



NACIONĀLAIS  
ATTĪSTĪBAS  
PLĀNS 2020



EIROPAS SAVIENĪBA  
EIROPA INVESTĒ LAUKU APVIDOS  
Eiropas Lauksaimniecības fonds  
lauku attīstībai

Atbalsta Zemkopības ministrija un Lauku atbalsta dienests

### Projekts

## **“Ekonomiski pamatota sūkalu pārstrāde jauniem produktiem pārtikai un lopbarībai”**

Nr.19-00-A01612-000007

20/09/2019 – 31/12/2021

Jelgava  
2022

# SATURS

1	Projekta mērķis un uzdevumi.....	3
2	Projekta apraksts .....	5
2.1	Projekta aktualitāte .....	5
2.2	Projekta ilgtspēja .....	6
2.3	Projekta publicitāte .....	7
3	PROJEKTA REZULTĀTI UN SECINĀJUMI.....	8
3.1	Laktobionskābes (LBS) iegūšanas tehnoloģijas izstrāde.....	8
3.1.1	Literatūras apkopojums par laktobionskābes raksturojumu un izmantošanas iespējām: teorētiskie aspekti .....	8
3.1.2	Laktobionskābes iegūšanas tehnoloģijas izstrāde.....	13
3.2	LBS pielietojums dažādu pārtikas produktu ražošanā.....	28
3.2.1	Ricotta siera ražošanā.....	28
3.2.2	Saldējuma ražošanā .....	33
3.3	Laktobionskābes izmantošana lauksaimniecības dzīvnieku/putnu ēdināšanā	39
3.3.1	LBS izēdināšanas ietekme uz cūku nobarošanu un kautķermeņa rādītājiem	39
3.3.2	Laktobionskābes izmantošana govju ēdināšanā .....	46
3.3.3	Laktobionskābes izmantošana vistu ēdināšanā .....	50

# 1 PROJEKTA MĒRĶIS UN UZDEVUMI

Atbalsta pasākuma **mērķis** ir veicināt sadarbību lauksaimniecībā un lauksaimniecības produktu pārstrādē, lai risinātu šo nozaru praktiskās vajadzības, dodot iespēju izstrādāt jaunus produktus, procesus, tehnoloģijas un metodes, ieviešot tās praksē.

Projekta **uzdevums** ir rast jaunu risinājumu pilnvērtīgai sūkalu sausnas izmantošanai produktos ar augstāku pievienoto vērtību un lielāku patēriņa/noieta potenciālu apjoma ziņā.

Projekta aktivitātes ir veiktas vairākos virzienos, kas pozitīvi ietekmē ne tikai visas projektā iesaistītas puses, bet arī palīdz attīstīt jaunas tehnoloģijas funkcionālo produktu (gan pārtikas, gan lopbarības) ražošanai, vienlaicīgi minimalizējot to negatīvo ietekmi uz apkārtējo vidi un tiešā veidā uzlabojot iesaistīto nozaru dalībnieku finansiālos rādītājus.

## Galvenās projekta aktivitātes:

1. Sūkalu pārstrāde, kas samazinātu negatīvo ietekmi uz apkārtējo vidi, minimizējot izmaksas sūkalu utilizācijai (pārstrādājot sūkalas produktos ar augstāku pievienoto vērtību un, tādējādi, būtiski samazinot vai pat izslēdzot nepieciešamību doto blakusproduktu utilizēt).
2. Jaunas tehnoloģijas izstrāde laktobionskābes iegūšanai, ļaus pilnveidot piena pārstrādi un radīs inovatīvus produktus (lopbarības piedevas, kas ļaus regulēt ogļhidrātu devu barībā; pārtikas produkti), paplašinot produktu sortimentu (laktobionskābe, Ricotta siers), palielinot siera iznākumu, pagarinot produkta derīguma termiņu (laktobionskābes antioksidanta funkcijas treknajos produktos).
3. Laktobionskābes izmantošana lauksaimniecības dzīvnieku/putnu ēdināšanai ļaus palielināt to imunitāti un produktivitāti, samazinot ārstēšanas izdevumus profilaktiskiem mērķiem un medikamentu negatīvo ietekmi uz cilvēku un apkārtējo vidi (nekontrolēta antibiotiku lietošana u.tml.).

*Projekta realizācijas rezultātā tiek veicināta ilgtspējīga sadarbība lauksaimniecības un lauksaimniecības produktu pārstrādes nozarē un risinātas šo nozaru praktiskās vajadzības – rasts komplekss un ilgtspējīgs risinājums lauksaimniecības resursu efektīvākai izmantošanai, ražošanas procesa blakusproduktu pārstrādei un produktu ar augstu pievienoto vērtību radīšanai.*

## Projekta izpildītāji:

Vadošais partneris:

Latvijas Lauksaimniecības universitāte. Kontaktpersona Jeļena Zagorska, [jelena.zagorska@llu.lv](mailto:jelena.zagorska@llu.lv)

Sadarbības partneri:

- ✓ A/S Jaunpils pienotava (lauksaimniecības produkcijas pārstrādātājs). Kontaktpersona Viesturs Krilovs, [viesturs.krilovs@jaunpilspienotava.lv](mailto:viesturs.krilovs@jaunpilspienotava.lv)
- ✓ SIA Latvi Dan Agro (lauksaimniecības produkcijas primārais ražotājs). Kontaktpersona Ilvars Strazdiņš, [latvidan@apollo.lv](mailto:latvidan@apollo.lv)
- ✓ Z/s Ruķi (lauksaimniecības produkcijas primārais ražotājs). Kontaktpersona Marita Pīķe, 26534735, [zsruki@inbox.lv](mailto:zsruki@inbox.lv)
- ✓ Z/s Talči (lauksaimniecības produkcijas primārais ražotājs). Kontaktpersona Dace Pastare, [vistuolas@gmail.com](mailto:vistuolas@gmail.com)

**Projekta budžets: 408683.03 EUR attiecināmās izmaksas, 366922.47 EUR publiskais finansējums.**



## 2 PROJEKTA APRAKSTS

### 2.1 Projekta aktualitāte

Projekta galvenā ideja ir pārstrādāt piena rūpniecībā esošo blakusproduktu – biezpiena sūkalas ar maksimālu lietderību un minimālu resursu patēriņu, veidojot jaunu funkcionālo produktu (laktobionskābe) galapatērētājiem: cilvēkiem, mājdzīvniekiem, mājputniem.

Sūkalas var pieskaitīt pie atjaunojamiem dabas resursiem, ko pašlaik lielākā daļa uzņēmumu nodod biogāzes iegūšanai. Eiropas Savienībā iegūto sūkalu apjoms gadā ir apmēram 40 106 tonnas, kas laktozes izteiksmē ir 1,857 miljoni tonnas (El-Tanboly, El-Hofi, Khorshid, 2017).

Lai pārstrādātu sūkalas ir nepieciešami diezgan lieli energoresursi un atbilstošas iekārtas, tādējādi ne visi uzņēmumi ir gatavi papildus investēt finanšu līdzekļus tehnoloģijās, kas ļautu no sūkalām izdalīt tajās esošās sastāvdaļas (Gannoun et al., 2008). Šobrīd Latvijā tiek pārstrādāts tikai neliels sūkalu apjoms – apmēram 2.5%, jo trūkst attiecīgu tehnoloģiju un finansējuma tirgum perspektīvu produktu izstrādei un realizācijai (Miglavš, 2015).

Piena pārstrādes uzņēmumu notekūdeņi satur laktozi, olbaltumvielas un taukus. Galvenais notekūdeņus raksturojošais parametrs ir bioloģiskais skābekļa patēriņš (BSP), kura vidējais lielums neatfiltrētos notekūdeņos svārstās robežās no 0.8 līdz 2.5 kg/t piena un ķīmiskais skābekļa patēriņš (KSP), kas parasti ir 1.5 reizes lielāks nekā BSP (Ruģele, 2015). Tas nosaka papildu izmaksas, pirms notekūdeņu novadīšanas kanalizācijas sistēmā. Tā kā piena rūpniecības radītais vides piesārņojums ir tieši saistīts ar blakusproduktu daudzumu, tad, lai samazinātu piesārņojuma apjomu, ir ieteicams paaugstināt ražošanas efektivitāti un izmantot sūkalas, kā izejvielu jauna produkta – laktobionskābes ražošanā.

Laktobionskābe ir inovatīvs produkts, kurš tiek izmantots lauksaimniecības dzīvnieku un putnu labturībā. Tās izmantošanas mērķi ir sekojoši – putnu fermās ierobežot patogēnu izplatību, kas nokļūst ar ūdeni, kā arī uzlabot vistu olu kvalitāti, tostarp, čaumalas stiprību (biezumu), savukārt liellopiem sekmē svara pieaugumu u.c.

Pašreiz Latvijā piena pārstrādes nozarē praktizē tradicionālas un plaši izplatītas tehnoloģijas (koncentrēšana, kaltēšana, proteīna atdalīšana u.tml.) blakusproduktu (siera un biezpiena sūkalas) pārstrādē, bet ir arī pārstrādātāji, kas sūkalas vienkārši utilizē, papildus par to maksājot (A/S “Jaunpils Pienotava”). Galvenie trūkumi un problēmas, ar kurām saskaras pārstrādātāji šajā kontekstā, ir salīdzinoši lieli kapitālieguldījumi sūkalu pārstrādes tehnoloģijās un tirgus piesātinātība, jo tiek iegūti specifiski industriālie produkti, kuriem tirgus segments un pielietojums ir salīdzinoši šaurs.

Projekta ietvaros tika pētītas alternatīvas iespējas sūkalu pārstrādei, kas, pēc provizoriskām aplēsēm, būtu lētāka, nekā tradicionālās tehnoloģijas un, balstoties uz to, ka patērētāji būtu lopkopības, cūkkopības un putnkopības nozares pārstāvji, no sūkalām ražotās laktobionskābes pieprasījums būtu pārliecinoši lielāks. Ir jāatzīmē, ka konkrētais projekts mēroga ziņā, iespējams, rastu ievērojami labāku risinājumu sūkalu utilizācijas problēmai, salīdzinot ar jau esošajiem.

Projekta rezultātā ir izstrādāta laktobionskābes iegūšanas tehnoloģija, kas var sniegt ievērojamu ieguldījumu vairākas nozarēs un to sektoros. *Ekonomiskā ietekme* – iekonomējot izdevumus, kas tiek lietoti sūkalu utilizācijai, palielināsies ienākumi no produktu ar pievienoto vērtību ražošanas. *Ekoloģiskā* – samazinot to negatīvo ietekmi uz apkārtējo vidi, nodrošinot bezatkritumu sūkalu pārstrādi, aprobējot to ražošanā. Turklāt produktu izstrādei ir daudzpusīga pozitīva ietekme uz lauksaimniecības nozari, izmantojot iegūto laktobionskābi lopu un putnu piebarošanai, ar mērķi to imunitātes, produkcijas iznākuma un kvalitātes kāpināšanai.

Projekta eksperimentālās izstrādes ietvaros izvērtēja trīs *Pseudomonas taetrolens* celmus, kurus rekomendē laktozes oksidēšanai laktobionskābē, kā arī tika pētīta dažādu fermentēšanas

parametru (laiks, pH, laktozes koncentrācija, sūkalu sastāva, īpaši sāļu satura / sastāva, u.c.) ietekme uz laktobionskābes iegūšanu.

Sadarbības partneri – lauksaimnieki, kas nodrošināja dzīvnieku un putnu pētījuma grupas un kontrolgrupas ir:

- ✓ Z/s ‘Talči’ – pētījuma grupa 800 vistas (mazākais iespējamais nodalāmais putnu apjoms, ņemot vērā barošanas un turēšanas specifiku). Kontrolgrupa 1000 vistas;
- ✓ Z/s ‘Ruķi’ – 20 liellopi (mazākais nepieciešamais nodalāmais apjoms). Kontrolgrupa 20 liellopi;
- ✓ SIA ‘Latvi Dan Agro’ – 50 cūkas (mazākais iespējamais nodalāmais putnu apjoms, ņemot vērā barošanas un turēšanas specifiku). Kontrolgrupa 50 cūkas.

Projekts atbilst prioritārām atbalsta pasākuma tēmām, – ekonomiski dzīvotspējīgu lauksaimniecības un mežsaimniecības ražošanas sistēmu attīstība, ievērojot ilgtspējīgas attīstības principus.

## 2.2 Projekta ilgtspēja

Projekta ilgtspēja un ekonomiskā dzīvotspēja projektā ir tiešā korelācijā ar būtiskāko problēmas risinājumu piena pārstrādes nozarē – sūkalu pilnvērtīgu pārstrādi un iegūto produktu izmantošanu realizācijai. Tādējādi projekta ietvaros izvērstā pētījuma ekonomiskā lietderība un dzīvotspēja ir būtiska.

Pilna ražošanas cikla nodrošināšana sākot ar primāro lauksaimniecības produktu ražotāju līdz gatavās produkcijas pārstrādātājam, kuru sadarbībā tiks radīts komplekss, ilgtspējīgs risinājums.

Ieguvēji projekta rezultātā būs primāro lauksaimniecības produktu ražotāji – cūkkopības, putnkopības un lopkopības nozares – iespēja paaugstināt pievienoto vērtību produktam, uzlabot produkcijas kvalitāti un dzīvnieku/putnu labturību, samazināt piebarošanas izmaksas, paaugstināt svāra pieaugumu u.c. un piena pārstrādes uzņēmumi – alternatīva esošajiem sūkalu pārstrādes un realizācijas veidiem.

Pievienotās vērtības radīšana lauksaimniecības produkcijai, izmantojot vietējās izejvielas.

Izstrādājot tehnoloģiju sūkalu pārstrādei un, iegūstot uz laktobionskābes balstītus produktus, patērētājiem un lauksaimniecības dzīvniekiem/putniem, pavērsies iespēja būtiski paaugstināt sūkalu pārstrādes pievienoto vērtību. Izejviela piena produktu pārstrādei ir vietējā izejviela.

Ekonomisko rādītāju uzlabošana lauku saimniecībās vai lauksaimniecības produktu pārstrādes uzņēmumos un privāto mežu apsaimniekošanā, ievērojot ilgtspējīgas attīstības principus.

Ekonomiskie rādītāji tiktu uzlaboti gan lauku saimniecībās – uzlabojot produkcijas kvalitāti un dzīvnieku/putnu labturību, samazinot piebarošanas izmaksas, paaugstināt svāra pieaugumu u.c., gan arī gatavā produkta pārstrādātājiem – piena pārstrādes produktu ražotājiem (alternatīva esošajiem sūkalu pārstrādes un realizācijas veidiem un jauni produkti).

## 2.3 Projekta publicitāte

### Zinātniskās konferences:

1. Zagorska J., Ciproviča I., Šarenkova I. I. Paeglīte, K. Kalnina (2022) Whey as a substrate for functional product development // The Uzbekistan's first bioeconomy forum, Uzbekistan, 27.04.22. (referāts).
2. Zagorska J., Ciproviča I., Šarenkova I. (2021) Sūkulu valorizācija produktu ar pievienoto vērtību radīšanai // Konference "Zināšanu ietilpīga bioekonomika", LLU, Jelgava, Latvija 16.12.2021. (referāts).
3. Zagorska J., Ruska D., Pastore D., Radenkovs V., Grāmatiņa I. (2021) Sezonas ietekme uz brīvas turēšanas lauku vistu olu kvalitātes parametriem // Zinātniski-praktiskā konference "Līdzsvarota lauksaimniecība 2021", Jelgava, Latvija 25.02.21.-26.02.21. (referāts).
4. Paeglīte I., Zagorska J., Galoburda R. (2020) Lactobionic acid potential in ice cream production // The 3rd International Conference "Nutrition and Health", Rīga, Latvija. 09.11.20.-11.11.20. (referāts).

### Starptautiskās izstādes:

1. Zagorska J., Ciproviča I. (2020) stenda referāts "Laktobionskābes ražošana un pielietojums" izstāde „Rīga Food 2020”. 10.09.20. Rīga, Latvija.
2. ZS Ruķi iegūtie rezultāti prezentēti ikgadēja Lauksaimniecības izstādē Rāmovā, Rudens 2021, kas norisinājās no 30.09. līdz 02.10.2021.

### Ikgadējie zinātniski-praktiskie semināri "Ražas svētki" Vecaucē:

1. Ruska D., Zagorska J., Ciproviča I., Zegrja J., Krilovs V. (2021) "Laktobionskābes šķīduma iekļaušana slaucamo govju barībā", seminārs "Ražas svētkiem Vecaucē -2021, 4. novembrī, Vecaucē, Latvijā (stenda referāts) <https://www.lf.llu.lv/lv/razas-svetki-vecauce%E2%80%93932021-stenda-referatu-sekcija>
2. Degola L., Zagorska J., Strazdiņš I. (2021) "Laktobionskābes piedeva cūka barībā", seminārs "Ražas svētkiem Vecaucē -2021, 4. novembrī, Vecaucē, Latvijā (stenda referāts) <https://www.lf.llu.lv/lv/razas-svetki-vecauce%E2%80%93932021-stenda-referatu-sekcija>
3. I.Šarenkova, J.Zagorska (2022) "Laktobionskābes biotehnoloģiskā ieguve un pielietojums pārtikā" "Vidzemes inovāciju nedēļa", seminārā "LLU-pārtika, kas iedvesmo!" 23.02.2022. (referāts) <https://www.youtube.com/watch?v=8UKsISg-f7Q>

### Nopublicētas zinātniskās publikācijas:

1. Zagorska J., Paeglīte I. Galoburda R., Application of lactobionic acid in ice cream production" *International Journal of Dairy Technology*. Iesniegts un apstiprināts.
2. Zagorska J., Degola L., Strazdiņš I., Gramatina I., Kince T., Galoburda R. (2002) Effects of Lactobionic Acid on Pig Growth Performance and Chemical Composition of Pork // *Animals*. -Vol 12 (9).
3. Sarenkova I., Sáez-Orviz S., Rendueles M., Ciproviča I., Zagorska J., Díaz M. (2022) Downstream approach for the purification and recovery of lactobionic acid // *Foods*. - Vol. 11(4).

### Sagatavotas zinātniskās publikācijas iesniegšanai:

1. Ruska D., Zagorska J., Ciproviča I., Radenkovs V., Rubene D. The effect of lactobionic acid in the fed diet on dairy cows milk. *Journal Agronomy research, Igaunija*

### Populārzinātniskās publikācijas

1. Degola L., Zagorska J., Strazdiņš I. (2021) Laktobionskābes piedeva cūku barībā/ Lactobionic Acid in Pig Feed. Zinātniska semināra rakstu krājums. Vecauce, Latvija, 19.-22.lpp.
2. Ruska J., Zagorska J., Ciproviča I., Zegrja J., Krilovs V. (2021) Laktobionskābes šķīduma iekļaušana slaucamo govju barībā/ Inclusion of Lactobionic Acid in the Diet of Dairy Cows. Zinātniska semināra rakstu krājums. Vecauce, Latvija, 47.-50.lpp.

### 3 PROJEKTA REZULTĀTI UN SECINĀJUMI

#### 3.1 Laktobionskābes (LBS) iegūšanas tehnoloģijas izstrāde

LLU zinātnieku vadībā tika izstrādāta laktobionskābes (LBA) iegūšanas tehnoloģija, savā starpā variējot dažādus parametrus, bet labākā tehnoloģija aprobēta A/S “Jaunpils pienotavā”. Turpmāk LBA tika izmantota: siera iznākuma palielināšanai (vērtējot siera fizikāli-ķīmiskās īpašības, sensoras īpašības un iznākumu); pilnvērtīgākai sūkalu olbaltumvielu izgulsnēšanai, paplašinot uzņēmuma sortimentu ar jaunu produkta veidu – Ricotta siers.

##### 3.1.1 Literatūras apkopojums par laktobionskābes raksturojumu un izmantošanas iespējām: teorētiskie aspekti

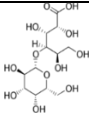
Laktoze pārtikas industrijā tiek plaši pielietota, taču, neskatoties uz to, pasaulē rodas laktozes pārpalikums. Tāpēc ir nepieciešams pētīt novatoriskus risinājumus, kas ļautu iegūt vērtīgus laktozes atvasinājumus, un paplašinātu tās pielietojuma iespējas pārtikas, farmācijas un ķīmiskās rūpniecības nozarēs. Laktoze ieņem nozīmīgu vietu augstvērtīgu farmaceitisko preparātu un funkcionālo pārtikas produktu, tādu kā laktitols, laktobionskābe, laktosukroze, laktuloze un daži galakto-oligosaharīdi, ražošanā (Goderska et al., 2014). Īpaši liels potenciāls ir laktobionskābes (LBS) iegūšanai.

Farmācijas segmentā ietilpst lielākā laktobionskābes tirgus daļa, jo tā tiek izmantota kā dabīgais stabilizators medicīnā. Nozīmīgu tirgus daļu ieņem arī kosmētikas ražošanas nozare, kur laktobionskābe plaši tiek izmantota kā mitrinošo līdzekļu sastāvdaļa.<sup>1</sup>

Laktobionskābe ir sarežģīta polihidroksil skābe, kas ir disaharīds un sastāv no galaktozes un glikonskābes molekulām, bet starp tām atrodas ēteru saite. Tā ir vāja skābe, kuras molekulmasa ir 358,3 g/mol, enerģētiskā vērtība – 2 kcal/g un tai raksturīga salda garša (Fox, McSweeney, 2009). Laktobionskābes fizikāli-ķīmiskie rādītāji ir doti 3.1. tabulā. Tā kā laktobionskābē ir vairākas hidroksilgrupas, tā uzrāda antioksidantu īpašības un mitruma saistīšanas spējas, kas ir nozīmīgs faktors pārtikas un kosmētikas ražošanā (Alonso, 2018). Laktobionskābe tiek plaši izmantota farmaceitiskajā rūpniecībā kā ligandu molekula zāļu piegādes sistēmā (hepatocītu mērķa šūnas), kā arī piedalās audu un orgānu reģenerācijā (Giorgi et al., 2018). Pārtikas rūpniecībā laktobionskābi var izmantot kā saldinaātāju un emulgatoru (Goderska et al., 2014). Laktobionskābi izmanto antibiotikās un konservantu šķīdumos orgānu transplantācijai, kā pretnovecošanās preparātu un pārtikas piedevu – antioksidantu un stabilizatoru. Tiek uzskatīts, ka šī viela nodrošina potenciālu prebiotisku iedarbību funkcionālajos pārtikas produktos (Alonso et al., 2011).

3.1. tabula

Laktobionskābes fizikāli-ķīmiskie rādītāji (Alonso et al., 2013)

Struktūrformula	
Nosaukums	4-O-β-d-galaktopiranozil-d-glikonskābe
Molekulformula	C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>12</sub>
Molmasa, g/mol	358.30
Izskats	Balts pulveris
Kušanas temperatūra	128 – 130 °C
Šķīdība	Viegli šķīst ūdenī, nedaudz šķīst bezūdens etanolā un metanolā

<sup>1</sup> Lactobionic Acid Market - Growth, Trends, and Forecast (2018 - 2023) [tiešsaite] [Skatīts 2018. gada 7. decembrī] Pieejams: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/lactobionic-acid-market>



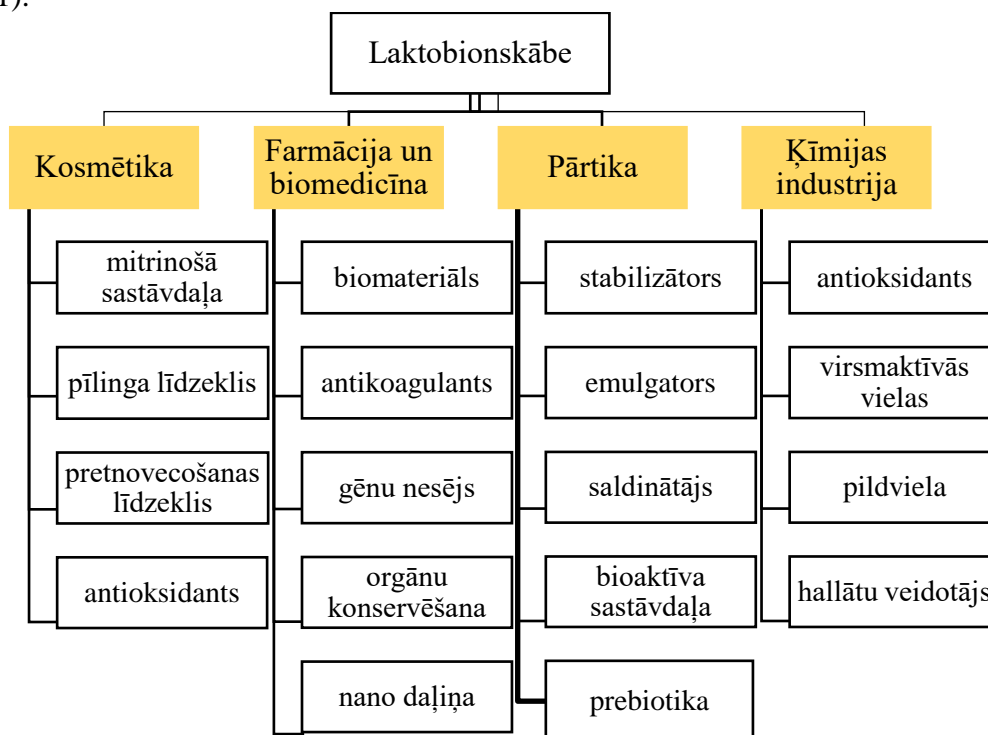
Lielākais laktobionskābes ražotājs ir Ķīna. Ķīnā reģistrēts liels uzņēmumu skaits, kas nodrošina laktobionskābes pieejamību lielākajai daļai pasaules. Nozīmīgākie laktobionskābes ražotāji Eiropā ir “Solvay” (Vācija) un “Friesland Campina Domo” (Nīderlande) (Gutierrez et al., 2012). Laktobionskābes pārdošanas apjomi ir no 15000 līdz 17000 tonnām gadā, bet prognozējamais tās pieprasījuma pieaugums gadā vidēji ir 5% (Affertsholt-Allen, 2007).

Tiek prognozēts, ka laktobionskābes tirgus laika posmā no 2018. līdz 2023. gadam palielināsies par 12,1% un galvenais iemesls tam, ir tās plašās pielietojuma iespējas medicīnā, kosmētikas līdzekļos un pārtikā <sup>2</sup>.

Laktobionskābe galvenokārt tiek ražota ķīmiskās sintēzes rezultātā no rafinētas laktozes. Jāatzīmē, ka ražošanas process ir energoietilpīgs un dārgs. Savukārt laktobionskābes biotehnoloģiskā ražošana no lētas izejvielas – sūkalām – ir rentabla un ilgtspējīga alternatīva. Laktobionskābes biotehnoloģiskā ražošana var novērst tādus ķīmiskās sintēzes trūkumus kā: smago metālu (katalizatoru) izmantošanu, nevēlamo starpproduktu – organiskās skābes – veidošanos (Alonso et al., 2013), ko fermentācijas procesā producē *Pseudomonas taetrolens*, turklāt tās iznākumu var ietekmēt izšķīdušā skābekļa koncentrācija un pH kontrole (Alonso et al., 2015).

### Izmantošanas iespējas

Laktobionskābes izmantošanas iespējas dotas 3.1. attēlā. Pēdējo gadu laikā pārtikas rūpniecībā laktobionskābei tiek piedēvēts prebiotika potenciāls, kas uzlabo kalcija absorbciju organismā, uzrāda antioksidanta, stabilizētāja un emulgatora īpašības (Ganzle et al., 2008). Nozīmīga loma laktobionskābe ir arī audu inženierijā un nanomedicīnā (Alonso et al., 2013). Tai ir svarīga nozīme pārtikas tehnoloģijā, tostarp siera ražošanā un piena rūpniecībā, kur to var izmantot, lai mazinātu sieru un jogurtu skābumu un paātrinātu siera nogatavināšanu. To lieto funkcionālos dzērienos kā kalcija nesēju un tai piemīt prebiotika īpašības (Gutierrez et al., 2011).



3.1. att. Laktobionskābes izmantošanas iespējas  
(Alonso et al, 2013 (a), Ahamed et al., 2008, Green et al., 2009)

<sup>2</sup> Lactobionic Acid Market - Growth, Trends, and Forecast (2018 - 2023) [tiešsaite] [Skatīts 2018. gada 7. decembrī] Pieejams: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/lactobionic-acid-market>

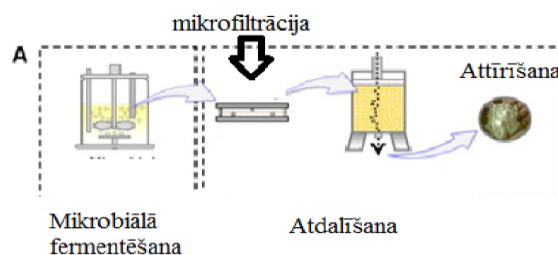
Pateicoties lielajam hidroksilgrupu skaitam, LBA ir ļoti higroskopiska viela un veido želejas, kas satur aptuveni 14% ūdens (Gutierrez et al., 2012).

Augsto ražošanas izmaksu dēļ laktobionskābes pielietojums ir ierobežots. Pašlaik laktobionskābi pārsvarā ražo ķīmiskajā sintēzē, kas ir dārgs un neefektīvs process. Savukārt biotehnoloģiskā ražošana, kur tiek izmantotas lētas izejvielas, piemēram, siera sūkalas, ir rentabla un ilgtspējīga alternatīva laktobionskābes rūpnieciskajai ražošanai.

### *Biotehnoloģiskā iegūšana*

Biotehnoloģija arvien plašāk tiek pielietota dažādu organisko skābju, biogāzes, medikamentu un organisko savienojumu ražošanā Latvijā un pasaulē. Biotehnoloģijas zinātnes nozare ietver rūpniecisko biotehnoloģiju, bioloģiskās pārstrādes tehnoloģijas (rūpnieciskos procesus, kuru pamatā ir tos virzošie bioloģiskie līdzekļi), biokatalīzi, fermentāciju, bioproduktus (produkti, ko ražo kā izejvielu, izmantojot bioloģisko materiālu), biomateriālus, bioplastmasas, biokurināmo, bioloģiska plašpatēriņa un smalkās organiskās sintēzes ķīmisko vielu iegūvi, no bioloģiskām izejvielām iegūtus inovatīvus materiālus<sup>3</sup>.

Patlaban baktērijas ir kļuvušas par uzticamu, konkurētspējīgu un izdevīgu alternatīvu speciālu organisko skābju ražošanas platformu (Alonso et al., 2013a) LBA ražošana, izmantojot *Pseudomonas*, pirmo reizi veikta 20. gs 40 gadu beigās (Alonso et al., 2013). Laktobionskābes biokatalītiskā ražošana ietver laktozes oksidāciju ar mikroorganismiem, izmantojot enzīmus kā biokatalizatoru. Laktozes oksidējošo aktivitāti uzrāda arī tādi mikroorganismi kā, piemēram, *Acetobacter orientalis*, *Burkholderia cepacia*, *Halobacterium saccharovororum*, *Paraconiothyrium sp.*, *Penicillium chrysogenum*, *Pseudomonas sp. LS13-1*, *Sporotrichum thermophile* un *Zymomonas mobilis* (Gutierrez et al., 2012).



3.2. att. Laktobionskābes biotehnoloģiskā iegūšana (Alonso et al., 2013a)

Laktobionskābes bioloģiskās iegūšanas galvenie trūkumi ir (Gutierrez et al., 2012):

1. ilgs laika periods, kas nepieciešams, lai sasniegtu augstu konversiju,
2. dažu enzīmu kofaktoru atkarība,
3. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> veidošanās, kas inaktivē enzīmus.

*Pseudomonas taetrolens* ir Gram-negatīvas, aerobas baktērijas, kas pieder pie *Pseudomonadaceae* ģints, kas satur 191 sugu. Vislabāk izpētītās sugas ir: *Pseudomonas aeruginosa*, kam piemīt oportūnistiska cilvēka patogēna lom, augos konstatētais patogēns *Pseudomonas syringae*; augsnē esoša baktērija *Pseudomonas putida* un augu augšanu veicinošais – *Pseudomonas fluorescens* (Uchino et al., 1999). *Pseudomonas taetrolens* ir nepatogēns savvaļas mikroorganisms, kas parasti ir sastopams bojātos pārtikas produktos. No šī mikroorganisma izdalītie enzīmi tiek izmantoti rūpnieciski glutamīnskābes atvasinājumu sintēzei (Alonso et al., 2013a).

Salīdzinot ar *Zymomonas mobilis* un *Burkholderia cepacia*, *Pseudomonas taetrolens* laktobionskābes ražošanā uzrāda augstākas biokonversijas spējas uz vienu biomasas vienību, bez papildu barības vielu pievadīšanas (Alonso et al., 2017), kas savukārt vērtējams kā pozitīvs

<sup>3</sup> Noteikumi par Latvijas zinātnes nozarēm un apakšnozarēm Ministru kabineta noteikumi Nr. 49, Rīgā 2018. gada 23. janvārī (prot. Nr. 5 19. §) [tiešsaiste] [Skatīts 2018. gada 14. decembrī] Pieejams: <https://likumi.lv/ta/id/296661-noteikumi-par-latvijas-zinatnes-nozarem-un-apaksnozarem>

faktors. Laktobionskābes ražošanai var izmantot arī dažādas izejvielas ar augstu laktozes saturu. Ņemot vērā to, ka sūkalu pārstrāde ir aktuāla problēma Latvijas piena pārstrādes uzņēmumos, kā arī tās pieejamību un ekonomisko izdevīgumu (lēta izejviela), sūkalām ir liels potenciāls laktobionskābes biotehnoloģiskajā ražošanā.

### *Sūkalu izmantošanas potenciāls un piemērotība laktobionskābes iegūšanai*

Sūkalas ir siera un biezpiena ražošanas blakusprodukts, kam ir augsts bioķīmiskais skābekļa patēriņš 40 – 60 g/L (Dragone et al., 2009) (skābekļa daudzums, ko patērē aerobie mikroorganismi savas dzīvības procesā organisko vielu oksidēšanai) un kas atrodas notekūdeņu sastāvā. Šis rādītājs raksturo organisko vielu saturu, ko iespējams likvidēt ar bioloģiskās attīrīšanas metodi pielietojot aktīvās dūņas<sup>4</sup>, kas savukārt izraisa dažādas vides problēmas (Salari et al., 2018). Šķidrumu, kas no piena pārstrādes uzņēmumiem tiek aizvadīts kanalizācijā, var iedalīt divās grupās. Pirmajā grupā ietilpst mazgāšanas un pasterizācijas ūdeņi, kuru sastāvā ir mazgāšanas līdzekļi un piena paliekas no cauruļvadiem. Šādam šķidrumam ir zems organiskais piesārņojums, un parasti tas tiek attīrīts uz vietas uzņēmumā, piemērotos aerobās apstrādes apstākļos. Rezultātā šāds šķidrums nerada nopietnu kaitējumu videi. Savukārt pie otras grupas šķidrumiem, kas tiek aizvadīti kanalizācijā, pieder sūkalas. Lai gan sūkalu daudzums veido aptuveni 1/3 no kopējā notekūdeņu daudzuma, tam piemīt augsts bioķīmiskais skābekļa patēriņš (Chatzipaschali, Stamatis, 2012). Pasaules zinātnieki uzsver, ka skābo sūkalu pārstrāde ir sarežģīts process jebkura mēroga ražotājiem – gan mājsaimniecībām, gan industriālajiem ražotājiem (Chandrapala et al., 2015).

Pasaulē gada laikā tiek saražots vairāk nekā 10<sup>8</sup> tonnas sūkalu (Grba et al., 2002). Pēc centrālās statistikas datiem Latvijā, no 2012. līdz 2017. gadam sūkalu ražošanas apjoms ir pieaudzis no 19 085 tonnām līdz 28 751 tonnām, jeb 1,5 reizes<sup>5</sup>.

Aptuveni 70% sūkalu tiek pārvērsti dažādos pārtikas un farmaceitiskos produktos, kas parasti ir pulvera veidā. Pārtikas rūpniecībā plaši izmanto laktozi, lai iegūtu mākslīgo maisījumu zīdaiņiem, bērnu pārtiku, atjaunotus piena produktus, kondensēto pienu, konditorejas izstrādājumus un saldinātājus (Adhikari et al., 2018). Salīdzinot ar sākotnējo piena sastāvu sūkalās saglabājas līdz pat 55 % sausas, ieskaitot šķīstošās olbaltumvielas, laktozi, minerālvielas un B grupas vitamīnus (Salari et al., 2018). Turklāt sūkalas ir atzītas par būtisku aminoskābju, bioaktīvo peptīdu, antioksidantu un imūnstimulatoru avotu (Amaral et al., 2018).

3.2. tabula

### **Saldo un skābo sūkalu ķīmiskā sastāva salīdzinājums**

(Chatzipaschali, Stamatis, 2012)

Sastāvdaļas	Saldās sūkalas, g/L	Skābās sūkalas, g/L
Kopējais sausas saturs	63-70	63-70
Laktoze	46-52	44-46
Olbaltumvielas	6-10	6-8
<b>Minerālvielas, organiskie un neorganiskie sāļi</b>		
Kalcijs	0.4-0.6	1.2-1.6
Fosfāti	1.0-3.0	2.0-4.5
Laktāti	2.0	6.4
Hlorīdi	1.1	1.1

Viena no sūkalu izmantošanas un pārstrādes iespējām ir pienskābes ražošana cirkulējoša tipa membrānas bioreaktorā, kur izmantojot mikroorganismus, iespējams iegūt pienskābi. Norādīts, ka pienskābes ražošanas ātrumu ir 2,7 g stundā no viena litra sūkalu (Пронина и др.,

<sup>4</sup> Ko nozīmē bioķīmiskais skābekļa patēriņš (BSP5) [tiešsaiste] [Skatīts 2018. gada 28. oktobrī] Pieejams: [http://www.lvif.gov.lv/?object\\_id=18502](http://www.lvif.gov.lv/?object_id=18502)

<sup>5</sup> Saražotās rūpniecības produkcijas realizācija [tiešsaiste] [Skatīts 2018. gada 28. oktobrī] Pieejams: [http://data1.csb.gov.lv/pxweb/lv/rupnbuvm/rupnbuvm\\_\\_rupn\\_\\_ikgad/RUG020.px/table/tableViewLayout1/?rxid=a39c3f49-e95e-43e7-b4f0-dce111b48ba1](http://data1.csb.gov.lv/pxweb/lv/rupnbuvm/rupnbuvm__rupn__ikgad/RUG020.px/table/tableViewLayout1/?rxid=a39c3f49-e95e-43e7-b4f0-dce111b48ba1)

2015). Sūkalu izmantošanas potenciāls mikroorganismu vairošanai ir saistīts ar to sastāvā esošajiem oglehidrātiem (mono-, oligo- un amino-saharīdi), minerālvielām, vitamīniem, organiskajām skābēm un fermentiem. Laktoze ir galvenais enerģijas avots mikroorganismu attīstībai (Liu et al., 2016).

Atkarībā no olbaltumvielu izgulsnēšanas veida, sūkalas var iedalīt skābajās (pH>5) un saldajās sūkalās (pH 6–7). Biezpiena sūkalu pH skaitliskā vērtība ir 4,7, bet siera sūkalu pH vērtība sasniedz 6,7 (Зипаев, Зимичев, 2007). Saldajās un skābajās sūkalās ir konstatēts atšķirīgs minerālvielu, laktozes un sūkalu olbaltumvielu frakciju saturs. Saldo un skābo sūkalu salīdzinājums dots 3.2. tabulā.

Skābo sūkalu sastāvā ir vitamīni, minerālvielas, sazarotas ķēdes aminoskābes, laktoze, pienskābe, alfa-laktalbumīns (Simonis et al., 2019) un daudzi citi bioloģiski aktīvi savienojumi, piemēram,  $\alpha$ -laktalbumīns,  $\beta$ -laktoglobulīns, glikomakropeptīds, laktoferīns, laktoperoksidāze, lizocīms, immunglobulīni (Park., Haenlein, 2013). Sausnas saturs sūkalās vidēji svārstās robežās no 5 līdz 8% (Bisninella et al., 2017). Viena no sūkalu galvenajām sastāvdaļām ir laktoze, kas veido līdz pat 70% no sausnas (Panesar and Kennedy, 2012). 100 ml sūkalu ir 0,135 mg slāpekļa, no kuriem 65% ietilpst olbaltumvielu sastāvā, bet pārējo daļu veido citi slāpekli saturošie savienojumi. Siera sūkalu olbaltumvielās esošie slāpekli saturošie savienojumi vidēji svārstās robežās no 0,5 līdz 0,8% un to saturs mainās atkarībā no olbaltumvielu izdalīšanas veida (Пронина, и др., 2015).

Laktozes kristālu veidošanās ātrumu ietekmē piemaisījumi, piemēram, minerālvielas, proteīni, piena tauki un oglehidrāti (Fu et al., 2019, Warnecke et al., 2019). Laktoze ir labs substrāts mikroorganismu attīstībai un pavairošanai, piemēram, baktērijām un raugiem. To pielieto rūpnieciskos fermentācijas procesos, kur laktoze tiek izmantota kā oglekļa avots (Lactose, 2013). Tomēr laktozes lietošana daudzos gadījumos ir ierobežota, jo tai ir zema salduma pakāpe un neliela šķīdība, kā arī laktozes nepanesamības dēļ. Tikai neliels laktozes daudzums tiek izmantots kā izejviela ķīmiskajā sintēzē (West et al., 2017, Gutierrez et al., 2012).

Kā jau minēts iepriekš, tad pasaulē gada laikā tiek saražots vairāk nekā  $10^8$  tonnas sūkalu (Grba et al, 2002). Sūkalas, kas ir piena pārstrādes nozares blakusprodukts, bieži tiek novadītas kanalizācijā. Taču sūkalu sastāvā esošā laktoze ir piemērota laktobionskābes biotehnoloģiskai iegūšanai.

### 3.1.2. Laktobionskābes iegūšanas tehnoloģijas izstrāde

#### MATERIĀLI UN METODES

**Mikroorganismi:** *Pseudomonas taetrolens* DSM 21104 tīrkultūra tika iegūta no mikroorganismu kultūru kolekcijas ("DSMZ", Vācija).

**Agars:** Šie mikroorganismi tika aktivizēti agarā ("Scharlab S.L.", Spānija) (1 L satur 10 g agara, 1 g gaļas ekstrakta, 5 g peptona, 2 g rauga ekstrakta un 5 g NaCl) petri trauciņos un inkubēti 30 °C temperatūrā 48 stundas tālākiem inokulāta preparātiem.

**Tīrkultūra:** 10 µL *Pseudomonas taetrolens* celmu no iepriekš inkubētiem petri traukiem tika inokulēti 100 mL uzturvielu buljona šķidrā barotnē (1 L satur 5 g peptona, 1 g gaļas ekstrakta un 2 g rauga ekstrakta) 200 mL kolbā. Turpmāk kolbas inkubēja 30 °C temperatūrā inkubatorā ES-20 ("Biosan Ltd.", EU) ar maisīšanas intensitāti 230 apgr./min. 18 h. Lai iegūtu *Pseudomonas taetrolens* celmu biomasu, kas turpmāk izmantota kā inokulācijas kultūra bioreaktorā, iepriekš inkubētais materiāls tika centrifugēts ("Hermle Labortechnik GmbH", Vācija) 10 minūtes 6000 apgr./min.

3.3. tabula

#### Skābo un saldo sūkalu sastāvs

Sūkalu veids		Sausna,%	pH	Laktozes koncentrācija,%
100% skābās sūkalas	A	6.99	4.52	5.68
	B	6.74	4.69	5.41
	C	7.48	4.62	5.70
	D	2.61	4.58	2.06
100% saldās sūkalas	E	14.00	5.98	11.04
	F	17.90	5.58	16.80
	G	5.03	6.01	4.39

**Sūkalu paraugi:** Gan skābās, gan saldās sūkalas tika iegūtas A/S "Jaunpils pienotava" un to sastāvs ir norādīts 3.3. tabulā. Paraugus pagatavoja, pievienojot skābās un saldās sūkalas attiecīgi proporcijās **50**: 50, **60**: 40, **70**: 30, **80**: 20, **100**: 0. Visu paraugu pH vērtību paaugstināja līdz 6.5, pievienojot 6N NaOH šķīdumu pirms pasterizācijas 72 °C temperatūrā 15 s. Pētījumos sagatavotie paraugi ir marķēti ar burtiem un cipariem, kā norādīts 3.4. tabulā.

3.4. tabula

#### Izmantot paraugu un fermentācija raksturojums

Kolbas		
Nosaukums	Skābās sūkalas%	Saldās sūkalas%
<b>F 100</b>	100	-
F 50: 50	50	50
F 60: 40	60	40
F 70: 30	70	30
F 80: 20	80	20
Bioreaktors		
B100	-	100
<b>B 100</b>	100	-
<b>B 100<sup>p</sup></b>	100	-
B 50: 50 <sub>a</sub>	50	50
B 50: 50 <sub>b</sub>	50	50
B 70: 30	70	30

\* kur a-10% (v/v) inokulāta, b-30% (v/v) inokulāta; šrifts **bold** norāda skābās sūkalas; p-norāda uz augstu olbaltumvielu saturu sūkalās; F-Kolbas metodes paraugs; B-bioreactora metodes paraugs

## Laktobionskābes fermentācijas veidi

### *Kolbas metode:*

*Kolbas* metode – 200 ml koniskajās kolbās ielej 100 ml sūkalu parauga. Tālāk kolbas saturs tiek inkubēts 30 °C temperatūrā inkubatorā ES-20, kur parauga maisīšanas intensitāte ir 230 apgr./min. 48 stundas. Visi sūkalu paraugi tika inokulēti ar 10% (v/v) aktivētas tīrkultūras. Eksperiments veikts divos neatkarīgos atkārtojumos. Lai noteiktu mikroorganismu skaitu un pH skaitlisko vērtību eksperimenta gaitā 48 h laika intervālā, paraugi regulāri tika ņemti aseptiskā veidā, kas novērš iespējamību piesārņot sūkalu paraugus ar nevēlamu mikrofloru.



3.3. att. Paraugu fermentācija inkubatorā, kas aprīkots ar maisīšanas funkciju

### *Bioreaktora metode:*

Bioreaktora metode – veikta 4 L bioreaktorā (“BIOSTAT ® B plus”, sartorius stedim sistēmās, Vācija). Parauga tilpumu bioreaktorā bija 3 L, kur sūkalu paraugu fermentācija notika 30 °C temperatūrā, dažādu laika periodu 48 un 72 h (3.4. att.). Bioreaktors ir aprīkots ar pH (“Mettler Toledo”, Šveice) un skābekļa elektrodiem (“Mettler Toledo”, Šveice), kas ļautu pastāvīgi kontrolēt pH un izšķīdušā skābekļa vērtības. Eksperimentu laikā tika nodrošināta paraugu maisīšana – 350 apgr./min. un nepārtrauktu aerācija 0,5 L/min ar skābekļa padevi 0,1 L/min. Eksperimenta laikā tika veikta pH skaitliskās vērtības kontrole, attiecīgi, izmantojot peristaltiskos sūkņus un pievienojot 1N NaOH šķīdumu, tā tika noregulēta līdz 6,5. Pārmērīga putu veidošanās tika kontrolēta, pievienojot 1:10 atšķaidītu preputu vielu (“Sigma-Aldrich”, Steintiim, Vācija). Bioreaktors bija aprīkots ar paraugu ņemšanas sistēmu, kas ļāva kontrolēt mikroorganismu skaitu un laktozes saturu fermentācijas laikā. Eksperimentu gaitā 3 l sūkalu inokulēja 10% (v/v) aktivētas tīrkultūras, izņemot vienu sūkalu paraugu B 50: 50<sub>b</sub>, kam tika pievienots lielāks aktivētas tīrkultūras daudzums (30% v/v).



3.4. att. Bioreaktors

### *Laktozes un laktobionskābes satura noteikšana:*

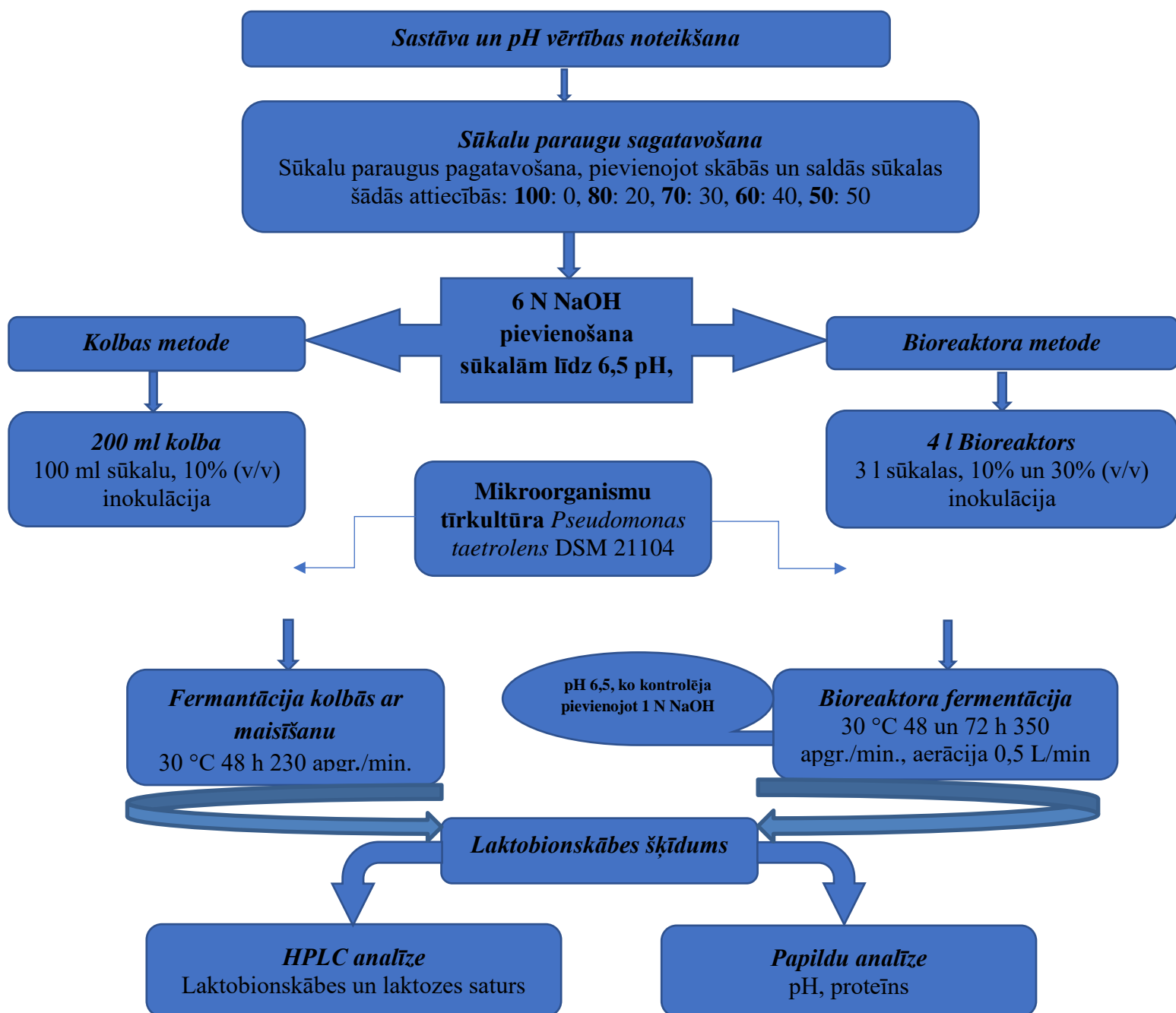
**Laktozes** saturu visos paraugos noteica, izmantojot “MilcoScan™ Mars” (“Foss”, Dānija) pirms kultivēšanas.

Atlikušo **laktozes un laktobionskābes** saturu noteica, izmantojot augstas izšķirtspējas šķidrums hromatogrāfiju (“Suminace HPLC” sistēma, “Shimadzu LC-20”, Torrance, California, USA).

Visus paraugus centrifugēja 15000 apgr./min. 10 minūtes, lai atdalītu šūnu atliekas, ūdenī nešķīstošas vielas un citus piemaisījumus. Laktobionskābi noteica, izmantojot refraktīvo indeksu detektoru (RID-10A; YMC-C18, 4,6 mm × 250 mm, 5 μm stabiņš). Kustīgās fāzes izokrātiskā eluēšana uz 2 L šķīduma (1,15 mL H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, 14,3 g KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, 20 mL/min). Tajā pašā laikā laktozes saturu noteica, izmantojot refrakcijas indeksa DETEKTORA SPD-M20 A; Alltech NH<sub>2</sub>, 4,6 mm × 250,5 μm sleju. Kustīgā fāze ir 84% acetonitrila, 16% dejonizēta ūdens. Ievadītā parauga tilpums bija 10 μL, temperatūra – 35 °C un pilienu ātrums – 1 mL/min. Paraugi tika kvantitatīvi noteikti saskaņā ar HPLC kategorijas ārējiem analītiskajiem standartiem: laktoze (“Sigma Aldrich”, Vācija) un laktobionskābe (“Acros Organics”, Indija).

***Olbaltumvielu noteikšana:***

Olbaltumvielu un slāpekļa savienojumu saturs paraugos tika noteikts, izmantojot Kjeldāla metodi ISO 8968-1:2014. Olbaltumvielu satura noteikšanā tiek pielietots mineralizācijas bloks (“Tecator™ Digestor”, FOSS, Zviedrija), destilācijas iekārta (“Kjeltic™ 2100”, FOSS, Zviedrija) un ietverta turpmāka titrēšana.



3.5. att. Laktobionskābes iegūšanas shēma

**pH noteikšana:**

Paraugu un vidējās pH skaitliskās vērtības izmaiņas fermentācijas procesa laikā tika noteiktas izmantojot InLab® Expert Pro-ISM pH elektrodu (“Mettler Toledo”, Šveice).

**Mikroorganismu skaits:**

Kolonijas veidojošo vienību skaits (KVV) tika analizēts, izmantojot gaļas peptona agaru (GPA) ar inkubācijas temperatūru 30 °C 48 h, bet KVV saskaitīja pielietojot “Acolyte Colony



counter” (Nr.: 7510/SYN). *Pseudomonas taetrolens* attīstības dinamiku attēloja līknes veidā kā log KVV/mL.

#### **Laktobionskābes biokonvertācija:**

Laktobionskābes vērtība (biokonversijas rezultāts) tika aprēķināta procentos, pamatojoties uz laktozes daudzumu, kas fermentācijas procesā oksidējas laktobionīnskābē, kā parādīts zemāk.

Laktobionīnskābes iznākums vai biokonversijas rezultāts % = LBS (g/L)/laktozes (g/l) × 100 (Alonso et al., 2011).

Laktozes saturu visos sūkalu paraugos noteica, izmantojot “Milkoscan”, savukārt pielietojot HPLC-sistēmu noteica laktozes un laktobionskābes saturu visos LBS šķīdumos. Pēc 48 stundu ilgas raudzēšanas pielietojot *Kolbas* metodi noteica laktobionskābes un laktozes saturu. Turklāt, izmantojot šo metodi, paraugi tika ņemti arī eksperimentu sākumposmā, pēc 22 un 48 h raudzēšanas, kas attiecīgi ļāva sekot līdzi mikroorganismu skaita izmaiņām.

Saskaņā ar vairākiem pētījumiem fermentācijas laiks, kas pārsniedz 48 stundas, nav optimāls laktobionskābes ražošanai izmantojot gan *Kolbas*, gan bioreaktora metodi. Tādējādi šajā pētījumā fermentācijas ilgums pielietojot abas metodes bija 48 h, izņemot divus sūkalu paraugus B 100 un B 100 p, kas tika fermentēti 72 h. Šajos divos paraugos noteica laktobionskābes iznākumu, laktozes atlikuma un mikroorganismu attīstības dinamiku, lai turpmāk varētu veikt projekta pētījumu laikā iegūto datu salīdzinājumu ar citu zinātnieku pētījumu rezultātiem.

## **REZULTĀTI**

### **Sūkalu paraugu sastāvs**

Sūkalu paraugus pagatavoja, sajaucot **skābās** un saldās sūkalas attiecīgi **100: 0, 50: 50, 60: 40, 70: 30 un 80: 20, 0: 100**. Visu paraugu ķīmiskais sastāvs ir noteikts, izmantojot “MilcoScan TM Mars” (Foss, Dānija), kas dots 3.5. tabulā. Sausnas un laktozes satura vērtības tika iegūtas no triplikātu vidējās vērtības, kas uzrādīta procentos.

3.5. tabula

### **Sūkalu paraugu ķīmiskais sastāvs**

Sūkalu paraugi	Sausna%	Laktoze%	Laktozes procentuālais daudzums no kopējās sausas, %
F 100	<b>6.99 ± 0.1</b>	<b>5.68 ± 0.12</b>	81.25
F 50: 50	3.76 ± 0.15	3.09 ± 0.61	<b>82.18</b>
F 60: 40	3.54 ± 0.48	2.88 ± 0.27	81.35
F 70: 30	2.88 ± 0.02	2.42 ± 0.56	<b>84.02</b>
F 80: 20	2.35 ± 0.67	2.01 ± 0.18	<b>85.53</b>
B100	14.00 ± 1.17	11.04 ± 0.35	78.85
B 100	6.74 ± 0.1	5.41 ± 0.92	80.26
B 100 p	7.48 ± 0.50	5.70 ± 1.35	76.20
B 50: 50 <sub>a</sub>	<b>14.36 ± 0.23</b>	<b>11.64 ± 0.47</b>	81.05
B 50: 50 <sub>b</sub>	13.82 ± 0.96	10.90 ± 0.1	78.87
B 70: 30	12.32 ± 1.02	10.09 ± 0.84	81.89

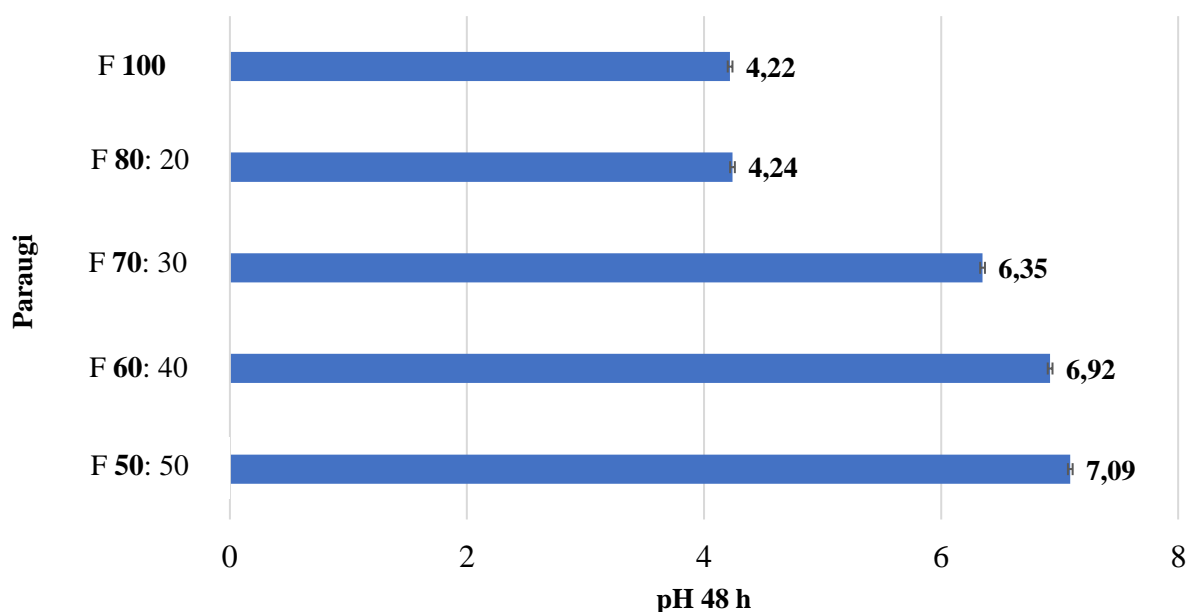
\* kur a-10% (v/v) inokulāta, b-30% (v/v) inokulāta; šrifts bold norāda skābās sūkalas; p-norāda uz augstu olbaltumvielu saturu sūkalās; F-Kolbas metodes paraugs; B-bioreaktora metodes paraugs

Pēc skābo un saldo sūkalu kombinēšanas tika iegūts plašs kompozīciju klāsts jeb paraugu skaits. Kombinācijai F 80: 20 pielietojot *Kolbas* metodi tika novērots zemākais sausas saturs 2,35 ± 0,67%. Tā kā kopējais sausas saturs bija zems, tad arī paraugā F 80: 20 konstatēja zemāko laktozes vērtību – 2,01 ± 0,18%. Savukārt pretēja tendence tika novērota sūkalu

paraugos B 50:50<sub>a</sub> pielietojot bioreaktora metodi, kur lielākais kopējais sausnas un laktozes saturs bija attiecīgi  $14,36 \pm 0,23$  un  $11,64 \pm 0,47$ .

### pH-vērtības izmaiņas laktobionskābes ražošanas procesā pielietojot *Kolbas* metodi

Visu sūkalu paraugu sākotnējā pH skaitliskā vērtība bija  $6,5 \pm 0,05$ , kas tika iegūta pievienojot 6 N NaOH pirms eksperimenta uzsākšanas. Pēc raudzēšanas sūkalu parauga F 50: 50 pH vērtība bija ievērojami augstāka – 7,09 salīdzinājumā ar citiem paraugiem. Savukārt F 80: 20, F 100 paraugi uzrādīja ievērojami zemāku ( $p < 0,05$ ) pH vērtību, kas attiecīgi bija  $4,24 \pm 0,05$  un  $4,22 \pm 0,05$ . Savukārt salīdzinot ar sākotnējo pH vērtību  $6,5 \pm 0,05$ , pēc raudzēšanas sūkalu paraugos F 60: 40 un F 50: 50 pH vērtība ( $p < 0,05$ ) bija ievērojami augstāka, ko varētu izskaidrot ar slāpekļa savienojumiem, kas rodas, sadaloties proteīniem ar substrātā esošo fermentu palīdzību. Pētījumos iegūtie dati liecina, ka proteīnu saturs samazinās pēc 48 stundu ilgas fermentācijas. pH skaitliskās vērtības izmaiņas laktobionskābes ražošanas procesā atbilst Alonso et al., (2011., 2012a, 2013. un 2017. gads), Goderska et al., (2014) un Georgi et al. (2018) veiktajiem pētījumiem, kur kā substrātu izmantoja saldās sūkalas. Sarenkova et al. (2019a) norādīja uz nenozīmīgu ( $p > 0,05$ ) pH vērtības palielināšanos fermentācijas procesa beigās, kur kā substrātu izmantoja skābās sūkalas kombinācijā ar dažādiem sāļiem, bet kā tūrkultūru *Pseudomonas taetrolens*, un fermentējot 48 h pielietojot *Kolbas* metodi. Savukārt ar *Kolbas* metodi Alonso et al. (2017) veiktie pētījumi uzrādīja zemāku pH vērtību (~ 3,6) substrātā, oksidējot laktozi ar *Pseudomonas taetrolens* 30 °C 72 h. Raudzēšanas sākumposmā pH skaitliskā vērtība paaugstinās vairāk nekā 6,5, kas var liecināt par slāpekļa savienojumu veidošanos. Turpmākā raudzēšanas procesa laikā novērojama pH vērtības samazināšanās, kas sākas pēc 24 h un turpinās līdz pat eksperimenta beigām, un tas savukārt varētu liecināt par laktobionskābes ražošanas procesu.



3.6. att. Analizēto paraugu pH skaitliskās vērtības pēc 48 h raudzēšanas pielietojot *Kolbas* metodi

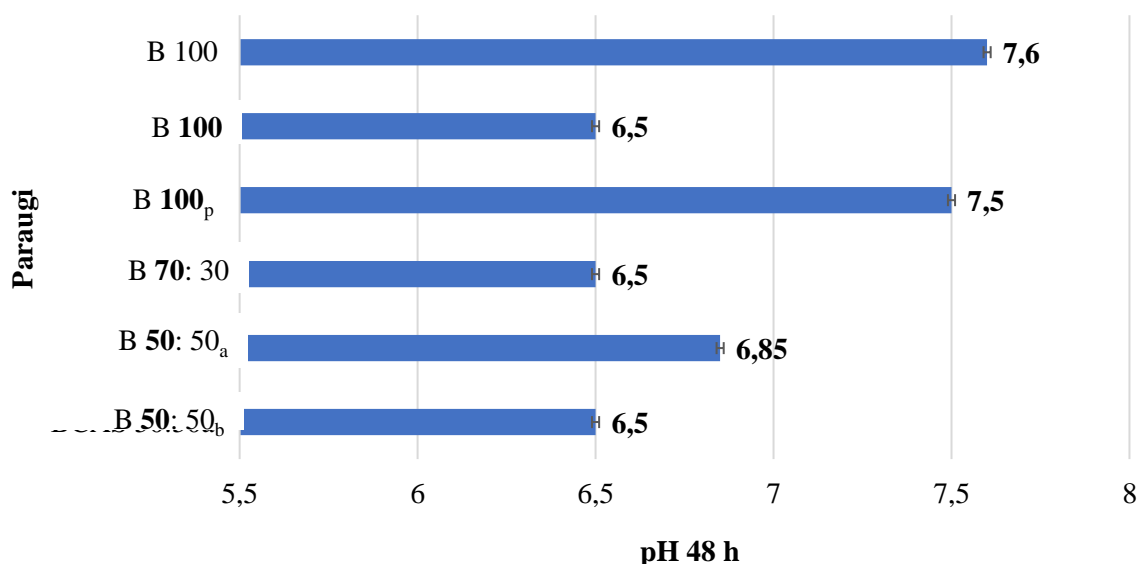
Tā kā pašreizējie pētījumi veikti, kā substrāta barotni izmantojot skābās un saldās sūkalas dažādās proporcijās, tad galarezultātā tika konstatētas lielākas pH vērtības variācijas, salīdzinot ar citiem pētījumiem (Alonso et al., 2011; Sarenkova et al., 2019), kuros zinātnieki kā substrātu izmantoja tikai saldās vai skābās sūkalas. Turklāt parauga F 100, kurā atrodas 100 % skābo sūkalu, pH vērtība pēc 48 stundu ilgas fermentācijas samazinājās līdz  $4,22 \pm 0,05$ , salīdzinot ar

sākotnējo pH vērtību 6,5. Turpretim Sarenkova et al. (2019a and 2019b) uzrādīja nenozīmīgu pH vērtības pieaugumu – apmēram 0,2 vienības, pēc 48 stundu ilgas fermentācijas pielietojot *Kolbas* metodi. Noteikti ir nepieciešams atzīmēt, ka visu paraugu sākotnējā pH skaitliskā vērtība tika palielināta, izmantojot 6N NaOH. Tādējādi var secināt, ka skābo sūkalu neutralizēja var ietekmēt turpmāko fermentācijas procesa gaitu.

### pH-vērtību izmaiņas laktobionskābes ražošanas procesā pielietojot bioreaktora metodi

Pielietojot bioreaktora metodi pēc 48 h raudzēšanas, sūkalu parauga B 50<sub>b</sub> beigu pH vērtība bija  $6,5 \pm 0,05$ , kas inokulēta ar lielāko mikroorganismu tīrkultūras daudzumu (30% (v/v)). Bet parauga B 50:50<sub>a</sub> beigu pH vērtība, kas tika inokulēta ar 10% (v/v) mikroorganismu tīrkultūras, bija  $6,85 \pm 0,05$ . Šī novirze parādīja, ka galīgā pH vērtība ir atkarīga no inokulētās mikroorganismu tīrkultūras daudzuma, kā rezultātā mikroorganismi veido proteīnu sadalošos enzīmus, kas turpmāk veido lielu slāpekļa savienojumu daudzumu šķīdumā un galarezultātā tiek iegūta augstāka pH skaitliskā vērtība.

Saskaņā ar Alonso et al., (2011. un 2013a) pētījuma rezultātiem, kur pH paaugstinājās no 6,4 līdz 7,36, kad tika inokulēts 0,64 g/L biomasas, salīdzinot ar ievērojami zemāku ( $p < 0,05$ ) biomasu daudzumu- 0,035 g/L. Sūkalu paraugu B 70:30 un B 100 (satur tikai skābās sūkalas) pH vērtība ir 6,5, kas līdzīgi kā paraugā B 50: 50<sub>b</sub> pēc 48 h fermentācijas ar *Pseudomonas taetrolens*. Savukārt paraugā B100, kura substrāta sastāvā bija tikai saldās sūkalas, pēc 48 stundu fermentācijas tika noteikta augstāka pH vērtība – 7,6. Savukārt Alonso et al. (2011) veiktajā pētījumā pēc 48 h laktozes oksidācijas pH vērtība bija tikai 6,5, kur kā substrātu izmantoja saldās sūkalas. Sūkalu parauga B 100<sub>p</sub> (ar augstu olbaltumvielu saturu) pH vērtība pēc 48 h fermentācijas procesa bija 7,5, kur kā substrāts tika izmantotas skābās sūkalas. Turpretim skābo sūkalu paraugs B 100 (ar mazāku olbaltumvielu daudzumu) pH vērtība pat pēc 48 h laktozes oksidācijas procesa bija 6,5. Šādas pH vērtības svārstības var skaidrot ar saražoto laktobionīnskābes daudzumu vai sākotnējo proteīna saturu paraugos. Autori Alonso et al., (2011, 2013, 2017) un Georgi et al. (2018), izmantojot saldās sūkalas kā substrātu, noteica pH vērtības samazinājumu pēc 24 h laktozes oksidācijas no 8,0 līdz 6,5, ko var izskaidrojot ar laktobionskābes ražošanas procesu, kad laktoze tika pārvērsta laktobionīnskābē.

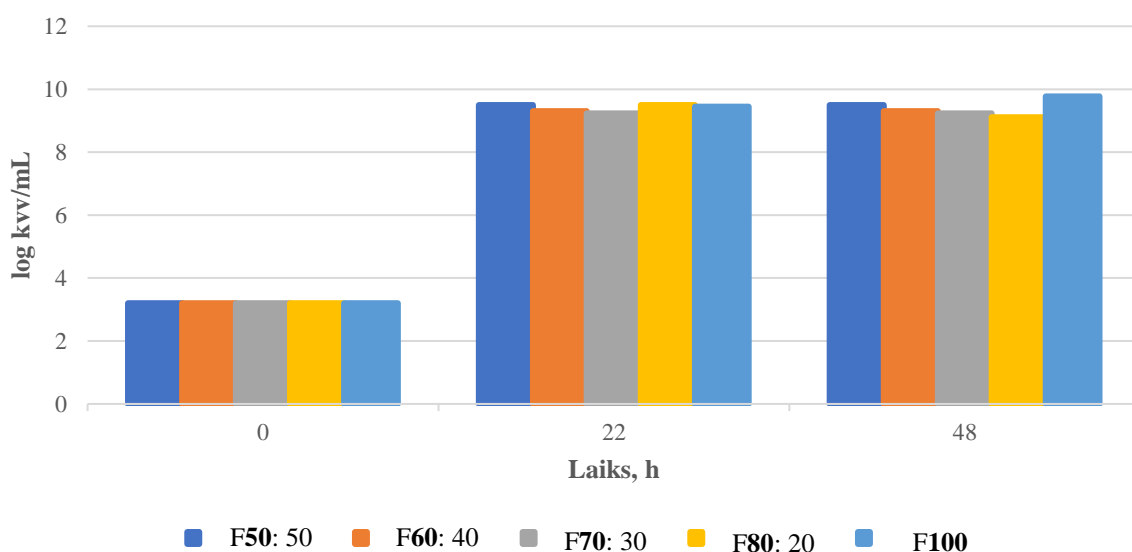


3.7. att. Analizēto paraugu pH skaitliskās vērtības pēc 48 h raudzēšanas pielietojot bioreaktora metodi

Savā starpā salīdzinot *Kolbas* un bioreaktora metodes, sūkalu paraugu pH vērtības bija būtiski atšķirīgas: B **100** bija 6,5, bet F **100** pH bija 4,29. Šīs atšķirības var skaidrot ar to, ka bioreaktorā ar 1N NaOH tika veikta patstāvīga pH kontrole.

### Mikroorganismu attīstība laktobionskābes ražošanas procesā pielietojot *Kolbas* metodi

*Pseudomonas taetrolens* koloniju veidojošo vienību skaita attīstības dinamika 48 h fermentācijas laikā, izmantojot *Kolbas* metodi dota 3.8.attēlā. Eksperimentu sākumposmā kopējais mikroorganismu skaits visos paraugos bija apmēram 3 log KVV/mL. Pētījuma rezultāti parādīja, ka pēc 22 stundu ilgas fermentācijas ir sasniegts maksimālais baktēriju skaita pieaugums. Koloniju veidojošo vienību skaits saglabājās aptuveni 9 log KVV/mL pat pēc 48 h laktozes oksidācijas procesa visos paraugos. Līdz ar to var apgalvot, ka visos analizētajos paraugos tika sasniegts maksimālais baktēriju skaits – 9 log KVV/mL. Līdzīgus rezultātus ieguva Georgi et al. (2018), kur raudzēšanas laikā no 24 līdz 48 stundām tika sasniegts  $10^9$  KVV/mL, izmantojot *Pseudomonas taetrolens* celmus un saldās sūkalas kā substrātu, pēc kā sekoja mikroorganismu atmiršanas fāze.



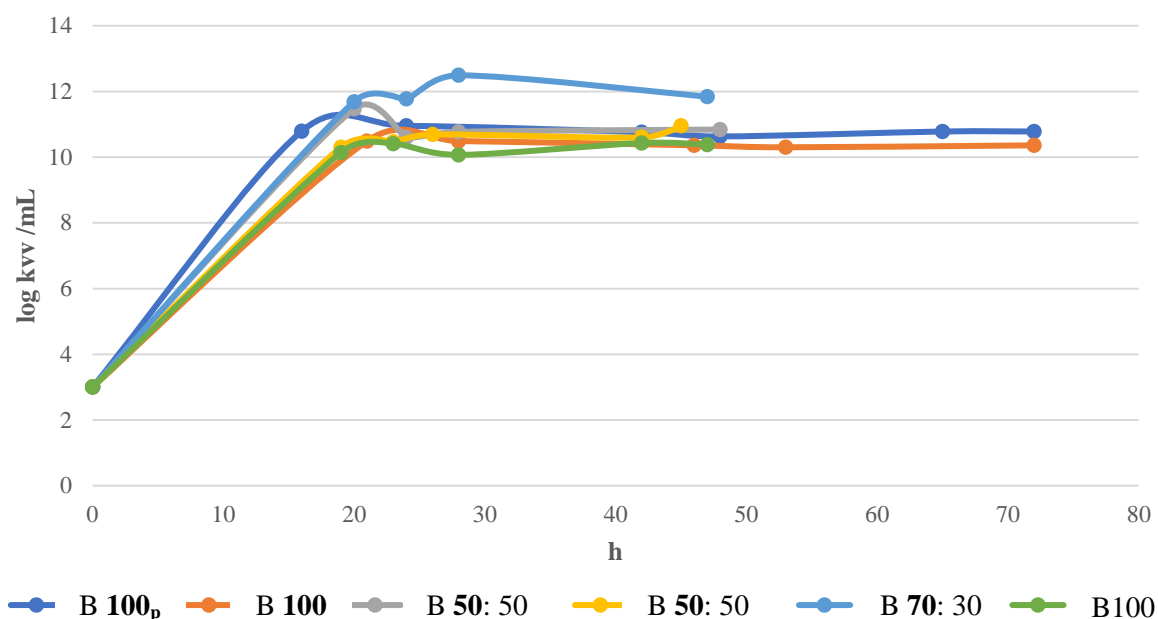
3.8. att. *Pseudomonas taetrolens* attīstība pielietojot *Kolbas* metodi

Saskaņā ar Sarenkovas et al., (2019) pētījuma rezultātiem, *Pseudomonas taetrolens* atradās eksponenciālā fāzē pat pēc 30 h ilgas fermentācijas, izmantojot kā substrātu skābās sūkalas. Projekta ietvaros veiktajā pētījumā *Pseudomonas taetrolens* skaits bija ap 9 log KVV/mL pēc 22 h un 48 h skābo sūkalu paraugā (F **100**). Alonso et al. pētījumu (2011, 2013a, 2017) rezultātā mikroorganismu šūnu masa gala produktā sasniedza maksimālo šūnu svaru 1,8 g/L, izmantojot saldās sūkalas un 20 h garu fermentācijas procesu. Turklāt Sarenkova et al. (2019a) ieguva būtiski mazāku šūnu svaru – 0,545 g/L, kā substrātu izmantojot skābās sūkalas un fermentējot paraugu 23 h. Tas nozīmē, ka *Pseudomonas taetrolens* attīstība ir atkarīga no substrāta veida, tā sastāva un pH. Saskaņā ar Alonso et al., (2011, 2013, 2015, 2017) pētījuma rezultātiem optimālie nosacījumi laktozes oksidēšanai laktobiēnskābē ir sekojošie: pH-6.5, temperatūra – 30 °C, substrāts – saldās sūkalas, inokulāts – *Pseudomonas taetrolens*.

### Mikroorganismu attīstība laktobionskābes ražošanas procesā pielietojot bioreaktora metodi.

Konkrētajos pētījumos, lai nodrošinātu optimālus laktobionskābes konvertācijas apstākļus, izmantojot bioreaktoru, tika kontrolēta pH skaitliskā vērtība ar 1N NaOH palīdzību. Mikroorganismu kopskaits visos paraugos pēc 48 h fermentācijas sasniedza gandrīz 10 log

KVV/mL. Maksimālais *Pseudomonas taetrolens* skaits 28 h laktozes oksidācijas procesā, kas bija vairāk nekā 12 log KVV/mL, tika sasniegts paraugā B 70:30. Oksidēšanās procesu turpinot pat līdz 72 h, paraugā B 100 noteiktais mikroorganismu skaits saglabājās konstants (ap 10 log KVV/mL) un tas nemainījās laika posmā no 21 h līdz 72 h.



3.9. att. *Pseudomonas taetrolens* attīstība pielietojot bioreaktora metodi

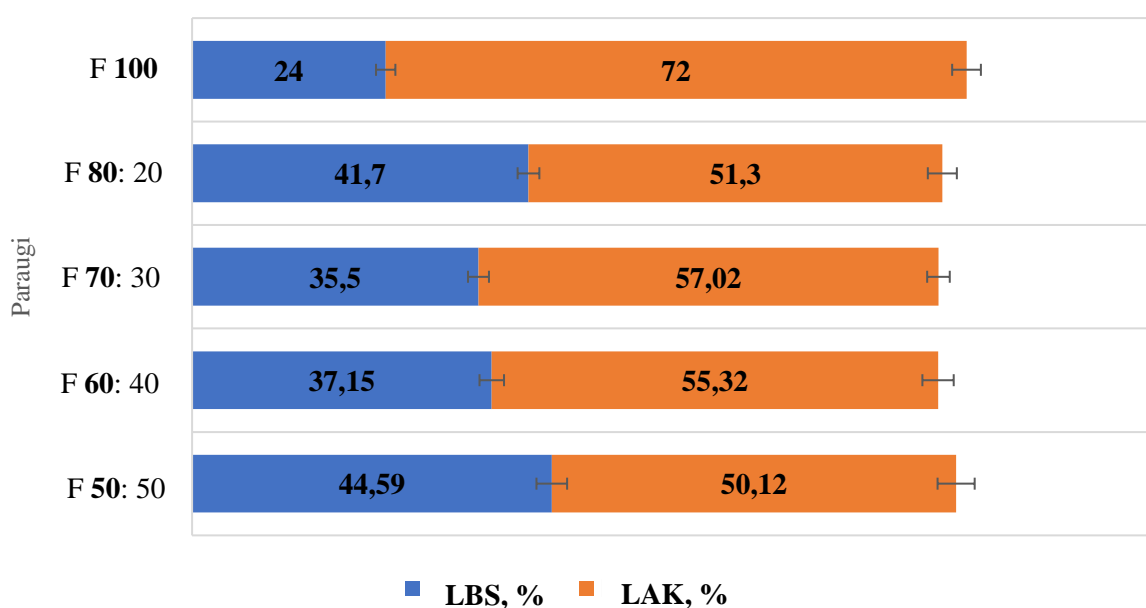
Turklāt jāatzīmē, ka, lai gan visos paraugos ir atšķirīgs skābo un saldo sūkalu daudzums, fermentācijas procesā noteiktais *Pseudomonas taetrolens* skaits būtiski neatšķirās ( $p > 0,05$ ). Var secināt, ka laktozes oksidācijas process bija atkarīgs no *Pseudomonas taetrolens* izdalīto enzīmu koncentrācijas, un laktobionskābes ražošana ir saistīta ar enzīmu aktivitāti. Pašreizējos pētījumos netika veikti eksperimenti, lai varētu parādīt korelāciju starp mikroorganismu kopskaitu un to radīto fermentu aktivitāti. Ir veikti vairāki pētījumi, kas saistīti ar *Pseudomonas taetrolens* attīstības dinamiku izpēti, izmantojot bioreaktora metodi. Alonso et al., (2011, 2013a, 2013b, 2015 un 2017) veiktajos pētījumos saldās sūkalas tika izmantotas kā substrāts, bet projekta ietvaros veiktajā pētījumā – skābo un saldo sūkalu maisījums. Saskaņā ar šiem pētījumu rezultātiem *Pseudomonas taetrolens* skaits ir atkarīgs no daudziem faktoriem: temperatūras, pH un sākotnējās biomasas aktivitātes un koncentrācijas. Iepriekšminēto autoru pētījumā maksimālā šūnu biomasa (1,2 g/L) tika sasniegta, izmantojot 12 h ilgu fermentācijas procesu, ja salīdzina ar 1,01 un 0,98 g/L lielu biomasas daudzumu attiecīgi pēc 24 un 36 h fermentācijas. Saskaņā ar projekta izstrādes laikā iegūtajiem rezultātiem, pēc fermentācija tika iegūts lielāks *Pseudomonas taetrolens* skaits bioreaktorā, salīdzinot ar *Kolbas* metodi. Šādi rezultāti norāda, ka bioreaktors ir piemērotāks fermentācija procesa īstenošanai. To var skaidrot ar nepārtrauktu pH kontroli bioreaktorā, nodrošinot nemainīgu pH vērtību – 6,5, un aerāciju 0,5 L/min. Tādējādi pH un aerācijas kontrole būtiski ietekmē *Pseudomonas taetrolens* attīstības dinamiku un laktobionskābes iznākumu.

### Laktobionskābes (LBS) un laktozes (LAK) īpatsvars pielietojot *Kolbas* metodi

3.10. attēlā redzami rezultāti, kas iegūti pēc 48 stundu ilgas fermentācijas un parāda saražotās laktobionskābes un laktozes īpatsvaru, izmantojot *Falsk* metodi. Pēc 48 h fermentācijas, nosakot laktobionskābes un laktozes īpatsvaru, starp paraugiem ar dažādām skābo un saldo sūkalu kombinācijām uzrādīja nozīmīgas atšķirības ( $p < 0,05$ ). Maksimālais LBS

daudzums ( $44,59 \pm 1,9\%$ ) tika iegūts, izmantojot sūkalu paraugu F **50**: 50, kur **skābo** un saldo sūkalu attiecība ir 50: 50.

Sūkalu paraugā F **80**: 20 tika konstatēta ievērojami augstāka ( $p < 0,05$ ) LBS ieguves vērtība, salīdzinot ar sūkalu paraugiem F **60**: 40 un F **70**: 30. To izraisīja mazāks laktozes saturs sūkalu paraugā F **80**: 20, nekā pārējos divos paraugos. Lai gan visi sūkalu paraugi tika inokulēti ar vienādu 10% inokulāta daudzumu, sūkalu paraugā F **80**: 20, kurā tika konstatēts mazāks sākotnējais laktozes saturs, bija novērojama intensīvāka laktozes oksidēšanā, nekā sūkalu paraugos F **60**: 40 un F **70**: 30. Līdzīgi rezultāti tika iegūti arī citu zinātnieku pētījumos (Sarenkova et al., 2019b). Eksperimentu gaitā zinātnieki noskaidroja, ka lielāks sausnas saturs negatīvi ietekmēja laktobionskābes konversiju, jo tika panākta mazāka laktozes oksidācija laktobionskābē, palielinot kopējo sausnas saturu kā substrātu izmantojot skābās sūkalās.



3.10. att. Laktobionskābes (LBS) un laktozes (LAK) īpatsvars pēc raudzēšanas pielietojot *Kolbas* metodi

Sūkalu paraugā F **100**, kurā atrodas 100% skābās sūkalas, laktozes oksidēšanās 48 stundu fermentācijas procesa laikā notika vislēnāk, kas atspoguļojās arī zemākā LBS iznākumā –  $24 \pm 1,2\%$ . Palielinot saldo sūkalu īpatsvaru substrātā (F **50**: 50, F **60**: 40, F **70**: 30, F **80**: 20), ieguva lielāku laktobionskābes iznākumu salīdzinot ar F **100** paraugu. Līdzīgus rezultātus uzrādīja arī Sarenkova et al., (2019b) pētījumi, sasniedzot apmēram 20% laktozes konversiju laktobionskābē pēc 48 stundu fermentācijas, kur kā substrātu izmantoja skābās sūkalas un inokulātu – *Pseudomonas taetrolens* celmus. Savukārt Alonso et al. (2011) sasniedza lielāku laktozes konversiju (81% apmērā), kā substrātu izmantojot saldās sūkalas un *Kolbas* metodi.

Saskaņā ar Sarenkova et al., (2019b) datiem laktobioniskābes ražība samazinās, ja laktozes oksidēšanas procesā kā substrātu izmanto tikai skābās sūkalas. Rezultāti liecina, ka skābo sūkalu pievienošana var negatīvi ietekmēt laktozes oksidēšanos laktobioniskābē.

### Laktobionskābes (LBS) un laktozes (LAK) īpatsvars pielietojot bioreaktora metodi

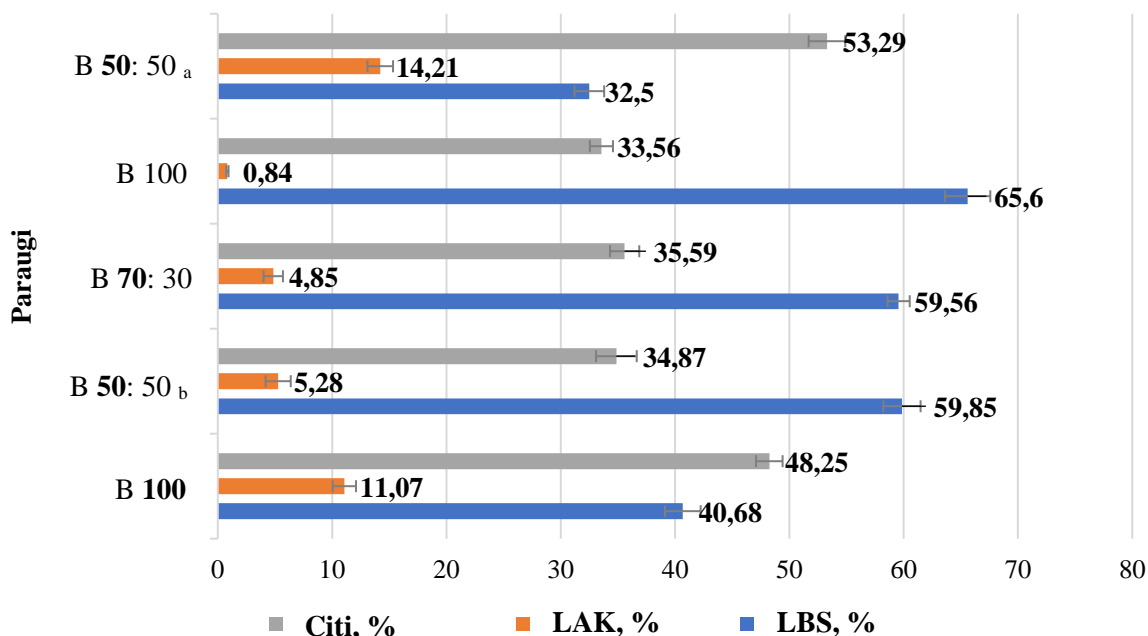
Starp dažādiem paraugiem laktobionskābes un laktozes īpatsvars pēc raudzēšanas būtiski atšķīrās ( $p < 0,05$ ). Tā kā saldās sūkalas bija labākais substrāts laktobionskābes ražošanai, tad maksimālais iznākums ( $65,6 \pm 1,98\%$ ), salīdzinot ar citiem paraugiem, tika iegūts izmantojot 100% saldās sūkalas. Autori (Alonso et al., 2011, 2012a, 2015, 2017) ir panākuši 100% laktobionskābes iznākumu, kur kā fermentācijas substrātu izmantoja saldās sūkalas, bet kā tīrkultūru – *Pseudomonas taetrolens* celmus. Nepieciešams atzīmēt, ka autori (Alonso et al.



2012a) uzrādīja 100% laktozes konvertāciju, izmantojot dažādas inokulātu koncentrācijas (attiecīgi 5, 10, 20, 30%), tās papildus pievienojot dažādos laika intervālos (72, 60, 50, 30 h). Līdzīgus rezultātus ieguva arī Georgi et al. (2018) – izmantojot saldās sūkalas pēc 48 stundu ilgas fermentācijas tika uzrādīts nedaudz vairāk kā 85% laktozes biokonversijas. Tādējādi var secināt, ka, ja saldās sūkalas izmanto kā substrātu, fermentācijas apstākļi arī ietekmē laktobionskābes veidošanos ar *Pseudomonas taetrolens*.

Salīdzinot savā starpā paraugus ar dažādiem skābo sūkalu pievienošanas daudzumiem, paraugos B 50: 50<sub>b</sub> (inokulēti ar 30% v/v) un B 70: 30 (inokulēti ar 10% v/v) tika noteikts līdzīgs laktobionskābes daudzums ( $59,85 \pm 1,63$  un  $59,56 \pm 0,97\%$ ) ( $p > 0,05$ ). Turpretim paraugā B 50: 50<sub>a</sub> tika konstatēts ievērojami zemāks laktobionskābes ( $p < 0,05$ ) ( $32,5 \pm 1,3\%$ ). Šādi rezultāti liecina par neproporcionālu laktozes konversiju visos sūkalu paraugos, izmantojot bioreaktora metodi un 48 h fermentāciju. Iemesli laktobionskābes veidošanās efektivitātei varētu būt dažādi. Tā kā sūkalu paraugā B 50: 50 laktozes saturs bija mazāks salīdzinājumā ar paraugu B 70: 30, tad šis faktors varētu būt būtisks laktozes oksidēšanās procesā. Alonso et al. (2015) pierādīja, ka, laktozes koncentrācijai paaugstinoties, var samazināties laktozes biokonversija. Turklāt saskaņā ar pašreizējiem pētniecības datiem laktobionskābes iznākums sūkalu paraugā B 70:30 ( $59,56 \pm 0,97\%$ ) ir lielāks nekā B 100 ( $40,68 \pm 1,56\%$ ) paraugā, kurā ir tikai skābās sūkalas, un tas varētu nozīmēt, ka skābo un saldo sūkalas kombinācija var būt piemērotāka nekā tikai skābo sūkalu izmantošana.

Saskaņā ar pieejamo informāciju [Alonso et al., (2011, 2012, 2013, 2015, 2017); Georgi et al., (2018); Goderska K et al., (2014)], zinātnieki eksperimentos ir izmantojuši tikai saldās sūkalas laktobionskābes ražošanai ar *Kolbas* un bioreaktora metodēm. Sarenkova et al. (2019b) *Kolbas* metodē izmantoja 100% skābās sūkalas laktobionskābes ražošanai, kur notika apmēram 20% laktozes biokonversijas. Tāpēc var apgalvot, ka nav veikti pētījumi, par skābo sūkalu izmantošanu pielietojot bioreaktora metodi.



3.11. att. Laktobionskābes (LBS), laktozes (LAK) un citu savienojumu īpatsvars pēc raudzēšanas pielietojot bioreaktora metodi

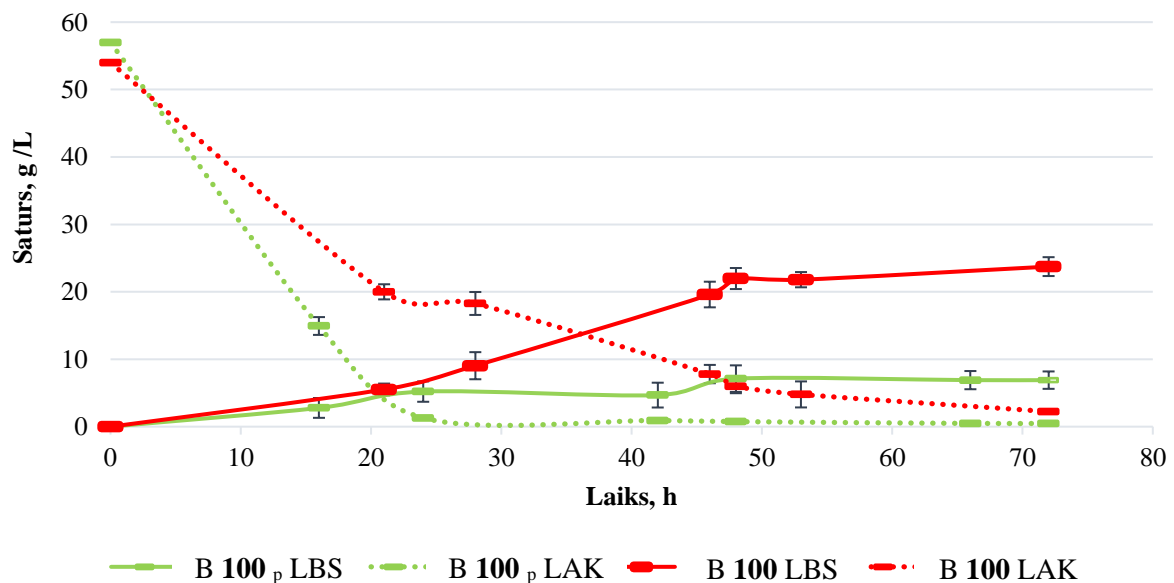
Sūkalu paraugā B 100, kas satur tikai 100% skābās sūkalas, pēc 48 h fermentācijas bioreaktorā tika konstatēts  $40,68 \pm 1,56\%$  laktobionskābes. Izmantojot saldās sūkalas kā substrātu (paraugi B100), LBS iznākums ievērojami palielinājās un sasniedza  $65,6 \pm 1,98\%$ . Saskaņā ar iegūtiem pētījuma rezultātiem var secināt, ka laktobionskābes ražošanai, izmantojot

bioreaktora metodi, kā substrātu var izmantot arī tikai **skābās sūkalas**. Līdzīgus rezultātus ieguva arī citi pētnieki (Georgi et al., 2018), Alonso et al., 2011, 2012 a, 2015, 2017), norādot uz **sald** sūkalu piemērotību LBA ražošanai, izmantojot *Pseudomonad taetrolens* celmus, un sasniedzot vairāk nekā 80% no laktozes biokonvertācijas. Sarenkova et al. (2019b), izmantojot *Flash* metodi, savos pētījumos ir norādījusi uz aptuveni 20% no biokonversijas vērtības, izmantojot **skābās sūkalas** ar dažādu sausnas saturu (no 5% līdz 40%).

Mikroorganismu **koncentrēšana biomasā** pielietojot **centrifugēšanu** var ietekmēt laktozes oksidācijas procesu gan *Kolbas* metodē, gan bioreaktorā. Pašreizējā pētījumā tika izmantoti šādi centrifugēšanas parametri – 6000 apgr. 10 min, kas, iespējams, izraisīja biomasas samazināšanos, salīdzinot ar citiem pētījuma rezultātiem (Alonso et al., 2011), kuros autori ir izmantojoši, lielāku apgriezīenu skaitu centrifūgā – 15000. Lielāks sākotnējās biomasas daudzums nodrošina lielāku laktobionskābes iznākumu. Tā, strādājot ar bioreaktora metodi Alonso et al. (2011) sasniedza 100% laktobionskābes iznākumu 32 stundu laikā, pievienojot 30% (v/v) biomasas, salīdzinot ar 5% (v/v) biomasas, kur fermentācijas procesu pagarināja līdz 72 stundām. Līdzīgi rezultāti tika sasniegti pielietojot *Kolbas* metodi, kur pievienojot 0,64 g/L biomasas un fermentējot 60 stundas, tika iegūts 81% laktobionskābes iznākums. Turpretim samazinot biomasas daudzumu līdz 0,035 g/L, fermentācijas process bija jāpagarina līdz 80 stundām, lai iegūtu līdzīgu laktobionskābes iznākumu – 81%.

### Laktobionskābes saturs paraugos ar dažādu proteīnu saturu bioreaktora metodē

Sūkalu paraugā **B 100**, kura sastāvā atrodas tikai skābās sūkalas, bija novērojams lielāks laktobionīnskābes daudzums fermentācijas procesa laika posmā no 28 līdz 48 stundām. Turpretim **B 100<sub>p</sub>** paraugs neuzrādīja līdzīgus rezultātus. Sūkalu paraugs **B 100** (satur 54 g/L sākotnējās laktozes) pēc 48 stundu gara fermentācijas procesa nodrošināja  $21,97 \pm 1,56$  g/L laktobionskābes, salīdzinot ar pēc 72 stundu ilgās fermentācijas procesa iegūto rezultātu –  $23,74 \pm 1,4$  g/L. Saskaņā ar pētījuma rezultātiem, būtiskas atšķirības ( $p < 0,05$ ) netika konstatētas starp paraugiem, kas iegūti laktozes oksidācijas procesā laika posmā pēc 48 h līdz 72 h, izmantojot *Pseudomonas taetrolens* celmus. Līdzīgus rezultātus ieguva arī Georgi et al. (2018), kur kā substrātu izmantoja saldās sūkalas un *Pseudomonas taetrolens* celmu. Šajā pētījumā būtiskas atšķirības laktobionskābes iznākumā, fermentējot paraugus 48 un 72 h, netika konstatētas un iegūtais tās saturs bija 34,25 g/L un 36,32 g/L.



3.12. att. Laktobionskābes (LBS) un laktozes (LAK) saturs pēc 72 h raudzēšanas **B 100<sub>p</sub>** un **B 100** sūkalu paraugos



Sūkalu paraugā B 100<sub>p</sub> ar lielāku olbaltumvielu saturu (57 g/L sākotnējās laktozes) pat pēc 72 h fermentācijas atrodas tikai  $6,9 \pm 1,29$  g/L laktobionskābes, kas ir ievērojami mazāk ( $p > 0,05$ ) nekā sūkalu paraugā B 100 ar zemāku proteīna koncentrāciju. Saskaņā ar šiem rezultātiem var apgalvot, ka sākotnējais olbaltumvielu saturs sūkalu paraugos var negatīvi ietekmēt laktozes oksidēšanos laktobionīnskābē. Mikroorganismi izmanto proteīnus to augšanai, bet konkrētajos pētījumos redzams, ka augstāks proteīnu saturs negatīvi ietekmēja laktozes oksidēšanos laktobionīnskābē, kā inokulātu izmantojot *Pseudomonas taetrolens*. Attiecīgi tas tika pierādīts, iegūstot mazāku biokonversijas vērtību paraugā ar lielāku proteīna saturu.

Apkopojot pētījuma izstrādes laikā iegūtos rezultātus, var secināt, ka pastāv vairāki faktori, kas ietekmē laktozes oksidēšanos laktobionskābē, kā substrātu izmantojot skābās un saldās sūkalas.

Būtiskākie faktori, kas ietekmē laktozes oksidēšanos ir: substrāta veids, substrāta pH, inokulāta daudzums, proteīna saturs, laiks un fermentācijas veids (*Kolbas* un bioreaktors). Paaugstinoties biomasas apjomam, palielinājās laktobionīnskābes biokonversija; laktozes oksidācija samazinājās, samazinot pH vērtību fermentācija laikā ar *Kolbas* metodi. Bioreaktora metode, salīdzinot ar *Kolbas* metodi, nodrošina lielāku laktobionskābes iznākumu, kontrolējamo parametru dēļ. Saskaņā ar pētījuma rezultātiem nepieciešams kontrolēt substrāta pH (izmantojot NaOH šķīdumu) fermentācija laikā vai uzsākot fermentāciju, kas varētu nodrošināt piemērotāku vidi *Pseudomonas taetrolens* attīstībai. Kā tika noskaidrots eksperimentu gaitā, tad optimālais pH mikroorganismu augšanai un laktobionskābes ražošanai ir 6,5. Tajā pašā laikā pētījumos noteikts, ka olbaltumvielu saturs sūkalu paraugā ir apgriezti proporcionāls laktozes oksidācijai laktobionīnskābē.

Turklāt noskaidrots, ka kā substrātu izmantojot saldās sūkalas, salīdzinot ar skābām sūkalām, iespējams iegūt lielāku laktobionskābes iznākumu. Kā arī kombinējot skābās un saldās sūkalas kā laktobionīnskābes audzēšanas barotni, varētu iegūt lielāku laktobionskābes daudzumu gan pielietojot *Flash*, gan bioreaktora metodi, ja salīdzina ar variantu, kad substrātā ir tikai skābās sūkalas. Fermentācijas laiks ietekmē laktozes oksidācijas procesu.

Saskaņā ar pašreizējiem pētījumu datiem, kā substrātu izmantojot skābās un saldās sūkalas attiecībā 50:50, fermentējot laktozi bioreaktorā, nodrošinot – pH 6,5, 30 °C temperatūru, 350 apgr./ min un aerāciju 0,5 L/min, ar *Pseudomonas taetrolens* inokulāciju 30% (v/v) pēc 48 h fermentācijas, var iegūt lielāku laktobionskābes iznākumu.

## SECINĀJUMI

Saskaņā ar pētījumu datiem, izmantojot kā substrātu bioreaktorā skābās un saldās sūkalas attiecībā 50: 50, nodrošinot pH 6,5, 30 °C temperatūru, 350 apgr./ min un aerāciju 0,5 L/min, ar *Pseudomonas taetrolens* inokulāciju 30% (v/v), 48 h fermentāciju, var iegūt lielāku laktobionskābes iznākumu.

Ņemot vērā A/S “Jaunpils pienotavā” esošo aprīkojumu, **ieteicamā laktobionskābes iegūšanas tehnoloģija piena pārstrādes uzņēmumā (A/S “Jaunpils pienotava”) būtu sekojoša:**

*Izejvielas:*

- ✓ *Skābās sūkalas*, pēc ultrafiltrācijas (pēc nepieciešamības).
- ✓ *Saldās sūkalu* ar laktozes saturu no 4.6 līdz 10% (pēc nepieciešamības var palielināt laktozes saturu, lai palielinātu laktobionskābes iznākumu).
- ✓ *Šķidrās ieraugs*: pagatavots LLU

*Tehnoloģiskais process:*

1. **Sūkalu maisījuma pagatavošana.** Saldās sūkalas (ar obv, ar laktozes saturu 10%) + skābās sūkalas (bez obv) sajauc attiecībās 50%: 50%.
2. Sūkalu maisījuma **pasterizācija 85 °C, 20s un atdzesēšana līdz 30 °C.**

3. Sūkalu maisījuma **neutralizācija ar NaOH līdz pH 6.5**
  4. Sūkalu maisījuma **inokulācija ar 5% *Pseudomonas taetrolens* šķidro ieraugu.**
  5. Sūkalu **raudzēšana tvertnē ar maisītāju temperatūrā 28-30 °C, 24 h.** Pēc 6h pH **neutralizācija līdz pH 6.5.** Pēc 8-10 h jānolej 100 kg sūkalu sterilos traukos, ko turpmāk izmanto kā ieraugu, uzglabājot 6-8 °C līdz 7 dienām.
  6. Sūkalu **raudzēšana tvertnē ar maisītāju temperatūrā 28-30 °C.** pH un laktozes saturs kontrolē sūkalās ik pēc 4-6 h. Pēc **48h raudzēšanas sūkalu atdzesēšana līdz 6-8 °C.** Prognozējamais derīguma termiņš atdzesējot ~4-7 diennaktis.
- A/S "Jaunpils pienotavā" iegūtas laktobionskābes raksturojums atspoguļots 3.6. tabulā.

3.6. tabula

#### Laktobionskābes saturs sūkalās

Nr.p.k.	Laktobionskābes saturs, g/L	Laktozes saturs, g/100ml	Sākotnējais laktozes saturs, g/100ml	Sākotnējais pH
1	27.85	1.30	1.59	5.35
2	<b>32.03</b>	1.27	4.60	<b>5.37</b>
3	<b>25.07</b>	1.28	4.60	<b>5.40</b>
4	<b>42.81</b>	1.62	5.17	<b>5.96</b>
5	2.41	0.34	4.70	4.91
6	7.85	3.68	4.15	4.53
7	3.03	0.58	5.91	4.24
8	9.60	<b>5.41</b>	<b>9.81</b>	4.66
9	10.79	5.063	9.00	4.67

#### Laktobionskābes attīrīšana un izdalīšana

Laboratoriski tika pētīta laktobionskābes attīrīšanas un izdalīšanas iespējas. Pēc fermentācijas bioreaktorā (fermentācijas procesā sūkalās esošā laktoze tika oksidēta laktobionskābē) substrāts tika novirzīts uz dažādiem apstrādes posmiem, lai galā iegūtu maksimāli tīru laktobionskābes produktu.

Tika pielietoti šādi **apstrādes veidi:**

- **Centrifugēšana** – Pielietota uzreiz pēc fermentācijas procesa beigām, lai atdalītu lielāko daļu baktēriju biomasas un citus savienojumus, kas nav ūdenī šķīstoši.
- **Adsorbcija ar ogli** – Substrātā tika pievienota aktīvā ogle, lai tiktu vaļā no nevēlamās dzeltenās nokrāsas.
- **Filtrēšana caur filtrpapīru** – Pēc adsorbcijas ar aktīvo ogli filtrāts tika izfiltrēts caur filtrpapīru, lai atdalītu ogli.
- **Mikrofiltrācija** – Lai iegūtu maksimāli tīru produktu un arī pārtikā izmantošanai drošu produktu, filtrāts tika novirzīts uz mikrofiltrāciju, kā rezultātā tika iegūts dzidrs filtrāts un tika pilnībā atdalīta baktēriju biomasa un arī baktēriju izdalītie endotoksīni, kā arī citi ūdenī nešķīstoši savienojumi.
- **Skalošana un kristalizācija ar 96% spirtu** – Pēc mikrofiltrācijas daļa filtrāta tika novirzīts uz skalošanu ar spirtu. Attiecīgi procesa laikā laktobionskābe

kristalizējas. Kristāli tika nosēdināti filtrāta apakšā ar centrifūgas palīdzību un iegūtie kristāli tālāk novirzīti uz žāvēšanu.

- **Iekoncentrēšana** – Pēc mikrofiltrācijas daļa filtrāta tika novirzīta uz iekoncentrēšanu, iztavicējot no filtrāta lielāko daļu ūdens un palielinot sausas saturu filtrātā.
- **Žāvēšana plānā kārtā silikona trauciņos 40 °C temperatūrā** – Pēc iekoncentrēšanas un pēc mikrofiltrācijas paraugi tika novirzīti uz žāvēšanu, kā rezultātā no produkta tika izvadīts liels daudzums ūdens un produkts ieguva sausa produkta konsistenci.
- **Liofilizācija** – Pēc iekoncentrēšanas paraugs tika sasaldēts – 18 °C temperatūrā un tālāk novirzīts uz liofilizāciju vakuumā, kā rezultātā no sasaluša produkta tika atdalīts ūdens.

Pēc attīrīšanas un izdalīšanas posmiem galā tika iegūti laktobionskābes produkti (skat. 3.13.att.):

- Kristālveida, birstošs balts produkts (A, D),
- Pulverveida, birstošs balts produkts (C);
- Sīrupveida dzeltenīgs produkts (vizuāli atgādinot medu) (B).

Produkti tālāk tika analizēti (krāsas analīze, laktobionskābes koncentrācija, pH, šķīdība ūdenī, vizuālais raksturojums, neiekota produkta vizuālās izmaiņas diennakti uzglabājot un aprēķināta laktobionskābes izdalīšanas daudzumi jeb zudumi, kas iegūti apstrādes procesu laikā), lai salīdzinātu ar komerciālo laktobionskābi.



**3.13.** attēls. Laktobionskābe pēc attīrīšanas un kaltēšanas

## 3.2 LBS pielietojums dažādu pārtikas produktu ražošanā

### 3.2.1. Ricotta siera ražošanā

#### MATERIĀLI UN METODES

Ricotta' siera ražošanā tika izmantots: siera sūkalas A/S "Jaunpils pienotava", Latvija; biežpiena sūkalas A/S "Jaunpils pienotava", Latvija; laktobionskābe ACROS ORGANICS, Amerikas Savienotās Valstis; NaOH "Pa Panreac", Eiropa; Citronskābe, "Latplanta", SIA Orkla Foods Latvija, Latvija. Pētījumā izmantotā paraugu šifrēšana atspoguļota 3.7. tabulā.

3.7. tabula

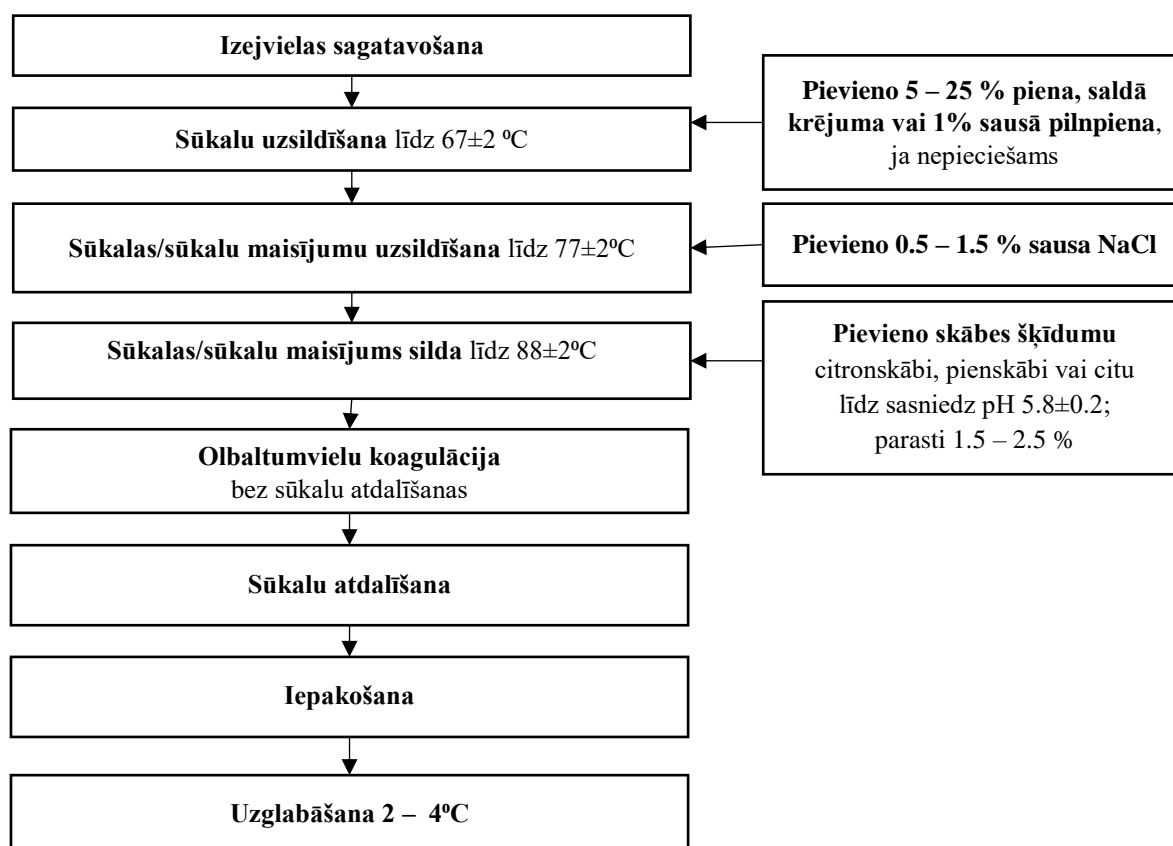
Paraugu šifrēšana

Izejvielas šifrējums		Izejvielas parauga numurs	Pievienotā skābe	
SK	skābās sūkalas	SK-#	Sk-#-C	Citronskābe
			Sk-#-L	Laktobionskābe
S	saldās sūkalas	S-#	S-#-C	Citronskābe
			S-#-L	Laktobionskābe
J	jauktas saldās un skābās sūkalas	J-#	J-#-C	Citronskābe
			J-#-L	Laktobionskābe

Jauktu sūkalu iegūšanai izmantotas saldās un skābās sūkalas, kas iepriekš sajauktas nepieciešamajās attiecībās:

- J-1 – skābās un saldās sūkalas attiecībā 1:1;
- J-2 – skābās un saldās sūkalas attiecībā 1:2.

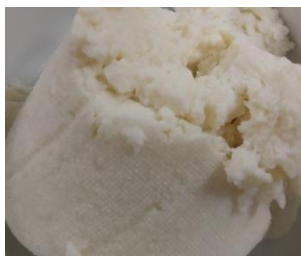
Ricotta siers tika gatavots saskaņā ar zemāk doto tehnoloģisko shēmu.



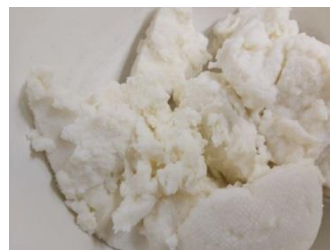
3.14. att. Shēma Ricotta siera ražošanas tehnoloģija

## REZULTĀTI

Eksperimentos iegūtie 'Ricotta' siera paraugi atspoguļoti 3.15. attēlā. Visi sieri iegūti no sūkalām, līdz ar to siera struktūra ir līdzīga tādiem produktiem kā biezpiens, grieķu jogurts, kas iegūts ar ultrafiltrāciju, kas ir raksturīgs konkrētajam siera veidam (Pintado et al., 2001), bet tā kā to iegūšanai nav izmantots ieraugs – aromāts un garša ir neitrāla, neizteikta, kas ir tipiski 'Ricotta' sieriem, kas iegūti no sūkalām.



(a) saldo sūkalu (S-1) 'Ricotta' ar LBS



(b) saldo sūkalu (S-1) 'Ricotta' ar citronskābi

### *No saldajām sūkalām iegūts 'Ricotta' siers*



(c) skābo sūkalu (SK-2) 'Ricotta' ar LBS



(d) skābo sūkalu (SK-1) 'Ricotta' ar citronskābi



(e) skābo sūkalu (SK-3) 'Ricotta' ar LBS



(f) skābo sūkalu (SK-3) 'Ricotta' ar citronskābi

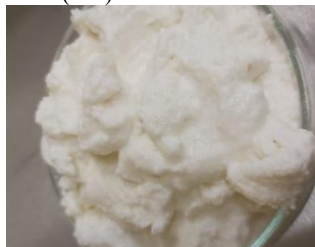
### *No skābajām sūkalām iegūts 'Ricotta' siers*



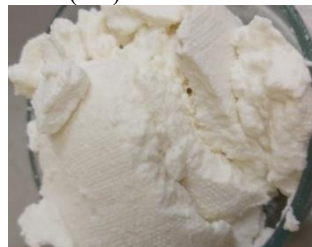
(g) jauktu sūkalu (1:1) 'Ricotta' ar LBS



(h) jauktu sūkalu (1:1) 'Ricotta' ar citronskābi



(j) jauktu sūkalu (1:2) 'Ricotta' ar LBS



(k) jauktu sūkalu (1:2) 'Ricotta' ar citronskābi

### *No jauktām sūkalām iegūts 'Ricotta' siers*

3.15. att. Iegūtie 'Ricotta' sieri



Pēc ASV Lauksaimniecības departamenta (USDA) specifikācijas ‘Ricotta’ sieram, kas iegūts no sūkalām ir jābūt ar sekojošiem kvalitātes rādītājiem: mitruma saturs 77.0%, tauku saturs 2.5%, olbaltumvielu saturs 16% (USDA Specifications for Ricotta Cheeses, 1981).

3.8. tabula

### ‘Ricotta’ siera paraugu ķīmiskais sastāvs

Sūkalu veids	Šifrs	Pievienotā skābe	Mitrums, %	Olbaltumvielu saturs, %	Tauku saturs, %
Saldās sūkalas	S-1	citronskābe	76.02±3.80	11.45± 0.57 <sup>c</sup>	3.50±0.18 <sup>b</sup>
		laktobionskābe	78.64±3.93	11.54± 0.57 <sup>c</sup>	4.00±0.20 <sup>a</sup>
Skābās sūkalas	SK-1	citronskābe	76.40±3.82	14.07± 0.70 <sup>b</sup>	4.00±0.20 <sup>a</sup>
	SK-2	laktobionskābe	77.97±3.90	6.81± 0.34 <sup>d</sup>	<0.05 <sup>c</sup>
		citronskābe	<b>81.00±4.05</b>	7.72± 0.39 <sup>d</sup>	<0.05 <sup>c</sup>
	SK-3	laktobionskābe	<b>81.50±4.08</b>	7.54 ± 0.38 <sup>d</sup>	<0.05 <sup>c</sup>
Jauktās sūkalas		J-1	citronskābe	80.05±4.00	<b>17.13 ± 0.79<sup>a</sup></b>
	laktobionskābe		79.81±3.99	<b>16.28 ± 0.41<sup>a</sup></b>	<0.05 <sup>c</sup>
	J-2	citronskābe	82.51±4.13	<b>13.21 ± 0.61<sup>b</sup></b>	<0.05 <sup>c</sup>
		laktobionskābe	80.63±4.03	<b>15.97 ± 0.29<sup>a</sup></b>	<0.05 <sup>c</sup>

a, b, c – dažādi burti vienā tabulas kolonā norāda, ka mērījumi ir būtiski atšķirīgi ( $p < 0.05$ )

Salīdzinot laktobionskābes ietekmi uz mitruma saturu produktā, rezultāti nav viennozīmīgi. Gadījumā ar saldajām vai skābajām sūkalām atsevišķi, mitruma saturs ir lielāks, bet, izmantojot jauktās sūkalas, rezultāts ir pretējs. Iemesls varētu būt LBS mitruma saistīšanas spējas. Saldo sūkalu S-1 un skābo sūkalu SK-2 sieru iegūšanai izmantots būtiski lielāks LBS daudzums, kas var ietekmēt mitruma saturu produktā, jo, salīdzinot ar citronskābi, LBS ir ļoti higroskopiska un spēj veidot želejas, kas satur 14% ūdens (Gutiérrez et al., 2012). Izmantojot jauktās sūkalas siera iegūšanai tika izmantots tikai 0.4±0.01 ml/kg LBS, jo sākotnēji nodrošināts zems pH (6.0±0.1), kā rezultātā, var izteikt viedokli, ka LBS saturs sierā ir pārāk mazs, lai saistītu papildu mitrumu.

Pieņemot, ka sieru ražošanas procesā var veidoties līdz 5% procentu novirze no standarta, visi iegūtie ‘Ricotta’ siera paraugi ir atbilstoši iepriekš minētajai ASV USDA ‘Ricotta’ siera specifikācijai. Tomēr, lai arī atšķirības mitruma saturā nav būtiskas un atbilst iepriekš minētajai ‘Ricotta’ siera specifikācijai. Sieri, kas iegūti no skābajām sūkalām SK-3, ir vizuāli atšķirīgi (skat. 3.14. att. – e, f); tiem ir augstākais mitruma saturs (skat. 3.7. tab.), ko var skaidrot ar zemāku pH un izmainītām ūdens saistīšanas spējam. Tā kā nav ieteicams ‘Ricotta’ sieriem samazināt pH zem 5.6±0.2 (McSweeney et al., 2017), olbaltumvielu izgulsnēšanas laikā būtu ieteicams samazināt pievienotās skābes daudzumu.

Visaugstākais olbaltumvielu saturs bija siera paraugos, kas tika iegūti no **jauktajām sūkalām, lielākais iznākums**, bija paraugos ar mazāko saldo sūkalu īpatsvaru (skat. 3.7. tab.). Savukārt vismazākais olbaltumvielu saturs ir sierā, kas iegūts no skābajām sūkalām SK-2 un SK-3 (skat. 3.7. tab.). Nepastāv būtiska atšķirība starp paraugu olbaltumvielu saturu sierā un siera sausnā, kas iegūti izmantojot vienādas izejvielas (sūkalas), bet dažādas skābes: citronskābe vai LBS ( $p > 0.05$ ).

Ņemot vērā, ka ražošanas laikā var veidoties līdz 5% novirze no pieņemtā standarta, var apgalvot, ka jaukto sūkalu ‘Ricotta’ siera paraugi gan ar citronskābi, gan ar laktobionskābi (J-1-C, J-1-L, J-2-L) atbilst ASV USDA ‘Ricotta’ siera specifikācijai. Pārējo iegūto sieru olbaltumvielu saturs ir zemāks par vēlamu.

Vērtējot izmantotās skābes ietekmi uz olbaltumvielu saturu galaproduktā netika konstatēta būtiska atšķirība ( $p > 0.05$ ).

Ar augstu tauku saturu iegūti ‘Ricotta’ sieri paraugi no saldajām sūkalām un skābajām sūkalām SK-1, kas skaidrojams ar to, ka sieru iegūšanai izmantotas sūkalas ar lielāku tauku saturu. Tauku saturs minētajos sieros pārsniedz vēlamu tauku saturu 2.5% sieros pēc ASV USDA ‘Ricotta’ siera specifikācijas. Izvēloties sūkalas ar zemāku tauku saturu, galaproduktā

tas ir būtiski mazāks. Pārējos siera paraugos tauku saturs nepārsniedz 0.3% tauku siera sausrā. Nav būtisku atšķirību tauku saturā sierā un siera sausrā starp paraugiem, kas iegūti no vienādām sūkalām, izmantojot dažādas skābes, kas liek domāt, ka ir iespējams iegūt sieru ar LBS, bez būtiskām izmaiņām tā tauku saturā.

‘Ricotta’ siera iegūšanas laikā veidojas blakus produkts - sūkalas. Minētā produkta ķīmiskā sastāva raksturojums apkopots 3.9. tabulā. Nav norādīta informācija par ‘Ricotta’ siera sūkalu tauku saturu, jo tauku saturs produktā bija zem izmantotās metodes noteikšanas robežas.

3.9. tabula

**‘Ricotta’ siera sūkalu ķīmiskais sastāvs, %**

Sūkalu veids	Šifrs	Pievienotā skābe	Olbaltumvielas	Laktoze	Sausnas saturs	Beztauku sausras saturs
Saldās sūkalas	S-1	citronskābe	0.72±0.01	5.28±0.01	6.77±0.01	6.66±0.01
		laktobionskābe	0.71±0.01	5.28±0.01	7.74±0.01	7.43±0.01
Skābās sūkalas	SK-1	citronskābe	0.57±0.01	6.24±0.01	8.19±0.17	7.89±0.01
		laktobionskābe	0.63±0.01	5.54±0.01	7.36±0.01	7.12±0.01
	SK-3	citronskābe	0.90±0.01	7.62±0.01	9.42±0.01	9.03±0.01
		laktobionskābe	0.89±0.01	7.66±0.02	9.46±0.02	9.06±0.02
Jauktās sūkalas	J-1	citronskābe	0.68±0.01	5.32±0.01	6.90±0.01	6.60±0.01
		laktobionskābe	0.75±0.03	5.26±0.01	6.85±0.01	6.56±0.02
	J-2	citronskābe	0.56±0.01	5.14±0.01	6.65±0.01	6.37±0.01
		laktobionskābe	0.47±0.12	5.12±0.01	6.62±0.01	6.33±0.01

Pēc ‘Ricotta’ siera sūkalu ķīmiskā sastāva iespējams noteikt laktozes saturu, kas saglabājies sūkalās. Laktozes daudzums, kas pariet sūkalās siera iegūšanas laikā.

Visu ‘Ricotta’ siera paraugu blakusproduktā – sūkalās – saglabājies liels laktozes daudzums. Augstā laktozes satura dēļ blakus produktu iespējams izmantot laktozes atvasinājumu iegūšanai. Ir veikti pētījumi, kas norāda, ka ‘Ricotta’ siera sūkalas tālāk varētu izmantot citu vērtīgu produktu ieguvei, tai skaitā LBS, izmantojot Pseudomonas taetrolens ieraugus (De Giorgi et al., 2018).

Vērtējot izmantotās skābes ietekmi uz laktozes saturu galaproduktā, rezultāti nav viennozīmīgi. Lai arī visos paraugos novērojama tendence, ka paraugos ar LBS sūkalās saglabājās lielāks laktozes saturs, atšķirības laktozes pārejā nav būtiskas ( $p>0.05$ ).

3.10. tabula

**Laktozes daudzums, kas pariet sūkalās %**

Sūkalu veids/ pievienotā skābe	Saldās sūkalas S-1	Skābās sūkalas			Jauktās sūkalas	
		SK-1	SK-2	SK-3	J-1	J-2
citronskābe	90.02±4.50	-	100±5.00	94.76±4.73	95.84±4.79	88.51±4.43
laktobionskābe	92.53±4.62	100±5.00	-	96.24±4.82	96.48±4.82	91.73±4.59

Pastāv būtiska atšķirība starp pH vērtībām analizētajiem paraugiem, kas iegūti no atšķirīgām sūkalām ( $p<0.05$ ), lai arī siera iegūšanas procesā visas sūkalas paskābinātas līdz pH 5.6±0.2. Pēc filtrācijas visu siera paraugu pH paaugstinās. Vēlamā pH vērtība netika sasniegta saldo sūkalu paraugos. Paraugu pH pēc skābes pievienošanas bija 5.90–5.96 un pH, pēc siera masas filtrācijas palielinājās līdz 6.18–6.33, turpinoties mijiedarbībai starp izmantotajām izejvielām. Tikai skābo sūkalu SK-3 sieru paraugos, kuru sākotnējais pH bija mazāks par vēlamo 5.6±0.2, pH pēc filtrācijas samazinājās no 5.2±0.04 līdz 5.0±0.01. Īpaši zemais pH var veicināt siera defektu veidošanos. Būtiskas atšķirības siera pH vērtībās starp siera paraugiem, kas iegūti no vienām sūkalām, izmantojot atšķirīgas skābes ( $p<0.05$ ), tika noteiktas paraugos, kas iegūti no saldajām sūkalām un jauktajām sūkalām J-1. Pārējos paraugos, izmantoto sūkalu ietvaros izvēlēta skābe būtiski neietekmēja siera pH vērtību.

Lai novērtētu iegūtā 'Ricotta' siera struktūrmehāniskās īpašības, tika veikta skābo sūkalu SK-3, jaukto sūkalu J-1 un J-2 sieru struktūras analīze. 'Ricotta' siera paraugiem noteiktais bīdes darbs būtiski atšķīrās ( $p < 0.05$ ) un svārstījās no 1.2–43.5 N·s. Lielākais bīdes darbs ( $43.5 \pm 2.18$  N·s) noteikts paraugam, kas iegūts no jauktajām sūkalām J-2 ar LBS, kas norāda, ka parauga struktūra ir būtiski stingrāka, tās izjaukšanai nepieciešams lielāks darbs. Pārējo apskatīto paraugu bīdes darbs nepārsniedz  $12.5 \pm 0.6$  N·s.

Vērtēto 'Ricotta' siera paraugu konsistence bija būtiski atšķirīga ( $p < 0.05$ ), un tā svārstījās robežās no 0.6–27.3 N. Stingrākā produkta konsistence ( $27.3 \pm 1.4$  N) arī noteikta jaukto sūkalu J-2 paraugam, kas iegūts ar LBS. Tas ir skaidrojams ar LBS gēla veidojošām īpašībām, kas, visticamāk, ir atkarīgas no izejvielu pH. Pārējo sieru paraugu konsistence nepārsniedz  $7.1 \pm 0.4$  N. Vismīkstākā produkta konsistence un vismazākais bīdes darbs noteikts skābo sūkalu SK-3 sieram, kas iegūts ar LBS.

Instrumentāli lipīgums tika noteikts kā maksimālais reģistrētais negatīvais spēks saspiešanas testa laikā. Apskatītajos paraugos lipīgums svārstās no -0.3 līdz -1.9 N. Visaugstākais lipīgums ( $-1.9 \pm 0.1$  N) noteikts jauktu sūkalu sieros, kuru ražošanā izmantota LBS. Lai arī citas jaukto sūkalu J-2 siera, kas iegūts ar LBS, struktūras īpašības ir būtiski augstākas ( $p < 0.05$ ), nav būtiskas atšķirības lipīgumā starp minēto siera paraugu un paraugu, kas iegūts no jauktajām sūkalām ar mazāku saldo sūkalu saturu (J-1-L). Nav būtisku atšķirību lipīgumā starp paraugiem, kas iegūti no skābajām sūkalām SK-3 un jauktajām sūkalām J-1 ar citronskābes palīdzību. Mazākais lipīgums noteikts skābo sūkalu siera paraugā, kas iegūts izmantojot LBS (SK-3-L).

Nav konstatēta viennozīmīga izvēlētās skābes ietekme uz apskatīto 'Ricotta' siera paraugu struktūrmehāniskajām īpašībām. Lai arī skābo sūkalu SK-3 sieru paraugos izteiktākas struktūrmehāniskās īpašības bija paraugos, kas iegūti ar citronskābi, jaukto sūkalu J-1 paraugos novērota pretēja tendence.

'Ricotta' iznākums svārstās starp 6.3–0.93% no sākotnējā sūkalu daudzuma. Pastāv būtiska atšķirība siera iznākumā gan starp sieriem, kas iegūti no atšķirīgām sūkalām ( $p < 0.05$ ), un gan starp sieriem, kas tika iegūti, izmantojot dažādas skābes. Iznākumu iespējams palielināt sūkalām pievienojot pilnpienu vai krējumu, piemēram, pievienojot 20% pilnpiena saldajām sūkalām, pēc *Pintado* un līdzautoru (2001) sniegtās informācijas iespējams palielināt līdz 12%, bet jāņem vērā, ka jebkādu citu izejvielu pievienošana var negatīvi ietekmēt produkta sastāvu, ja mērķis ir iegūt produktu ar pēc iespējas zemāku tauku saturu, kā arī rezultātā var tikt mainīta produkta struktūra un sensorās īpašības. Iznākumu un līdz ar to sausnas saturu var palielināt arī pirms 'Ricotta' siera iegūšanas koncentrējot sūkalas, bet jāņem vērā, ka patērētāji 'Ricotta' sieru, kura sausnas saturs pārsniedz 21%, atzīst par organoleptiski nepieņemamu (*Pintado et al., 2001*). Eksperimentos labāki rezultāti tika iegūti, izmantojot saldās sūkalas, salīdzinot ar jauktām sūkalām, iznākums bija būtiski lielāks ( $p < 0.05$ ). Vismazākais siera iznākums tika iegūts no skābajām sūkalām SK-2, kuras pēc to ķīmiskā satura tikai atzītas par vismazāk vērtīgo izejvielu siera iegūšanai, kas norāda, ka ir iespējams iegūt 'Ricotta' sieru no skābajām sūkalām ar iznākumu virs 3%, ja izmantota izejvielā ir pietiekami augsts olbaltumvielu saturs. Vērtējot skābes ietekmi uz siera iznākumu, rezultāti nav viennozīmīgi, tā paraugos, kas tika pagatavoti no saldajām sūkalām, lielāks iznākums bija ar laktobionskābi, savukārt, paraugos no skābajām un jauktajām sūkalām ar citronskābi. 'Ricotta' siera iznākums ir saistīts ar izejvielas ķīmisko sastāvu, t.i., no izejvielām, kurās ir augsts sākotnējais olbaltumvielu un tauku saturs, iespējams iegūt lielāku 'Ricotta' siera iznākumu, panākt augstāku olbaltumvielu un tauku pāreju sierā, kā tas konstatēts šajā maģistra darbā ietvaros, izmantojot saldās sūkalas un skābās sūkalas SK-1. Bet tas negarantē augstu olbaltumvielu saturu sierā, lielākais olbaltumvielu saturs sierā un siera sausnā (virš 75.5%) tika iegūts sieros no jauktajām sūkalām, bet siera iznākums, izmantojot šīs sūkalas, nepārsniedza 3%.



Izstrādājot ‘Ricotta’ siera receptūru, jāņem vērā, kāds ir siera iegūšanas mērķis. Ja mērķis ir iegūt pēc iespējas lielāku siera iznākumu no izejvielas, balstoties uz iegūtajiem rezultātiem, ieteicams izmantot saldās sūkalas un LBS. Savukārt, ja mērķis ir iegūt sieru ar augstāko iespējamo olbaltumvielu saturu siera sausnā, ieteicams izmantot jauktās sūkalas.

Iegūtie pētījuma rezultāti attiecībā uz izvēlētajās skābes izmantošanas ietekmi nav viennozīmīgi, bet pēc iegūtajiem rezultātiem lielāko siera iznākumu iespējams iegūt no saldajām sūkalām ar LBS.

## **SECINĀJUMI**

Tika izstrādāta ‘Ricotta’ tipa siera ražošanas tehnoloģija, izmantojot dažādas izejvielas: saldās, skābās sūkalas un šo sūkalu kombinācijas; kā izgulsnēšanas aģentu, izmantojot laktobionskābi.

Sūkalu veidam ir būtiska ietekme uz ‘Ricotta’ siera olbaltumvielu saturu siera sausnā. Lielāks olbaltumvielu saturs siera sausnā noteikts paraugos no jauktajām sūkalām (13.21-17.13%).

‘Ricotta’ siera iegūšanas procesā veidojas ar laktozi bagāts blakus produkts – sūkalas, kurās tiek saglabāts vairāk nekā 88% no sākotnējā laktozes satura.

‘Būtiski lielāku ( $p < 0.05$ ) ‘Ricotta’ siera iznākumu (6.36%) iespējams iegūt no saldajām sūkalām, izgulsnēšanai izmantojot laktobionskābi.

‘Ricotta’ siera derīguma termiņš netika pagarināts, jo pētījuma laikā tika noskaidrots, ka laktobionskābe pāriet sūkalās un līdz ar to nevar ietekmēt produkta derīguma termiņu. Derīguma termiņa noteikšana būtu jāveic piena pārstrādes uzņēmumā, lai nodrošinātu nepieciešamos apstākļus (pasterizācija, filtrācija, iepakošana utt.), bet uzņēmums no ‘Ricottas’ siera ražošanas atteicas projekta laikā, par ko tika ziņots LAD 15.06.21.

Projekta īstenošanas laikā ir mainījušās AS ‘Jaunpils pienotava’ prioritātes biežpiena sūkalu pārstrādē. Projekta iesnieguma izstrādes laikā kā viens no iespējamajiem virzieniem tika apskatīts ‘Ricottas’ siera ražošana, kā pamatizejvielu izmantojot biežpiena sūkalas. Tas arī tika iekļauts kā papilduzdevums minētajā projektā. LLU laboratorijas apstākļos tika iegūti vairāki Ricottas siera paraugi un tehnoloģijas, izmantojot dažādas izejvielas (skābās, saldās sūkalas). Diemžēl pirmās testa ražošanas A/S ‘Jaunpils pienotavā’ nedeva vēlamo rezultātu/iznākumu. Daļēji tas ir izskaidrojams ar plānotā nepieciešamā fermenta piegādes neiespējamību (laboratorijas apstākļos izgulsnēšana notika izmantojot citronskābi un laktobionskābi), bez tam skābo sūkalu pārstrāde ‘Ricottas’ sierā uzņēmumā ir apgrūtinātā, jo skābes sūkalas pirms tam ir jāneitralizē.

2021. gada janvārī Jaunpils pienotavā tika nodota ekspluatācijā sūkalu demineralizācijas iekārta. Šī iekārta samazina biežpiena sūkalām mineralizācijas pakāpi, tās padarot derīgas sūkalu pulvera ražošanai. Līdz ar to ir radusies iespēja šo produktu realizēt sūkalu pulvera ražotājiem.

### **3.2.2. Saldējuma ražošana**

## **MATERIĀLI UN METODES**

Saldējuma gatavošanā tika izmatots: piens (tauku saturs 2.5%) (Jaunpils pienotava, Latvija); saldaiss krējums (tauku saturs 35%) (Jaunpils pienotava, Latvija); dzeramais ūdens; sausais vājpiena pulveris (Euromilk, Polija); Jelgavas cukurs (Nordic Sugar, Lietuva); glikoze (RUF, Vācija); laktobionskābe (tīrība – 97%) (ACROS ORGANICS, Amerikas Savienotās Valstis); stabilizatora un emulgatora maisījums (taukskābju mono un diglicerīdi E471, augu šķiedras) Extrulce 304 (Palsgaard, Dānija).

Saldējuma maisījuma un saldējuma gatavošana. Saldējuma maisījumu gatavo pēc klasiskās tehnoloģijas, izmantojot stabilizatoru vai laktobionskābi. Vienu paraugu gatavo bez

pievienota stabilizatora, vai laktobionskābes – kontrole. Četriem paraugiem pievieno laktobionskābi dažādās koncentrācijās (0.2, 0.3, 0.4, 0.5%). Saldējuma maisījumu pasterizē  $82 \pm 1$  °C, 1 min. Maisījumu strauji atdzesē līdz  $4 \pm 1$  °C un nogatavina  $6 \pm 1$  °C temperatūrā 24 h, tad veic maisījuma reoloģisko īpašību analīzi.

Saldējumu gatavo iekārtā (Bartscher GmbH, Vācija) – 50 min. Iekārtas ietilpība 1000 g. Saldējuma temperatūra pēc frīzēšanas ( $-4 \pm 1$  °C).

3.11. tabula

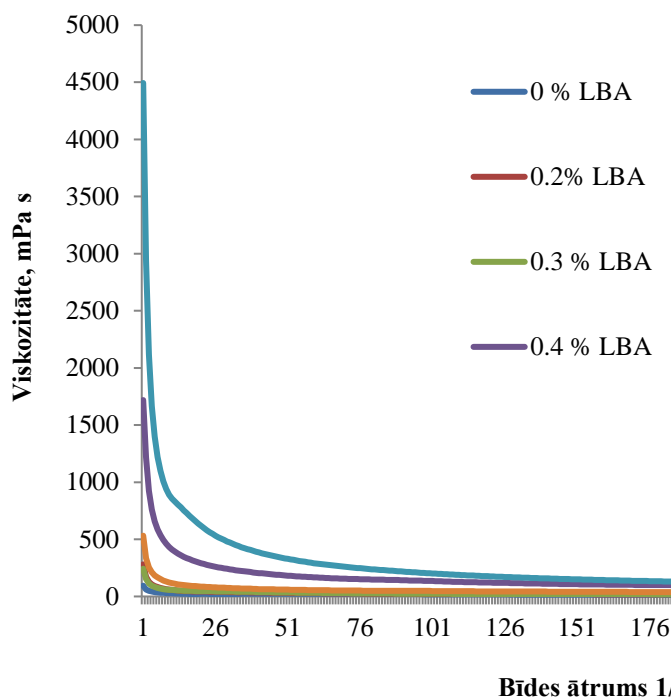
### Saldējuma maisījumu receptūras

Sastāvs, g	kontrolē	0.2% LBA	0.3% LBA	0.4% LBA	0.5% LBA	0.4% S
Dzeramais ūdens	56	54	53	52	51	52
Saldais krējums	406	406	406	406	406	406
Piens	356	356	356	356	356	356
Vājpiena pulveris	46	46	46	46	46	46
Laktobionskābe/ stabilizators	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>4</b>
Cukurs	101.3	101.3	101.3	101.3	101.3	101.3
Glikoze	34.7	34.7	34.7	34.7	34.7	34.7
Kopā	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0

### REZULTĀTI

Vērtējot dažādus saldējuma maisījumus, kuru gatavošanas receptūrā tika izmantota laktobionskābe, tika novērots, ka, palielinoties laktobionskābes koncentrācijai, pieaug arī saldējuma maisījuma viskozitāte (3.15. att.). Visiem saldējuma maisījumiem šķietamā viskozitāte samazinās, palielinot bīdes ātrumu, turklāt ievērojams samazinājums novērojams tieši tiem paraugiem, kuriem ir liela sākotnējā viskozitāte. Starp paraugiem ar pievienotu laktobionskābi un paraugiem bez tās pastāv būtiska atšķirība ( $p < 0.05$ ). Saldējuma maisījums ar stabilizatoru būtiski atšķiras no paraugiem ar pievienotu laktobionskābi, izņemot paraugiem ar laktobionskābes koncentrāciju 0.2% un 0.3%.

Imitējot saldējuma maisītāju ar reometra palīdzību, iespējams noteikt, vai maisījums ir tiksotrops vai reopekts. Reopektem šķīdumiem maisīšanas laikā raksturīga sabiezēšana, turpretim tiksotropiem – sašķidrināšanās (gēlveidīgie produkti, olas dzeltenums, medus). Ir produkti, kas nepakļaujas mehāniskai maisīšanas iedarbībai un saglabā savu sākotnējo struktūru (dzeramais ūdens). Eksperimentos ir iegūts, ka paraugiem ar laktobionskābi koncentrācijā 0.4% un 0.5%, vidējais tiksotropijas laukums ir attiecīgi 354.93 Pa/s un 731.49 Pa/s, kas abiem ir pozitīvs un tas liecina, ka maisījumi ir tiksotropi, tātad maisīšanas rezultātā sašķidrinās, kas skaidrojams ar sākumā radušās gēlveida struktūras izjukšanu. Saldējuma maisījums ar stabilizatoru būtiski atšķiras no paraugiem ar pievienotu laktobionskābi, bet salīdzinoši tuvāks paraugiem ar laktobionskābes koncentrāciju 0.2 un 0.3%. Lielāks tiksotropijas laukums ir indikators, ka produktam ir vājas atjaunošanās spējas. Tas nozīmē, ka produkts nespēj iegūt tik lielu enerģiju, lai novērstu struktūras izjukšanu un atgrieztos sākumformā (Sharma, Rana, 2017).



3.16. att. Saldējuma maisījuma viskozitāte

Saldējuma maisījuma tecēšanas robeža ir spēks, kas jāpieliek, lai produkts sāktu tecēt, rezultātā paraugiem ar laktobionskābes koncentrāciju 0.4 un 0.5% šis spēks ir vislielākais. Šie paraugi ir arī viskozāki. Starp paraugiem pastāv būtiska atšķirība ( $p < 0.05$ ). Bet starp paraugiem (kontrolē, 0.2 un 0.3% LBA, 0.4% stabilizators) būtiska atšķirība ( $p > 0.05$ ) nepastāv.

Saldējuma kvalitāti raksturo dažādi parametri: saldējuma viskozitāte, cietība, mikrostruktūra, uzputojamība. Analīze iedalīta trīs posmos:  $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$  līdz  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

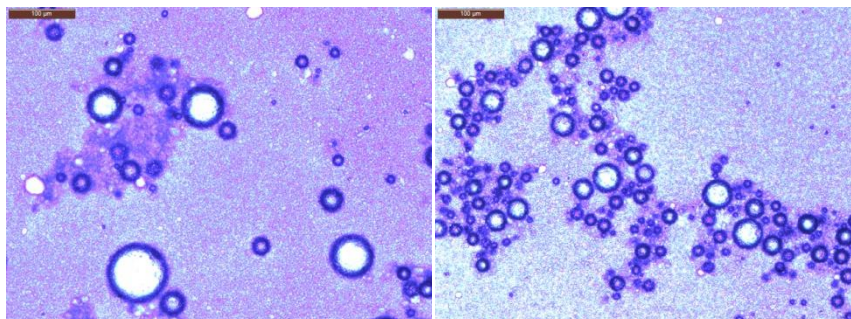
Patērētājiem, galvenokārt, ir svarīgi trīs kritēriji (Mezger, 2014):

- ✓ Sākuma temperatūrā, kas ir  $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ , saldējums tiek novietots uz reometra. Šajā brīdī saldējumam jābūt cietam, bet ne pārāk, lai patērētājs spētu veidot saldējuma bumbas, vai citā veidā to porcionēt. Ja saldējuma maisījumam pievieno 0.5% laktobionskābes, tas ir ciets un praktiski nemainās, mainoties temperatūrai, tādējādi tas būs grūti porcionējams, savukārt samazinoties laktobionskābes daudzumam, produkts kļūst mīkstāks, ko var novērot, paaugstinoties temperatūrai. Pie zemākas laktobionskābes koncentrācijas (0.2 un 0.3%), saldējums veido mīkstāku struktūru, kas līdzinās saldējumam ar stabilizatoru.
- ✓ Paaugstinot temperatūru no  $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$  līdz  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$  ir novērojams viskozitātes kritums punktā, kad saldējums sāk kust, ja šajā brīdī kritums ir straujš, saldējums mutē izraisa nepatīkamas, aukstas sajūtas. Pēc šī rādītāja saldējums ar laktobionskābes koncentrāciju 0.2% būtiski neatšķiras no parauga ar stabilizatoru, savukārt saldējumam ar laktobionskābes koncentrāciju 0.3% un kontrolei kritums ir būtiski straujāks, kas vērtējams negatīvi. Paraugi ar laktobionskābes koncentrāciju 0.4 un 0.5% būtiski atšķiras no pārējiem saldējuma paraugiem un uzrāda nelielas viskozitātes izmaiņas visā kušanas laikā, kas skaidrojams ar izteikti viskozāku maisījumu.
- ✓ Temperatūrā, kas augstāka par  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  saldējums ir izkūsis un tas, ka saldējums šajā brīdī ir tumīgāks ( $G'$  lielāks) un piešķir produktam krēmīgu tekstūru, patērētājiem liek domāt, ka tas ir ekskluzīvāks.

Analizējot dažādus paraugus mīkstāks bija saldējums ar 0.2% un 0.3% laktobionskābes saturu, kā arī paraugs ar pievienotu stabilizatoru. Būtiski cietāki ( $p < 0.05$ ) bija paraugi ar

laktobionskābes koncentrāciju 0.4 un 0.5%, turklāt tika novērota tendence, ka palielinoties laktobionskābes koncentrācijai tieši proporcionāli palielinās saldējumu cietība. Palielinot laktobionskābes koncentrāciju, paraugi ne tikai veidoja viskozāku maisījumu, bet arī cietāku saldējumu. Jo lielāka ir saldējuma cietība, jo grūtāk tas ir porcionējams.

Lai varētu labāk izprast un izskaidrot laktobionskābes ietekmi uz saldējuma kvalitāti, bija nepieciešams vērtēt saldējuma mikrostruktūru (skat. 3.17. att.).



3.17. att. Saldējuma mikrostruktūra  
(kreisajā attēlā – kontrole, labajā – pievienota laktobionskābe)

























Biežāk sastopamais gaisa pūslīšu izmērs saldējumā ir 19.9 – 38.2  $\mu\text{m}$  diametrā (Daw, Hartel, 2015). Kā redzams 3.17. attēlā, gandrīz visi saldējuma paraugi iekļaujas šajā intervālā, būtiski lielāks vidējais gaisa pūslīšu izmērs tika noteikts kontroles paraugā. Starp kontroles, stabilizatora un laktobionskābes saldējuma paraugiem pastāv būtiska atšķirība ( $p < 0.05$ ), savukārt laktobionskābes koncentrācija būtiski neietekmē gaisa pūslīšu vidējo diametru.

Gaiss ir svarīgs komponents saldējumā, tas ietekmē gan reoloģiskās īpašības, gan kvalitāti uzglabāšanas laikā un ekonomiskos rādītājus (Sofjan, Hartel, 2004). Analizējot saldējuma uzputojamību, var secināt, ka, pieaugot laktobionskābes koncentrācijai, palielinās arī uzputojums, bet pie lielākas laktobionskābes koncentrācijas (0.5%) uzputojums samazinās, jo saldējuma maisījums kļūst pārāk viskozs un līdz ar to arī grūti uzputojams.

Saldējuma kušanas īpašības atkarīgas no vairākiem faktoriem, kā piemēram uzputojuma, emulgatora un stabilizatora, kopējās sausnas, ledus kristālu izmēriem, olbaltumvielu veida. Pētījumos tika pierādīts, ka augsts uzputojums samazina saldējuma kušanas ātrumu (Kurt & Atalar, 2018a). Arī šī pētījuma ietvaros tika novērota korelācija starp saldējuma uzputojumu un kušanas (3.17. att.) ātrumu (saldējumam ar laktobionskābi un kontrolei). Korelācijas koeficients ( $r$ ) starp šiem lielumiem ir 0.64, kas saskaņā ar Arhipova, Bāliņa, (2000) ir vidēji cieša saistība starp uzputojumu un kušanas ātrumu. Palielinot laktobionskābes koncentrāciju, samazinājās kušanas ātrums, kas svarīgi ne tikai patērētājiem, bet arī tropiskā klimata valstīm. Kušanas ātruma diapazons saldējumam ar pievienotu laktobionskābi ir no 0.03 līdz 0.19 g/min. Pēc šī var secināt, ka piena taukiem saldējumā ir svarīga loma attiecībā uz kušanas ātrumu.

Laktobionskābes koncentrācijai palielinoties, samazinās pH vērtība, kas skaidrojams ar to, ka laktobionskābe ir organiska skābe. Starp paraugu pH pastāv būtiska atšķirība ( $p < 0.05$ ). Starp kontroles un stabilizatora paraugu nav būtiskas atšķirības. Saldējumu titrējamais skābums palielinās, palielinoties laktobionskābes koncentrācijai. Starp paraugiem pastāv būtiska atšķirība ( $p < 0.05$ ). Starp kontroles paraugu un paraugu ar stabilizatoru būtiska atšķirība ( $p > 0.05$ ) netika konstatēta.

Piena tauku saturs saldējumā var svārstīties robežās no 1 līdz 20%, atkarīgs no tādiem faktoriem kā, likumdošanas, vēlamajām īpašībām, cenas un konkurences. Pieaugot tauku saturam, jāsamazina piena beztauku sausna, lai izvairītos no „smilšainas” konsistences defekta, ko izraisa laktozes kristalizācija (Marshall, Goff, 2003). Saldējuma paraugi tika gatavoti pēc vienas receptūras. Saldējuma paraugu tauku saturs:  $16\% \pm 0.5\%$ .

	Kontroles paraugs	0.2% LBA	0.3% LBA	0.4% LBA	0.5% LBA	0.4% stabilizators
0 min						
30 min						
45 min						
60 min						
Kušanas ātrums g/min	0.38	0.19	0.17	0.06	0.03	0.17

3.18. att. Saldējuma kušanas ātrums

Saldējuma sensorās īpašības ir noteicošais faktors cilvēku izvēlei, un atbilstošas sensorās īpašības veicina produkta noietu tirgū (Guo et al., 2018). Sensorā vērtēšana tika veikta, galvenokārt, lai noteiktu īpašību (konsistences, aromāta, garšas, ārējā izskata) intensitāti starp saldējuma paraugu ar pievienotu laktobionskābi un stabilizatoru. Augstākā parauga sensorās īpašības intensitāte liecina par izteiktākām sensorām īpašībām, turpretim zemāka, par neizteiktām, kas var rezultēties saldējuma kvalitātes novirzēs.

Vērtējot saldējuma paraugu ārējā izskata intensitāti, secināts, ka nepastāv būtiskas atšķirības ( $p > 0.05$ ). Kopumā paraugu ar 0.3% LBA vērtētāji raksturo kā labu, bet ātri kūstošu, savukārt paraugu ar stabilizatoru, kā nedaudz smilšainu. Arī starp paraugu aromātu intensitāti nepastāv būtiska atšķirība ( $p > 0.05$ ). Vērtētāji abus saldējuma paraugus vērtē kā patīkamus un ar sajūtam krējuma smaržu. Starp paraugu konsistenci pastāv būtiska atšķirība ( $p < 0.05$ ) – saldējuma paraugs ar stabilizētāju ir ar izteiktāku konsistenci. Saldējuma paraugs ar laktobionskābes koncentrāciju 0.3% tiek vērtēts, kā graudains, nevienmērīgs, ar ledus kristāliem, jūtam tauku garšu un blīvu konsistenci, kas skaidrojams ar augstu tauku saturu, neatbilstošu uzputojuma pakāpi un nepietiekoši zemu saldēšanas un uzglabāšanas temperatūru. Vērtētāji šī parauga konsistenci novērtējuši ar salīdzinoši augstu intensitāti, neskatoties uz uzskaitītajiem defektiem. Turpretim parauga konsistence ar stabilizatoru vērtēta kā viegla, maiga, vienmērīga, patīkama, bez ledus kristāliem. Arī starp paraugu garšas intensitāti pastāv būtiska atšķirība ( $p < 0.05$ ), lai gan paraugam ar 0.3% LBA tā novērtēta, kā laba, patīkama,

neskatoties uz konsistences defektiem. Paraugam ar stabilizatoru garša novērtēta kā laba, maiga, klasiska saldējumam, līdzīga rūpnieciski ražotam.

## **SECINĀJUMI**

Pēc vērtēšanas rezultātiem var secināt, ka paraugam ar laktobionskābes koncentrāciju 0.3% jāuzlabo receptūra, apstrāde, jo saldējuma konsistencē parādās vairāki defekti, kas nav pieļaujami galaproduktā.

Ievērojami augstāka ( $p < 0,05$ ) saldējuma maisījuma viskozitāte tika konstatēta paraugos ar LBA un komerciālo stabilizatoru, salīdzinot ar kontroli.

LBA klātbūtne saldējuma maisījumā būtiski samazināja ( $p < 0,05$ ) vidējo gaisa burbuļu diametru, kas bija mazāks, salīdzinot ar paraugu ar komerciālu stabilizatoru un kontroli.

LBA ievērojami samazināja ( $p < 0,05$ ) saldējuma kušanas ātrumu.

Optimālā LBA koncentrācija saldējuma ražošanai ir 0,3%, kā rezultātā izstrādātā produkta kvalitāte (sensorie parametri un reoloģiskās īpašības) bija tuvu tradicionālajam saldējumam, kas ražots ar komerciālo stabilizatoru.



### 3.3 Laktobionskābes izmantošana lauksaimniecības dzīvnieku/putnu ēdināšanā

#### 3.3.1 LBS izēdināšanas ietekme uz cūku nobarošanu un kautķermeņa rādītājiem

Cūkgaļas kvalitatīva ieguve ir lielā mērā atkarīga no barības izmantošanās cūku organismā. Sabiedrības bažas par cūkgaļu ar antibiotiku atlikumiem, ja cūkas tiek barotas ar antibiotiku augšanas stimulatoriem, ir pavērušas ceļu uz citu piedevu izmantošanu, piemēram, uz tādiem kā garšaugi un to produktiem, probiotikām, prebiotikām, organiskām skābēm.

Lai sasniegtu šo mērķi, daudzas barības piedevas tiek lietotas, un viens no šādiem klasiskiem piemēriem ir organisko skābju un to sāļu izmantošana. Organisko skābju izmantošana ir notikusi jau vairāk nekā četras desmitgades (Suiryanrayma & Ramana, 2015). Agrīni atšķirti sivēni (3–4 nedēļu vecumā) ir pakļauti stresam ar samazinātu barības daudzumu, ar mazu dzīvmasas pieaugumu vai pat bez tā. Šis atšķiršanas - novājēšanas periods ir saistīts ar ierobežoto gremošanas un absorbcijas spēju, nepietiekamas sālsskābes, aizkuņģa dziedzera enzīmu ražošanas un pēkšņu barības konsistences un uzņemšanas izmaiņu dēļ. Tika konstatēts, ka, pazeminot barības pH līmeni ar vājām organiskajām skābēm, šīs problēmas tiek novērstas. Organisko skābju galvenā darbība ir saistīta ar kuņģa pH līmeņa pazemināšanos, pārvēršot neaktīvo pepsinogēnu aktīvā pepsīnā efektīvai olbaltumvielu hidrolīzei. Organiskās skābes ir gan bakteriostatiskas, gan baktericīdas (Suiryanrayma & Ramana, 2015). Ir zināms, ka pienskābe samazina kuņģa pH un aizkavē enterotoksigēno *E. coli* pavairošanu. Šīs skābes ir starpprodukti Krebsa ciklā un tādējādi darbojas kā enerģijas avots, novēršot audu sabrukšanu, kas rodas glikoneoģenēzes un lipolīzes rezultātā. Papildu minerālu un slāpekļa izdalīšanās tiek samazināta līdz ar organiskajām skābēm, jo tās veido kompleksus ar minerālvielām un palīglīdzekļus to bioloģiskai pieejamībai. Īsās ķēdes taukskābes, piemēram, etiķskābe, propionskābe un n-sviestskābe, kuras tiek iegūtas barības šķiedru mikrobu fermentācijas rezultātā resnajās zarnās, var palielināt epitēlija šūnu proliferāciju un stimulēt gan cūku endokrīno, gan eksokrīno aizkuņģa dziedzera sekrēciju. Organiskās skābes arī uzlabo šķietamo kopējo trakta sagremojamību un uzlabo augšanas rādītājus. Secināts, ka organiskās skābes un to sāļi palielina olbaltumvielu izmantošanu īpaši atšķirtiem sivēniem un uzlabo ražošanas rādītājus (Mocherla et al., 2015).

Piena sūkalas ir izejvielu avots laktobionskābes ražošanai. Sūkalas ir siera nozares ļoti barojošs blakusprodukts, ko var labi izmantot, barojot dzīvniekus dažādos veidos, piemēram, šķidrās sūkalas, kondensētās sūkalas, žāvētas sūkalas vai kā žāvēti sūkalu produkti. Atgremotāji var patērēt līdz 30% no sausnas daudzuma kā šķidrās sūkalas bez traucējumiem, savukārt cūkām var būt caureja, ja vairāk nekā 20% no viņu sausnas ir šķidrās sūkalas. Fermentētas, amonizētas kondensētās sūkalas ir pieņemamas šķiedru olbaltumvielu piedevas atgremotājiem. Nelielos daudzumos žāvētu sūkalu bieži palielina dzīvmasas pieaugumu, barības efektivitāti, olbaltumvielu sagremojamību un tauku sagremojamību, kā arī minerālu uzsūkšanos, 10% vai vairāk žāvētu sūkalu iekļaušana govju barības devās, laktācijas laikā parasti novērš lielāko daļu piena tauku zuduma, kas novērots devās, nemazinot koncentrāta patēriņu. Spurekļa butirāts parasti palielinās, ja devā ir sūkalas vai sūkalu produkti. Sūkalu pievienošana zāles un pākšaugu skābbarībai uzlaboja skābbarības kvalitāti un sagremojamību, un amonjaka slāpekļa koncentrācija skābbarībā tika samazināta, kad sūkalas pievienoja ar urīnvielu apstrādātajai kukurūzas skābbarībai. Augšanas tempi bija labvēlīgi, ja teļi tika baroti ar piena aizstājējiem, kas saturēja līdz 89% žāvētu sūkalu. Daži pētījumi norāda, ka deproteinizētās sūkalas ir pieņemama dzīvnieku barība, kas nodrošina pieņemamu laktozes un minerālvielu avotu (Schingoethe, 1976).

Laktobionskābe (4-O-β-galaktopiranozil-D-glikonskābe) ir cukura skābe. Tas ir disaharīds, kas veidojas no glikonskābes un galaktozes. To var veidot, oksidējot laktozi. Laktobionskābes karboksilāta anjons ir pazīstams kā laktobionāts. Kā skābe laktobionskābe var veidot sāļus ar minerālu katjoniem, piemēram, kalciju, kāliju, nātriju un cinku. Kalcija



laktobionāts ir pārtikas piedeva, ko izmanto kā stabilizatoru. Kālija laktobionātu pievieno orgānu saglabāšanas šķīdumiem, piemēram, Viaspan vai CoStorSol, lai nodrošinātu osmotisko atbalstu un novērstu šūnu pietūkumu. Minerālu papildināšanai izmanto laktobionskābes minerālsāļus. Laktobionskābi izmanto arī kosmētikas rūpniecībā kā antioksidantu un farmācijas rūpniecībā kā palīgvielu zāļu pagatavošanai. Laktoze jau sen tiek izmantota kā priekšgājējs augstas vērtības atvasinājumu ražošanai, kurus var izmantot pārtikas un farmācijas rūpniecībā. Daži nozīmīgi jauninājumi ir epilaktozes, galakto-oligosaharīdu, laktitola, laktobionskābes, laktozacrozes, laktulozes un tagatozes ražošana, ko iegūst laktozes fermentatīvā, mikrobiālā vai ķīmiskajā modifikācijā (Schingoethe, 1976).

Laktobionskābes mikroelementu kompleksu, var izmantot kā barības piedevu cūkām, pīlēm, broileriem, zosīm, ūdensdzīvniekiem un citiem mājdzīvniekiem. Laktobionskābes mikroelementu kompleksam ir vienkāršas priekšrocības: mazāks enerģijas patēriņš, zemas izmaksas, draudzīgums videi, bez piesārņojuma un tamlīdzīgi, tam ir zems pievienojamais daudzums, ievērojams augšanu veicinošs efekts un mazāk dzīvniekiem blakusparādību lietošanas laikā, un to var izmantot ilgu laiku. Laktobionskābe - jauna stratēģija kalcija veidošanai (Mocherla et al., 2015). Kalcijs ir svarīgs minerāls kaulu veselības uzturēšanai. Vietā, lai palielinātu kalcija daudzumu labāk ir atrast veidus, kā ķermenis no uztura var iegūt un absorbēt vairāk kalcija. Nesen japāņi ir atklājuši jaunu molekulu, kas tieši to dara. Kalcija laktobionāts vai laktobionskābe nav tik daudz kalcija avots, jo satur daudz mazāku elementāro (vai lietderīgo) kalcija daudzumu, drīzāk tai ir unikāla īpašība, kas palīdz organismam absorbēt vairāk kalcija no uztura un no piedevām. Tas tiek darīts, saistoties ar uztura kalcija joniem, kas atrodas kuņģī, zarnās un asinīs, un palīdzot tos nogādāt vietā, kur tie visvairāk nepieciešami. Šīs kalcija formas šķīdība ir sešdesmit piecas reizes augstāka nekā citām kalcija formām, piemēram, citrātam, kas tiek uzskatīts par vienu no bioloģiski pieejamākajiem veidiem. Turklāt laktobionskābe arī palielina (equol) ekologa ražošanu zarnu mikrobus. Equol ir unikāls izoflavons, kas līdzīgs sojas izoflavanoidiem, bet spēcīgāks attiecībā uz tā ietekmi uz kaulu veselību. Visbeidzot, laktobionskābe tiek uzskatīta par prebiotiku, kas ir barības avots draudzīgajām baktērijām zarnās, lai tās varētu pienācīgi konkurēt ar citām mazāk vēlamām baktērijām un patogēniem, tādējādi veicinot optimālu zarnu veselību gan dzīvniekiem, gan cilvēkiem. Laktobionskābe piedāvā unikālu risinājumu, palīdzot absorbēt vairāk kalcija no uztura un tādējādi palīdzot saglabāt optimālu kaulu veselību, ne vienmēr palielinot kalcija daudzumu (Mocherla et al., 2015).

Laktobionskābe ir inovatīvs produkts, kurš nav plaši izmantots lauksaimniecības dzīvnieku ēdināšanā pasaulē un arī Latvijā. Tāpēc mūsu pētījuma mērķis bija vērtēt laktobionskābes ietekmi uz cūku augšanas, kautķermeņu rādītājiem un gaļas kvalitāti.

## MATERIĀLS UN METODES

Pētījums tika organizēts SIA Latvi Dan Agro - ražojošā saimniecībā laika periodā no 2021. gada janvāra līdz jūnijam 2 atkārtojumos. Pētījumā iekļauto dzīvnieku skaits kopumā bija 104. Pētījuma vajadzībām katrā atkārtojumā nokomplektēja 2 cūku grupas (kontroles un izmēģinājuma), katrā pa 26 sivēniem ar sākuma dzīvmasu 30 un 36 kg. Dzīvniekus grupās komplektēja ņemot vērā izcelšanos, dzīvmasu un dzimumu. Pētījuma nobarojamās cūkas bija Latvijas Landrases × Jorkšīras šķirnes krustojuma cūkas (M1), kas krustotas ar Djurokas (DJ) šķirnes kuļiem. Kontroles grupas sivēni saņēma barību bez laktobionskābes, bet izmēģinājuma grupai barībā laktobionskābe tika iekļauta no 7% pētījuma sākumā līdz 15% nobarošanas beigu posmā. Pārējās barības piedevas un barības līdzekļi bija vienādi. Saimniecībā ir šķidrā ēdināšanas tehnoloģija. Barības maisījumi tika sagatavoti, ņemot vērā cūkām nepieciešamās barības vielas. Pētījuma laikā regulāri tika kontrolēta sivēnu dzīvmasa, nosverot. Pētījuma beigās visas cūkas nokāva komerciālajā kautuvē, kur kautķermeņiem noteica liemeņa masu un gaļas pH. Muguras taukaidu dziļums ( zemādas tauku slānis) tika izmērīts pie pēdējās ribas, 6

cm no muguras vidusdaļas ar Introscope Optimal Probe (SFK Holding Denmark), liesās gaļas procentuālais daudzums tika aprēķināts pēc formulas:  $66.6708 - 0.3493 \times \text{zemādas tauku slānis}$ , mm, un pēc liesās gaļas satura noteica klasi, izmantojot SEUROP klasifikāciju. Kautķermeņa procentuālo iznākumu aprēķināja, liemeņa svaru izdalot ar dzīvmasu pirms kaušanas un izsakot procentos (Degola & Jonkus, 2018).

No katra kautķermeņa tika paņemts muskuļu un tauku paraugs ķīmisko analīžu veikšanai. Muskuļu paraugu, ko ieguva no muguras garā muskuļa (*m. longissimus lumborum et thoracis*) pēdējās ribas rajonā, ievietoja plastmasas maisiņā vakuumpakojumā. Tauku paraugs tika paņemts no muguras speķa slāņa. Gaļas paraugi tika uzglabāti +2 līdz +5 °C temperatūrā. Paraugi analizēti 24 stundas pēc kaušanas. Gaļas bioķīmiskie rādītāji noteikti LLU Biotehnoloģiju Zinātniskās laboratorijas Agronomisko analīžu nodaļā saskaņā ar sekojošām metodēm: kopproteīns (sausnā), % – LVS EN ISO 5983-2:2009, holesterīns mg 100 g – noteikts izmantojot Chen et al. (2015) izstrādāto metodi.

Pētījuma patērētā barība tika rēķināta uz 1 kg dzīvmasas pieaugumu. Datu matemātiskā apstrāde veikta izmantojot IBM SPSS 23 programmu paketi. Pazīmju vidējo vērtību būtiskās atšķirības noteiktas ar t-testu. Tabulās dotas pazīmju vidējās vērtības un to standartkļūdas. Atšķirības starp vidējiem rādītājiem tika noteiktas pie būtiskuma līmeņa  $\alpha = 0.05$ .

## REZULTĀTI

Sivēnu enerģijas un barības vielu vajadzības ir atkarīgas no vecuma, izcelšanās, dzīvmasas, un arī no apkārtējās vides apstākļiem.

Pētījuma gaitā abos atkārtojumos, analizējot iknedēļas sivēnu svēršanas rezultātus, tika novērots, ka izmēģinājuma grupā, kurā cūku ēdināšanā izmantota laktobionskābes piedeva, bija nedaudz lielāka vidējā cūku dzīvmasa nobarošanas beigu posmā, bet sākumā šī piedeva ietekmēja negatīvi cūku augšanu (3.13. un 3.13. tabulas).

Atšķirto sivēnu augšanu ietekmē daudz faktoru, tādi kā sivēnu grupēšana grupās, turēšanas apstākļu un mikroklimata maiņa, izēdinātās barības sastāvs – tas viss ietekmēja barības uztņemšanu. Vēlākā augšanas periodā no 11. februāra situācija mainījās, jo notika barības maiņa uz nobarojamo cūku barību, kā arī sivēniem jau bija nostabilizējusies gremošanas sistēma. Diennakts dzīvmasas pieaugums atšķīrās cūku grupās tikai par 0.025 kg vai 2.3% (3.13.tabula). Patērētā barība pēc sausnes dienā 1. atkārtojumā bija abās grupās ar nelielām atšķirībām, kontroles 2.96 kg un izmēģinājuma 2.72 kg. Barība tika izēdināta šķidrā veidā, kur ūdens ar organiskajām skābēm bija, attiecīgi 6.94 L un 7.26 L kontroles un izmēģinājuma grupās.

3.12. tabula

### Cūku dzīvmasas izmaiņas pirmā (1.atkārtojums) pētījuma laikā (n=49)

Dzīvmasas kontroles datums	Kontroles grupas vidējā dzīvmasa, kg	Izmēģinājuma grupas vidējā dzīvmasa, kg	Dzīvmasas starpība starp kontroles un izmēģinājuma grupu, kg
19.01.2021.	30.69	30.69	0
28.01.2021.	41.73	41.39	-0.35
2.02.2021.	49.60	46.81	-2.79
11.02.2021.	57.04	55.36	-1.68
18.02.2021.	64.80	64.68	0.12
25.02.2021.	70.79	71.12	0.33
04.03.2021.	79.04	80.6	1.56
11.03.2021.	85.83	86.24	0.41
18.03.2021.	93.13	94.48	1.36
25.03.2021.	100.75	104.3	3.53
4.04. 2021.	111.67	113.6	1.93
Diennakts pieaugums, kg	1.08	1.105	+0.025

Otrajā atkārtojumā barības maiņa notika 30. aprīlī un, kamēr nostabilizējās gremošanas trakts, cūkām pasliktinājās augšana (3.13.tabula). Nobarošanas beigu posmā dzīvmasas pieaugumi palielinājās, acīmredzot cūku gremošanas trakta mikroflora bija uzlabojusies, veicot barības pilnīgāku uzņemšanu. Cūku augšanas atšķirības starp cūku grupām bija niecīgas, dzīvmasas pieaugums diennaktī atšķīrās par 0.061 kg vai 5.3%. Arī otrajā atkārtojumā patērēta barība dienā bija abās pētījuma grupās līdzīga, sausā barība kontroles grupa 2.87 kg un izmēģinājuma grupā 2.96 kg, plus ūdens ar organiskajām skābēm, attiecīgi 7.56 un 7.73 kg

3.13. tabula

### Cūku dzīvmasas izmaiņas otrā (2.atkārtojums) pētījuma laikā (n=52)

Dzīvmasas kontroles datums	Kontroles grupas vidējā dzīvmasa, kg	Izmēģinājuma grupas vidējā dzīvmasa, kg	Dzīvmasas starpība starp kontroles un izmēģinājuma grupu, kg
13.04.2021	36.31	36.31	0
29.04.2021	57.19	55.4	-1.77
06.05.2021	65.65	63.6	-2.04
13.05.2021	74.04	73.1	-0.92
03.06.2021	96.31	97.5	1.23
10.06.2021	103.12	106	3.31
16.06.2021	108.85	112.69	3.85
Diennakts pieaugums, kg	1.133	1.194	+0.061

Analizējot eksperimenta rezultātus kopumā abos atkārtojumos, ieguvām, ka visā pētījuma laikā sivēnu augšanas rādītāji abās grupās bija ar (3.14. tabula) nelielām būtiskām atšķirībām ( $P < 0.05$ ) starp cūku dzīvmasu pētījuma beigās un dzīvmasas pieaugumiem.

Novērojumi liecināja, ka cūkas barību ar laktobinskābes piedevu ēda labprāt. Tās daudzums barībā vienai cūkai sastādīja 0.07 L pētījuma sākumā līdz 1.6 L izmēģinājuma beigās, vidēji abos atkārtojumos 1.125 L. Cūku veselībā netika novērotas ne pozitīvas, ne negatīvas izmaiņas, kopumā cūkas bija veselas abās grupās. Abos atkārtojumos pētījuma grupās fiksēti atsevišķi sivēnu krišanas gadījumi, bet tie nav saistāmi ar ēdināšanu, bet gan ar sivēnu vispārējo veselības stāvokli. Sausās barības patēriņš uz 1kg dzīvmasas pieaugumu bija: 2.64 un 2.48 kg, attiecīgi kontroles un izmēģinājuma cūku grupās. Tātad tas bija mazāks par 0.16 kg izmēģinājuma grupā. Tas kopumā liecina, ka laktobionskābes piedeva veicina barības labāku izmantošanos cūku gremošanas traktā.

3.14.tabula

### Cūku augšanas rādītāji visā pētījuma laikā ( n=101)

Rādītāji	Kontroles grupa	Izmēģinājuma grupa	p vērtība
	$\bar{x} \pm S$		
Dzīvmasa pētījuma sākumā, kg	33.5 ± 0.44	33.5±0.44	...
Dzīvmasa pētījuma beigās, kg	110.2 ±0.90	113.1 ± 0.98	0.03*
Dzīvmasas pieaugums, kg	76.7±1.04	79.6±0.99	0.05*
Diennakts dzīvmasas pieaugums, kg	1.104 ±0.015	1.145± 0.014	0.05*

\* $p < 0.05$

Cūku kautķermeņa rādītāji būtiski neatšķīrās starp grupām (3.15. tabula), izņemot kautsvaru, kur bija nelielas būtiskas atšķirības ( $P < 0.05$ ). Arī kautiznākums bija par 1. 2% lielāks izmēģinājuma grupas cūkām.

3.15.tabula

### Cūku kautķermeņu rādītāji visā pētījuma laikā (n= 101)

Rādītāji	Kontroles grupa	Izmēģinājuma grupa	p vērtība
	$\bar{x} \pm S$		
Dzīvmasa pirms nokaušanas, kg	108.4±1.01	110.3±0.95	0.171
Kautķermeņa svars, kg	77.5±0.67	79.8±0.79	0.029*
Kautiznākums, %	70.7±0.21	71.6±0.36	0.053
Zemādas tauku slānis, mm	11.6±0.47	12.8±0.68	0.157
Liesās gaļas saturs, %	62.6±0.16	62.2±0.24	0.157
Cūkgaļas pH	5.58±0.026	5.56±0.025	0.6346

\* $p < 0.05$



3.18. att. Kontroles (a) un eksperimentālas (b) grupas gaļas paraugi.

Tāpat speķa biezums bija par 1.2 mm lielāks, bet cūkgaļas klasifikācijas klase pēc SEUROP abās grupās bija “S” (ekstra), kur liesās gaļas saturs ir augstāks par 60 %. Mūsu pētījumā atšķirīgā cūku ēdināšana būtiski neietekmēja pH līmeni muguras garajā muskulī, un atbilda kvalitatīvas gaļas prasībām (3.14.tabula). Kā pierādīts pH līmenis raksturo gaļas kvalitāti. Ja pH līmenis gaļā 24 stundas pēc nokaušanas pazeminās zem 5.3, tad gaļa ir bāla, mīksta, ūdeņaina (PSE gaļa), un šādas gaļas griešana ir apgrūtināta, jo tai ir mīksta konsistence. Turpretī, ja 24 stundas pēc dzīvnieka nokaušana gaļas pH ir lielāks par 6.0, gaļa būs tumša, sīksta un sausa, to pieņemts apzīmēt par DFD gaļu. Kā norāda Īrijas pētnieki optimālākais kvalitatīvas gaļas pH 24 stundas pēc nokaušanas ir robežās no 5.5 līdz 5.8 (O`Neill et al., 2003). Tas viss norāda, ka laktobionskābes piedeva nepazemināja gaļas kvalitāti.

Zinātniskās literatūras apkopotie dati par cūkgaļas ķīmisko liecina, ka kopējā olbaltumvielu satura līmenis cūkgaļā mēdz būt no 19-24% (Bodnár & Bodnár, 2012). Par to liecināja arī pētījums (Jonkus et al., 2021), kur būtiski lielāks kopproteīna un mazāks tauku saturs tika novērots M1×PJ krustojuma cūkām ( $p < 0.05$ ), bet vidējais kopproteīna saturs abu (M1×PJ un M1×DJ) genotipu cūku muguras garajā muskulī bija no 20.81 līdz 22.11%. Citu autoru pētījumos vidējais kopproteīna saturs muguras garajā muskulī novērots līdzīgs minētajiem (Parunovic, et al., 2013; Degola et al., 2018; Jansons et al., 2020), bet citos pētījumos proteīna saturs cūku muguras garajā muskulī bijis lielāks par 23% (Rybarczyk et al., 2011; Poldvere et al., 2015).

Mūsu pētījumā (3.16. tabula) muskuļaudi saturēja vairāk nekā 3 reizes augstāku kopproteīna līmeni, jo muskuļaudu paraugi pirms analīžu veikšanas tika izžāvēti līdz

nemainīgam svaram, tātad bija pilnīgi izkaltēti. Šie rādītāji ir līdzīgi ar iepriekš literatūra minētajiem, ja izdara pārrēķinu uz dabīgo produktu un liecina, ka laktobionskābes piedeva dod, apmēram, par 2 % augstāku proteīna saturu muskuļaudos.

3.16. tabula

### Cūkgaļas un tauku ķīmiskais sastāvs (sausnā)

Rādītāji	Pētījuma cūku grupas	
	Kontroles	Ekspērimētālā
Kopējais proteīna daudzums muskuļos, %	80.27	82.35
Holesterīns taukos, mg/100 g	303.01	311.95

Kopējais tauku saturs cūkgaļa svārstās plašās robežās no 1 līdz 15%, acīmredzot to ietekmē uzņemtā barība vai ģenētiskie faktori, piemēram, tauku saturs – M1×DJ krustojuma cūkām bijis – 7.24% un M1×PJ krustojumam – 3.23%, līdzīgs tauku saturs muguras garajā muskulī bijis arī Latvijas Jorkšīras šķirnes cūkām (Paura et al., 2019), kā arī citu valstu vietējās izcelsmes cūku šķirnēm un to krustojumiem (Parunovic et al., 2013; Debreceni, et al., 2018).

Holesterīna daudzums cūkgaļā atkarīgs no dažādiem faktoriem, piemēram, pētījumā (Faria et al., 2015) tika konstatēts ap 84.75 mg 100g šķiņķa gaļā, bet garā muguras muskulī 87.25 mg 100g, un tam bija mijiedarbība ar cūku dzimumu un tauku daudzumu barībā. Cūku taukos holesterīna līmenis ir augsts, mūsu pētījumā tas bija no 303–312 mg 100g izkaltētu tauku sausnā (3.16.tabula).

Aminoskābju saturs cūkgaļā atspoguļots 3.17. tabulā.

3.17.tabula

### Aminoskābju saturs cūkgaļā

Parametrs	Kontroles grupa	Ekspērimētālā grupa
Aromātveidojošās AS, %		
Asparagic acid (Asp)	7.34 ± 0.01 <sup>a</sup>	7.58 ± 0.05 <sup>b</sup>
Proline (Pro)	3.45 ± 0.03 <sup>a</sup>	3.70 ± 0.02 <sup>b</sup>
Arginine (Arg)	4.88 ± 0.01 <sup>a</sup>	5.11 ± 0.01 <sup>b</sup>
Serine (Ser)	2.88 ± 0.02 <sup>a</sup>	2.98 ± 0.01 <sup>b</sup>

Parametrs	Kontroles grupa	Ekspērimētālā grupa
Glutamic acid (Glu)	12.05 ± 0.04 <sup>a</sup>	12.32 ± 0.03 <sup>b</sup>
Glycine (Gly)	3.52 ± 0.01 <sup>a</sup>	3.54 ± 0.02 <sup>a</sup>
Alanine (Ala)	4.28 ± 0.02 <sup>a</sup>	4.43 ± 0.01 <sup>b</sup>
Cysteine (Cys)	1.05 ± 0.01 <sup>a</sup>	1.19 ± 0.04 <sup>b</sup>
Neaizstājamās AS, %		
Valine (Val)	3.70 ± 0.01 <sup>a</sup>	4.00 ± 0.03 <sup>b</sup>
Threonine (Thr)	3.29 ± 0.02 <sup>a</sup>	3.48 ± 0.01 <sup>b</sup>
Isoleucine (Ile)	3.68 ± 0.02 <sup>a</sup>	3.91 ± 0.02 <sup>b</sup>
Leucine (Leu)	6.20 ± 0.01 <sup>a</sup>	6.37 ± 0.01 <sup>b</sup>
Tyrosine (Tyr)	2.80 ± 0.04 <sup>a</sup>	2.86 ± 0.02 <sup>a</sup>
Lysine (Lys)	7.37 ± 0.02 <sup>a</sup>	7.57 ± 0.06 <sup>b</sup>
Histidine (His)	3.41 ± 0.01 <sup>a</sup>	3.84 ± 0.01 <sup>b</sup>
Aromātveidojošās un neaizstājamās AS, %		
Phenylalanine (Phe) Δ*	3.01 ± 0.02 <sup>a</sup>	3.19 ± 0.03 <sup>b</sup>
Methionine (Met) Δ*	2.64 ± 0.01 <sup>a</sup>	2.70 ± 0.01 <sup>a</sup>
Kopā	75.56	78.77
Aminoskābju kvalitātes indekss		
PER-1	2.03	2.08
PER-2	2.05	2.12
PER-3	2.24	2.43
E/T, %	47.78	48.14

Taukskābju saturs cūkgaļā atspoguļots 3.18. tabulā.

3.18. tabula

### Taukskābju saturs cūkgaļā

Taukskābe	Kontroles grupa	Ekspērimētālā grupa
11:0	ND	ND
12:0	1.11 ± 0.23 <sup>a</sup>	0.77 ± 0.01 <sup>b</sup>
13:0	1.54 ± 0.02 <sup>a</sup>	1.52 ± 0.03 <sup>a</sup>
14:0	0.31 ± 0.26 <sup>a</sup>	0.31 ± 0.16 <sup>a</sup>
14:1	ND	ND
15:0	1.37 ± 0.01 <sup>a</sup>	1.35 ± 0.02 <sup>a</sup>
15:1	ND	ND
16:0	23.66 ± 0.46 <sup>a</sup>	24.05 ± 0.75 <sup>b</sup>
16:1 n-7c	0.56 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.53 ± 0.13 <sup>b</sup>
17:0	0.67 ± 0.04 <sup>a</sup>	0.63 ± 0.02 <sup>b</sup>
17:1	0.38 ± 0.17 <sup>a</sup>	0.50 ± 0.01 <sup>b</sup>
18:0	12.36 ± 0.39 <sup>a</sup>	12.6 ± 0.42 <sup>a</sup>
18:1 n-9t	ND	ND
18:1 n-9c	42.47 ± 0.62 <sup>a</sup>	41.32 ± 0.78 <sup>a</sup>
18:1 n-7t	1.63 ± 0.11 <sup>a</sup>	3.53 ± 0.05 <sup>b</sup>
18:2 n-6t	ND	ND
18:2 n-6c	5.82 ± 0.06	ND
18:3 n-6	0.40 ± 0.01	ND
18:3 n-3	0.48 ± 0.10	ND
20:0	0.24 ± 0.07	ND
18:2	0.24 ± 0.01 <sup>a</sup>	6.32 ± 0.11 <sup>b</sup>
18:2	0.35 ± 0.07 <sup>a</sup>	0.53 ± 0.05 <sup>b</sup>
20:1 n-9c	1.33 ± 0.17 <sup>a</sup>	0.47 ± 0.03 <sup>b</sup>
21:0	ND	0.53 ± 0.15
20:2 n-6c	0.41 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.32 ± 0.02 <sup>b</sup>
20:3 n-6c	0.44 ± 0.08 <sup>a</sup>	0.33 ± 0.01 <sup>b</sup>

3.18. tabulas nobeigums

Taukskābe	Kontroles grupa	Eksperimentālā grupa
20:4 n-6c	ND	1.63 ± 0.05
20:3 n-3c	ND	ND
22:0	1.39 ± 0.06 <sup>a</sup>	0.43 ± 0.03 <sup>b</sup>
22:1 n-9c	0.29 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.12 ± 0.01 <sup>b</sup>
20:5 n-3c	0.76 ± 0.06	ND
23:0	ND	0.19 ± 0.01
22:2 n-6	0.43 ± 0.13 <sup>a</sup>	1.36 ± 0.13 <sup>b</sup>
24:0	ND	ND
24:1 n-9c	0.62 ± 0.16 <sup>a</sup>	0.12 ± 0.01 <sup>b</sup>
22:6 n-3c	0.73 ± 0.03	ND
Σ SFA	42.67 ± 1.53 <sup>a</sup>	43.13 ± 1.67 <sup>a</sup>
Σ MUFA	47.28 ± 1.27 <sup>a</sup>	48.03 ± 1.23 <sup>a</sup>
Σ PUFA	10.06 ± 0.53 <sup>a</sup>	8.84 ± 0.26 <sup>b</sup>
IA	0.46 ± 0.03	0.46 ± 0.01
IT	1.09 ± 0.01	1.23 ± 0.02
HH	2.09 ± 0.02	1.99 ± 0.01
HPI	2.20 ± 0.01	2.18 ± 0.01

## SECINĀJUMI:

Laktobionskābes piedeva cūku barībā būtiski ( $p < 0.05$ ) paaugstināja cūku dzīvmasas pieaugumus diennaktī par 0.041 kg vai 3.7%, un barības patēriņš uz 1kg dzīvmasas pieaugumu bija par 0.16 kg mazāks, kas liecināja, ka cūkas nobarošanas beigu posmā labāk izmanto barību.

Cūkgaļas kvalitāte kopumā nepasliktinājās. Kautiznākums (produktivitāte) bija augstāks ar laktobionskābes piedevu ēdinātiem dzīvniekiem, bet tiem arī bija nedaudz lielāks muguras zemādas speķa biezums par 1.2mm vai 10.3%, kas varētu pazemināt gaļas pievilcību pircēju vērtējumā.

Iegūtie rezultāti uzrādīja laktobionskābes ietekmi uz cūkgaļas ķīmiskajiem parametriem: augstāka aminoskābju koncentrācija, bet kā negatīva ietekme jāmin cūkgaļas tauku kvalitāte izmēģinājumu grupā. Atšķirības cūkgaļas kvalitātē varētu skaidrot ar atšķirīgu barības vielu sagremojamību un barības biopieejamību, ko papildina laktobionskābe.

Ārstēšanas izdevumi vispār nebija, jo cūkas bija veselas abās grupās, gan visā fermā. Pēc iegūtajiem augšanas un barības izmantošanas rezultātiem var spriest par pilnvērtīgākiem vielmaiņas procesiem organismā. LBS iekļaušana uzlaboja cūkām apetīti. Vizuāli novērojot cūkas, izskatījās dzīvīgākas, enerģiskākas ar labāku pašsajūtu. Kopumā dzīvniekiem novēroja samazinājās caurejas un uzlabojas gremošanas sistēmas darbība. Tas viss var liecināt par stiprāku imunitāti.

### 3.3.2 Laktobionskābes izmantošana govju ēdināšanā

#### MATERIĀLI UN METODES

Projekta izpildes laiks 2020.-2022. gads. Eksperiments tika ierīkots slaucamo govju saimniecība ZS Ruķi un brīvas turēšanas vistu novietnē ZS Talči, kur tika pārbaudīta laktobionskābes piedevas izmantošanas efektivitāte uz šo dzīvnieku sugas produktivitāti.

#### Pētījuma vieta un apstākļi ZS Ruķi

Pētījums ierīkots un veikts zemnieku saimniecībā "Ruķi", laikā no 2020. gada novembra līdz 2021. gada aprīlim. Pētījumam tika izveidotas divas slaucamo govju grupas, kontroles (K) un eksperimentālā (E), katrā grupā atrodas 9 dzīvnieki. Pētījumam tika atlasītas saimniecībā



esošas slaucamas govīs, Holšteinas melnraibās un sarkanraibās šķirnes. Atlasītie dzīvnieki proporcionāli sadalītas starp grupām, ņemot vērā to fizioloģisko stāvokli (slaušanas diena un laktācija). Slaucamas govīs bija līdz 100. laktācijas dienai, tās pārstāvēja dažādas laktācijas (no 1. līdz 8.).

Pētījuma laikā govīs tika turētas piesietas. Pamatbarība abām grupām tika gatavota tieši saimniecībā, pirms ēdināšanas barības līdzekļi tika pilnība samaisīti (TMR) un izēdināti *ad libitum*. Viena dzīvnieka barības devas sastāvā iekļauta zāles skābbarība 41 kg, siens 0.5 kg, rapšu rauši 3.6 kg, graudu milti 8.3 kg, minerālpiedevas 0.6 kg (JOSERA Cami 0.25 kg, nātrija bikarbonāts 0.15 kg, DairyPilotFlavoVital® 0.1 kg, kaļķi 0.1 kg, sāls 0.02 kg). Papildus K grupai pamata diēta tika papildināta ar 1.0 kg cukurbiešu melases, E grupai Laktobionskābes (LBS) šķīdums 5.0 kg. LBS daudzums melases aizvietošanai novērtēts pēc cukuru (laktozes) satura barības devā.

Barības devas sastādīšanai veicām LBS testēšanu, izmantojot augstas izšķirtspējas šķīduma hromatogrāfiju (Prominace HPLC sistēma, Shimadzu LC-20, ASV). Visi paraugi pirms HPLC analīzēm tika centrifugēti 10 minūtes ar ātrumu 15 000 apgr./min, lai noņemtu šūnu atliekas un citas ūdenī nešķīstošas vielas. LBA tika noteikts, izmantojot refrakcijas indeksa detektoru RID-10A (YMC-C18, 4.6 mm × 250 mm, 5 μm kolonna). Tika izmantota mobilās fāzes izokrātiskā eluēšana (2 l eluācija saturēja 1,15 ml H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, 14,36 g KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> un 20 ml acetnitrila). Laktozes saturs tika noteikts, izmantojot refrakcijas indeksa detektoru DAD SPD-M20 A (Alltech NH<sub>2</sub>, 4.6 mm × 250 mm, 5 μm kolonna). Mobilās fāzes izokrātiskā eluēšana bija 84% acetnitrila, 16% dejonizēta ūdens. Ievadītā parauga tilpums bija 10 μL, temperatūra 35 °C un plūsmas ātrums 1 ml min<sup>-1</sup>. Paraugi tika kvantificēti saskaņā ar HPLC kvalitātes ārējiem analītiskajiem standartiem ar augstāku tīrību, laktozi (Sigma Aldrich, Vācija) un LBS (Acros Organics, Indija) (Sarenkova et al., 2022).

Pētījuma laikā tika veiktas 11 piena produktivitātes kontroles, katru otro nedēļu reģistrēts izslaukums (kg/d) un noņemti piena paraugi analīzēm. Piena ķīmiskais sastāvs (tauki (%), kopproteīns (%), laktoze (%), kazeīns (%), urīnviela (mg/dL)) tika analizēts instrumentālās infrasarkanās spektroskopijas metodi atbilstoši ISO 9622 / IDF 141:2013, izmantojot MilcoScan (Foss, Dānija) un somatisko šūnu skaits (tūkst./mL) tika analizēts ar instrumentālās plūsmas citometrijas metodi LVS EN ISO 13366-2:2007 izmantojot Fossomatic TM FC (Foss, Dānija) akreditētā piena kvalitātes laboratorijā (SIA Piensaimeniku laboratorija).

Pētījuma sākumā un beigās tika atlasīti koppiena paraugi no katras pētījuma grupas, kuriem noteica taukskābju un aminoskābju saturs, paraugi uzglabāti sasaldēti -20±1 °C, līdz testēšanai. Pirms testēšanas paraugi tika sagatavoti taukskābju noteikšanai (lipīdu ekstrakcija) un taukskābju profils tika noteikts saskaņā ar standarta LVS CEN ISO/TS 17764-1 Dzīvnieku barība – Taukskābju satura noteikšana – 2.daļa. Taukskābju analīze tika veikta ar “Clarus 600” sistēmu PerkinElmer, Inc. (Waltham, MA, ASV), kas aprīkota ar kvadrupola analizatoru “Clarus 600 C” masas selektīvo detektoru (Waltham, MA, ASV).

Aminoskābju analīzes veiktas atbilstoši standarta LVS EN ISO 13903-2005 Dzīvnieku barībai – Aminoskābju satura noteikšana prasībām. Aminoskābes tika noteiktas kopproteīnā.

Lai salīdzinātu un novērtētu rezultātus starp grupām, aprēķināts enerģētiski koriģētā piena (EKP) daudzums (kg/d), saskaņā ar ICAR vadlīnijām (ICAR, 2017).

Iegūtie dati tika analizēti, izmantojot aprakstošo statistiku, un atšķirības starp pētījuma grupām un pētījuma fāzēm tika novērtētas, izmantojot ANOVA ar Stjudenta t-testa korekciju, nosakot ticamības līmeni p<0,05. Datu statistiskā apstrāde veikta ar MS Office programmu Excel palīdzību (Microsoft Corporation, Redmond, Vašingtona, ASV).

## **PĒTĪJUMA REZULTĀTI**

### **Pētījuma rezultāti slaucamās govīs**

Kontroles dienā vidējie rādītāji: izslaukums (kg/d) un EKP (kg/d) būtiski neatšķiras starp K un E grupām (3.19.tab.). Vidējais izslaukums un EKP K grupā bija 33.0 kg/d un 33.9 kg/d un E grupā 33.8 kg/d un 34.8 kg/d attiecīgi. Pētījuma laikā bija vērojams izslaukuma samazinājums abās grupās, K grupā no 37.2 kg/d uzsākot pētījumu līdz 28.8 kg/d nebija statistiski būtisks, turpretī E grupā izslaukuma samazinājums 38.2 kg/d līdz 28.8 kg/d pētījuma beigās, bija statistiski nozīmīgs ( $p < 0.05$ ). Izslaukuma izmaiņas, var skaidrot ar laktācijas fāzi, palielinoties laktācijas dienu skaitam, iepriekš veiktos pētījumos novērots izslaukumā samazinājums (Jonkus, 2004).

Piena tauku, kopproteīna un laktozes saturs būtiski neatšķiras gan starp pētījuma grupām, gan pētījuma laikā. Iegūtie rādītāji bija augstāki nekā Latvijas pārraudzības vidējie tauku un kopproteīna rādītāji par 2020. gadu (4.06% un 3.37% attiecīgi; LDC, 2021).

3.19.tabula

### Vidēji fizioloģiskie un produktivitātes parametri pētījuma laikā

Parametri	Kontroles grupa	Eksperimentālā grupa
Laktācija	3±0.22	3±0.22
Laktācijas dienas	53±4.4	48±4.4
Izslaukums, kg d <sup>-1</sup>	33.0±0.78	33.8±0.84
Tauku saturs, %	4.04±0.110	4.23±0.110
Kopproteīna saturs, %	3.51±0.054	3.49±0.054
Laktozes saturs, %	4.89±0.015	4.75±0.015
Kazeīna saturs, %	2.79±0.040	2.82±0.400
Urīnvielas saturs, mg dL <sup>-1</sup>	18.6±0.46 <sup>a</sup>	20.2±0.46 <sup>b</sup>
EKP, kg d <sup>-1</sup>	33.9±0.79	34.8±0.84

<sup>a,b</sup> - mazie burti augšrakstā vienā rindā būtiski atšķiras (Student's t-test;  $p < 0.05$ ) starp grupām

LBS papildbarībā arī neatstāja būtisku ietekmi uz kazeīna satura izmaiņām pētījuma laikā un bija no 2.79 līdz 2.82%. Barības devas nodrošinājumu ar enerģiju un proteīnu novērtējam pēc urīnvielas satura pienā. Pētījuma laikā noteiktais urīnvielas saturs bija būtiski atšķirīgs, kontroles grupā 18.6 mg/dL un eksperimenta grupa 20.2 mg/dL, abas grupas tas bija optimālās robežās 15 līdz 30 mg/dL (Ruska, Jonkus, 2011).

3.20.tabula

### Vidējās slaucamo govju produktivitātes pazīmes un SCS pa pētījuma grupām un fāzēm

Parametri	Pētījuma grupas			
	K		E	
	Pētījuma fāze			
	Sākums	Beigas	Sākums	Beigas
Izslaukums, kg d <sup>-1</sup>	35.7±8.87	28.8±6.18	37.4±6.02 <sup>a</sup>	28.8±8.73 <sup>b</sup>
Tauku saturs, %	3.42±0.34 <sup>A</sup>	3.93±0.57	4.23±0.87 <sup>B</sup>	4.50±1.14
Kopproteīna saturs, %	3.26±0.25 <sup>a,A</sup>	3.58±0.33 <sup>b</sup>	3.81±0.57 <sup>B</sup>	3.85±0.65
Kazeīna saturs, %	2.65±0.18	2.85±0.24	3.01±0.41	3.02±0.45
SCS	3.20±2.30	3.50±2.50	2.30±1.10	3.00±1.10
Urīnvielas saturs, mg dL <sup>-1</sup>	23.3±1.51 <sup>a</sup>	15.1±2.63 <sup>b,A</sup>	23.5±5.96	18.4±2.81 <sup>B</sup>
EKP, kg d <sup>-1</sup>	32.5±7.19	28.8±6.10	39.7±8.50 <sup>a</sup>	30.5±6.70 <sup>b</sup>

<sup>a-c</sup> mazie burti augšrakstā vienā rindā būtiski atšķiras (Student's t-test;  $p < 0.05$ ) starp pētījuma fāzēm.

<sup>A-B</sup> lielie burti augšrakstā vienā rindā būtiski atšķiras (Student's t-test;  $p < 0.05$ ) starp pētījuma grupām.

EKP daudzums starp pētījuma grupām bija robežās no 33.9 kg/d K grupa un 34.8 kg/d E un starp grupām būtiski neatšķiras.

Sabalansēta barības deva ir svarīga slaucamām govīm, it īpaši laktācijas sākumā. Lai novērtētu barības devas papildināšanu ar LBS analizējam produktivitātes rezultātus katrai grupai pētījuma sākumā un beigās (sk. 3.20. tabulu).

Izslaukums eksperimenta sākumā neatšķīrās starp grupām, bet būtiski zemāks tās bija ( $p < 0,05$ ) eksperimenta fāzes beigās E grupā. Tauku un kopproteīna saturs būtiski atšķiras starp grupām pētījuma sākumā, kas beidzoties eksperimentam abās grupas paaugstinājās un būtiski neatšķīrās starp grupām. Kazeīna satura izmaiņas pētījuma laikā abas grupā nebija būtiskas.

Somatisko šūnu skaits (SŠS) pētījuma laikā noteikts 1 mL pienā, pārrēķināts uz somatisko šūnu logaritmisko skaitli (SCS), lai veiktu iegūtu datu salīdzināšanu. SŠS pētījumā ir izmantots, lai kontrolētu dzīvnieku veselības stāvokli. SCS 3.0 atbilst apmēram 120 tūkst./mL SŠS. Līdz ar to varam secināt, ka dzīvnieku veselības stāvoklis pētījuma laikā bija apmierinošs, jo vidējais SCS nepārsniedza 5, kas ir līdzvērtīgs 400 tūkst./mL SŠS.

Analizējot urīnvielas saturu pienā pētījumā laikā novērojam būtiskās izmaiņas K grupā kur tā saturs samazinājās līdz 15.1 mg/dL pētījuma beigās, kas ir zemāka ieteicama robeža. Samazinātais urīnvielas saturs pienā var būt saistīts ar nepietiekamo proteīna un enerģijas saturu barības devā. Urīnvielas saturs arī būtiski atšķiras starp grupām pētījuma beigās, kaut gan arī E grupā bija vērojama tendence urīnvielas samazinājumam pētījumā beigu fāzē.

Taukskābju (TS) un aminoskābju (AS) satura analīzi pētījumā laikā izvērtējam starp grupām un starp pētījuma sākuma un beigās fāzi. Iegūto datu sākotnēja analīze parāda būtiskās atšķirības atsevišķo taukskābju un aminoskābju izmaiņās K un E grupās un starp pētījuma sākuma un beigu fāzi. Lai skaidrotu šīs izmaiņas būtu nepieciešams turpināt šo pētījumu. Turklāt ir ierobežots pētījumu apjoms par šāda veida barības piedevu ietekmi uz TS un AA izmaiņām.

Aminoskābju saturs govju pienā dots 3.21.tabulā.

3.21. tabula

### Aminoskābju saturs govju pienā

Aminoskābes	Grupas			
	K		E	
	Fāze			
	Sākums	Beigas	Sākums	Beigas
Alanine	3.07±0.03 <sup>A</sup>	2.93±0.03 <sup>A</sup>	3.15±0.03 <sup>a, B</sup>	3.25±0.03 <sup>b, B</sup>
Arginine	3.10±0.03 <sup>a, A</sup>	2.97±0.03 <sup>b, A</sup>	3.29±0.03 <sup>a, B</sup>	3.31±0.03 <sup>b, B</sup>
Aspartate	7.55±0.08 <sup>a</sup>	7.00±0.07 <sup>b, A</sup>	7.45±0.06	7.42±0.05 <sup>B</sup>
Cysteine	0.76±0.01 <sup>a</sup>	0.71±0.01 <sup>b</sup>	0.78±0.01 <sup>a</sup>	0.72±0.01 <sup>b</sup>
<b>Phenylalanine</b>	4.52±0.05 <sup>a</sup>	4.35±0.03 <sup>b, A</sup>	4.61±0.03 <sup>a</sup>	4.72±0.04 <sup>b, B</sup>
Glycine	1.83±0.02 <sup>a, A</sup>	1.63±0.01 <sup>b, A</sup>	1.90±0.01 <sup>a, B</sup>	1.81±0.03 <sup>a, B</sup>
Glutamate	21.21±0.20 <sup>a</sup>	19.82±0.10 <sup>b, A</sup>	21.34±0.10 <sup>a</sup>	20.57±0.20 <sup>b, B</sup>
<b>Histidine</b>	2.83±0.03 <sup>a</sup>	2.76±0.03 <sup>b</sup>	2.88±0.03 <sup>a</sup>	2.76±0.03 <sup>b</sup>
<b>Isoleucine</b>	4.79±0.04 <sup>A</sup>	4.73±0.04 <sup>A</sup>	5.15±0.04 <sup>a, B</sup>	5.38±0.05 <sup>b, B</sup>
<b>Leucine</b>	9.14±0.07 <sup>a, A</sup>	8.48±0.06 <sup>b, A</sup>	9.49±0.07 <sup>a, B</sup>	9.41±0.08 <sup>b, B</sup>
<b>Lysine</b>	8.07±0.06 <sup>A</sup>	8.02±0.05	8.43±0.06 <sup>a, B</sup>	8.06±0.05 <sup>b</sup>
<b>Methionine</b>	2.24±0.02 <sup>A</sup>	2.19±0.02 <sup>A</sup>	2.30±0.01 <sup>a, B</sup>	2.33±0.03 <sup>b, B</sup>
Proline	8.97±0.07	8.48±0.04 <sup>A</sup>	9.11±0.06 <sup>a</sup>	9.15±0.07 <sup>b, B</sup>
Serine	5.14±0.04 <sup>a</sup>	4.91±0.04 <sup>b, A</sup>	5.18±0.04 <sup>a</sup>	5.29±0.04 <sup>b, B</sup>
Tyrosine	4.55±0.03 <sup>A</sup>	4.52±0.03 <sup>A</sup>	4.71±0.03 <sup>a, B</sup>	4.83±0.03 <sup>b, B</sup>
<b>Threonine</b>	4.17±0.03 <sup>a, A</sup>	3.92±0.02 <sup>b, A</sup>	4.27±0.03 <sup>a, B</sup>	4.09±0.03 <sup>b, B</sup>
<b>Valine</b>	5.90±0.04 <sup>a, A</sup>	5.48±0.04 <sup>b, A</sup>	6.13±0.04 <sup>a, B</sup>	6.27±0.06 <sup>b, B</sup>

Taukskābju saturs pienā atspoguļots 3.22. tabulā.

3.22.tabula

### Vidējais taukskābju saturs pienā (% no kopējā taukskābju daudzuma)

Taukskābes	Grupas			
	K		E	
	Fāze			
	Sākums	Beigas	Sākums	Beigas
SFA	68.97± 1.84	67.20± 1.62	67.65±3.00	69.20±3.12
MUFA	24.11±0.61 <sup>A</sup>	26.03± 1.40	27.80± 0.68 <sup>b, B</sup>	24.38± 0.74 <sup>a</sup>
PUFA	6.92± 0.64 <sup>B</sup>	6.77± 0.75	4.55± 0.60 <sup>a, A</sup>	6.42± 0.52 <sup>b</sup>
CLA	1.02±0.048 <sup>Bb</sup>	0.74±0.049 <sup>Aa</sup>	0.61±0.015 <sup>b, A</sup>	0.82±0.062 <sup>b, B</sup>

## SECINĀJUMI

Melases aizstāšana ar LBA šķīdumu, kas uzturā satur vai nu cukuru, uzturēja atgremotāju mikrobu fermentāciju un pozitīvi ietekmē atgremotāju pH, jo LBA ir organiskā skābe. AA un FA satura atšķirības var izskaidrot ar labāku barības vielu sagremojamību EXP grupā.

Laktobionskābes izēdināšana neietekmēja govju izslaukumu (produktivitāti). Slaucamo govju veselības stāvoklis pētījuma laikā abas grupās bija labs, par ko liecinā atbilstošais (vidēji 120 tūkst./mL) somatisko sūnu skaits, kas atbilst vesela dzīvnieka parametriem. Līdz ar to dzīvnieki neslimoja projekta ietvaros un tādēļ nebija iespējams izvērtēt, vai laktobionskābes izmantošana ļautu samazināt ārstniecības izdevumus.

### 3.3.3 Laktobionskābes izmantošana vistu ēdināšanā

#### MATERIĀLI UN METODES

Pētījums ar brīvas turēšanas dējējvistām ierīkots un veikts zemnieku saimniecībā “Talči”, laikā no 2020. gada augusta līdz 2021. gada aprīlim (kontroles grupa, KV) un no 2021.gada oktobra līdz 2022.gada martam (eksperimenta grupa, EV). Abas grupas tika turētas brīvas turēšanas novietnē ar vienādiem turēšanas apstākļiem, ievērojot vistu audzētāja rekomendācijas attiecībā uz apgaismojuma intensitāti. Katra pētījuma grupa bija 600 dējējvistas, šķirne “Sonja”, kas iegādātas 14 nedēļu vecuma un ievietotas saimniecībā.

Pamatbarība abām grupām tika gatavota tieši saimniecībā, pirms ēdināšanas barības līdzekļi tika pilnība samaisīti un izēdināti *ad libitum*. Barības deva sastāvēja no kvieši 41%, mieži 20%, rapsis 11%, soja 9%, saulespuķes 6%, eļļa 2%, kaļķis smalkais 1%, kaļķis vidējais 3%, kaļķis rupjais 3%, premix Vilomix 3%. Eksperimentālai grupai LBS tika izēdināta papildus pie pamatbarības devas, palielinot kopējo cukuru saturu barības devā. LBS izēdināja, pievienojot to pie ūdens ar dozatora palīdzību, kas bagātināja ūdeni ar LBS līdz 2%.

Pētījuma laikā veikta dējības intensitātes kontrole un olu uzskaitē pēc izmēra. Vienreiz mēnesī tika veikta nejauša olu paraugu atlase, kas tālāk nosūtīti uz laboratoriju turpmākai novērtēšanai un testēšanai. Laboratorijā olām tika noteikti sekojoši kvalitātes rādītāji: čaumalas biezums (bīdmērs), olu dzeltenuma krāsas intensitāti nosaka pielietojot krāsu analizatoru kolorimetrs “Color Tech PCM/PSM”, taukskābju profils un saturs saskaņā ar standartu LVS CEN ISO/TS 17764-1 Dzīvnieku barība. Taukskābju satura noteikšana. 1.daļa: Metilesteru gatavošana, holesterīna saturs (apstrādātie paraugi analizēti ar gāzu hromatogrāfu “Clarus 600 PerkinElmer” (Waltham, MA, USA), kas aprīkots ar masselektīvo detektoru ar kvadrupolu tipa analizatoru (“Clarus 600 C”).

Datu matemātiskā apstrāde tika veikta izmantojot SPSS programmu, lietojot Anova un Tjūkija testu. Faktori ir novērtēti kā būtiski, ja p-vērtība ir < 0.05.

## REZULTĀTI

Sakarā ar to, ka eksperiments dējējvistu novietnē ir noslēdzies 2022. gada februāra beigās pētījuma rezultāti līdz galam nav apkopoti un analizēti. Sākotnēja datu apstrāde ir veikta par rezultātiem, kas ir iegūti par Kontroles grupas rādītājiem.

Izvērtēja dējības intensitāti (3.23. tab.) un olu kvalitātes rādītājus atkarībā no putnu fizioloģiskā stāvokļa, sākot ar to ievietošanu saimniecībā.

3.23.tabula

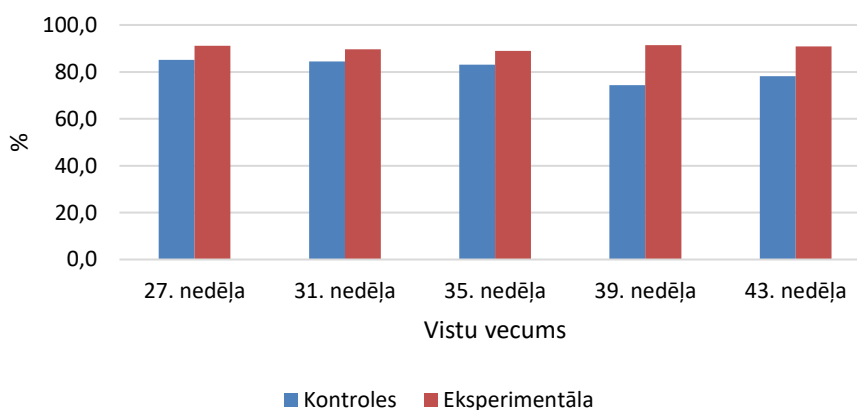
### Vidēji dējības un produkcijas kategorijas sadalījums pētījuma laikā kontroles grupā, dienā

Parametri	X	Sx	Min	Max
Dējības intensitāte, %	80	10	6	90
S kategorija, %	10.1	9.1	0.5	36.5
M kategorija, %	56.6	7.1	39.9	74.6
L kategorija, %	18.2	12.4	1.8	43.8
XL kategorija, %	3.1	1.9	1	9

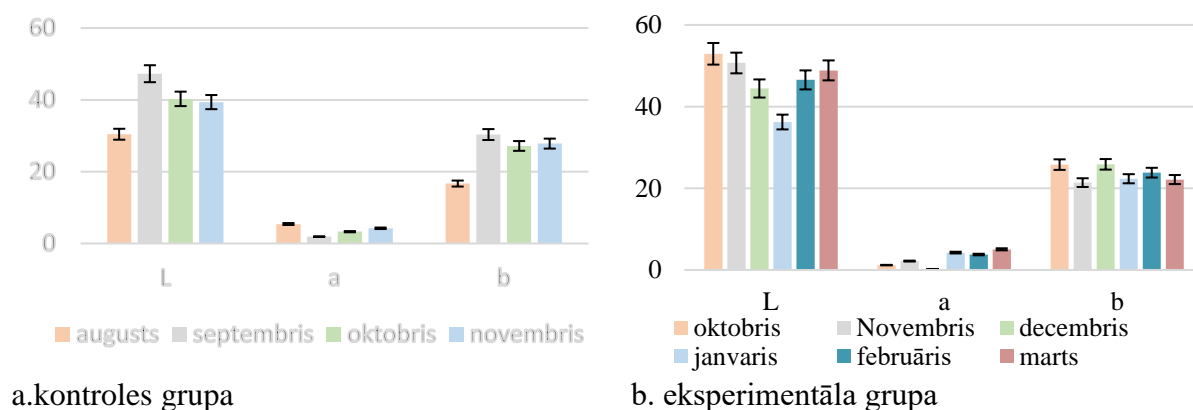
Dējības intensitāte procentos KV grupā vidēji dienā bija 80%, kaut gan bija novērotas dienas, kad tā bija 6% un 90%. Olu sadalījums pa izmēra kategorijām arī svārstījās pētījuma laikā, kas ir galvenokārt atkarīgs no putnu fizioloģiska stāvokļa.

Pēc EV grupas iegūto datu apkopošanas tiks veikta padziļināta sakarību analīze.

Eksperimentālas un kontroles grupas dējības intensitāte (skat. 3.19. att.) un olu krāsas (3.20.att) intensitāte ir dotas attēlos.

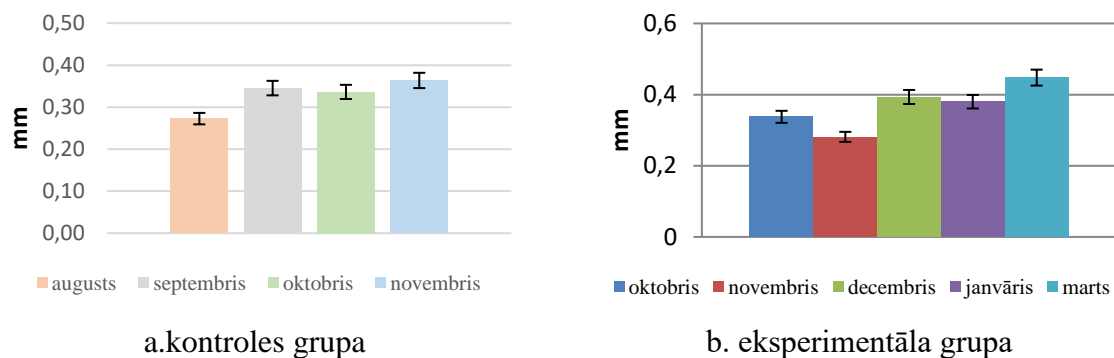


3.19. att. Dējības intensitāte, vidēji mēnesī



3.20.att. Olu krāsas izmaiņas

Laika periodā no oktobra līdz martam olu krāsa mainījās, samazinoties dzeltenas krāsas intensitātei. Izbarojot LBS novēroja izteiktāku dzeltenas krāsa intensitātē (kas liecina par  $\beta$ -karotīna saturu), kas saglabājas arī ziemas mēnešos (skat. 3.21. att.). Savukārt ir novērojama tendence, ka izbarojot LBS būtiski palielinājies olu čaumalas biezums, kas sakrīt ar iepriekšējiem pētījuma rezultātiem.



3.21.att. Olu čaumalas biezums

Taukskābju saturs olu dzeltenuma ir dots 3.24. tabulā.

3.24. tabula

### Taukskābju saturs olas dzeltenumā, %

Taukskābes	Oktobris	Novembris	Decembris
Palmitīnskābe	27.66	27.66	<b>28.18</b>
Palmitoleīnskābe	2.69	2.96	<b>2.97</b>
Stearīnskābe	8.81	8.81	<b>9.30</b>
Oleīnskābe	47.16	47.57	47.35
Vaceniīnskābe	0.84	1.09	0.93
Linolskābe	10.58	9.64	9.11
$\alpha$ -Linolēnskābe	0.39	0.28	0.28
KLS c9,t11-Oktadekadiēnskābe	0.83	0.79	0.75
KLS t10,c12-Oktadekadiēnskābe	0.69	0.65	0.64
cis-11-Eikozēnskābe	n.d.	0.19	0.16
Heneikozānskābe	0.07	n.d.	n.d.
cis-11,14-Eikozadiēnskābe	n.d.	0.05	0.05
cis-8,11,14-Eikozatriēnskābe	0.01	0.01	0.01
cis-5,8,11,14-Eikozatetraēnskābe	0.24	0.25	0.24
cis-4,7,10,13,16,19-Dokozaheksaēnskābe	0.03	0.04	0.02
<b>SFA-piesātinātās taukskābes</b>	<b>36.54</b>	<b>36.47</b>	<b>37.48</b>
<b>MUFA-mononepiesātinātās taukskābes</b>	<b>50.68</b>	<b>51.81</b>	<b>51.42</b>
<b>PUFA-polinepiesātinātās taukskābes</b>	<b>12.78</b>	<b>11.72</b>	<b>11.10</b>
<b><math>\Sigma</math>-Kopā</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

Atsevišķo taukskābju saturs palmitīn-, palmitoleīn- un stearīnskābes saturs palielinājies LBS izbarošanas laikā. Kopumā palielinājies arī piesātināto un mono nepiesātināto taukskābju saturs.

## Aminoskābju saturs olu baltumā

Aminoskābes	Oktobris	Novembris	Decembris
<i>Aspartic acid</i>	10.5	11.0	<b>11.8</b>
<i>Cystine</i>	2.9	2.9	<b>3.1</b>
<i>Serine</i>	5.9	5.8	4.0
<i>Threonine</i>	5.0	4.9	<b>5.3</b>
<i>Glycine</i>	3.7	3.4	2.8
<i>Proline</i>	3.8	3.6	<b>4.0</b>
<i>Alanine</i>	6.4	6.2	<b>6.7</b>
<i>Histidine</i>	2.2	2.2	<b>2.4</b>
<i>Valine</i>	7.2	6.9	<b>7.6</b>
<i>Lysine</i>	7.4	7.2	<b>7.8</b>
<i>Methionine</i>	4.1	3.8	<b>4.4</b>
<i>Glutamic acid</i>	7.8	7.6	<b>8.4</b>
<i>Arginine</i>	5.5	5.4	<b>5.9</b>
<i>Tyrosine</i>	4.5	4.3	<b>4.7</b>
<i>Leucine</i>	5.0	5.1	<b>6.4</b>
<i>Isoleucine</i>	5.0	5.1	<b>6.4</b>
<i>Phenylalanine</i>	6.9	6.5	<b>7.0</b>
<b>Σ sum BCAA</b>	<b>17.2</b>	<b>17.0</b>	20.5

Atsevišķo aminoskābju, tai skaitā arī neizstājamo, saturs palielinājies LBS izbarošanas laikā.

## SECINĀJUMI

Eksperimentālā grupā, vistām izbarojot LBS, ir palielinājusies dējības intensitāte – produktivitāte par 10,3%. Kā pozitīvu momentu var minēt arī stiprāku čaumalu, kas būtiski samazināja nekvalitatīvo olu skaitu. Pētījuma laikā abās grupās nebija novērojamas putnu veselības problēmās, rezultātā nebija nepieciešamības putnus ārstēt vai likvidēt, līdz ar to nav iespējams izvērtēt veterināro pakalpojumu izmaksu samazinājumu eksperimentālā grupā.

## LITERATŪRA

- Akbari, M., Hadi, M., & Niakosari, M. (2016). The effect of inulin on the physicochemical properties and sensory attributes of low-fat ice cream. *International Dairy Journal*, *57*, 52–55. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2016.02.040>
- Alonso, S., Rendueles, M., & Díaz, M. (2013a). Bio-production of lactobionic acid: Current status, applications and future prospects. *Biotechnology Advances*, *31*(8), 1275–1291. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2013.04.010>
- Alonso, S., Rendueles, M., & Díaz, M. (2013b). Feeding strategies for enhanced lactobionic acid production from whey by *Pseudomonas taetrolens*. *Bioresource Technology*, *134*, 134–142. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2013.01.145>
- Alonso Saúl, Manuel Rendueles, and Mario Díaz. (2011). “Bioresource Technology Efficient Lactobionic Acid Production from Whey by *Pseudomonas Taetrolens* under PH-Shift Conditions” 102: 9730–36. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2011.07.089>.
- Alonso Saúl, Manuel Rendueles, and Mario Díaz. (2012a). “Bioresource Technology Role of



Dissolved Oxygen Availability on Lactobionic Acid Production from Whey by *Pseudomonas Taetrolens*” 109: 140–47. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2012.01.045>.

Alonso Saúl, Manuel Rendueles, and Mario Díaz. 2012b. “Physiological Heterogeneity of *Pseudomonas Taetrolens* during Lactobionic Acid Production.” *Applied Microbiology and Biotechnology* 96 (6): 1465–77. <https://doi.org/10.1007/s00253-012-4254-2>.

Alonso Saúl, Manuel Rendueles, and Mario Díaz. 2015. “Bioresource Technology Simultaneous Production of Lactobionic and Gluconic Acid in Cheese Whey / Glucose Co-Fermentation by *Pseudomonas Taetrolens*” 196: 314–23. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2015.07.092>.

Alonso Saúl, Manuel Rendueles, and Mario Díaz. 2017. “Tunable Decoupled Overproduction of Lactobionic Acid in *Pseudomonas Taetrolens* through Temperature-Control Strategies.” *Process Biochemistry* 58 (April): 9–16. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2017.04.034>.

Alsaed, A., Ahmad, R., Aldoomy, H., El-Qader, S., Saleh, D., Sakejha, H., & Mustafa, L. (2013). Characterization, Concentration and Utilization of Sweet and Acid Whey. *Pakistan Journal of Nutrition*, 12. <https://doi.org/10.3923/pjn.2013.172.177>

Balakrishnan, Smitha, Nisha N Chaudhary, and A K Jain. 2017. “Lactobionic Acid : Significance and Application in Food and Pharmaceutical” 6 (June): 25–33. <https://doi.org/10.5958/2321-712X.2017.00003.5>.

Bigaski, Jéssica C., Daniel Granato, Maria Lucia, Isabelle Andriot, Ana Carolina, Christian Salles, and Elisabeth Guichard. 2016. “Effect of Lactobionic Acid on the Acidification , Rheological Properties and Aroma Release of Dairy Gels” 207: 101–6. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.03.066>.

Cheryl Baldwin, Mundelein, IL (US);, IL (US); Ahmad Akashe, Mundelein, IL (US); Bary Lyn Zeller, Glenview, and Manuel Marquez-Sanchez. 2013. “United States Patents Application” 131 (4): 538–39.

El-hofi, Mahmoud. 2017. “Recovery of Cheese Whey , a by-Product from the Dairy Industry for Use as an Animal Feed” 6 (5): 148–54. <https://doi.org/10.15406/jnhfe.2017.06.00215>.

FDA. Code of Federal Regulations, Title 21, 21 CFR 172.720. US Food and Drug Administration;2011[Availablevia:<http://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfCFR/CFRSearch.cfm?fr=172.720>.] (Accessed 8,MAY,2019.)

Giorgi Stefania De, Noura Raddadi, Angelo Fabbri, Tullia Gallina, and Fabio Fava. 2018. “Potential Use of Ricotta Cheese Whey for the Production of Lactobionic Acid by *Pseudomonas Taetrolens* Strains.” *New BIOTECHNOLOGY* 42 (April 2017): 71–76. <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2018.02.010>.

Goderska Kamila, Artur Szwengiel, and Zbigniew Czarnecki. 2014. “The Utilization of *Pseudomonas Taetrolens* to Produce Lactobionic Acid,” 2189–97. <https://doi.org/10.1007/s12010-014-1024-x>.

Gutiérrez, Luis-felipe, Safia Hamoudi, and Khaled Belkacemi. 2011. *Synthesis of Gold Catalysts Supported on Mesoporous Silica Materials: Recent Developments*. <https://doi.org/10.3390/catal1010097>.

Gutiérrez, Luis Felipe, Safia Hamoudi, and Khaled Belkacemi. 2012a. “Lactobionic Acid: A High Value-Added Lactose Derivative for Food and Pharmaceutical Applications.” *International Dairy Journal* 26 (2): 103–11. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2012.05.003>.

Gutiérrez, Luis Felipe, Safia Hamoudi, and Khaled Belkacemi. 2012b. “Lactobionic Acid: A High Value-Added Lactose Derivative for Food and Pharmaceutical Applications.” *International Dairy Journal*. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2012.05.003>.

Hua Ling, Mikkel Nordkvist, Per Munk Nielsen, and John Villadsen. 2007. “Scale-Up of Enzymatic Production of Lactobionic Acid Using the Rotary Jet Head System” 97 (4): 842–49. <https://doi.org/10.1002/bit>.

Júnior J. B., Severo T., L. M. Alves, and H. C. Ferraz. 2014. "REMOVAL OF LACTOBIONIC ACID BY ELECTRODIALYSIS" 31 (04): 1003–11.

Miyamoto Y., Ooi T., Kinoshita S. (2000) Production of lactobionic acid from whey by *Pseudomonas* sp. LS13-1. *Biotechnology Letters*, Vol. 22(5), p.427-430.

Murakami H., Kiryu T., Kiso T., Nakano H. Production of calcium lactobionate by a lactose-oxidizing enzyme from *Paraconiothyrium* sp. KD-3. *J Appl Glycosci* 2008; 55:127–32.

Nakano H., Kiryu T., Kiso T. and Murakami H. 2010. In: *Biocatalytic production of lactobionic acid* (edited by Hou, C.T. and Shaw, J.F.). *Biocatalysis and biomolecular engineering*, New Jersey, John Wiley and Sons Inc, pp 391– 404.

Nielsen PM. 2007. "( 12 ) Non-dairy beverage product comprising calcium lactobionate. Patent Application Publication ( 10 ) Pub . No .: US 2007 / 0281066A1" 1 (19).

Nordkvist Mikkel, Per Munk Nielsen, and John Villadsen. 2007. "Oxidation of Lactose to Lactobionic Acid by a Microdochium Nivale Carbohydrate Oxidase : Kinetics and Operational Stability" 97 (4): 694–707. <https://doi.org/10.1002/bit>.

Pedruzzi I, E. A. Borges Silva, and A. E. Rodrigues. 2008. "Selection of Resins , Equilibrium and Sorption Kinetics of Lactobionic Acid , Fructose , Lactose and Sorbitol" 63: 600–611. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2008.07.001>.

Peretti F. A., M. M. Silveira, and M Zeni. 2009. "Use of Electrodialysis Technique for the Separation of Lactobionic Acid Produced by *Zymomonas Mobilis*." *DES* 245 (1–3): 626–30. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2009.02.029>.

Sarenkova I., and I. Ciprova. 2018. "THE CURRENT STATUS AND FUTURE PERSPECTIVES OF LACTOBIONIC ACID PRODUCTION : A REVIEW" 1: 233–39. <https://doi.org/10.22616/rrd.24.2018.037>.

Sarenkova I., Ciprova I., & Cinkmanis I. (2019a). *The effect of concentrated whey solids on Lactobionic acid production by Pseudomonas Taetrolens*. 250–253. <https://doi.org/10.22616/foodbalt.2019.030>

Sarenkova. I., Ciprova I., & Cinkmanis I. (2019b). *The effect of concentrated whey solids on Lactobionic acid production by Pseudomonas Taetrolens*. (August), 250–253. <https://doi.org/10.22616/foodbalt.2019.030>

Wayne E. Jones, Chi Yan Ho. 2002. Novel Techniques For The Preparation And Crystallization Of LBA US Patent Application. Pub.No.:US2002/0006884A1

Ahamed, A., & Vermette, P. (2008). Culture-based strategies to enhance cellulase enzyme production from *Trichoderma reesei* RUT-C30 in bioreactor culture conditions. *Biochemical Engineering Journal*, 40(3), 399–407. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.bej.2007.11.030>

Bisinella, R. Z. B., Ribeiro, J. C. B., de Oliveira, C. S., Colman, T. A. D., Schnitzler, E., & Masson, M. L. (2017). Some instrumental methods applied in food chemistry to characterise lactulose and lactobionic acid. *Food Chemistry*, 220, 295–298. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.10.018>

Blaschek, K. M., Wendorff, W. L., & Rankin, S. A. (2007). Survey of salty and sweet whey composition from various cheese plants in Wisconsin. *Journal of Dairy Science*, 90(4), 2029–2034. <https://doi.org/10.3168/jds.2006-770>

Boland, M. (2011). 3 - Whey proteins. In G. O. Phillips & P. A. B. T.-H. of F. P. Williams (Eds.), *Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition* (pp. 30–55). Woodhead Publishing. <https://doi.org/https://doi.org/10.1533/9780857093639.30>

Cardoso, T., Marques, C., Dagostin, J. L. A., & Masson, M. L. (2019). Lactobionic Acid as a Potential Food Ingredient: Recent Studies and Applications. *Journal of Food Science*, 84(7), 1672–1681. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14686>

Chandrapala, J., Duke, M. C., Gray, S. R., Weeks, M., Palmer, M., & Vasiljevic, T. (2016). Nanofiltration and nanodiafiltration of acid whey as a function of pH and temperature. *Separation and Purification Technology*, 160, 18–27.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.seppur.2015.12.046>

Chandrapala, J., Duke, M. C., Gray, S. R., Zisu, B., Weeks, M., Palmer, M., & Vasiljevic, T. (2015). Properties of acid whey as a function of pH and temperature. *Journal of Dairy Science*, 98(7), 4352–4363. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9435>

Chatzipaschali, A., & Stamatis, A. (2012). Biotechnological Utilization with a Focus on Anaerobic Treatment of Cheese Whey: Current Status and Prospects. *Energies*, 5. <https://doi.org/10.3390/en5093492>

De Giorgi, S., Raddadi, N., Fabbri, A., Gallina Toschi, T., & Fava, F. (2018). Potential use of ricotta cheese whey for the production of lactobionic acid by *Pseudomonas taetrolens* strains. *New Biotechnology*, 42, 71–76. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.nbt.2018.02.010>

De Wit, J. N. (2011). Chapter 7: Applications of Whey Products. Lecturer's Handbook on Whey and Products, European Whey Products Association.

Dokkum, van W., Wezendonk, L. J. W., Aken-Schneijder, P. van, & Kistemaker, I. C. (1994). The tolerance of lactobionic acid in Man. *TNO Nutrition and Food Research*.

García, C., Bautista, L., de la Vega, M., & Díaz, M. (2018). A new synbiotic dairy food containing lactobionic acid and *Lactobacillus casei*. *International Journal of Dairy Technology*, 72. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12558>

Giri, A., Kanawjia, S. K., & Rajoria, A. (2014). Effect of phytosterols on textural and melting characteristics of cheese spread. *Food Chemistry*, 157, 240–245. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.01.127>

González Siso, M. I. (1996). The biotechnological utilization of cheese whey: A review. *Bioresource Technology*, 57(1), 1–11. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0960-8524\(96\)00036-3](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0960-8524(96)00036-3)

Green, B. A., Yu, R. J., & Van Scott, E. J. (2009). Clinical and cosmeceutical uses of hydroxyacids. *Clinics in Dermatology*, 27(5), 495–501. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.clindermatol.2009.06.023>

Guimarães, P. M. R., Teixeira, J. A., & Domingues, L. (2010). Fermentation of lactose to bio-ethanol by yeasts as part of integrated solutions for the valorisation of cheese whey. *Biotechnology Advances*, 28(3), 375–384. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2010.02.002>

Gutiérrez, L.-F., Hamoudi, S., & Belkacemi, K. (2012). Lactobionic acid: A high value-added lactose derivative for food and pharmaceutical applications. *International Dairy Journal*, 26(2), 103–111. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2012.05.003>

Gutiérrez, L.-F., Hamoudi, S., & Belkacemi, K. (2015). Production of Lactobionic Acid from its Sodium Salt Solution by Ion-Exchange on a Commercial Strong Acid Resin: Kinetic Data and Modeling. *Separation Science and Technology*, 50, 150311051202005. <https://doi.org/10.1080/01496395.2015.1014051>

Hough, G., Puglieso, M. L., Sanchez, R., & da Silva, O. M. (1999). Sensory and Microbiological Shelf-Life of a Commercial Ricotta Cheese. *Journal of Dairy Science*, 82(3), 454–459. [https://doi.org/https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75253-7](https://doi.org/https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75253-7)

Jovanovic, S., Barac, M., & Ognjen, M. (2005). Whey proteins-Properties and Possibility of Application. *Mljekarstvo*, 55.

Kiryu, T., Kiso, T., Nakano, H., Ooe, K., Kimura, T., & Murakami, H. (2009). Involvement of *Acetobacter orientalis* in the production of lactobionic acid in Caucasian yogurt (“Caspian Sea yogurt”) in Japan. *Journal of Dairy Science*, 92(1), 25–34. <https://doi.org/https://doi.org/10.3168/jds.2008-1081>

Krewski, D., Acosta, D., Andersen, M., Anderson, H., Bailar, J., Boekelheide, K., ... Zeise, L. (2010). Toxicity Testing in the 21st Century: A Vision and A Strategy. *Journal of Toxicology and Environmental Health. Part B, Critical Reviews*, 13, 51–138. <https://doi.org/10.1080/10937404.2010.483176>

- Lievore, P., Simões, D. R. S., Silva, K. M., Drunkler, N. L., Barana, A. C., Nogueira, A., & Demiate, I. M. (2015). Chemical characterisation and application of acid whey in fermented milk. *Journal of Food Science and Technology*, 52(4), 2083–2092. <https://doi.org/10.1007/s13197-013-1244-z>
- Lopes, A. C. A., Eda, S. H., Andrade, R. P., Amorim, J. C., & Duarte, W. F. (2019). 14 - New Alcoholic Fermented Beverages—Potentials and Challenges. In A. M. Grumezescu & A. M. B. T.-F. B. Holban (Eds.) (pp. 577–603). Woodhead Publishing. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815271-3.00014-2>
- Lucas, A., Rock, E., Chamba, J.-F., Verdier-Matz, I., Brachet, P., & Coulon, J.-B. (2005). Respective effects of milk composition and the cheese-making process on cheese compositional variability in components of nutritional interest. *INRA, EDP Sciences*. <https://doi.org/10.1051/lait:2005042>
- Malvessi, E., Carra, S., Pasquali, F. C., Kern, D. B., da Silveira, M. M., & Ayub, M. A. Z. (2013). Production of organic acids by periplasmic enzymes present in free and immobilized cells of *Zymomonas mobilis*. *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology*, 40(1), 1–10. <https://doi.org/10.1007/s10295-012-1198-6>
- McSweeney, P. L. H., Fox, P. F., Cotter, P. D., & Everett, D. W. (2017). Cheese: chemistry, physics & microbiology (Fourth Edition). In P. L. H. McSweeney, P. F. Fox, P. D. Cotter, & D. W. B. T.-C. (Fourth E. Everett (Eds.) (4th Editio, p. 1302). San Diego: Elsevier Science. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-417012-4.00054-5>
- Menchik, P., Zuber, T., Zuber, A., & Moraru, C. I. (2019). Short communication: Composition of coproduct streams from dairy processing: Acid whey and milk permeate. *Journal of Dairy Science*, 102(5), 3978–3984. <https://doi.org/https://doi.org/10.3168/jds.2018-15951>
- Minal, N., Bharwade, Balakrishnan, S., Chaudhary, N. N., & Jain, A. K. (2017). Lactobionic Acid: Significance and Application in Food and Pharmaceutical. *International Journal of Fermented Foods*, 6(1), 25. <https://doi.org/10.5958/2321-712x.2017.00003.5>
- Misugi, C. T., Savi, L. K., Iwankiw, P. K., Masson, M. L., de Oliveira, M. A. S., Igarashi-Mafra, L., & Mafra, M. R. (2017). Effects of freezing and the cryoprotectant lactobionic acid in the structure of GlnK protein evaluated by circular dichroism (CD) and isothermal titration calorimetry (ITC). *Journal of Food Science and Technology*, 54(1), 236–243. <https://doi.org/10.1007/s13197-016-2455-x>
- Mozaffarian, D., Angell, S., Lang, T., & Rivera, J. (2018). Role of government policy in nutrition—barriers to and opportunities for healthier eating. *BMJ*, 361, k2426. <https://doi.org/10.1136/bmj.k2426>
- Murakami, H., Kiryu, T., Kiso, T., & Nakano, H. (2008). Production of Calcium Lactobionate by a Lactose-oxidizing Enzyme from *Paraconiothyrium* sp. KD-3. *Journal of Applied Glycoscience*, 55, 127–132. <https://doi.org/10.5458/jag.55.127>
- Neelima, Sharma, R., Rajput, Y. S., & Mann, B. (2013). Chemical and functional properties of glycomacropeptide (GMP) and its role in the detection of cheese whey adulteration in milk: a review. *Dairy Science & Technology*, 93(1), 21–43. <https://doi.org/10.1007/s13594-012-0095-0>
- Ortiz Araque, L. C., Darré, M., Ortiz, C. M., Massolo, J. F., & Vicente, A. R. (2017). Quality and yield of Ricotta cheese as affected by milk fat content and coagulant type. *International Journal of Dairy Technology*, 71(2). <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12431>
- Paeglīte, I. (2019). Laktobionskābes izmantošana saldējuma ražošanā.
- Pintado, M. E., Macedo, A. C., & Malcata, F. X. (2001). Review: Technology, Chemistry and Microbiology of Whey Cheeses. *Food Science and Technology International*, 7(2), 105–116. <https://doi.org/10.1177/108201320100700202>
- Rama, G. R., Kuhn, D., Beux, S., Maciel, M. J., & Volken de Souza, C. F. (2019). Potential applications of dairy whey for the production of lactic acid bacteria cultures. *International*

- Dairy Journal*, 98, 25–37. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2019.06.012>
- Ribeiro, J. C. B., Granato, D., Masson, M. L., Andriot, I., Mosca, A. C., Salles, C., & Guichard, E. (2016). Effect of lactobionic acid on the acidification, rheological properties and aroma release of dairy gels. *Food Chemistry*, 207, 101–106. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.03.066>
- Rocha-Mendoza, D., Kosmerl, E., Krentz, A., Zhang, L., Badiger, S., Miyagusuku-Cruzado, G., ... García-Cano, I. (2021). Invited review: Acid whey trends and health benefits. *Journal of Dairy Science*, 104(2), 1262–1275. <https://doi.org/https://doi.org/10.3168/jds.2020-19038>
- Rojas-Villaruel, E., & Torres, G. (2013). Isolation and recovery of glycomacropeptide from milk whey by means of thermal treatment. *Food Science and Technology (Campinas)*, 33, 14–20. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612013005000027>
- Rubel, I. A., Iraporda, C., Gallo, A., Manrique, G. D., & Genovese, D. B. (2019). Spreadable ricotta cheese with hydrocolloids: Effect on physicochemical and rheological properties. *International Dairy Journal*, 94, 7–15. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2019.03.002>
- Ryan, M. P., & Walsh, G. (2016). The biotechnological potential of whey. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 15(3), 479–498. <https://doi.org/10.1007/s11157-016-9402-1>
- Salvatore, E., Pes, M., Falchi, G., Pagnozzi, D., Furesi, S., Fiori, M., ... Pirisi, A. (2014). Effect of whey concentration on protein recovery in fresh ovine ricotta cheese. *Journal of Dairy Science*. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7762>
- Sarenkova, I., & Ciprova, I. (2018). The current status and future perspectives of lactobionic acid production: A review. *Research for Rural Development*, 1, 233–239. <https://doi.org/10.22616/rrd.24.2018.037>
- Sattin, E., Andreani, N. A., Carraro, L., Fasolato, L., Balzan, S., Novelli, E., ... Cardazzo, B. (2016). Microbial dynamics during shelf-life of industrial Ricotta cheese and identification of a Bacillus strain as a cause of a pink discoloration. *Food Microbiology*, 57, 8–15. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fm.2015.12.009>
- Skryplonek, K., Dmytrów, I., & Mituniewicz-Małek, A. (2019). Probiotic fermented beverages based on acid whey. *Journal of Dairy Science*, 102(9), 7773–7780. <https://doi.org/https://doi.org/10.3168/jds.2019-16385>
- Steffan, W., Habermeier, P., & Bradbury, A. (2008). (12) *United States Patent*.
- Vandenbergh, L. P. S., Rodrigues, C., de Carvalho, J. C., Medeiros, A. B. P., & Soccol, C. R. (2017). 25 - Production and Application of Citric Acid. In A. Pandey, S. Negi, & C. R. B. T.-C. D. in B. and B. Soccol (Eds.) (pp. 557–575). Elsevier. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63662-1.00025-7>
- Walsh, H. (2014). Functional properties of whey protein and its application in nanocomposite materials and functional foods. *ProQuest Dissertations and Theses*.
- Wherry, B., Barbano, D. M., & Drake, M. A. (2019). Use of acid whey protein concentrate as an ingredient in nonfat cup set-style yogurt. *Journal of Dairy Science*, 102(10), 8768–8784. <https://doi.org/https://doi.org/10.3168/jds.2019-16247>
- Zotta, T., Solieri, L., Iacumin, L., Picozzi, C., & Gullo, M. (2020). Valorization of cheese whey using microbial fermentations. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 104(7), 2749–2764. <https://doi.org/10.1007/s00253-020-10408-2>
- BahramParvar, M., Tehrani, M. M., & Razavi, S. M. L. (2015). Application of simplex-centroid mixture design to optimize stabilizer combinations for ice cream manufacture. *Journal of Food Science and Technology*.
- Balthazar, C. F., Silva, H. L. A., Cavalcanti, R. N., Esmerino, E. A., Cappato, L. P., Abud, Y. K. D., ... Cruz, A. G. (2017). Prebiotics addition in sheep milk ice cream: A rheological, microstructural and sensory study. *Journal of Functional Foods*, 35, 564–573.

<https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.06.004>

Ban, K. U. R., Ar, Y. A. S., & Kaya, S. E. (2008). The functional , rheological and sensory characteristics of ice creams with various fat replacers, 93–99. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2008.00456.x>

Bisinella, R. Z. B., Ribeiro, J. C. B., de Oliveira, C. S., Colman, T. A. D., Schnitzler, E., & Masson, M. L. (2017). Some instrumental methods applied in food chemistry to characterise lactulose and lactobionic acid. *Food Chemistry*, 220, 295–298. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.10.018>

Buyck, J. R., Baer, R. J., & Choi, J. (2011). Effect of storage temperature on quality of light and full-fat ice cream. *Journal of Dairy Science*, 94(5), 2213–2219. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3897>

Chang, Y., & Hartel, R. W. (2002). Stability of air cells in ice cream during hardening and storage. *Journal of Food Engineering*, 55(1), 59–70. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(01\)00242-4](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(01)00242-4)

Daw, E., & Hartel, W. R. (2015). Fat destabilization and melt-down of ice creams with increased protein content. *International Dairy Journal*, 43, 33–41. <https://doi.org/10.1016/J.IDAIRYJ.2014.12.001>

De Giorgi, S., Raddadi, N., Fabbri, A., Gallina Toschi, T., & Fava, F. (2018). Potential use of ricotta cheese whey for the production of lactobionic acid by *Pseudomonas taetrolens* strains. *New Biotechnology*, 42(April 2017), 71–76. <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2018.02.010>

Dogan, M., Kayacier, A., & Toker, Ö. S. (2013). *Food and Bioprocess Technology*. Publisher: Springer US.

Eisne, M., Wildmose, H., & Windhab, E. (2005). Air cell microstructuring in a high viscous ice cream matrix. In *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects* (p. 399). Eisner, M. D., Wildmoser, H., & Windhab, E. J. (2005). Air cell microstructuring in a high-viscous ice cream matrix, 390–9.

Eisner, M. D., Wildmoser, H., & Windhab, E. J. (2005). Air cell microstructuring in a high viscous ice cream matrix, 263, 390–399. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2004.12.017>

Goff, H. D., & Hartel, W. R. (2013). *Ice cream. Seventh edition*. Publisher: Springer US. 462 p.

Guo, Y., Zhang, X., Hao, W., Xie, Y., Chen, L., Li, Z., & Zhu, B. (2018). Nano-bacterial cellulose / soy protein isolate complex gel as fat substitutes in ice cream model. *Carbohydrate Polymers*, 198(March), 620–630. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.06.078>

Gutiérrez, L. F., Hamoudi, S., & Belkacemi, K. (2012). Lactobionic acid: A high value-added lactose derivative for food and pharmaceutical applications. *International Dairy Journal*, 26(2), 103–111. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2012.05.003>

Yas, K. (2009). Food Hydrocolloids Dynamic rheological characterization of salep glucomannan / galactomannan- based milk beverages, 23, 1305–1311. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2008.11.005>

Yee, J. L., Khalil, H., & Jimenez-Flores, R. (2007). Flavor partition and fat reduction in cheese by supercritical fluid extraction: processing variables. *Lait*, 87, 269–285. <https://doi.org/10.1051/lait>

Kaleda, A., Tsanev, R., Klesment, T., Vilu, R., & Laos, K. (2018). Ice cream structure modification by ice-binding proteins. *Food Chemistry*, 246(Supplement C), 164–171. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.10.152>

Kiryu, T., Kiso, T., Nakano, H., Ooe, K., Kimura, T., & Murakami, H. (2009). Involvement of *Acetobacter orientalis* in the production of lactobionic acid in Caucasian yogurt (“Caspian Sea yogurt”) in Japan. *Journal of Dairy Science*, 92(1), 25–34. <https://doi.org/https://doi.org/10.3168/jds.2008-1081>

Ku, S., Altan, A., & Kaya, A. (2005). Rheological behavior and time-dependent

- characterization of ice cream mix with different salep content, *36*, 273–288.
- Kurt, A., & Atalar, I. (2018a). Effects of quince seed on the rheological, structural and sensory characteristics of ice cream. *Food Hydrocolloids*, *82*, 186–195. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.04.011>
- Kurt, A., & Atalar, I. (2018b). Food Hydrocolloids Effects of quince seed on the rheological , structural and sensory characteristics of ice cream. *Food Hydrocolloids*, *82*, 186–195. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.04.011>
- Kurt, A., & Kahyaoglu, T. (2017). Purification of glucomannan from salep : Part 1 . Detailed rheological characteristics. *Carbohydrate Polymers*, *168*, 138–146. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.03.060>
- Kusumaatmaja, W. (2009). *Effects of mix pre-aeration and product recirculation on ice cream microstructure and sensory qualities*. Madison, WI: University of Wisconsin – Madison.
- Lal, S. N. D., O'Connor, C. J., & Eyres, L. (2006). Application of emulsifiers/stabilizers in dairy products of high rheology. *Advances in Colloid and Interface Science*, *123–126*(Supplement C), 433–437. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cis.2006.05.009>
- Liu, R., Wang, L., Liu, Y., Wu, T., & Zhang, M. (2018). Food Hydrocolloids Fabricating soy protein hydrolysate / xanthan gum as fat replacer in ice cream by combined enzymatic and heat-shearing treatment. *Food Hydrocolloids*, *81*, 39–47. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.01.031>
- Marshall, R. T., & Goff, H. D. (2003). *Ice Cream*. Publisher: Springer US. 371 p.
- McSweeney, H., & Fox, F. P. (2009). *Advanced dairy chemistry volume 3*. Publisher: Springer - Verlag New York. 778 p.
- Mezger, G. T. (2014). *Applied Rheology*.
- Minal, N., Bharwade, Balakrishnan, S., Chaudhary, N. N., & Jain, A. K. (2017). Lactobionic Acid: Significance and Application in Food and Pharmaceutical. *International Journal of Fermented Foods*, *6*(1), 25. <https://doi.org/10.5958/2321-712X.2017.00003.5>
- Mukherjee, R., & Yun, J. W. (2015). Lactobionic acid reduces body weight gain in diet-induced obese rats by targeted inhibition of galectin-1. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, *463*(4), 1311–1316. <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2015.06.114>
- Muse, M. R., & Hartel, R. W. (2004). No Title Ice Cream Structural Elements that Affect Melting Rate and Hardness. *Journal of Dairy Science*, *1–10*, 87.
- Owe, G. C. L. S., & Tu, C. M. D. O. R. I. C. A. (2002). Rheological quality and stability of yog-ice cream with added inulin, *55*(89), 89–94.
- Ozola, L., & Ciproviča, I. (1998). *Piena pārstrādes tehnoloģija un produktu kvalitātes novērtēšana*. Metodiskie norādījumi laboratorijas darbiem Pārtikas tehnoloģijas fakultātes studentiem. Jelgava. 39. lpp
- Ozola, L., & Ciproviča, I. (2002). *Piena pārstrādes tehnoloģija*.-Jelgava: LLU PTF, 2002. - 248 lpp.
- Park, W. Y. (2009). *Bioactive components in milk and dairy products*. Publisher: Wiley - Blackwell. 440. p
- Place, N. J., & Glickman, S. E. (2004). *Masculinization of female mammals: lessons from nature*. *Adv. Exp. Med. Biol.* (Vol. 545). <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2010.00586.x>
- Ribeiro, J. C. B., Granato, D., Masson, M. L., Andriot, I., Mosca, A. C., Salles, C., & Guichard, E. (2016). Effect of lactobionic acid on the acidification, rheological properties and aroma release of dairy gels. *Food Chemistry*, *207*, 101–106. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.03.066>
- Rolon, M. L., Bakke, A. J., Coupland, J. N., Hayes, J. E., & Roberts, R. F. (2017). Effect of fat content on the physical properties and consumer acceptability of vanilla ice cream. *Journal of Dairy Science*, *100*(7), 5217–5227. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12379>
- Sharma, R., & Rana, V. (2017). Effect of carboxymethylation on rheological and drug release



- characteristics of Terminalia catappa gum. *Carbohydrate Polymers*, 175(May), 728–738. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.08.047>
- Singo, T. M., & Beswa, D. (2019). Effect of roselle extracts on the selected quality characteristics of ice cream. *International Journal of Food Properties*, 22(1), 42–53. <https://doi.org/10.1080/10942912.2019.1567535>
- Sofjan, R. P., & Hartel, R. W. (2004). Effects of overrun on structural and physical characteristics of ice cream, *14*, 255–262. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2003.08.005>
- Spence, C., Navarra, J., & Youssef, J. (2019). Using ice-cream as an effective vehicle for energy/nutrient delivery in the elderly. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 16(January), 100140. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2019.100140>
- Tamine Y. A. (2009). *Dairy powders and concentrated products*. Publisher: Wiley - Blackwell. 408 p.
- Temiz, H., & Yeşilsu, A. F. (2010). Effect of Pekmez Addition on the Physical , Chemical , and Sensory Properties of Ice Cream, 28(6).
- Tsevdou, M., Gogou, E., Dermesonluoglu, E., & Taoukis, P. (2015). Modelling the effect of storage temperature on the viscoelastic properties and quality of ice cream. *Journal of Food Engineering*, 148, 35–42. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.07.002>
- Wattson, R. R., Collie, J. R., & Preedy, V. R. (2017). *Nutrients in dairy and their implications for health and disease*. 1 st Edition. Publisher: Academic Press. 490 p.
- Wyatt, M. (2015). *Whey proteins. Functional properties, production and health benefits*. Publisher: Nova Science. 140 p.
- Bodnár E. S., Bodnár K. (2012) The main chemical composition parameters of pork. Review on Agriculture and Rural Development. Vol. 1. (2) ISSN 2063-4803, pp 534-540.
- Debreceni O., Lípová P., Bučko O., Cebulska A. and Kapelánski W. (2018). Effect of pig genotypes from Slovak and Polish breeds on meat quality. *Archives Animal Breeding*. Vol. 61, p. 99 – 107.
- Degola L., Jonkus D. (2018). The influence of dietary inclusion of peas, faba bean and lupin as a replacement for soybean meal on pig performance and carcass traits. *Agronomy Research*. Vol.16 (2), p. 389 – 397.
- Faria P.B., Cantarelli V.S., Fialho E.T., Pinto A.M.B.G., Faria J.H., Rocha M.F.M., Guerreiro M. C., Bressan M.C. (2015). Lipid profile and cholesterol of pork with the use of glycerin in feeding. *Arg. Bras. Med. Zootec*. Vol. 67(2), p. 535-546.
- Jansons I., Degola L., Sterna V., Zute S. (2020). Influence of local extruded soybean cake and imported soybean meal on fattening pig productivity and pork quality. *Agronomy Research*. Vol.18 (S2), p. 1307 – 1315.
- Jonkus D., Degola L., Jansons I. (2021). Dažāda genotipa cūku gaļas kvalitātes vērtējums. Līdzsvarotā lauksaimniecība: zinātniski praktiskā konferences raksti, Jelgava, Latvija 25.-26.febr., 156.-160. lpp.
- Mocherla VAN Suiryanrayma and JV Ramana (2015) A review of the effects of dietary organic acids fed to swine. *J.Anim. Sci. Biotechnol.*, p 6-45.
- O’Neill D.J., Lynch P.B., Troy D.J., Buckley D.J., Kerry J.P. (2003). Influence of the time of year on the incidence of PSE and DFD in Irish pigmeat. *Meat Science*. Vol. 64, p. 105-111.
- Parunović N., Petrović M., Matekalo-Sverak V., Radović Č. & Stanišić N. (2013). Carcass properties, chemical content and fatty acid composition of the musculus longissimus of different pig genotypes. *South African Journal of Animal Science*. Vol. 43 (No. 2), p.123 – 136.

Paura L., Degola L., Jonkus D., Gramatina I. (2019). Analysis of chemical composition in pork longissimus muscle of Latvian breed pigs. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. Vol. 67(5), p. 1189 – 1194.

Poldvere A, Tanavots A., Saar R., Torga T., Kaart T., Soidla R., Mahla T., Andreson H. and Lepasalu L. (2015). Effect of imported Duroc boars on meat quality of finishing pigs in Estonia. *Agronomy Research*. Vol. 13(4), p. 1040 – 1052.

Rybarczyk A., Pietruszka A., Jacyno E., Dvořák J.(2011). Carcass and meat quality traits of pig reciprocal crosses with a share of Pietrain breed. *Czech Journal Animal Science*.Vol. 56, (2), p. 47 –52.

Schingoethe DJ.,(1976) Whey Utilization in Animal Feeding: A Summary and Evaluation, *J. of Dairy Science* Vol. 59, No3, pp 556-570.

Suiryanrayma MV, Ramana JV (2015) A review of the effects of dietary organic acids fed to swine. *J.Anim. Sci. Biotechnol.*, pp 6-45.