally variable, being significantly higher in spring (0.85).

Differences between seasons are also found in the SCS, but they cannot be described as significant. A study conducted in Portugal reported lower SCS in goat milk during spring (Margatho et al., 2018), which is consistent with the results of the present study. Analysis of the average curd firmness data showed that the lowest curd firmness was observed in goat milk at the beginning of summer (1.55 N), while the highest value was recorded at the end of summer (2.14 N). The results may be explained by differences in the fat-to-protein ratio and the casein-to-fat ratio in milk, which reached 1.03 and 0.77, respectively, at the end of the summer period. Pazzola et al. (2022) reported that goat milk produced in late summer exhibited a longer clotting time, delayed curd formation, and lower curd firmness. The lowest curd firmness values for goat milk (0.48 – 2.35 N) were observed at the beginning of summer, as the onset of the grazing season alters milk composition, contributing to increased milk yield

and the availability of energy-rich feed. The autumn season has the highest curd firmness (3.86 N) in goat milk.

When the effect of casein content on the curd firmness of the resulting goat milk is analysed, the correlation is weak ($r=0.08$). This association was investigated on the basis of previous studies demonstrating a relationship between higher casein content and firmer curd formation (Stocco et al., 2018; Vacca et al., 2018b). A study by Clark and Sherbon (2000) suggests that higher casein content provides a greater number of contact points between casein micelles, thereby promoting aggregation and the formation of firmer curd.

It should be noted that casein content is not a direct predictor of goat milk curd firmness, as demonstrated by the results obtained during the autumn season. In this season, goat milk exhibited the highest casein content (2.67 %) together with the highest protein content (3.60 %), resulting in a curd firmness of 1.93 N. Compared with cow's milk, goat milk casein differs in the distribution of casein fractions, with a greater proportion of β -casein. The firmness of the curd depends on the α -casein content. In addition, the significantly higher fat content of autumn goat milk (4.00 %) substantially reduced the casein-to-fat ratio (0.69), while the high concentration of medium-chain fatty acids in milk of this composition may have also limited the formation of firmer curd (1.93 N). Recent studies have clearly demonstrated that curd firmness is influenced by a complex interaction of factors, including SCC, breed, nutrition, and feed balance (Pazzola et al., 2022; Li et al., 2023; Desidera et al., 2025; Magro et al., 2026), thereby supporting the need for its analysis across different influencing factors.

Analysis of individual goat milk samples demonstrated substantial variability in milk composition, while dairy product manufacture is based on the use of bulk milk. Therefore, in addition to the evaluation of individual goat milk samples, bulk milk composition and quality were also evaluated (Table 15). For the bulk milk samples, curd firmness ranged from 1.56 N to 2.43 N, with an average value of 1.96 N. The effect of fat content on the resulting curd firmness should be considered more broadly, as the scientific literature suggests that higher milk fat content may improve coagulation properties by shortening the coagulation time and reducing the curd-setting time, thereby resulting in greater curd firmness (Stocco et al., 2018; Desidera et al., 2025). The fat-to-protein ratio of the bulk milk samples analysed in the study was 1.04. Literature data suggest that this ratio range (1.10 – 1.27) is not favourable for cheese production, as it is associated with a prolonged coagulation time and possible variability in curd firmness (Pazzola et al., 2019). When analysing the suitability of milk for cheese production, it is important to evaluate bulk milk in order to understand variations in milk chemical composition caused by different factors and to adapt the production process so as to reduce technological losses during dairy product manufacture.

The results of the present study, together with findings reported in the scientific literature, indicate that milk coagulation and the quality of the resulting curd are influenced by a complex interaction of factors. Therefore, to confirm the

above findings and the results of the present study, the specific characteristics of semi-hard rennet-induced cheese production, cheese yield, and the properties of the resulting cheese were evaluated.

6. Analysis of semi-hard rennet-induced goat milk cheese production

This chapter evaluates the influence of milk composition and quality on the production of semi-hard goat milk cheese. The evaluation of the cheesemaking process focuses on seasonal variations in milk composition and quality, with separate analyses of goat milk coagulation characteristics, whey composition, and cheese yield after pressing. Table 16 summarises the milk composition and quality characteristics for each cheese production batch.

Milk coagulation properties are primarily determined by the content of protein and casein, including α_{s1} -casein, κ -casein, and β -lactoglobulin (Inglingstad, 2016). Although total protein content often correlates with curd firmness, the relationship is not straightforward, as the proportions of casein fractions and their functional properties also influence curd formation and firmness. The study observed that curd firmness increases with increasing protein content. In early autumn milk, a more pronounced increase in curd firmness was also found with varying protein content. Although casein micelle sizes were not analysed in this study, studies confirm smaller casein micelle sizes in goat milk (mean size 196 nm) compared to cow's milk (Ji et al., 2025). Furthermore, milk containing smaller casein micelles (147 – 183 nm) exhibits faster coagulation and produces firmer curd compared with milk containing larger casein micelles (200 – 266 nm) (Inglingstad, 2016). Smaller casein micelles contain a greater proportion of κ -casein and are, therefore, more likely to form para- κ -casein bonds during renneting, contributing to the formation of firmer curd. Conversely, higher fat content reduces curd firmness, as observed in goat milk produced in early summer and late autumn, because fat globules mechanically interfere with the close aggregation of casein micelles, resulting in weaker curd formation.

The protein-to-fat ratio of goat milk used for renneting ranged from 0.89 to 1.01. The protein-to-fat ratio may not significantly affect the clotting properties of milk; however, it has a more pronounced influence on the composition of the resulting cheese. Studies indicate that a 0.10 increase in the protein-to-fat ratio results in a 0.60 % increase in cheese protein content and a 1.90 % decrease in fat-on-dry basis (Guiné et al., 2007). Although Table 21 summarises the minimum and maximum moisture in non-fat matter of the cheeses produced, it can be observed that as the milk protein-to-fat ratio increased (0.93), the moisture in cheese non-fat matter decreased, reaching a minimum value of 54.91 %. Evaluation of the cheesemaking process parameters indicated a tendency for the

milk preparation time prior to renneting to decrease from 60 to 45 min in order to achieve the target milk pH (6.45 – 6.49) before the addition of the rennet. A shorter preparation time prior to milk renneting was necessary during cheese production in early and late autumn, owing to the technological characteristics of the milk during these periods, particularly its higher dry matter and protein content. In addition, the casein analysis of individual goats' milk (Table 14) shows a higher casein content (2.67 %) in milk produced in autumn.

Similar results were observed when the clot formation time was analysed, with values ranging from 45 to 60 min. In addition, pH changes during cheese grain processing were easier to regulate in milk produced during the autumn period. A shorter coagulation time was required for cheese produced in early and late autumn, as the milk during these periods was characterised by an optimal fat-to-protein ratio (1.12), falling within the optimal range of 1.10 – 1.27 reported by several authors (Ferro, Tedeschi & Atzori, 2017; Vacca et al., 2018b; Scano & Caboni, 2022; Magro et al., 2026). The technological process also exhibited variation between production batches, particularly in the time required for milk clotting, cheese grain processing before scalding, the pH achieved, and the duration of cheese grain processing after scalding. These parameters are technologically adjustable and are not always explained by seasonal or other factors.

The cheese yields obtained for cheeses made in different seasons are summarised in Table 17.

Cheese yield depends on milk fat and protein content, cheese moisture content, ripening duration and conditions, technological losses during production, and other factors. The water content of cheese also influences milk consumption in cheese production. By optimising the cheese-making process parameters, it was possible to achieve lower moisture in non-fat matter of the semi-hard cheese (Table 21), with no significant differences observed between the minimum and maximum values of this parameter.

The whey data obtained (Table 18) also demonstrate seasonal variability in whey composition between cheese batches. When analysing whey composition, particular attention should be paid to its fat and protein content, as these parameters reflect the efficiency of raw material utilisation during cheese production. The fat content of goat milk whey is higher compared with whey obtained from the production of semi-hard cheese from cow's milk, which is associated with the smaller fat globule size in goat milk. In particular, differences in fat content are observed in whey from summer cheese. Cow's milk whey may contain up to 0.70 % fat, while goat milk whey produced during the autumn period exhibited fat contents ranging from 0.70 % to 0.73 %. Moreover, considering the differences in fat globule size between cow's and goat milk, the fat content of the whey may be regarded as optimal, which is also reflected in the higher fat recovery achieved during the autumn season (82.23 – 82.85 %).

The protein content of whey ranged from 0.80 % to 1.08 %, with particularly high values observed in late autumn whey. The higher fat and protein content of

they indirectly indicates a reduction in cheese yield. Chapter 5 explains the variability of curd firmness due to different factors, which is also relevant for outcome prediction.

The fat content of whey can be used to calculate fat recovery in cheese production. Fat recovery in cheese production varies considerably and depends on factors such as the cheese type, milk fat content, fat globule size, curd firmness, cheese grain processing conditions, and other technological factors. On average, 90 % of the fat in standardised milk is transferred to cheese (Ozola & Ciproviča, 2002; Paschino et al., 2020; Pazzola et al., 2022). Fat recovery in cheese production is summarised in Table 19.

Goat milk cheese production in different seasons showed fat utilisation rates ranging from 69.19 to 82.85 %. When assessing these parameters, they should be considered in relation to fat globule size and the resulting curd firmness, particularly during cheesemaking in early autumn, as well as in relation to the dry matter content of goat milk, which was significantly higher in autumn than during the summer season. In addition, whey losses were lowest in cheese produced during the autumn period, while the highest fat recovery rates (82.23 – 82.85 %) were also observed during this season, resulting in higher cheese yields and lower milk consumption per kilogram of cheese produced.

Cheese production only uses about 75 % of the protein in milk. The magnitude of these losses is influenced by curd firmness, cheese grain size, processing techniques, and technological processing conditions. In addition, about 97 – 98 % of the casein content of milk is transferred to cheese (McSweeney et al., 2025). When analysing the degree of protein recovery (Table 20), it ranged from 71.73 to 76.96 %.

The highest protein recovery rates were observed in cheese produced during the autumn period and were strongly associated with the highest curd firmness values obtained, namely 2.16 N and 2.34 N, respectively. The relationship between these parameters is summarised in Figure 4.

A strong positive correlation ($r=0.99$) was found when analysing the relationship of the resulting curd firmness with the degree of protein recovery in the cheese. Moreover, it is in cheese produced in autumn that the degree of protein recovery is most optimal. A relationship between curd firmness and fat recovery rate was not investigated in the present study, as the overall fat recovery rate remained relatively low, although a tendency towards higher values was observed during the autumn period. The composition of goat milk used for cheese production was not standardised, unlike the common practice applied in cow's milk cheesemaking. Standardisation helps to form a firmer curd, and it also helps to regulate the fat-to-protein ratio. Standardisation is a process that helps to ensure that the cheese produced has the required quality characteristics (see Table 21).

Analysis of the obtained cheese quality parameters showed that the moisture in cheese non-fat matter corresponded to the semi-hard/semi-soft cheese group, ranging from 54 % to 69 % (Ozola & Ciproviča, 2002). In the present study, the

average value was 55.06 %, thus meeting the criteria indicated in Table 1. The fat content of the cheese is determined after pressing and should normally be approximately 1 % higher than in the finished cheese, as salting increases the dry matter content of the cheese due to salt uptake. The resulting moisture in cheese non-fat matter (SBDM) corresponded to the expected values for this type of cheese, while cheese weight decreased by 0.50 – 1.00 % during brining, confirming moisture-related weight loss.

Summarising the results of the study on the influence of goat milk composition and quality on the production of semi-hard rennet-induced goat milk cheese, an overview of the findings is presented in Table 22.

The technological process of semi-hard rennet-induced goat milk cheese is influenced by changes in the composition of the milk and by the season. To ensure a high cheese yield, the composition of the milk must be taken into account, and the appropriate technological process for cheese production must be carefully selected.

CONCLUSIONS

1. Analysis of the effect of the breed shows that:
 - the milk of Latvian Native goats has a lower somatic cell count than that of the Saanen goat breed and crossbred dairy goats;
 - crossbred dairy goats are able to provide a high fat and protein content in milk;
 - analysis of fatty acid content showed no significant differences in the fatty acid profiles of milk obtained from different goat breeds and crossbred dairy goats, with the exception of butyric and caproic acids, indicating a relatively homogeneous raw material for dairy product manufacture;
 - the highest fat-to-protein ratio was found in the milk of crossbred dairy goats, and the highest curd firmness value in the milk of Saanen goats and Latvian Native goats.
2. When the effect of lactation on the composition and technological characteristics of goat milk was assessed, it was found that:
 - the number of lactations plays an important role within the herd and is associated with increased somatic cell count;
 - curd firmness decreases with increasing lactation number due to changes in milk composition, lower fat-to-protein ratio, and higher somatic cell count.
3. Explaining seasonal impacts allowed one to conclude that:
 - goat milk produced in early autumn has the highest protein recovery and is more suitable for the production of semi-hard rennet-induced cheese;

- the season has a significant effect on curd firmness and enzymatic coagulation time during cheese production, confirming the shorter coagulation time of goat milk in the autumn season.
4. Somatic cell count has a significant effect on milk clotting performance, with higher curd firmness found in goats with lower somatic cell count.
 5. The implemented breeding programmes have enabled goat farmers to reduce somatic cell counts in goat milk, thereby supporting the recommended SCC threshold for the processing of $\leq 1,000,000$ cells mL^{-1} .
 6. The evaluation of the suitability of goat milk for the production of semi-hard rennet-induced cheeses showed that:
 - cheese produced during the autumn season has the highest yield efficiency, as demonstrated by the higher recovery of fat and protein, and the lower quantity of raw material required to produce 1 kg of cheese;
 - protein recovery in cheese production correlates with the resulting curd firmness, confirming a strong positive correlation ($r=0.99$);
 - the quality characteristics of the cheese batches obtained corresponded to the required fat-on-dry basis, moisture in cheese non-fat matter, and the milk consumption parameters for the production of 1 kg of cheese.
 7. The research proves the working hypothesis that goat breed, lactation, and season have a significant effect on the quality of goat milk.

LITERATŪRAS SARAĶSTS / REFERENCES

1. Akshit, F.N.U., Mao, T., Kaushik, R., Poswal, V. & Deshwal, G.K. (2024). Global comprehensive review and meta-analysis of goat milk composition by location, publication year and lactation stage. *Journal of Food Composition and Analysis*, 127, 105973. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2024.105973>
2. Albenzio, M., Santillo, A., Ciliberti, M.G., Figliola, L., Caroprese, M Marino, R. & Polito, A.N. (2016). Milk from different species: Relationship between protein fractions and inflammatory response in infants affected by generalized epilepsy. *Journal of Dairy Science*, 99(7), 5032–5038. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2015-10704>
3. Bagnicka, E., Winnicka, A., Jóźwik, A., Rzewuska, M., Strzałkowska, N., Kościuczuk, E., Prusak, B., Kaba, J., Horbańczuk, J. & Krzyżewski, J. (2011). Relationship between somatic cell count and bacterial pathogens in goat milk. *Small Ruminant Research*, 100, 72 – 77.
4. Boshoff, M., Lopez-Villalobos, N., Andrews, C. & Turner, S.A. (2024). Modeling daily yields of milk, fat, protein, and lactose of New Zealand dairy goats undergoing standard and extended lactations. *Journal of Dairy Science* 107(3), 1500 – 1509. <https://doi.org/10.3168/jds.2023-23926>
5. Bouderkha, G., Nabi, M., Kebbal, S., Omar, K.H., Salhi, O., Touhami, N.A.K. & Ouchene, N. (2025). Effect of goat breeds on the physicochemical properties of raw goat milk. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 24(39). <https://doi.org/10.1007/s44447-025-00049-0>
6. Clark, S. & Mora-García, M.B. (2017). A 100 – Year Review: Advances in goat milk research. *Journal of Dairy Science*, 100(12), 10026 – 10044. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13287>
7. Clark, S. & Sherbon, J.W. (2000). Alpha_{s1}-casein, milk composition and coagulation properties of goat milk. *Small Ruminant Research*, 38(2), 123 – 134. DOI: [10.1016/S0921-4488\(00\)00154-1](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(00)00154-1)
8. Currò, S., Manuelin, C.L., De Marchi, M., De Palo, P., Claps, S., Maggiolino, A., Campanile, G., Rufrano, D., Fontana, A., Pedota, G. & Neglia, G. (2019). Autochthonous dairy goat breeds showed better milk quality than Saanen under the same environmental conditions. *Archives Animal Breeding*, 62(1), 83 – 89. <https://doi.org/10.5194/aab-62-83-2019>
9. Dahal, M., Kadel, R., Ghimire, S. & Acharya, B.R. (2026). Study on the effect of breeds on physiochemical parameters of goat milk at national goat research program, Bandipur Tanahun Nepal. *Nepalese Journal of Agricultural Sciences*, 30, e-ISSN: 2091 – 0428; p – ISSN 2091 – 041X; esjindex ID =6279. <https://doi.org/10.3126/nepjas.v30i1.89141>

10. Desidera, F., Skeie, S.B., Devold, T.G., Inglingstad, R.A. & Porcellato, D. (2024). Fluctuations in somatic cell count and their impact on individual goat milk quality throughout lactation. *Journal of Dairy Science*, 108, 152 – 163. <https://doi.org/10.3168/jds.2024-25310>
11. Desidera, F., Skeie, S.B., Devold, T.G., Inglingstad, R.A. & Porcellato, D. (2025). Impact of somatic cell count and lactation stage on coagulation properties of milk from Norwegian individual goats. *International Dairy Journal*, 162, 106161. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2024.106161>
12. Ferro, M.M., Tedeschi, L.O. & Atzori, A.S. (2017). The comparison of the lactation and milk yield and composition of selected breeds of sheep and goats. *American Society of Animal Science*, 1, 498 – 506. <https://doi.org/10.2527/tas2017.0056>
13. Gecaj, R.M., Ajazi, F.C., Bytyqi, H, Mehmedi, B., Çadraku, H. & Ismaili, M. (2021). Somatic cell number, physicochemical, and microbiological parameters of raw milk of goats during the end of lactation as compared by breeds and number of lactations. *Frontiers in Veterinary Science*, 8, 694114. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.694114>
14. Geus, de Y., Scherpenisse, P., Smit, L.A.M., Bossers, A., Stegeman, J.A., Benedictus, L., Spieß, L. & Koop, G. (2024). Total bacterial count and somatic cell count in bulk and individual goat milk around kidding: Two longitudinal observational studies. *Journal of Dairy Science*, 107(8), 5427 – 5437. <https://doi.org/10.3168/jds.2023-24574>
15. Guinee, T.P., Mulholland, E.O., Kelly, J. & O’Callaghan, D.J. (2007). Effect of protein–to–fat ratio of milk on the composition, manufacturing efficiency, and yield of Cheddar cheese. *Journal of Dairy Science*, 90(1), 110 – 123. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(07\)72613-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(07)72613-9)
16. Ibrahim, N.S. & Jalil, A.R. (2022). The effect of age on milk yield and milk composition in Saanen dairy goats. *Journal of Agricultural Science and Technology A*, 12(1), 10 – 14. DOI: [10.17265/2161-6256/2022.01.002](https://doi.org/10.17265/2161-6256/2022.01.002)
17. Inglingstad, R.A. (2016). Quality of Norwegian goat milk for cheese production. PhD Thesis 2016:19, *Norwegian University of Life Sciences*. ISSN 1894 – 6402, ISBN 978 – 82 – 575 – 1348 – 1.
18. Inglingstad, R.A., Steinshamn, H., Dagnachew, B.S., Devold, T.G., Skeie, S.B. & Vegarud, G.E. (2014). Grazing season and forage type influence goat milk composition and rennet coagulation properties. *Journal of Dairy Science*, 97(6), 3800 – 3814. DOI: [10.3168/jds.2013-7542](https://doi.org/10.3168/jds.2013-7542)
19. Yusuff, A.T., Badmos, A.A., Awofadeju, E.V., Akintunde, A.A., Alli, O.I., Chimezie, V.O. & Fayeye, T.R. (2021). Somatic cell and cheesemaking variables of WAD goat milk: Influence of parity and lactation stage. *Tropical Animal Science Journal*, 44(4), 502 – 510. DOI: [10.3390/ani14091262](https://doi.org/10.3390/ani14091262)
20. Ji, Z., Jiang, H., Fan, R., Guo, T., Bu, D., Sun, F., Han, R., Yang, Y. & Du, Q. (2025). Comparative proteomic analysis of casein micelles in human and small ruminant colostrum and mature milk using data-independent

- acquisition for precision improvement of infant formula. *Journal of Dairy Science*, 108(9), 9176 – 9190. <https://doi.org/10.3168/jds.2025-26484>
21. Jimenez-Granado, R., Sanchez-Rodriguez, M., Arce, C. & Rodriguez-Estevez, V. (2014). Factors affecting somatic cell count in dairy goats: A review. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 12(1), 133 – 150. <https://doi.org/10.5424/sjar/2014121-3803>
 22. Kalit, S., Kalit, M.T., Špehar, I.D., Salajpal, K., Samaržija, D., Anušić, J. & Rako, A. (2021). The Influence of Milk Standardization on Chemical Composition, Fat and Protein Recovery, Yield and Sensory Properties of Croatian PGI Lički Škripavac Cheese. *Foods*, 10, 690. <https://doi.org/10.3390/foods10040690>
 23. Kljajevic, N.V., Tomasevic, I.B., Miloradovic, Z.N., Nedeljkovic, A., Miocinovic, J.B. & Jovanovic, S.T. (2018). Seasonal variations of Saanen goat milk composition and the impact of climatic conditions. *Journal of Food Science and Technology*, 55, 299 – 303. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2938-4>.
 24. Kolenc, B., Malovrh, Š., Paveljšek, D., Rozman, V., Simčič, M. & Treven, P. (2023). Correlation of goat milk coagulation properties between dams and daughters. *International Dairy Journal*, 143, 105644. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2023.105644>.
 25. Koop, G., van Werven, T., Schuiling, H. & Nielen, M. (2010). The effect of subclinical mastitis on milk yield in dairy goats. *Journal of Dairy Science*, 93(12), 5809 – 5817. DOI: [10.3168/jds.2010-3544](https://doi.org/10.3168/jds.2010-3544)
 26. Laučienė, L., Juozaitienė, V., Šlyžienė, B., Anskienė, L., Bižienė, R. & Šlyžius, E. (2022). The influence of crossbreeding and LPL genotype on the yield, composition and quality of goat milk. *Mljekarstvo*, 72(1), 33 – 42. <https://doi.org/10.15567/mljekarstvo.2022.0104>
 27. Lauku atbalsta dienests (2025). Kazas piena pārraudzības datu kopsavilkums 2020. gadam. *Publiskā datubāze*. [Tiešsaiste] [skatīts 2025.gada 17. novembris]. Pieejams: https://registri ldc.gov.lv/doc/Parraudzibas_rezultatu_kopsavilkums_2020.pdf
 28. Li, S., Delger, M., Dave, A., Singh, H. & Ye, A. (2023). Acid and rennet gelation properties of sheep, goat, and cow milks: Effects of processing and seasonal variation. *Journal of Dairy Science*, 106(3), 1611 – 1625. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-22561>
 29. Lianou, D.T., Michael, C.K., Gougoulis, D.A., Cripps, P.J., Vasileiou, N.G.C., Solomakos, N., Petinaki, E., Katsafadou, A.I., Angelidou, E., Arsenopoulos, K.V., Papadopoulos, E., Albenzio, M., Mavrogianni, V.S., Caroprese, M. & Fthenakis, G.C. (2022). High milk somatic cell counts and increased *Teladorsagia* burdens overshadow non – infection – related

- factors as predictors of fat and protein content of bulk tank raw milk in sheep and goat farms. *Foods*, 11, 443. <https://doi.org/10.3390/foods11030443>
30. Ljoljić, D.B., Prpić, Z., Mašek, T., Vnučec, I., Kostelić, A., Benić, M. & Antunac, N. (2023). Milk urea concentration as a tool for optimising crude protein content in dairy goat diets: a path to sustainable milk production. *Mljekarstvo*, 73(2), 85 – 94. <https://doi.org/10.15567/mljekarstvo.2023.0202>
 31. Malchiodi, F., Cecchinato, A., Penasa, M., Cipolat-Gotet C. & Bittante, G. (2014). Milk quality, coagulation properties, and curd firmness modelling of purebred Holsteins and first- and second-generation crossbred cows from Swedish Red, Montbéliarde, and Brown Swiss bulls. *Journal of Dairy Science*, 97(7), 4530 – 4541. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7868>
 32. Marcinkonienė, L. & Ciproviča, I. (2020). The influence of milk quality and composition on goat milk suitability for cheese production. *Agronomy Research*, 18(S3), 1796 – 1803. ISSN 1406 – 894X. <https://doi.org/10.15159/AR.20.094>
 33. Marcinkonienė, L. & Ciproviča, I. (2026). Fluctuations in goat milk composition during processing. *Dairy* 7, 5. <https://doi.org/10.3390/dairy7010005>.
 34. Margatho, G., Rodrigues-Estévez, V., Medeiros, L. & Simões, J. (2018). Seasonal variation of Serrana goat milk contents in mountain grazing system for cheese manufacture. *Revue Médecine Vétérinaire*, 169, 7 – 9, 166 – 172.
 35. Magro, S., Niero, G., Sartor, P., Pozza, M. & Marchi, M.D. (2026). Mid-infrared spectroscopy as a tool to predict individual goat milk technological traits and the index of milk aptitude to coagulate. *Journal of Dairy Science*, 109(4), 3353 – 3562. <https://doi.org/10.3168/jds.2025-27652>
 36. Martínez-Marin, A.L., Gómez-Cortés, P., Gómez-Castro, A.G., Juárez, M., Pérez-Alba, L.M., Pérez – Hernández, M. & de la Fuente, M.A. (2011). Animal performance and milk fatty acid profile of dairy goats fed diets with different unsaturated plant oils. *Journal of Dairy Science*, 94(11), 5359 – 5368. DOI: [10.3168/jds.2011-4569](https://doi.org/10.3168/jds.2011-4569)
 37. McSweeney, P.L.H., Cotter, P.D., Everett, D.W. & Govindasamy-Lucey, R. (2025). Cheese chemistry, physics and microbiology. *Elsevier*, London, Vol.1, 628.
 38. Mehdid, A., Martí-De Olives, A., Fernández, N., Rodrigues, M. & Peris, C. (2019). Effect of stress on somatic cell count and milk yield and composition in goats. *Research in Veterinary Science*, 125, 61 – 70, <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2019.05.015>
 39. Michlová, T., Hejtmánková, A., Dragounová, H. & Horníčková, Š. (2016). The content of minerals in milk of small ruminants. *Agronomy Research*, 14(S2), 1407 – 1418.
 40. Mollica, M.P., Trinshese, G., Cimmino, F., Penna, E., Cavaliere, G., Tudisco, R., Musco, N., Manca, C., Catapano, A., Monda, M., Bergamo, P., Banni, S., Infascelli, F., Lombardi, P. & Crispino, M. (2021). Milk fatty acid

- profiles in different animal species: Focus on the potential effect of selected PUFAs on metabolism and brain functions. *Nutrients*, 13, 1111. <https://doi.org/10.3390/nu13041111>
41. Ozola L. & Ciproviča I. (2002). Piena pārstrādes tehnoloģija. LLU, Jelgava, 247 lpp.
 42. Park, Y.W. (2009). Bioactive Components in Goat milk. *Bioactive Components in Milk and Dairy Products*, Chapter 3. <https://doi.org/10.1002/9780813821504.ch3>
 43. Park, Y.W., Min, D., Haenlein, G.F.W. & Wendorff, W.L. (2017). Goat Milk – Chemistry and Nutrition. *Handbook of Milk of Non-Bovine Mammals*, Second Edition. <https://doi.org/10.1002/9781119110316.ch2.2>
 44. Paschino, P., Stocco, G., Dettori, M.L., Pazzola, M., Marongiu, M.L., Pilo, C.E., Cipolat-Gotet, C. & Vacca, G.M. (2020). Characterization of milk composition, coagulation properties, and cheese – making ability of goats reared in extensive farms. *Journal of Dairy Science*, 103(7), 5830 – 5843. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17805>
 45. Pazzola, M., Amalfinato, N., Bittante, G., Dettori, M.L. & Vacca, G.M. (2022). Composition, coagulation properties, and predicted cheesemaking traits of bulk goat milk from different farming systems, breeds, and stages of production. *Journal of Dairy Science* 105(8), 6724 – 6738. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-22098>
 46. Pazzola, M., Stocco, G., Dettori, M.L., Bittante, G. & Vacca, G.M. (2019). Effect of goat milk composition on cheesemaking traits and daily cheese production. *Journal of Dairy Science* 102(5), 3947 – 3955. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15397>
 47. Pazzola, M., Stocco, G., Paschino, P., Dettori, M.L., Cipolat-Gotet, C., Bittante, G. & Vacca, G.M. (2018). Modelling of coagulation, curd firming, and syneresis of goat milk from 6 breeds. *Journal of Dairy Science* 101(8), 7027 – 7039. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14397>
 48. Petrovska, S., Jonkus, D., Zagorska, J. & Ciprovica I. (2017). The influence of k-casein genotype on the coagulation properties of milk collected from the local Latvian cow breeds. *Agronomy Research* 15(S2), 1411 – 1419.
 49. Podhorecká, K., Borková, M., Šulc, M., Seydlová, R., Dragounová, H., Švejcárová, M., Peroutková, J. & Elich, O. (2021). Somatic Cell Count in Goat Milk: An Indirect Quality Indicator. *Foods*, 10, 1046. <https://doi.org/10.3390/foods10051046>.
 50. Rupp, R., Huau, C., Caillat, H., Fassier, T., Bouvier, F., Pampouille, E., Clément, V., Palhière, I., Larroque, H., Tosser-Klopp, G., Jacquet, P. & Rainard, P. (2019). Divergent selection on milk somatic cell count in goats improves udder health and milk quality with no effect on nematode resistance. *Journal of Dairy Science*, 102(6), 5242 – 5253. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15664>
 51. Sandrucci, A., Bava, L., Tamburini, A., Gislón, G. & Zucali, M. (2019). Management practices and milk quality in dairy goat farms in Northern Italy.

- Italian Journal of Animal Science*, 18(1), 1 – 12.
<https://doi.org/10.1080/1828051X.2018.1466664>
52. Salomone-Caballero, M., Fresno, M., Álvares, S. & Torres, A. (2024). Effects of parity and somatic cell count threshold on udder morphology milk ability traits, and milk quality in Canarian goats. *Animals* 14(9), 1262. <https://doi.org/10.3390/ani14091262>
 53. Scano P. & Caboni, P. (2022). Seasonal Variations of milk composition of Sarda and Saanen dairy goats. *Dairy*, 3, 528-540. <https://doi.org/10.3390/dairy3030038>
 54. Scheepers, R.C., Marle-Köster, van E. & Visser C. (2010). Genetic variation in the kappa-casein gene of South African goats. *Small Ruminant Research*, 93(1), 53 – 56. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2010.03.007>
 55. Schutz, M.M., Hansen, L.B., Steuernagel, G.R., Reneau, J.K. & Kuck, A.L. (1990). Genetic parameters for somatic cells, protein, and fat in milk of Holsteins. *Journal of Dairy Science*, 73, 494 – 502. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(90\)78697-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(90)78697-3)
 56. Selvaggi, M., Laudadio V., Dario C. & Tufarelli V. (2014). Major proteins in goat milk: an updated overview in genetic variability. *Molecular Biology Reports*, 41(2), 1035 – 1048. <https://doi.org/10.1007/s11033-013-2949-9>
 57. Smistad, M., Inglingstad, R.A. & Skeie, S. (2024). Seasonal dynamics of bulk milk somatic cell count in grazing Norwegian dairy goats. *Journal of Dairy Science*, 5(3), 205 – 209. <https://doi.org/10.3168/jdsc.2023-0457>.
 58. Stocco, G., Pazzola, M., Dettori, M.L., Paschino, P., Bittante, G. & Vacca, G.M. (2018). Effect of composition on coagulation, curd firming, and syneresis of goat milk. *Journal of Dairy Science*, 101, 9693 – 9702. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15027>
 59. Stojiljković, K.Z., Mičić, N., Bogdanović, V., Dedović, R., Pihler, I., Stojiljković, N. & Stojiljković, D. (2025). Genetic evaluation of milk production traits in the Serbian Saanen goat population. *Animals* 15, 3008. <https://doi.org/10.3390/ani15203008>
 60. Šlyžius, E., Anskienė, L., Palubinskas, G., Juozaitienė, V., Šlyžienė, B., Juodžentytė, R. & Laučienė, L. (2023). Associations between somatic cell count and milk fatty acid and amino acid profile in Alpine and Saanen goat breeds. *Animals* 13, 965. <https://doi.org/10.3390/ani13060965>
 61. Tatar, V., Mootse, H., Sats, A., Mahla, T., Kaart, T. & Poikalainen, V. (2015). Evaluation of size distribution of fat globules and fat and protein content Estonian Goat milk. *Agronomy Research*, 13(4), 1112 – 1119.
 62. Tvarožková, K., Tančin, V., Uhrinčat, M., Oravcová, M., Hleba, L., Gancárová, B., Mačuhová, L., Ptáček, M. & Marnet, P.G. (2023). Pathogens in milk of goats and their relationship with somatic cell count. *Journal of Dairy Research*, 90(2), 173 – 177. <https://doi.org/10.1017/S0022029923000237>
 63. Urbańska, D.M., Puchała, R., Jarczak, J., Barłowska, K., Czopowicz, M., Mickiewicz, M., Kaba, J. & Bagnicka, E. (2023). Milk yield and

- composition, technological properties and hemostasis indices at different lactation stages and parities of two polish dairy goat breeds. *Food Technology*, 27(1), 115 – 130. <https://doi.org/10.2478/auoft-2023-0010>
64. Vacca, G.M, Stocco, G., Dettori, M.L, Pira, E., Bittante, G. & Pazzola, M. (2018a). Milk yield, quality, and coagulation properties of 6 breeds of goats: Environmental and individual variability. *Journal of Dairy Science*, 101(8), 7236 – 7247. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-14111>
 65. Vacca, G.M., Stocco G., Dettori, L.M., Summer, A., Cipolat-Gotet, C., Bittante, G. & Pazzola, M. (2018b). Cheese yield, cheesemaking efficiency, and daily production of 6 breeds of goats. *Journal of Dairy Science*, 101(8), 7817 – 7832. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14450>
 66. Voblikova, T., Permyakov, A., Rostova, A., Masyutina, G. & Eliseeva, A. (2020). Study of Fatty-acid Composition of Goat and Sheep Milk and Its Transformation in the Production of Yogurt. International applied research conference Biological Resources Development and Environmental Management, *KnE Life Sciences*, 742 – 751. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-555-562>
 67. Vulić, A., Kudumija, N., Lešić, T., Tanković, S., Jelušić, V., Frizbegović, J., Bilandžić, N. & Pleadin, J. (2021). Chemical composition and fatty acid profile of Alpine and Saanen goat milk from Bosnia and Herzegovina. *Veterinarska Stanica*, 52(1), 13 – 21. <https://doi.org/10.46419/vs.52.1.12>
 68. Widayati, D.T., Ikasari, D., Bintara, S., Natawihardja, I., Kustono, K. & Suranindyah, Y.Y. (2017). Evaluation of Etawah grade doe fertility based on milk urea nitrogen levels. *International Journal of Dairy Science*, 12(4), 295 – 300, ISSN 1811 – 9743. DOI: [10.3923/ijds.2017.295.300](https://doi.org/10.3923/ijds.2017.295.300)
 69. Zazharska, N., Fotina, T., Yatsenko, I., Tarasenko, L., Biben, I., Zazharsyi, V., Brygadyrenko, V. & Sklyarov, P. (2021). Comparative analysis of the criteria for goat milk assessment in Ukraine and France. *Ukrainian Journal of Ecology*, 11(2), 144 – 148, DOI: [10.15421/2021_91](https://doi.org/10.15421/2021_91)