

NACIONĀLAIS
ATTĪSTĪBAS
PLĀNS 2020



EIROPAS SAVIENĪBA
EIROPA INVESTĒ LAUKU APVIDOS
Eiropas Lauksaimniecības fonds
lauku attīstībai

Atbalsta Zemkopības ministrija un Lauku atbalsta dienests

EIROPAS LAUKSAIMNIECĪBAS FONDA LAUKU ATTĪSTĪBAI (ELFLA)

projekta Nr.18-00-A01612-000012 “Jauni risinājumi piena produktu un to
pārstrādes blakusproduktu ražošanā”

noslēguma atskaite

(2018. gada 1. jūnijs līdz 2020. gada 31. augusts)

Jelgava, 2020

SATURS

1. Projekta mērķis un uzdevumi
2. Projekta apraksts
3. Projekta īstenošana, sasniegtie rezultāti, secinājumi
 - 3.1. Laktozes hidrolīzes pētījumi produktu salduma palielināšanai
 - 3.1.1. Ieraugu ietekme uz laktozes hidrolīzi un radušos monosaharīdu sastāvu
 - 3.1.2. Dažādu fermentu ietekme uz jogurta salduma pakāpi
 - 3.1.3. Sasniedzamo rezultātu kopsavilkums
 - 3.2. Laktozes fermentācijas pētījumi organisko skābju (pienskābe un propionskābe) ieguvei un tehnoloģiju izstrāde produktu ražošanai pilnvērtīgai dzīvnieku barošanas nodrošināšanai
 - 3.2.1. Sūkalu fermentācija propionskābi saturošas barības piedevas ieguvei
 - 3.2.2. Ēdināšanas eksperiments
 - 3.2.3. Sūkalu fermentācija pienskābes ieguvei
 - 3.2.4. Sasniedzamo rezultātu kopsavilkums

1. PROJEKTA MĒRĶIS UN UZDEVUMI

Projekta mērķis ir jauni risinājumi laktozes izmantošanai piena produktu saldināšanai un sūkalu pārstrādei lopbarības piedevās.

Projektā aktivitātes īstenotas **2 virzienos**:

1. Laktozes hidrolīzes pētījumi piena produktu salduma palielināšanai;
2. Laktozes fermentācijas pētījumi organisko skābju (pienskābe un propionskābe) ieguvei un tehnoloģiju izstrādei pilnvērtīgai dzīvnieku barošanas nodrošināšanai un/vai lopbarības konservēšanai.

Pētījums ļauj pilnveidot piena pārstrādi, arī palīdzēt izveidot savstarpēji izdevīgu sasaisti starp pārtikas ražošanas ķēdē iesaistītajiem piena ražotājiem un piena pārstrādātājiem.

Lauksaimniecībā izmantojot dabiskas un veselīgas lopbarības piedevas, tiek sekmēta dzīvnieku veselība un produktivitāte, kas ļauj iegūt augstvērtīgu pienu. Pētījums sekmē arī vides problēmu risināšanu. Tīra ražošana ir ilgtspējīgas attīstības koncepcijas sastāvdaļa. Latvijas piena pārstrādes uzņēmumu saražotās sūkalas bieži netiek tālāk pārstrādātas, bet gan novirzītas biogāzes ražošanas uzņēmumiem. Ilgtspējīgas vides tehnoloģijas ietver gan izejvielu racionālu izmantošanu, gan blakusproduktu pārstrādes risinājumus, gan arī produktu realizācijas optimizāciju. Sūkalu pārstrāde un jaunu produktu ieguve uz vietas uzņēmumā ir būtiska priekšrocība, kas var ievērojami samazināt pamatproduktu ražošanas izmaksas un Latvijā ražoto piena produktu konkurenci importēto produktu vidū.

Projekta īstenotāji un informācijas sagatavotāji:

1. a/s Tukuma piens (vadošais partneris), kontaktinformācija: Ražošanas un tehniskā direktore Jana Lakstiņa, jana@baltais.lv
2. Latvijas Lauksaimniecības universitāte (sadarbības partneris), kontaktinformācija: profesore, vadošā pētniece Dr. sc. ing. Inga Ciproviča, inga.ciprovica@llu.lv
3. a/s Lauksaimniecības izmēģinājumu stacija "Jaunpils" (sadarbības partneris), kontaktinformācija: raibaldas@e-apollo.lv
4. SIA Piensaimnieku laboratorija (sadarbības partneris), kontaktinformācija: valdes locekle Inese Āboltiņa, inese.aboltina@pienslabs.lv

Projekta koordinators: a/s Tukuma piens Ražošanas un tehniskā direktore Jana Lakstiņa, jana@baltais.lv

Projekta kopējās attiecināmās izmaksas: 496 861.34 EUR.

2. PROJEKTA APRAKSTS

Pētījuma galvenā ideja ir racionāla pienā esošās laktozes izmantošana piena produktu saldinašanas nolūkā, mazinot citu ogļhidrātu, tostarp saharozes, pievienošanu, un nodrošinot Latvijas izglītības, sociālās aprūpes un rehabilitācijas iestāžu klientus ar Latvijā ražotiem, veselīgiem piena produktiem, vienlaikus izpildot noteiktās normatīvās prasības šiem patērētājiem, arī piedāvājot Latvijas iedzīvotājiem ierastos piena produktus ar ievērojami mazāku saharozes saturu. Projektā izstrādāta tehnoloģija jogurta ražošanai ar samazinātu cukura saturu, dotas rekomendācijas citu raudzētu produktu ražošanai. Izstrādes pamatotas ar patērētāju aptaujas un patērētāju patikšanas testu rezultātiem.

Ievērtējot laktozes īpatsvaru biezpiena sūkalās, projektā izstrādāta tehnoloģija pienskābes koncentrātam un propionskābi saturošas barības piedevas ieguvei. Iegūtie produkti izmantojami dzīvnieku ēdināšanai un/vai lopbarības konservēšanai. Mūsdienās propionskābi iegūst galvenokārt no fosilajiem resursiem. Naftas krājumiem izsīkstot un tās cenai būtiski paaugstinoties, tiek meklēti risinājumi atjaunojamo vides resursu izmantošanai. Dažādu pārtikas ražošanas blakusproduktu, t.sk. sūkalu, pārstrāde ir videi draudzīgākais propionskābes ieguves veids. Šī skābe ir vērtīga dzīvnieku barības sastāvdaļa. Faktiskais uzņemtās propionskābes saturs var sasniegt pat 0.1 -40 g kg⁻¹ sausnas govīm dienā¹.

Propionskābi un tās sāļus rekomendē slaucamo govju vielmaiņas problēmu novēršanai ketozes gadījumā, kas sevišķi aktuāli pēc atnešanās, kad nereti rodas uzņemtās un patērētās enerģijas nesabalansētība. Šobrīd Latvijā ir nopērkami importētie produkti, taču vietējas izcelsmes, pietiekami lētas piedevas netiek piedāvātas. Šo produktu ražošana varētu būt viens no perspektīvākajiem laktozes izmantošanas veidiem īpaši jauniem dzīvniekiem (teļiem) pēc atšķiršanas, kad notiek vides un barības maiņa. Gan propionskābe, gan pienskābe ir labas skābbarības piedevas, jo efektīvi ierobežo sporu augšanu skābbarībā. Turklāt raudzētu sūkalu izmantošana mērķtiecīgi veicina pienskābo rūgšanu, mazina sviestskābes baktēriju u.c. mikroorganismu darbību skābbarībā, spēj samazināt piena piesārņojumu, īpaši sporām. Sporu veidojošo mikroorganismu daudzuma samazināšana dzīvnieku barībā ir svarīga piena pārstrādātājiem. Svaigpiena mikrobioloģiskais piesārņojums ar baktēriju sporām ir būtiska problēma Latvijas piena pārstrādes uzņēmumos, jo ražošanā izmantotās aizsargkultūras nespēj nodrošināt nepieciešamo produkcijas kvalitāti, īpaši sieram. Samazinot govīm izēdinātās barības mikrobioloģisko piesārņojumu, var uzlabot iegūtā piena tīrību, attiecīgi ražotā siera kvalitāti.

Sūkalas izsenis ir lietotas dzīvnieku ēdināšanā. Augstais laktozes saturs sūkalās, arī skābā vide (īpaši biezpiena sūkalās) veicina acidozes veidošanos govīm, kas apgrūtina to izmantošanu dzīvnieku ēdināšanā. Ievērtējot sūkalu ieguves apjomus Latvijā, projekta ietvaros tika meklētas iespējas biezpiena sūkalu ultrafiltrāta (turpmāk ultrafiltrāts) pielietojumam. Eksistē dažādi

¹ Scientific opinion (2011) Scientific opinion on the safety and efficacy of propionic acid, sodium propionate, calcium propionate and ammonium propionate for all animal species. EFSA Journal, 9 (12), 2446.

risinājumi, fermentējot sūkalas ar pienskābes baktērijām, raugiem, ar noteiktu celmu propionskābes baktērijām, arī pienskābes un propionskābes baktēriju kombinācijām. Pastāv iespējas arī noteiktu organisko savienojumu, piemēram, propionskābes, ieguvei izmantot siera sūkalas. Siera sūkalas satur pienskābes sāļus (laktātus) un ir izejmateriāls propionskābes sintēzei šādā reakcijā:



Tīras propionskābes ieguvei ir nepieciešams kultivēt propionskābes baktērijas vismaz 7-14 dienas siera sūkalās kontrolētos apstākļos, biežāk bioreaktoros. Ilgais kultivēšanas laiks bija iemesls tieši fermentu sūkalu izpētei barības piedevu ieguvei.

Izvērtējot izstrādes, lielākā daļa īstenota siera sūkalām, biezpiena sūkalu pielietojums ir ļoti ierobežots. Esošā izstrāde pamatojas uz ultrafiltrāta fermentāciju ar piena pārstrādē lietoto liofilizēto propionskābes baktēriju ieraugu (PS 4, Chr.Hansen, Dānija). Izstrādes pamatā ir lopkopībā plaši lietotā propionskābe, tās nozīme dzīvnieku ēdināšanā un labturībā, potenciāls piena ražošanas apjoma un piena sastāva korekcijā.

Pienskābes koncentrāta ieguves pamatā ir sūkalu sausnas koncentrācija un parauga fermentācija ar *Lactobacillus casei* noteiktu celmu dažādu neorganisko sāļu klātbūtnē.

² Cogan, T.M. (2011) Microbiology of cheese. In H.Roginski, J.E.Fuquay, P.F.Fox (eds.), Encyclopaedia of Dairy Science, Academic Press, pp. 625-631

3. PROJEKTA ĪSTENOŠANA, SASNIEGTIE REZULTĀTI, SECINĀJUMI

3.1. Laktozes hidrolīzes pētījumi produktu salduma palielināšanai

Gadu desmitiem jogurts ir viens no plaši lietotiem piena produktiem pasaulē. Tā veselīgā produkta statuss bieži lielā cukura satura dēļ tiek apšaubīts un kritizēts. Ir veikti simtiem pētījumu^{3,4}, kas apstiprina sakarību starp cukura patēriņu un noteiktām veselības problēmām: aptaukošanos, kariesu, 2. tipa cukura diabētu, kardiovaskulārām slimībām, u.c.. Eiropā, arī Latvijā patērētāji, īpaši bērni un pusaudži, dod priekšroku saldām jogurtam.

Projektu uzsākot, tika veikta arī pusaudžu (14-18 veci) aptauja par jogurta lietošanas tradīcijām, izvēlēs kritērijiem, priekšrocībām, u.c. Aptaujā piedalījās 50 respondenti. Jauniešiem tika uzdoti jautājumi:

- 1) Vai ir laktozes nepanesamība (13% norādīja uz tās esamību);
- 2) Vai uzturā lieto skābpiena produktus (6% norādīja uz šādu produktu nelietošanu);
- 3) Cik bieži nedēļā lieto skābpiena produktus (15% lieto katru dienu, 26% lieto 4-6 reizes nedēļā, 59% 1-3 reizes nedēļā);
- 4) Kurus no produktiem⁵ uzturā lieto biežāk (attēlos norādīti lietotie produkti un procentuāls atbilžu apkopojums)?



³ Li, X. E., Lopetcharat, K., Qiu, Y., & Drake, M. A. 2015. Sugar reduction of skim chocolate milk and viability of alternative sweetening through lactose hydrolysis. *Journal of Dairy Science*. 98, 1455–1466. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8490>

⁴ Lluch, A., Maillot, M., Gazan, R., Vieux, F., Delaere, F., Vaudaine, S., & Darmon, N. 2017. Individual Diet Modeling Shows How to Balance the Diet of French Adults with or without Excessive Free Sugar Intakes. *Nutrients*. 9(162) <https://doi.org/10.3390/nu9020162>

⁵ <https://baltais.lv/>; <https://foodunion.lv/>; www.google.lv

No piedāvātajiem jogurtiem, jaunieši biežāk uzturā lieto Oga jogurtu (ar dažādām piedevām), Baltais Saldā krējuma jogurtu (ar dažādām piedevām), Kārums jogurtu (ar dažādām piedevām). Biežāk lietotos jogurtos cukuru saturs svārstās robežās no 11.3 līdz 14.9 g 100 g produkta. Ievērtējot, ka orientējošais laktozes saturs šajos produktos ir ap 4%, faktiskais pievienotais cukura saturs paraugos svārstās no 7.3 līdz 10.9 g 100 g. Aptaujas rezultāti norādīja uz ļoti dažādiem jogurta izvēles kritērijiem. Kopējā tendence jauniešu vidū ir jogurtu ar piedevām (auļu-ogu, proteīna) lietojums.

sometimes
protein
strawberry peach
hardly ever often
bilberry
plain

1. attēls. Jogurta izvēles kritēriji 14-18 gadīgu jauniešu skaitījumā (pētījuma dati).⁶

1.tabulā ir apkopoti rezultāti par vadošā projekta partnera ražotajiem jogurtiem, cukura saturu tajos.

1. tabula

a/s Tukuma piens ražoto jogurtu 100 g uzturvērtības un enerģētiskās vērtības analīze⁷

Nosaukums	Tauki, t.sk. piesātinātie, g	Olbaltumvielas, g	Ogļhidrāti, t.sk. cukuri, g	Enerģētiskā vērtība, kJ/kcal
Baltais Eko dzeramais jogurts ar mellenēm	3.2-4.0 (2.2-2.8)	2.8	14 (13.7)	405-434/96-103
Baltais Eko dzeramais jogurts ar meža zemenēm	3.2-4.0 (2.2-2.8)	2.8	14.2 (13.79)	408-437/97-104
Baltais Eko jogurts ar avenēm	2.8-3.2 (1.9-2.5)	2.9	15.7 (14.0)	420-447/100-106

⁶ Zagorska, J., Ciprovica, I., Straumīte, E., Majore, K. 2020. Acceptance of Low-sugar Yoghurt among Latvian Teenagers. Agronomy Research. 18(S3), 1897–1905.

⁷ <https://baltais.lv/>

1.tabulas turpinājums

Baltais Eko jogurts ar avenēm	2.8-3.2 (1.9-2.5)	2.9	15.8 (13.9)	421-451/100-107
Baltais Eko jogurts ar ķiršiem	2.8-3.2 (1.9-2.5)	2.9	15.7 (13.9)	420-447/100-106
Baltais Eko jogurts ar persikiem	2.8-3.2 (1.9-2.5)	2.9	15.7 (10.2)	420-451/100-107
Baltais dzeramais jogurts ar zemenēm un banāniem	1.7 (1.2)	3.1	13.7 (13.2)	351/83
Baltais dzeramais jogurts ar mango un persiku gabaliņiem	1.8 (1.2)	2.8	12.2 (11.6)	321/76
Baltais jogurts ar musli	2.2 (1.1)	3.6	16.6 (14.5)	426/101
Baltais maizes jogurts ar žāvētām aprikozēm	1.9 (1.1)	3.5	15.7 (13.9)	398/94
Baltais meža ogu jogurts	1.8 (1.3)	2.9	12.5 (12.1)	330/78
Baltais persiku jogurts	1.8 (1.2)	2.9	12.5 (12.0)	330/78
Baltais zemeņu jogurts	1.8 (1.2)	2.9	12.5 (12.0)	330/78
Baltais jogurts ar zemeņu garšu	1.8 (1.2)	2.9	12.5 (12.0)	330/78
Baltais jogurts ar persiku garšu	1.8 (1.2)	2.9	12.5 (12.0)	330/78
Jogurts. Banānu	18 (1.3)	3.4	16.1 (13.4)	400/95
Jogurts. Kivi	19 (1.3)	3.4	16.2 (13.6)	403/95
Baltais Protein jogurta dzēriens greipfrūtu/ingvera	0 (0)	9.0	9.2 (8.6)	313/74
Baltais Protein jogurta dzēriens ķiršu	0 (0)	9.0	9.2 (8.3)	313/74
Baltais Protein jogurta dzēriens melleņu	0 (0)	9.0	9.0 (8.6)	306/72
Baltais SKYR Islandes jogurts ar rabarberiem un kivi	0.1 (0.05)	8.8	13.6 (13.1)	384/90
Baltais SKYR Islandes jogurts ar ķiršiem	0.1 (0.05)	8.9	12.6 (12.0)	369/87
Baltais grieķu jogurts ar mellenēm	1.6 (1.0)	6.4	11.8 (11.6)	370/88

1.tabulas turpinājums

Baltais grieķu jogurts ar persikiem	1.6 (1.0)	6.5	12.3 (11.7)	378/90
Baltais grieķu dzeramais jogurts ar avenēm	1.6 (1.0)	6.7	13.9 (13.4)	409/97
Baltais grieķu dzeramais jogurts ar mellenēm	1.6 (1.0)	6.7	13.9 (13.4)	4109/97
Baltais Balance jogurta dzēriens multiaugļu	0.8 (0.5)	3.4	14.8 (13.3)	337/80
Baltais Balance jogurta dzēriens zemeņu	0.8 (0.5)	3.4	15.8 (14.8)	353/83
Baltais Imunella jogurta dzēriens zemeņu	0.8 (0.5)	3.4	15.2 (14.0)	347/82
Oga jogurts aveņu	1.8 (1.3)	3.1	13.3 (12.5)	346/82
Oga jogurts melleņu	1.8 (1.3)	3.1	13.4 (12.6)	347/82
Oga jogurts zemeņu	1.8 (1.3)	3.2	13.2 (12.5)	345/82
Oga jogurts ķiršu	1.8 (1.3)	3.1	13.3 (12.5)	346/82
Oga jogurts ķiršu	1.8 (1.3)	3.2	13.2 (12.6)	346/82
Baltais Shake jogurta kokteilis plūmju	4.0 (1.9)	2.9	15.9 (15.7)	469/112
Baltais Shake jogurta kokteilis vīnogu	4.1 (1.9)	3.0	13.3 (13.0)	427/102
Baltais Shake jogurta kokteilis ābolu	4.1 (1.9)	2.9	13.6 (13.4)	432/103
Baltais Shake jogurta kokteilis plombīra	4.1 (1.9)	3.2	15.8 (15.5)	473/113
Baltais Shake jogurta kokteilis citronu un laima	4.1 (3.0)	3.2	15.5 (15.3)	469/112
Baltais Shake jogurta kokteilis meža zemeņu	4.1 (3.0)	3.2	14.5 (14.3)	452/108
Grieķu jogurta Super Brokastis ar auzām un zemenēm	3.1 (1.4)	6.2	17.8 (15.2)	524/124
Grieķu jogurta Super Brokastis ar auzām un žāvētām aprikozēm	3.1 (1.9)	7.0	18.2 (15.1)	543/129

1. tabulas turpinājums

Grieķu jogurta Super Brokastis ar auzām, āboliem un kanēli	3.1 (1.9)	6.8	17.8 (14.7)	535/127
Baltais saldā krējuma jogurts ar graudiem	5.3 (3.5)	3.8	12.8 (11.3)	447/114
Baltais saldā krējuma jogurts ar melnajiem ķiršiem	5.3 (3.5)	3.5	14.3 (13.8)	485/116
Baltais saldā krējuma jogurts. Maizes zupa	5.3 (3.5)	3.6	15.1 (14.9)	503/120
Baltais saldā krējuma jogurts ar zemenēm	5.3 (3.5)	3.5	14.2 (13.7)	485/116
Baltais saldā krējuma jogurts ar aprikozēm	5.0 (3.4)	3.5	14.0 (13.6)	481/115

Latvijā cukura koncentrācija jogurtos svārstās no 6 līdz 25 g 100 g (vadošā partnera jogurtos no 0 līdz 15.5 g). Vidēji Latvijas iedzīvotājs saskaņā ar Latvijas Statistikas datiem patērē 80 g cukura dienā⁸. Tas ir gandrīz 3 reizes lielāks nekā Pasaules Veselības organizācijas (PVO) rekomendētie 25 g. Uztura vadlīnijas Latvijā rekomendē samazināt saharozes saturu jogurtos līdz 5%, kurus piedāvā izglītības iestāžu audzēkņiem atbilstīgi LR Ministru kabineta noteikumu Nr. 172/2012 4.5¹. punkta redakcijai *“saliktus piena produktus, kuros kopējais tauku saturs nepārsniedz 2,5 %, un saliktus piena produktus, kuru sastāvā ir biezpiens un kopējais tauku saturs nepārsniedz 5 %. Šādi produkti satur ne vairāk kā 5 g pievienota cukura uz 100 g vai 100 ml produkta un ne vairāk kā 1 g sāls uz 100 g vai 100 ml produkta”*⁹. Cukura samazināšana negatīvi ietekmē jogurta patēriņu, tomēr patērētāju attieksmi var mainīt dažādi: aizstāt ar dabīgas izcelsmes saldīnātājiem, pievienot dabīgas saldvielas, hidrolizēt laktozi. Laktoze ir disaharīds, kas satur 1 glikozes un 1 galaktozes molekulu. Faktiskais laktozes saldums ir neliels (16), salīdzinot ar glikozes (70) un galaktozes (56) saldumu. Tādējādi sadalot laktozi monosaharīdos, to kopsumma dos lielāku produkta saldumu. Piemērs. Piens satur 4.5% laktozes. Salīdzinot ar saharozi, laktoze ir 5 reizes mazāk salda. Saharozes saldums tiek pieņemts kā 100. Sadalot laktozi ar fermentu palīdzību atsevišķos monosaharīdos (glikozē un galaktozē), produkta saldums ir ap 66. Attiecīgi, tikai ar laktozes hidrolīzi saldumu var palielināt līdz 3 reizēm.

Pētījuma mērķis ir **pētīt laktozes hidrolīzi piena produktu salduma palielināšanai.**

Šī aktivitāte īstenota vairākos posmos:

⁸ Zagorska, J., Ciprovica, I., Straumīte, E., Majore, K. 2020. Acceptance of Low-sugar Yoghurt among Latvian Teenagers. *Agronomy Research*. 18(S3), 1897–1905.

⁹ Ministru kabineta noteikumi Nr.172/2012. Noteikumi par uztura normām izglītības iestāžu izglītojamiem, sociālās aprūpes un sociālās rehabilitācijas institūciju klientiem un ārstniecības iestāžu pacientiem.

- 1) analizēti jogurta ražošanā lietotie ieraugi, to ietekme uz laktozes hidrolīzes pakāpi un radušos monosaharīdu saturu;
- 2) analizēti dažādi laktozi hidrolizējošie fermenti, to ietekme uz jogurta saldumu;
- 3) patērētāju patikšanas vērtējums jogurtiem, kuru gatavošanā lietoti dažādi laktozi šķeļošie fermenti.

3.1.1. Ieraugu ietekme uz laktozes hidrolīzi un radušos monosaharīdu sastāvu

Metodika. Piena produktu salduma pakāpes palielināšanai gatavoti jogurti, izmantojot dažādus piena rūpniecībā lietotos ieraugus (skatīt 2. tabulā) un komerciālā laktozi šķeļošo fermentu (skatīt 3. tabulā).

2. tabula

Pētījumā lietoto ieraugu raksturojums

Ieraugs	Ražotājs	Ierauga sastāvs
YC-X11	Chr.Hansen, Dānija	<i>Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus, Streptococcus thermophilus</i>
Yo-Flex® Mild 1.0		<i>Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus, Streptococcus thermophilus</i>
Yo-Flex® Harmony 1.0		<i>Streptococcus thermophilus, Lactobacillus fermentum, Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus</i>

3. tabula

Pētījumā lietotās β galaktozidāzes izcelsme (detalizēts raksturojums dots 5. tabulā)

Ferments	Ražotājs	Fermenta izcelsme	Pievienotais daudzums, BLU*
NOLA™ FIT 5500	Chr.Hansen, Dānija	<i>Bifidobacterium bifidum</i>	500

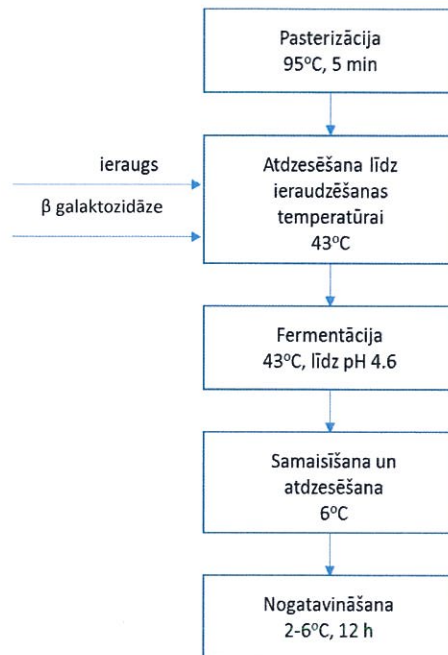
*BLU – fermenta aktivitātes vienības, izteiktas *Bifidobacterium bifidum* β galaktozidāzes aktivitātē

Jogurta gatavošana notika pēc 2. attēlā dotās shēmas.

Jogurta paraugiem noteikts laktozes, glikozes un galaktozes saturs ar augstas izšķirtspējas šķidrums hromatogrāfu Prominence HPLC system Shimadzu LC 20 (Torrance, CA, ASV).

Iegūtie paraugi sensorī vērtēti. Vērtēšanā piedalījās 35 apmācīti vērtētāji (82% sievietes, 18% vīrieši). Vērtēšanai izmantota emocionālo metožu hedoniskā 5 punktu skala (galīgie vērtējumi 1-nav salds; 5-ļoti salds). Ievērtējot, ka MK noteikumi Nr. 172/2012 "Noteikumi par uztura normām izglītības iestāžu izglītojamiem, sociālās aprūpes un sociālās rehabilitācijas institūciju

klientiem un ārstniecības iestāžu pacientiem” paredz, ka produkti, kurus atļauts piedāvāt pirmsskolas izglītības iestādēs, var saturēt ne vairāk kā 5 g pievienotā cukura 100 g produkta, šajā pētījumā vērtēti produkti tikai ar laktozes hidrolīzes rezultātā iegūto saldumu.



2. attēls. Produkta gatavošanas shēma.

Rezultāti. Pētījumā konstatēts, ka NOLA™ FIT 5500 ferments pilnībā hidrolizē pienā esošo laktozi. Pētījumā izmantotie ieraugi hidrolizē līdz 25% no radušās glikozes.

4. tabula

Glikozes un galaktozes saturs jogurta paraugos

Ieraugs	Glikoze, g L ⁻¹		Galaktoze, g L ⁻¹		Laktoze, g L ⁻¹
	min-max	vidējais	min-max	vidējais	vidējais
Kontrole (ar YC-X11)	2.54-2.64	2.59±0.05	2.43-2.53	2.48±0.05	33.01±0.11
YC-X11	12.00-13.28	12.63±0.05	18.60-22.50	20.53±0.05	0.01±0.001
Yo-Flex® Mild 1.0	11.90-14.25	12.75±0.05	20.33-24.70	22.95±0.05	0.01±0.001
Yo-Flex® Harmony 1.0	12.70-13.90	13.20±0.05	20.50-22.20	21.60±0.05	0.01±0.001

Glikozes saturs paraugos svārstījās no 11.9 līdz 14.25 g L⁻¹, kamēr galaktozes saturs no 18.60 līdz 24.70 g L⁻¹. Lielākā vidējā glikozes koncentrācija (13.20 g L⁻¹) noteikta jogurta paraugos ar

Yo-Flex® Harmony 1.0 ieraugu, bet lielākā galaktozes koncentrācija jogurta paraugos ar Yo-Flex® Mild 1.0 ieraugu.

Sensorajā vērtēšanā patērētāji devuši priekšroku paraugam ar Yo-Flex® Mild 1.0 ieraugu. Ievērtējot radušos monosaharīdu salduma pakāpi, paraugu ar Yo-Flex® Mild 1.0 ieraugu patērētāji ir atzinuši par saldāko.

Secinājumi

1. Pētījums parādīja, ka ieraugam ir būtiska ietekme uz ražojamā parauga salduma pakāpi, turklāt fermentācijas rezultātā radušies cukuri ir ievērojami saldāki par laktozi.
2. Izmantojot kombinēto ieraugs + ferments paraugu fermentāciju, ražotājiem ir iespējams samazināt pievienotā cukura daudzumu uz radušos monosaharīdu salduma rēķina.
3. Īstenojot šo tehnoloģiju, faktiskais produkta saldums ir 1.9 reizes lielāks, salīdzinot ar kontroles paraugu.
4. Šāda produkta ražošana ļauj iegūt produktu, kuru ražotāji marķē ar nosaukumu “dabīgs jogurts”, “naturālais jogurts”, “bezpiedevu jogurts”.

3.1.2. Dažādu fermentu ietekme uz jogurta salduma pakāpi

Metodika. Piena produktu salduma pakāpes palielināšanai gatavoti jogurti, izmantojot dažādus fermentus (skatīt 5. tabulā).

5.tabula

Pētījumā lietotās β galaktozidāzes raksturojums¹⁰

Rādītāji	Fermenti			
	BrennZyme DairyLact**	Nola™Fit 5500	Ha-Lactase 5200	GODO-YNL2
Specifiskā aktivitāte	5400 oNPGU g ⁻¹	5500 BLU g ⁻¹	5200 NLU g ⁻¹	5000 NLU g ⁻¹
Ieteicamā deva	0.5-1.2 mL L ⁻¹	0.1-3.3 g L ⁻¹	0.5-1.0 mL L ⁻¹	0.5-1.0 mL L ⁻¹
Pievienotā fermenta daudzums	0.5 ml L ⁻¹			
Temperatūras diapazons, °C	5-45	35-50	35-45	4-45
Optimālais pH	6.0-7.0	5.4-7.0	6.5-8.0	7.5-8.0

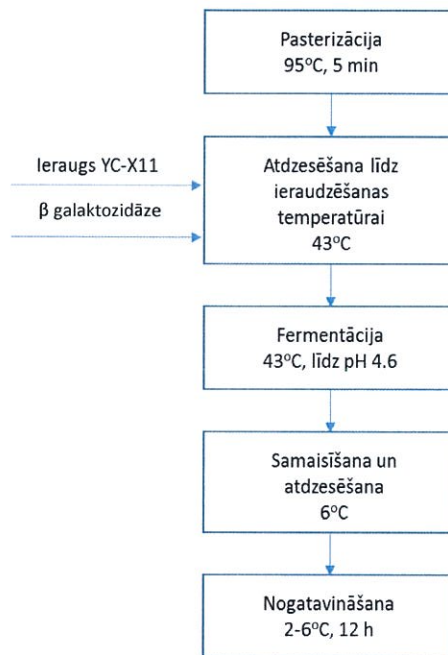
¹⁰ Zagorska, J., Ciprova, I., Straumīte, E., Majore, K. 2020. Acceptance of Low-sugar Yoghurt among Latvian Teenagers. *Agronomy Research*. 18(S3), 1897-1905.

5.tabulas turpinājums

Izcelsme	<i>Saccharomyces marxianus</i> var. <i>lactis</i>	<i>Bacillus licheniformis</i>	<i>Kluyveromyces lactis</i>	<i>Kluyveromyces lactis</i>
Ražotājs	Brenntag Polska Sp., Polija	Chr. Hansen, Dānija		Danisco, Dānija

** fermenti tika izmantoti tikai salduma pakāpes salīdzināšanai (*Skolēnu vērtējums sadaļa*)

Jogurta gatavošana notika pēc 3. attēlā dotās shēmas.



3. attēls. Produkta gatavošanas shēma.

Jogurta paraugiem noteikts laktozes, glikozes un galaktozes saturs ar augstas izšķirtspējas šķidrums hromatogrāfu Prominence HPLC system Shimadzu LC 20 (Torrance, CA, ASV).

Rezultāti

Nola™Fit 5500, Ha-Lactase 5200 un GODO-YNL2 fermentu ietekme uz jogurta saldumu

Dažādu fermentu ietekme uz laktozes hidrolīzi apkopota 6. tabulā.

Glikozes saturs paraugos svārstījās no 10.36 līdz 12.11 g L⁻¹, kamēr galaktozes saturs no 22.87 līdz 24.86 g L⁻¹. Lielākā vidējā glikozes koncentrācija noteikta jogurta paraugos ar Ha-Lactase 5200 fermentu, bet augstākā galaktozes koncentrācija paraugos ar NOLA™ FIT 5500 fermentu. Pētījums parādīja, ka fermentam ir būtiska ietekme uz ražojamā parauga salduma pakāpi, turklāt fermentācijas rezultātā radušies cukuri ir ievērojami saldāki par laktozi. Izmantojot

kombinēto ieraugs + ferments paraugu fermentāciju, ir iespējams samazināt pievienotā cukura daudzumu.

6.tabula

Glikozes un galaktozes saturs jogurta paraugos

Ferments	Glikoze, g L ⁻¹	Galaktoze, g L ⁻¹
Kontrole	2.59±0.05 ^a	2.84±0.05 ^a
NOLA™ FIT 5500	10.36±0.05 ^b	24.86±0.10 ^d
Ha-Lactase 5200	12.11±0.05 ^d	23.14±0.05 ^c
GODO-YNL2	11.45±0.05 ^c	22.87±0.09 ^b

^{a,b} Ar dažādiem burtiem apzīmētie paraugi kolonās būtiski atšķiras

No analizētajiem fermentiem ieteicamākais šim nolūkam būtu Ha-Lactase 5200. Laktozi šķeļošo fermentu cenas tirgū svārstās no 35 līdz 166 EUR L⁻¹. Laktozes hidrolīze palielina ražošanas izmaksas, kuras var koriģēt ar mazāka cukura daudzuma pievienošanu un/vai fermenta daudzuma optimizāciju.

Nola™Fit 5500, Ha-Lactase 5200, GODO-YNL2 un BrennZyme DairyLact fermentu ietekme uz jogurta saldumu

Pievienotā fermenta daudzumam ir būtiska ietekme uz laktozes hidrolīzes ātrumu un radušos monosaharīdu saturu. Laktoze sastāv no 1 glikozes un 1 galaktozes molekulas. Hidrolīzes rezultātā teorētiski jārodas 1 glikozes un 1 galaktozes molekulai. Tomēr, ievērtējot fermentācijas procesa norisi un ierauga baktērijām nepieciešamo glikozi enerģijas nodrošināšanai, radušos monosaharīdu saturs nav vienāds. Turklāt fermentācijas laikā rodas arī galaktozes atvasinājumi - galaktooligosaharīdi, kurus šajā pētījumā neanalizējām.

7.tabula

Glikozes un galaktozes saturs jogurta paraugos

Ferments	Laktoze, g L ⁻¹	Glikoze, g L ⁻¹	Galaktoze, g L ⁻¹
Kontrole	33.01±0.11	2.59±0.05	2.84±0.05
NOLA™ FIT 5500	0.01±0.001	22.20±0.12	13.90±0.10
Ha-Lactase 5200	0.09±0.001	21.00±0.11	11.70±0.05
GODO-YNL2	0.04±0.001	18.45±0.11	14.00±0.09
BrennZyme DairyLact	0.03±0.001	21.60±0.08	13.10±0.10

Šī atziņa ir pierādīta arī Latvijas Zinātņu akadēmijas izdevumā (Proceedings of the Latvian Academy of Science) publikācijai pieņemtajā zinātniskajā rakstā "Optimisation of lactose

hydrolysis by combining solids and β galactosidase concentrations in whey permeates"¹¹ (autori K.Majore, I.Ciproviča).

8.tabula

Jogurta salduma pakāpe

Rādītāji	Kontrole	Nola™Fit 5500	Ha-Lactase 5200	GODO-YNL2	BrennZyme DairyLact
Ogļhidrātu samazinājums, %	16.4	21.5	28.7	29.4	24.5
pH	4.7±0.05	4.4±0.05	4.5±0.05	4.5±0.05	4.5±0.05
Saldums	25	67	72	58	68

Secinājumi

1. Ar pievienoto fermenta daudzumu (0.5 ml L^{-1}) ir izdevies iegūt lielāku glikozes saturu un attiecīgi lielāku paraugu salduma pakāpi (no 2.26 līdz 2.82), pārsniedzot klasiska bezpiedevu jogurta saldumu vidēji 2.58 reizes.
2. Pētījuma rezultāti parādīja, ka lielāku salduma pakāpi ir iespējams iegūt ar Ha-Lactase 5200 fermentu.

3.1.3. Patērētāju patikšanas vērtējums

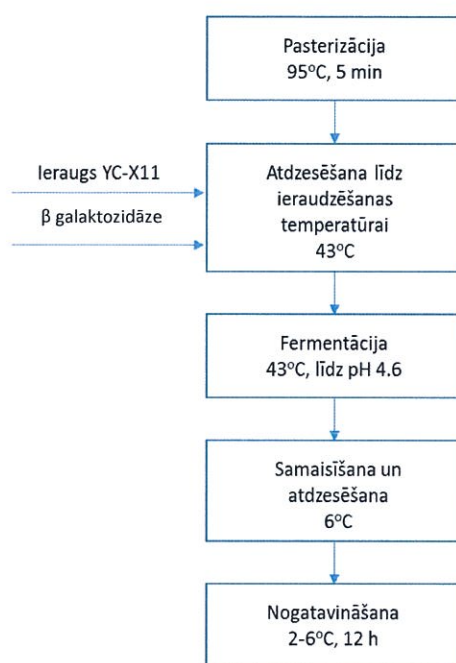
Metodika. Patērētāju patikšanas vērtēšanai jogurta paraugi gatavoti pēc 4. attēlā parādītās shēmas.

Fermentācijai izmantoti iepriekšpētītie NOLA™ FIT 5500, Ha-Lactase 5200 un GODO-YNL2 fermenti un iegūtie paraugi sensori vērtēti, tajā piedalījās 25 apmācīti vērtētāji (PTF studenti, 82% sievietes, 18% vīrieši). Vērtēšanai izmantota emocionālo metožu hedoniskā 5 punktu skala (galīgie vērtējumi 1-nav salds; 5-pārāk salds). Šajā vērtēšanā bija jānoskaidro, kurš no paraugiem ir saldāks, lai to virzītu patikšanas vērtēšanai pirmskolas vecuma iestādes audzēkņiem.

Sensorajā vērtēšanā tika virzīts paraugs ar lielāko kalkulēto salduma pakāpi (Ha-Lactase 5200) (skatīt 8. tabulu), lai pirmskolas vecuma audzēkņiem būtu vieglāk vērtēt paraugu. Ievērojot, ka MK noteikumi Nr. 172/2012 "Noteikumi par uztura normām izglītības iestāžu izglītojamiem, sociālās aprūpes un sociālās rehabilitācijas institūciju klientiem un ārstniecības iestāžu pacientiem" paredz, ka produkti, kurus atļauts piedāvāt pirmskolas izglītības iestādēs, var saturēt ne vairāk kā 5 g pievienotā cukura 100 g produkta, tad sensorai vērtēšanai sagatavots

¹¹ Majore, K., Ciproviča, I. (2020) Optimization of lactose hydrolysis by combining solids and β -galactosidase concentrations in whey permeates. Proceedings of the Latvian Academy of Sciences. Section B, Vol. 74 (2020), No. 4 (727), pp. 20–30. DOI: 10.2478/prolas-2020-00XX

produkts (ar Ha-Lactase 5200), kuram papildus pievienoti 5% saharozes. Vērtēšanā piedalījās 45 bērni vecumā no 4 līdz 6 gadiem. Patērētāju testos piedalījās pirmsskolas izglītības iestādes "Zīļuks" (Jelgava) audzēkņi. Vērtēšanai izmantota emocionālo metožu hedoniskā 6 punktu skala (galīgais vērtējums 1-ļoti nepatīk; 6-ļoti patīk). Lai audzēkņiem būtu vieglāk izteikt savu vērtējumu/attieksmi pret vērtējamo paraugu, tie saņēma attēlus ar sejiņām, kurā katrs attēlo noteiktu vērtējumu punktus. Vērtētājiem bija jānovērtē paraugs un patikšana jāizsaka, izvēloties noteikta rakstura sejiņu.



4. attēls. Produkta gatavošanas shēma.

Produkta patikšanas vērtēšana īstenota arī starptautiskās izstādes Riga Food 2019 (4.-7.09.2019.) laikā, piedaloties 55 respondentiem vecumā no 18 līdz 80 gadiem. Vērtēšanai izmantota emocionālo metožu hedoniskā 6 punktu skala (galīgais vērtējums 1-ļoti nepatīk; 6-ļoti patīk). Izstādes apmeklētājiem tika dota iespēja vērtēt izstrādāto jogurtu ar Ha-Lactase 5200.

Patikšanas vērtēšanā piedalījās arī 50 Aizputes vidusskolas (Aizpute) jaunieši (60% – meitenes, 40% – zēni) vecumā no 14 līdz 18 gadiem. 13% no respondentiem bija laktozes nepanesamība. Vērtēšana notika klasē, katrs vērtētājs atradās pie sava galda. Pirms vērtēšanas jaunieši tika instruēti par vērtēšanas procedūru. Tie saņēma 4 paraugus (ar YC-X11 ieraugu un iepriekšpētītiem NOLA™ FIT 5500, Ha-Lactase 5200 un GODO-YNL2 fermentiem, kā arī BrennZyme DairyLact fermentu, skatīt 5. tabulu) 30 ml katru ar nejauši izvēlētu 3 ciparu skaitli kodētos traukos. Sensorai vērtēšanai izmantotas 2 metodes:

- 1) 5 punktu JAR (just-about right/tieši kā vajag) metodi lietoja, lai noteiktu kopējo paraugu patikšanu. 5 punktu JAR skala: 1 – nav salds, 2 – par maz salds, 3 - pietiekami salds, 4- mazliet par saldu, 5-pārāk salds.
- 2) 7 punktu hedoniskā skala (ISO 11136:2014) lietota, lai noteiktu jogurtu patikšanu. 7 punktu skalā: 1– ļoti nepatīk; 4–ne patīk, ne nepatīk, 7–ļoti patīk.

Datu apkopošana un statistiskā interpretācija veikta ar FIZZ Aquistion Ver.2.51 programmatūru (Biosystemes, France).

Rezultāti

Rīga Food 2019 rezultāti

Rīga Food 2019 izstādes laikā vērtētā parauga rezultāti ir apkopoti 9. tabulā.

9. tabula

Jogurta parauga vērtējums Rīga Food 2019 apmeklētāju skatījumā

Kopējais vērtējums	Sievietes (n=49)	Vīrieši (n=16)	Jaunieši (15)
5.66	5.47	5.62	5.93

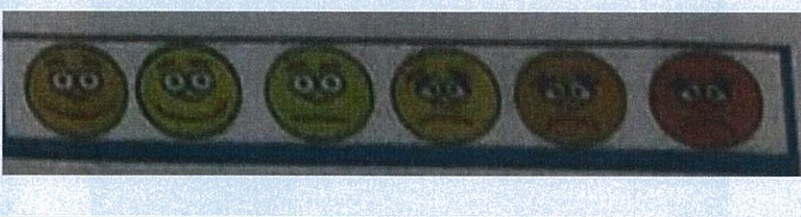
Izstādes apmeklētāji novērtēja paraugu patīk-ļoti līdz patīk skalā. Ļoti patika paraugs jauniešu auditorijai, kas apliecina, ka izstrāde ir sasniegusi savu mērķi. Vīriešiem paraugs patīcis labāk nekā sievietēm.

Pirmskolas vecuma audzēkņu vērtējums

Pirmskolas vecuma audzēkņu jogurta parauga vērtējuma rezultāti apkopoti 10. tabulā.

10.tabula

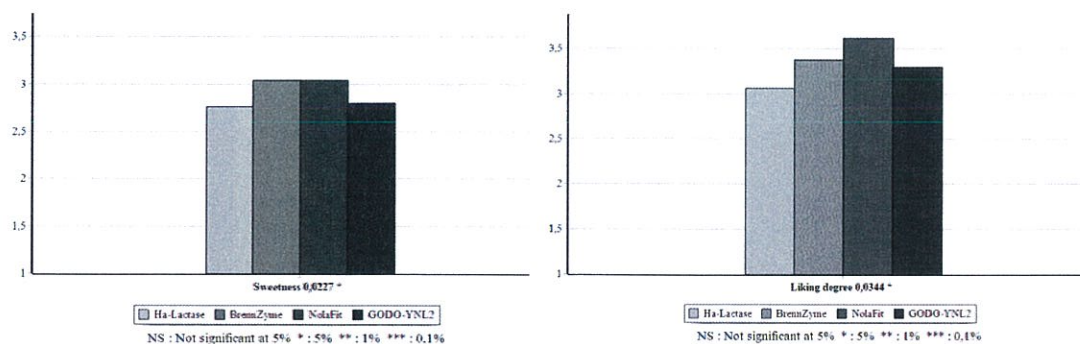
Jogurta ar Ha-Lactase 5200 un 5% cukura piedevu patikšanas vērtējums

Vidējais sensorais novērtējums	5.3						
Punkti (6 punktu skalā)		6	5	4	3	2	1
Procenti no vērtējuma		68	18	7	-	3.5	3.5

86% bērnu ir devuši augstāko novērtējumu (5-6 punkti) sagatavotajam paraugam. Tas apliecina, ka šādu produkta saldumu lielākā daļa bērnu auditorijas apstiprina kā pieņemamu.

Skolēnu vērtējums

Jaunieši sagatavotos paraugus novērtēja kā saldus, būtiski saldāki ($p < 0.05$) bija paraugi ar Nola™ Fit 5500 un BrennZyme DairyLact fermentiem (skatīt 5. att.).



- a. Vidējā kopējā salduma patikšana (JAR) b. Kopīgā produkta patikšana (7 punktu hedoniskā skala)

5. attēls. Jogurta sensorās vērtēšanas rezultāti

Sensorās vērtēšanas dati tika apkopoti ar FIZZ Aquistion Ver.2.51 programmatūru, detalizētāks paraugu vērtējums sistematizēts 11. tabulā.

11. tabula

Jogurta paraugu salduma vērtējums jauniešu skatījumā

Vērtējums	Nola™Fit 5500	Ha-Lactase 5200	GODO-YNL2	BrennZyme DairyLact
Nav salds	0	6.25%	0	2.00%
Par maz salds	14.50%	27.00%	25.00%	12.50%
Pietiekami salds	68.70%	56.00%	68.70%	68.70%
Mazliet par saldu	16.60%	10.00%	6.25%	12.50%
Pārāk salds	0	0	0	5.16%
Vidējais vērtējums	3.02%	2.70%	2.81%	3.04%

12. tabula

Jogurta paraugu patikšanas vērtējums jauniešu skatījumā

Vērtējums	Nola™Fit 5500	Ha-Lactase 5200	GODO-YNL2	BrennZyme DairyLact
Nepatīk	6.25%	6.25%	2.08%	6.25%
Vairāk nepatīk nekā patīk	10.41%	25.00%	25.00%	12.50%

12. tabulas turpinājums

Vidēji patīk	10.41%	29.83%	22.91%	29.16%
Vairāk patīk nekā nepatīk	54.16%	33.33%	35.41%	39.58%
Patīk	18.75	14.58%	14.58%	12.50%
Vidējais vērtējums	3.68	3.25	3.35	3.39%

Sensorā vērtēšana parādīja līdzīgu tendenci produktu saldumā, kā analizēto monosharīdu dati. Produkta salduma pakāpe korelē ($r=0.84$) ar produktu patikšanu. Rezultāti apstiprināja pieņēmumu, ka jaunieši akceptējuši jogurtu (Nola™ Fit 5500) ar augstāko saldumu kā labāko, kuram seko BrennZyme DairyLact (skatīt 5. attēlu).

Ievērtējot jauniešu izteikto vērtējumu, jogurts ar Nola™ Fit 5500 un BrennZyme DairyLact ir pietiekami salds. Izstrādātajā tehnoloģijā cukuru var aizstāt ar laktozes hidrolīzes produktiem līdz noteiktam saturam un patērētājiem ir jādod iespēja nevēlēt produkta salduma intensitātē.

Laktozes hidrolīze var tikt izmantota kā risinājums cukura satura samazinājumam jogurta ražošanā no tehnoloģiskā un uzturvērtības viedokļa. Jogurts ar hidrolizētu laktozi ir saldāks, ātrāk fermentējas un ātrāk tiek absorbēts patērētāju zarnu traktā. Lai gan šajā gadījumā ir aktuāls jautājums "Vai šādi produkti ir jāpiedāvā patērētājiem, īpaši bērniem, kuriem nav problēmu ar laktozes nepanesamību?"

Secinājumi

1. Jogurta saldumu var regulēt ar komerciālo laktozi šķeļošo fermentu palīdzību.
2. Būtiski augstāka ($P<0.05$) glikozes koncentrācija ir jogurtā ar Nola™Fit 5500 un BrennZyme DairyLact, kas rada lielāku salduma pakāpi (noteiktā un aprēķinātā).
3. Iegūtie rezultāti norādīja, ka jogurts ar hidrolizētu laktozi ir pietiekami salds un apmierina patērētāju vēlmes pēc salda produkta.

3.1.3. Sasniedzamo rezultātu kopsavilkums

Aktivitāte (plānotā)	Rezultāts (izpildīts)	Apraksts
Izstrādāta tehnoloģija piena produktu salduma palielināšanai un veikta tās aprobācija laboratorijas apstākļos	✓	Aprobēta tehnoloģija laboratorijas apstākļos, apkopoti sensorās vērtēšanas rezultāti patērētāju testos, pamatauditorija bērni vecumā no 4 līdz 6 gadi, skolu jaunieši vecumā no 14 līdz 18 gadiem, arī pieaugušie no 18 līdz 80 gadiem
Izstrādāta tehnoloģija piena produktu salduma palielināšanai un aprobēta ražošanas apstākļos	✓	Aprobēta tehnoloģija ražošanas apstākļos
Pētījumu rezultātu prezentācija Riga Food 2019	✓	Izstrāde prezentēta starptautiskā izstādē Riga Food 2019 (LLU stendā) un veikts patērētāju patikšanas tests (piedalījās 55 respondenti vecumā no 18 līdz 80 gadiem)
Izstrādāta tehnoloģijas pielāgošana ražošanai un dažādu piena produktu ražošanai, izstrādāti jauni piena produkti	✓	Projekta īstenošanas laikā a/s Tukuma piens izstrādājis jaunus piena produktus ar samazinātu cukura daudzumu (13. tabula)
Sagatavota un iesniegta publicēšanai viena zinātniskā publikācija Web of Science vai SCOPUS (A vai B) datubāzēs iekļautos žurnālos vai konferenču rakstu krājumos	✓	<i>Acceptance of low sugar yoghurt among Latvian teenagers</i> (Agronomy Research) indeksēta SCOPUS datu bāzē <i>Optimization of lactose hydrolysis by combining solids and β-galactosidase concentrations in whey permeates</i> (Proceedings of the Latvian Academy of Science) pieņemta publicēšanai, publicēs izdevuma augusta/septembra krājumā
Sniegta prezentācija zinātniskajā konferencē	✓	11. starptautiskā konference "Biosystems Engineering 2020"

		<p>2020. gada 6.-8. maijā (Tartu, Igaunija) (ATTĀLINĀTI):</p> <p>✓ <i>Acceptance of low sugar yoghurt among Latvian teenagers</i></p> <p>Starptautiskais piensaimnieku samits (WDS 2019) 2019. gada 23.-27. septembris (Stambula, Turcija):</p> <p>✓ J.Zagorska, I.Ciproviča. <i>Influence of different enzymes on monosaccharides proportion in milk;</i></p> <p>✓ J.Zagorska, I.Ciproviča. <i>Consumer acceptance of low sugar yoghurt.</i></p> <p>Starptautiskais piensaimnieku samits (WDS 2018) 2018. gada 15.-19. oktobris (Daejon, Dienvidkoreja):</p> <p>✓ J.Zagorska, I.Ciproviča, L.Murāne. <i>Influence of different starters on monosaccharides concentration in lactose free yghurt production.</i></p> <p>14. Baltijas Pārtikas zinātnes konferencē apstiprināts ziņojums (3.-5.05.2021.):</p> <p>✓ J.Zagorska, I.Ciproviča, <i>Consumers' acceptance of low-sugar yoghurt in Latvia (konference no 3.-5.05.2020. pārcelta uz 2021. gadu)</i></p>
--	--	--

Šīs aktivitātes pamatmērķis bija risinājumi laktozes hidrolīzei piena produktu salduma palielināšanai. Projektā izstrādes laikā aktualizējoties jautājumam par cukura patēriņu, īpaši jauniešu auditorijā, par dažādu valstu pasākumiem cukura satura ierobežošanā pārtikas produktos, a/s Tukuma piens ieviesa vairākus jaunus produktus, kuros cukura saturs ir samazināts par 30%, salīdzinot ar analogiem produktiem, skatīt 13. tabulu.

Jogurta ar mazāku cukura saturu piedāvājums

Nosaukums	Tauki, t.sk. piesātinātie, g	Olbaltumvielas, g	Ogļhidrāti, t.sk. cukuri, g	Enerģētiskā vērtība, kJ/kcal
Jogurta dzēriens SUPER BROKASTIS čia ar mango un čia sēklām	0.8 (0.5)	2.7	9.3 (8.7)	234/55
Jogurta dzēriens SUPER BROKASTIS čia ar persikiem, marakuju un čia sēklām	0.8 (0.5)	2.7	9.3 (8.7)	234/55
Jogurta dzēriens SUPER BROKASTIS auzu, banānu, zemeņu un kivi	0.7 (0.4)	2.7	8.1 (7.6)	210/50
Jogurta dzēriens SUPER BROKASTIS auzu, banānu, apelsīnu un mango	0.7 (0.4)	2.7	8.1 (7.6)	210/50
Ekoloģiskais beztauku dzeramais jogurts ar graudiem	0.2 (0.1)	3.1	8.3 (7.7)	203/48
Skyr jogurta dzēriens apelsīnu	0.7 (0.5)	2.5	9.2 (8.6)	227/54
Skyr jogurta dzēriens meža zemeņu un maskarpone	0.8 (0.5)	2.6	9.2 (8.6)	231/55
Skyr jogurta dzēriens sājā karamele	0.8 (0.5)	2.6	9.2 (8.5)	229/54

Jogurtos ap 4% ir laktozes un pievienojot atļautos 5% cukura, kopējais cukura saturs produktos ir ap 9% jeb 9 g 100 g. Cukura saturs ziņā produkti spēj izpildīt Ministru kabineta noteikumus Nr. 172/2012 deklarētos kritērijus.

3.2. Laktozes fermentācijas pētījumi organisko skābju (pienskābe un propionskābe) ieguvei un tehnoloģiju izstrāde produktu ražošanai pilnvērtīgai dzīvnieku barošanas nodrošināšanai

Sūkalas ir piena pārstrādes blakusprodukts, iegūts siera un biezpiena ražošanā. Sūkalu sastāvs un kvalitāte ir atkarīga no olbaltumvielu koagulācijas paņēmiena piena pārstrādē. Vidējais dažādu sūkalu ķīmiskais sastāvs ir atspoguļots 14. tabulā.

14. tabula

Dažādu sūkalu ķīmiskais sastāvs un kvalitātes rādītāji¹²

Sūkalas	Sausna, %	Tauki, %	Olbaltumvielas, %	Laktoze, %	Minerālvielas, %	pH
Siera	6.1-6.5	0.1-0.4	0.9	4.7	0.5	5.6-6.1
Biezpiena	5.4	0.1	0.8	3.8	0.7	4.5-5.1

Sūkalu sastāvs mainās atkarībā no kazeīna koagulācijas paņēmiena siera vai biezpiena ražošanā, arī no sūkalu atdalīšanas tehnikas. Pēdējos gados Latvijā, arī citviet pasaulē tiek izmantota ultrafiltrācija, tostarp biezpiena ražošanā, produktu sausnas koncentrēšanai. Izvēlētais paņemiens izmaina arī sūkalu sastāvu, skatīt 15. tabulā.

15. tabula

Ultrafiltrāta ķīmiskais sastāvs un kvalitātes rādītāji¹³

Sūkalas	Sausna, %	Tauki, %	Olbaltumvielas, %	Laktoze, %	Minerālvielas, %	pH
Siera	5.38	0.01	0.19	4.69	0.51	6.10
Biezpiena	5.92	0.02	0.39	4.70	0.8	4.53

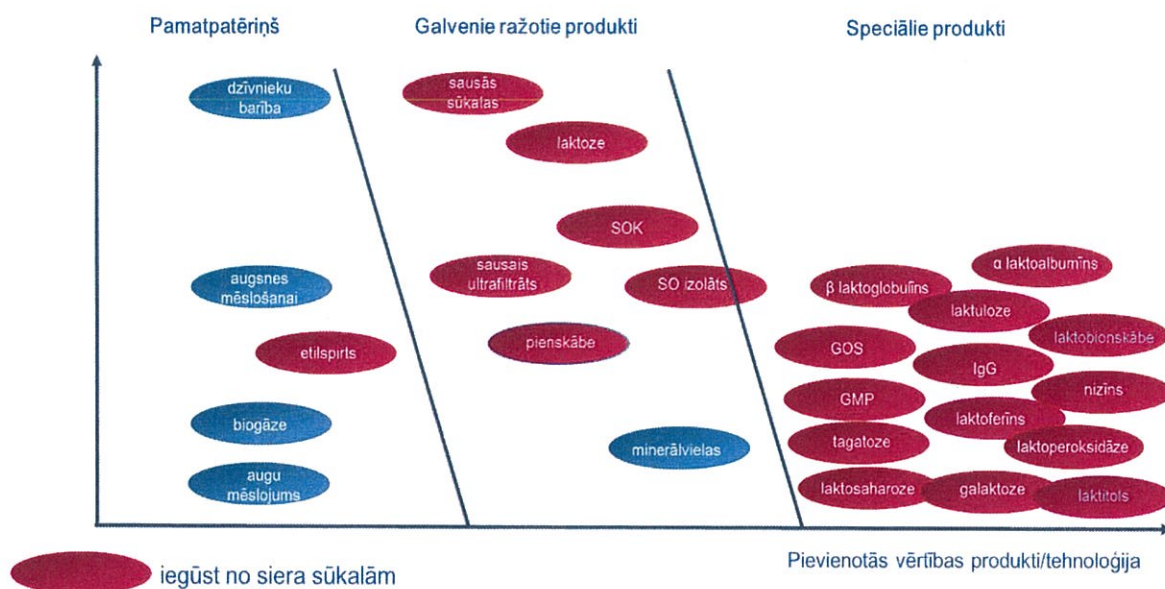
Arī sūkalu olbaltumvielu, kā vērtīgākās sausnas sastāvdaļas, izmantošana dažādu produktu, tostarp sūkalu olbaltumvielu koncentrāta, ražošanā rada ievērojamu ultrafiltrāta atlikumu piena pārstrādē. Ultrafiltrāts, kas galvenokārt satur laktozi, minerālvielas un organiskos sāļus, ir ierobežotas izmantošanas produkts.

Sūkalu pārstrāde galvenokārt fokusējas sauso sūkalu vai sūkalu olbaltumvielu ieguvē, laktozes izdalīšanā un sausās laktozes ražošanā vai laktozes fermentācijā dažādu produktu, piemēram, pienskābes, B₁₂ vitamīna, spirta, u.c. ieguvē. Galvenokārt ir attīstīta siera sūkalu pārstrāde, biezpiena sūkalu pārstrāde un produktu ieguve ir ierobežota sastāva un kvalitātes dēļ.

¹² L.Ozola, I.Ciproviča (2002) Piena pārstrādes tehnoloģijas. Jelgava, LLU, 248 lpp.

¹³ I.Ciproviča. Sūkalu izmantošanas iespējas lauksaimniecībā/Seminārs, 21.08.2020., Ulbroka

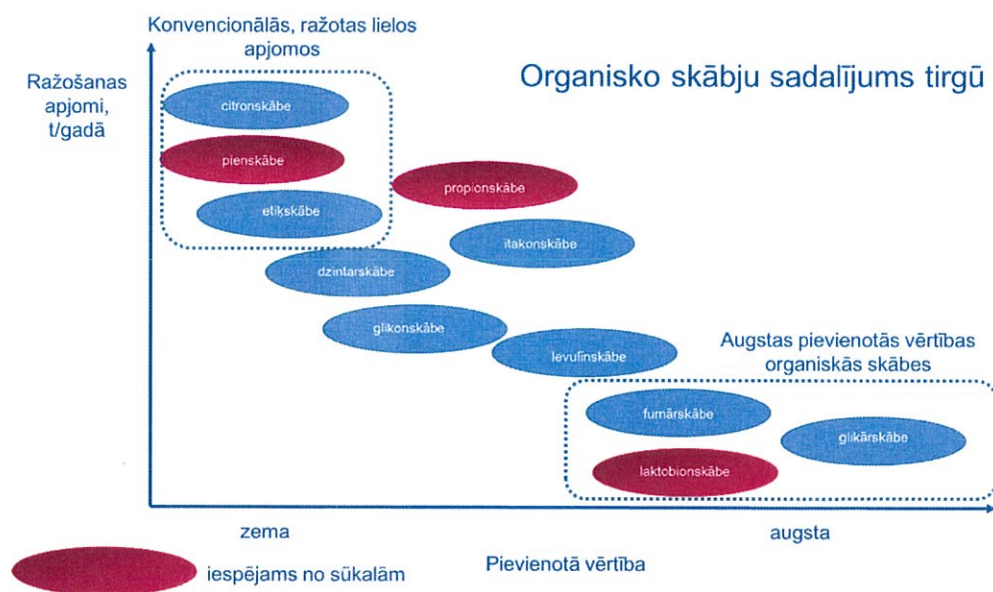
Pasaulē eksistē simtiem izstrādātu tehnoloģiju dažādu sūkalu produktu ražošanai, kuras var īstenot arī biezpiena sūkalām. Biezpiena sūkalas, kas sastāva ziņā atšķiras no siera sūkalām pH un minerālvielu satura ziņā, ir ierobežotas izmantošanas produkts. Sūkalas ātri bojājas, jo ražošanas procesā tajās nonāk arī piena raudzēšanai lietotās pienskābes baktērijas. Sūkalas bez apstrādes ātri zaudē savu kvalitāti un tehnoloģisko pielietojumu. Galvenās sūkalu pārstrādes tehnoloģijas ir saistītas ar sausnas koncentrēšanu (ietvaice vai apgrieztā osmoze, kaltēšana, u.c.). Šīs tehnoloģijas ir attīstāmas tikai liela apjoma sūkalu pārstrādei. Ja dienā iegūto sūkalu daudzums ir ap 20 – 60 tonnām, to pārstrāde šādā veidā nav racionāla. Turklāt pamatproduktos koncentrējot sūkalu olbaltumvielas, atlikušais sūkalu sastāvs ir trūcīgs, galvenā sastāvdaļa ir laktoze. Eksistē plašs izstrādāto tehnoloģiju klāsts, kādus produktus ir iespējams iegūt no laktozes. Laktozi var izdalīt no sūkalām, iegūstot sauso laktozi. Laktozi, kuru ir iespējams izmantot dažādās tautsaimniecības jomās, iegūst koncentrējot dzidrinātās sūkalas vai ultrafiltrātu un kristalizējot to no iebiezinātām sūkalām vai ultrafiltrāta. Arī šajā izstrādē ir nepieciešamas tehnoloģiskās iekārtas: vakuuierīces vai apgrieztās osmozes iekārtas, kristalizētāori, kalte, u.c.



6. attēls. Sūkalu pārstrādes klasika un pievienotās vērtības produkti¹⁴

¹⁴ Rocha, J.M., Guerra, A. (2020) On the valorisation of lactose and its derivatives from cheese whey as a dairy industry by-product: an overview. European Food Research and Technology. <https://doi.org/10.1007/s00217-020-03580-2>

Līdz ar to laktozes tālākai pārstrādei tiek meklēti citi risinājumi inovatīvu un konkurētspējīgu produktu ieguvei, īpaši organisko skābju vidū. Šobrīd šādu produktu vidū ir jānosauca galaktooligosaharīdi, laktobionskābe, u.c. Galaktooligosaharīdu ieguve ir interesants process, atkarīgs no lietotā fermenta īpašībām, pH, fermentācijas temperatūras, noteiktu sāļu klātbūtnes, u.c. Galvenie izaicinājumi galaktooligosaharīdu ražošanā ir to tīrības nodrošināšana, pastāvīga sastāva standartizācija. Izstrāde apbēta SIA Baltic Dairy Board, ieviesta ražošanā, bet šobrīd netiek īstenota. Laktobionskābes ieguvei interesantus risinājumus ir izstrādājusi LLU doktorante Inga Šarenkova promocijas darbā "Laktobionskābes ieguves biotehnoloģiskie risinājumi" (darbu plānots aizstāvēt 2021. gadā). Galvenie izaicinājumi ir efektīva laktobionskābes iznākuma palielināšana un tīrības kritēriju nodrošināšana. Līdz ar to laktozes tālākai pārstrādei tiek meklēti arī citi risinājumi konkurētspējīgu produktu ieguvei, īpaši organisko skābju vidū.



7.attēls. Organisko skābju sadalījums¹⁵

Biezpiena sūkalas var izmantot šo produktu ieguvei, bet iespējamais iznākums ir neliels, turklāt arī šajās izstrādēs ir nepieciešamas tehnoloģiskas iekārtas, piemēram, fermentātori, u.c. iekārtas.

Lai gan kopējais iegūto sūkalu daudzums dienā Latvijā ir iespaidīgs, risinājumus to pārstrādei meklē dažādos pētnieciskajos projektos un izstrādes stadijā ir 2 promocijas darbi.

Šobrīd Latvijā tiek īstenoti vairāki projekti, to vidū:

¹⁵ Rocha, J.M., Guerra, A. (2020) On the valorisation of lactose and its derivatives from cheese whey as a dairy industry by-product: an overview. European Food Research and Technology. <https://doi.org/10.1007/s00217-020-03580-2>

- 1) ERAF projekts 1.1.1.2/VIAA/2/18/307 Sūkalu pārstrāde pievienotās vērtības produktos pārtikas rūpniecībai un lauksaimniecībai;
- 2) ELFLA projekts 19-00-A01612-000007 Ekonomiski pamatota sūkalu pārstrāde jauniem produktiem pārtikai un lopbarībai.

Katrs projekts fokusējas uz noteikti mērķi, kā labāk izmantot sūkalas pārstrādei. Arī šajā projektā ir meklēti ekonomiski pamatoti risinājumi biežpiena sūkalu, tieši ultrafiltrāta pielietojumam.

Projekta mērķis ir jauni risinājumi laktozes izmantošanai sūkalu pārstrādē lopbarības piedevās.

Šī aktivitāte īstenota vairākos posmos:

- 1) sūkalu fermentācijas izpēte propionskābes ieguvei, kas īstenota 3 pētījumu sērijās;
- 2) eksperimentālais pētījums izstrādes aprobācijai govju ēdināšanā;
- 3) sūkalu fermentācijas izpēte pienskābes koncentrāta ieguvei un tehnoloģijas izstrāde.

3.2.1. Sūkalu fermentācija propionskābi saturošas barības piedevas ieguvei

Metodika. Izstrāde aprobēta ultrafiltrāta lietojumam. Pētījumā lietotā ultrafiltrāta sastāvs atspoguļots 16. tabulā.

16. tabula

Ultrafiltrāta sastāvs gada griezumā un vidējie rādītāji¹⁶

Ultrafiltrāts	Sausna, %	Tauki, %	Olbaltumvielas, %	Laktoze, %	Mineralvielas, %	pH
Ultrafiltrāts (ziema)	5.14	0.25	0.62	3.78	0.4	5.43
Ultrafiltrāts (pavasaris)	5.28	0.27	0.60	4.05	0.33	5.70
Ultrafiltrāts (vasara)	5,16	0.29	0.57	4.01	0.27	5.55
Ultrafiltrāts (rudens)	5.64	0.27	0.65	4.01	0.70	5.60
Ultrafiltrāts vidēji	5.30	0.27	0.61	3.94	0.45	5.57

Sūkalu fermentācijai izmantots pārtikā lietojamais liofilizēto propionskābes baktēriju ieraugs PS 4 (Chr.Hansen, Dānija). Ierauga kvalitātes rādītāji ir apkopoti 17. tabulā.

¹⁶ Tukuma piens dati

17. tabula

Propionskābes baktēriju ierauga kvalitātes rādītāji¹⁷

Rādītājs	Lielums
Netipiskās pienskābes baktērijas	500 KVV g ⁻¹
Raugi un pelējumi	< 1 KVV g ⁻¹
<i>Enterobacteriaceae</i>	< 1 KVV g ⁻¹
Koagulāzes pozitīvie stafilokoki	< 1 KVV g ⁻¹
<i>Salmonella</i> spp.	nesatur 25 g
<i>Listeria monocytogenes</i>	nesatur 25 g

Sūkalu fermentācijai lietots komerciālais β galaktozidāzes preparāts Nola™Fit 5500 (Chr. Hansen), raksturojums apkopots 18. tabulā.

18. tabula

Nola™Fit 5500 β galaktozidāzes

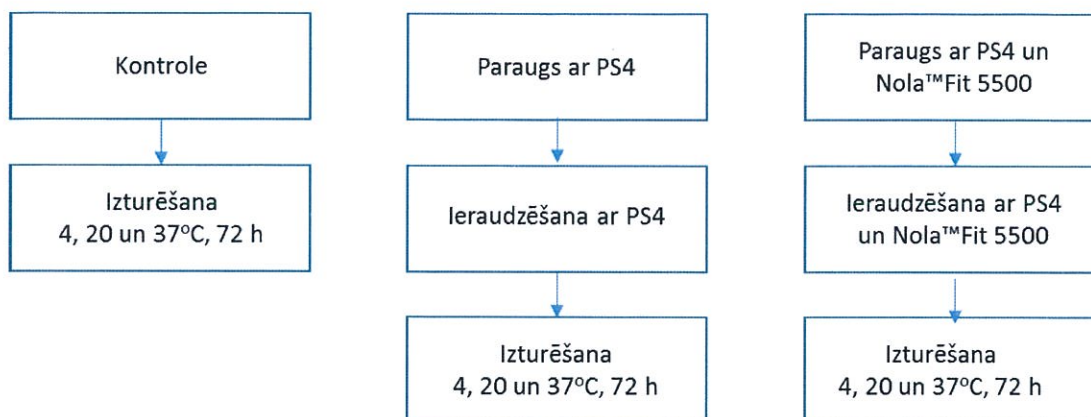
Rādītāji	Fermenti
Specifiskā aktivitāte	5500 BLU g ⁻¹
Ieteicamā deva	0.1-3.3 g L ⁻¹
Pievienotā fermenta daudzums	0.5 ml L ⁻¹
Temperatūras diapazons, °C	35–50
Optimālais pH	5.4–7.0
Izcelsme	<i>Bacillus licheniformis</i>

Pētījumi veikti vairākās sērijās, optimālākās izstrādes atrašanai.

1. pētījumu sērija

Sākotnēji pētījumi uzsākti ar ultrafiltrāta fermentāciju 3 temperatūru režīmos 4, 20 un 37°C. Tika gatavoti 3 paraugi: kontrole, paraugs ar PS4 ieraugu un paraugs ar Nola™Fit 5500 fermentu un PS4 ieraugu, kuri raudzēti 72 stundas anaerobos apstākļos (skatīt 8. attēlu).

¹⁷ Chr.Hansen dati



8. attēls. 1. pētījuma sērijas paraugu sagatavošana

Paraugiem fermentācijas laikā kontrolētas sastāva izmaiņas pēc 24 un 48 h, bet pēc 72 h tikai pH un skābums (°T).

2. pētījumu sērija

1. pētījuma sērijas rezultāti norādīja uz nepieciešamību veikt pH korekciju ultrafiltrātam pirms ieraudzēšanas, arī mainīt fermentācijas ilgumu. Ultrafiltrāta skābums svārstījās robežās no 45 līdz 51 °T (pH 4.39-5.70), kas nav piemērots propionskābes baktēriju vairošanai (optimāli pH 6.0, robežās pH 4.6-8.0¹⁸). Šim iemeslam ultrafiltrāts tika neitralizēts ar 10% Na₂CO₃ šķīdumu līdz pH 6.20.

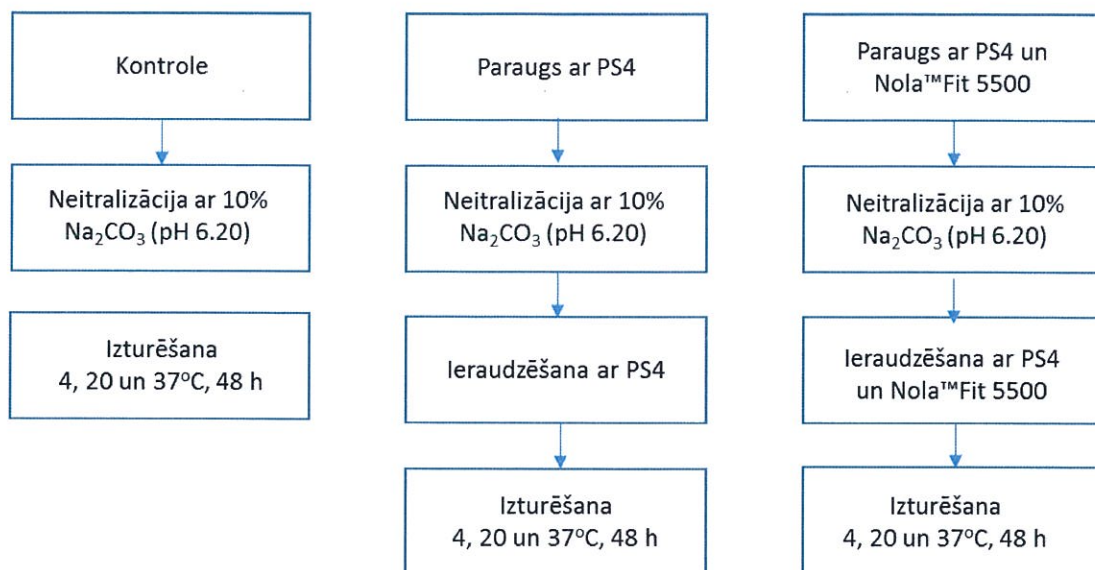
Analogi tika gatavoti 3 paraugi: kontrole, paraugs ar PS4 ieraugu un paraugs ar Nola™Fit 5500 fermentu un PS4 ieraugu, paraugi fermentēti 48 stundas anaerobos apstākļos (skatīt 9. attēlu). Paraugiem fermentācijas laikā kontrolētas sastāva izmaiņas pēc 24 h, bet pēc 48 h pH un skābums (°T).

3. pētījumu sērija

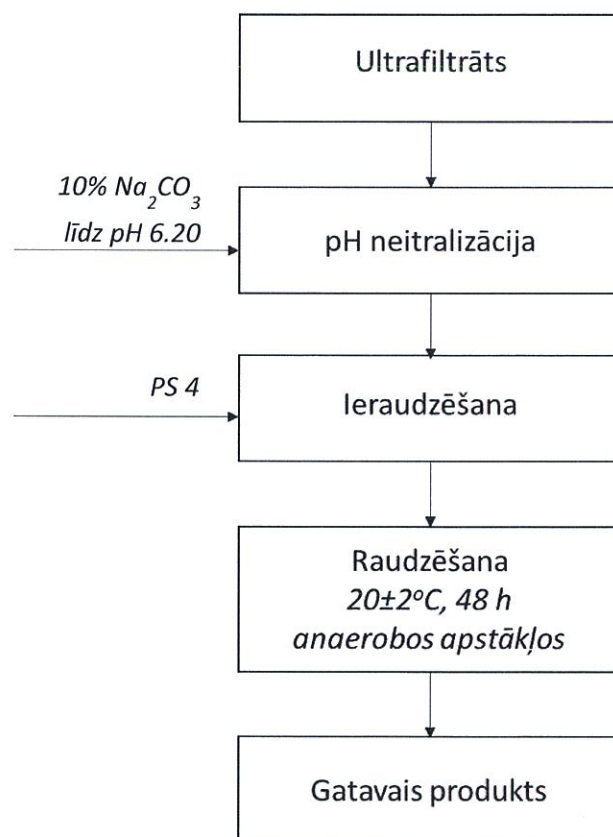
LLU vadošie pētnieki veicot sūkalu fermentācijas testus propionskābes ieguvei un analizējot iegūtos rezultātus, pieņēma lēmumu koriģēt izstrādi, lai to bez papildus tehnoloģisko iekārtu iegādes iegādes īstenotu a/s Tukuma piens. Tādējādi izstrāde tika optimizēta, pielāgojot fermentāciju telpas temperatūrā, mainot fermentācijas laiku un fermentējamā substrāta parametrus, t.sk. pH. Fermentēto substrātu ieguva apstākļos, maksimāli pietuvinot produktu uzglabāšanai saimniecībā telpas temperatūrā.

Sūkalu fermentācija ar propionskābes baktēriju ieraugu veikta pēc 10. attēlā dotās shēmas.

¹⁸ Piwowarek, K., Lipinska, E., Hoe-Szymanczuk E., Lieliszek, M., Scibisz, I. (2018) *Propionibacterium* spp. – source of propionic acid, vitamin B₁₂ and other metabolites important for the industry. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 102 (2), 515-538



9. attēls. 2. pētījuma sērijas paraugu sagatavošana



10. attēls. Fermentētu sūkalu tehnoloģija dzīvnieku ēdināšanai

Tehnoloģijas apraksts

Produkts/Process	Skaidrojums	Piezīmes
Ultrafiltrāts	Iespējams lietot siera un biezpiena ražošanā iegūtās sūkalas, to ultrafiltrātu.	Nosaka pH
pH neitralizācija	Neitralizācijai lieto 10% Na ₂ CO ₃ šķīdumu, to pievienojot ultrafiltrātam, produktu maisa un mēra pH.	pH jābūt 6.19-6.20. Izvēloties citu neitralizatoru, jāņem vērā savienojumu ietekme uz propionskābes baktēriju vairošanos. Nātrija jonu klātbūtne veicina propionskābes baktēriju augšanu ¹⁹ .
Ieraudzēšana	Neitralizētam ultrafiltrātam pievieno propionskābes baktēriju ieraugu pēc ierauga ražotāja rekomendācijām, vēlams 0.02%. Produktu samaisa un fermentē 20±2°C	Ieteicams pievienot mazāko, ierauga ražotāja (5 AV plānotas uz 10 – 25 t) rekomendējamo ierauga daudzumu.
Fermentācija	Raudzēšanas laikā propionskābes baktērijas vairojoties, producē etiķskābi, propionskābi un CO ₂ . Etiķskābes veidošanās samazina produkta pH (skatīt 26. tabulu). Radusies CO ₂ palielina šķidrums tilpumu. Raudzēšanas laikā rodas baktēriju biomasa, kas sūkalas/ultrafiltrātu padara duļķainu. Ultrafiltrātu fermentē 20±2°C 48 h	Raudzējot noslēgtā tvertnē, traukā, ultrafiltrāta iepildījumam jābūt 2/3 no darba tilpuma. Par biomasas pieaugumu var pārlicināties, nosakot olbaltumvielu saturu.

¹⁹ Piwowarek, K., Lipinska, E., Hoe-Szymanczuk E., Lieliszek, M., Scibisz, I. (2018) Propionibacterium spp. – source of propionic acid, vitamin B₁₂ and other metabolites important for the industry. Applied Microbiology and Biotechnology, 102 (2), 515-538.

20. tabulas turpinājums

Gatavais produkts	20±2°C	Gatavais produkts satur nelielu propionskābes koncentrāciju, kura palielinās produkta tālākā uzglabāšanas/realizācijas laikā.
-------------------	--------	---

Procesa norises kontrolei veiktas šādas analīzes: pH, titrējamais skābums, ķīmiskais sastāvs un propionskābes saturs. Ultrafiltrāta sastāva, tā mainības fermentācijas un uzglabāšanas laikā noteikšanai lietotas šādas metodes un standarti:

- 1) pH noteikts ar Jenway pH-metru (Barlowrd Scietific Ltd., Lielbritānija), atbilstīgi ISO 5546;
- 2) propionskābes saturs noteikts ar augstas izšķirtspējas šķidrums hromatogrāfu Prominence HPLC system Shimadzu LC 20 (Torrance, CA, ASV) (Zolnere et al., 2018²⁰; Zolnere et al., 2019²¹);
- 3) ultrafiltrāta sastāvs analizēts ar MilkoScan™ Mars (Foss, Dānija), atbilstīgi ISO 9622.

Rezultāti**1. pētījumu sērija**

Paraugu fermentācijas procesa rezultāti ir apkopoti 20., 21. un 23. tabulās.

21. tabula

Ultrafiltrāta fermentācija 4°C

Paraugi	Sausna, %	Tauki, %	Olbaltum- vielas, %	Laktoze, %	pH	°T
Sākotnēji	5.92	0.02	0.39	4.70	4.39	51
Kontrole ₂₄	5.90	0.02	0.39	4.68	4.36	51
Kontrole ₄₈	5.95	0.02	0.39	4.72	4.35	55
Kontrole ₇₂					4.35	55
PS ₄ ₂₄	5.90	0.02	0.38	4.67	4.35	52
PS ₄ ₄₈	5.96	0.02	0.39	4.73	4.34	52
PS ₄ ₇₂					4.36	52
PS ₄ +NL ₂₄	6.56	0.08	0.48	4.41	4.35	50

²⁰ Zolnere, K., Ciprova, I., Kirse, A., Cinkmanis, I. (2018). A study of commercial β galactosidase stability under simulated in vitro gastric conditions. *Agronomy research*, 16(S2), 1555-1562.

²¹ Zolnere, K., Ciprova (2019) Lactose hydrolysis in different solids content whey and whey permeate. In *FoodBalt: 13th Baltic conference on food science and technology "Food. Nutrition. Well-being."*, 2-3 May 2019 (pp. 35-39). Jelgava: Latvia University of Life Sciences and Technologies.

PS4+NL ₄₈	6.64	0.09	0.48	4.47	4.33	55
PS4+NL ₇₂					4.33	55

Apzīmējumi: PS4 (paraugs ar ieraugu PS4); PS4+NL (paraugs ar ieraugu PS4 un fermentu Nola™Fit 5500)

*-skaitlis pie konkrētā parauga norāda fermentācijas laiku (24, 48, 72 h)

Izvēlētā temperatūra nav piemērota fermentācijai, arī parauga lielais skābums nomāc propionskābes baktēriju vairošanos.

22. tabula

Ultrafiltrāta fermentācija 20°C

Paraugi	Sausna, %	Tauki, %	Olbaltum- vielas, %	Laktoze, %	pH	°T
Sākotnēji	5.92	0.02	0.39	4.70	4.39	51
Kontrole ₂₄	5.92	0.01	0.38	4.69	4.37	52
Kontrole ₄₈	5.95	0.01	0.39	4.72	4.26	52
Kontrole ₇₂					4.26	52
PS4 ₂₄	5.92	0.01	0.38	4.68	4.37	52
PS4 ₄₈	5.95	0.01	0.39	4.72	4.28	52
PS4 ₇₂					4.27	52
PS4+NL ₂₄	6.60	0.08	0.49	4.43	4.37	51
PS4+NL ₄₈	6.62	0.08	0.48	4.45	4.26	50
PS4+NL ₇₂					4.26	51

Apzīmējumi: PS4 (paraugs ar ieraugu PS4); PS4+NL (paraugs ar ieraugu PS4 un fermentu Nola™Fit 5500)

*-skaitlis pie konkrētā parauga norāda fermentācijas laiku (24, 48, 72 h)

20°C temperatūra ir perspektīva fermentācijai, nepieciešama pH korekcija propionskābes baktēriju vairošanās nodrošināšanai.

23. tabula

Ultrafiltrāta fermentācija 37°C

Paraugi	Sausna, %	Tauki, %	Olbaltum- vielas, %	Laktoze, %	pH	°T
Sākotnēji	5.92	0.02	0.39	4.70	4.39	51
Kontrole ₂₄	5.94	0.01	0.40	4.69	4.26	51
Kontrole ₄₈	5,95	0.01	0.38	4.73	4.15	51
Kontrole ₇₂					4.16	51
PS4 ₂₄	5.97	0.01	0.40	4.72	4.23	50
PS4 ₄₈	5.95	0.01	0.38	4.73	4.16	53
PS4 ₇₂					4.23	53

23. tabulas turpinājums

PS4+NL ₂₄	6.61	0.08	0.49	4.43	4.21	50
PS4+NL ₄₈	6.60	0.08	0.47	4.45	4.15	51
PS4+NL ₇₂					3.97	59

Apzīmējumi: PS4 (paraugs ar ieraugu PS4); PS4+NL (paraugs ar ieraugu PS4 un fermentu Nola™Fit 5500)

*-skaitlis pie konkrētā parauga norāda fermentācijas laiku (24, 48, 72 h)

Nola™Fit 5500 fermentam nav piemērots darbības pH (ieteicamais 5.4-7.0²²) un nav lietderīga 72 stundu raudzēšana.

Secinājumi

1. Propionskābes baktēriju darbības nodrošināšanai nepieciešama vides neitralizācija, ieteicamais pH nosakāms eksperimentālā ceļā.
2. Ultrafiltrāta vide ir stabila, izturot to 72 h 4 un 20°C, ko apliecina nelielais pH kritums.

2. pētījumu sērija

Ievērtējot 1. pētījuma sērijā iegūtos rezultātus un izdarītos secinājumus, ultrafiltrāts tika neitralizēts ar 10% Na₂CO₃ līdz pH 6.19-6.20. Paraugu fermentācijas procesa rezultāti ir apkopoti 23., 24. un 25. tabulās.

24. tabula

Ultrafiltrāta fermentācija 4°C

Paraugi	Sausna, %	Tauki, %	Olbaltumvielas, %	Laktoze, %	pH	°T
Sākotnēji	5.92	0.01	0.39	4.70	6.19	35
Kontrole ₂₄	5.86	0.01	0.39	4.69	5.78	36
Kontrole ₄₈					5.71	42
PS4 ₂₄	5.92	0.02	0.61	4.63	5.70	35
PS4 ₄₈					5.65	35
PS4+NL ₂₄	6.18	0.08	0.70	4.38	5.76	36
PS4+NL ₄₈					5.65	35

Apzīmējumi: PS4 (paraugs ar ieraugu PS4); PS4+NL (paraugs ar ieraugu PS4 un fermentu Nola™Fit 5500)

*-skaitlis pie konkrētā parauga norāda fermentācijas laiku (24, 48 h)

Produkta neitralizācija ir veicinājusi propionskābes baktēriju vairošanos, ko apliecina biomasas pieaugums. Izvēlētais režīms nedod gaidītos rezultātus un turpmāk nav īstenojams.

²² Zolnere, K., Ciprovica, I. (2017) The comparison of commercially available β galactosidases for dairy industry: Review. Research for rural development 2017: annual 23rd International scientific conference proceedings, Jelgava, Latvi, 17-19 May, 2017. LLU, Jelgava, Vol. 1, 215-222 pp.

25. tabula

Ultrafiltrāta fermentācija 20°C

Paraugi	Sausna, %	Tauki, %	Olbaltumvielas, %	Laktoze, %	pH	°T
Sākotnēji	5.92	0.01	0.39	4.70	6.19	35
Kontrole ₂₄	5.84	0.01	0.39	4.55	5.73	35
Kontrole ₄₈					5.76	35
PS4 ₂₄	5.84	0.01	0.68	4.40	5.64	35
PS4 ₄₈					5.64	35
PS4+NL ₂₄	5.80	0.01	0.71	4.35	5.67	37
PS4+NL ₄₈					5.68	38

Apzīmējumi: PS4 (paraugs ar ieraugu PS4); PS4+NL (paraugs ar ieraugu PS4 un fermentu Nola™Fit 5500)

*-skaitlis pie konkrētā parauga norāda fermentācijas laiku (24, 48 h)

Rezultāti norādīja uz nepieciešamību kontrolēt laktozes kritumu. Turklāt Nola™Fit 5500 fermentam arī neitralizētā ultrafiltrāta vide nav piemērota (par zemu), ir jānoraida PS4 + NL paraugu tālākā izmantošana.

26. tabula

Ultrafiltrāta fermentācija 37°C

Paraugi	Sausna, %	Tauki, %	Olbaltumvielas, %	Laktoze, %	pH	°T
Sākotnēji	5.92	0.01	0.39	4.70	6.19	35
Kontrole ₂₄	5.64	0.01	0.39	4.65	4.94	36
Kontrole ₄₈					4.34	62
PS4 ₂₄	5.63	0.01	0.57	4.56	4.65	50
PS4 ₄₈					4.13	62
PS4+NL ₂₄	5.85	0.01	0.62	4.29	4.58	45
PS4+NL ₄₈					4.24	54

Apzīmējumi: PS4 (paraugs ar ieraugu PS4); PS4+NL (paraugs ar ieraugu PS4 un fermentu Nola™Fit 5500)

*-skaitlis pie konkrētā parauga norāda fermentācijas laiku (24, 48 h)

Izvēlētā temperatūrā aktīva ir ultrafiltrāta mikroflora, kā arī pievienotās propionskābes baktērijas. Pēc 24 h fermentācijas novērojams būtisks skābuma pieaugums (pH un °T), kas apliecina šī režīma mazo perspektivitāti.

Secinājumi

2. pētījuma sērijas rezultāti norādīja, ka turpmākiem pētījumiem ieteicams izmantot fermentāciju 20°C temperatūrā 48 stundas.
- Nola™Fit 5500 fermenta pievienošanai ir mazperspektīva šādā izstrādē.

3. pētījuma sērija

Ultrafiltrāta sastāva un skābuma izmaiņu dinamika fermentācijas laikā apkopota 26. tabulā.

27. tabula

Ultrafiltrāta sastāva mainība fermentācijas laikā 20°C

Rādītāji	Sākumā	Pēc 24 h	Pēc 48 h
Sausna, %	6.02±0.00	5.89±0.01	5.58±0.00
Tauki, %	0.05±0.00	0.05±0.00	0.05±0.00
Olbaltumvielas, %	0.43±0.01	0.67±0.00	0.70±0.00
Laktoze, %	4.92±0.00	4.71±0.00	4.64±0.00
Propionskābe, mg L ⁻¹	n.n.*	16.62	76.62
pH	6.19±0.00	5.69±0.01	4.81±0.01

*n.n.-nav noteikts

Sūkalu fermentācijai izvēlētas 48 h ar mērķi, lai produkta realizācijas laikā turpinātos propionskābē rūgšana un propionskābes satura palielināšanās. Gatavajam produktam ir paredzēts 3 dienu derīguma termiņš (apstiprināts pētījuma gaitā), izturot 20°C. Sūkalu sastāva un pH izmaiņas derīguma termiņā ir apkopotas 27. tabulā.

28. tabula

Fermentētā ultrafiltrāta sastāva un pH izmaiņas derīguma termiņa laikā

Rādītāji	Gatavais produkts	Pēc 24 h uzglabāšanas	Pēc 48 h uzglabāšanas	Pēc 72 h uzglabāšanas
Sausna, %	5.58±0.00	4.30±0.01	4.30±0.00	4.28±0.00
Tauki, %	0.05±0.00	0.05±0.00	0.05±0.00	0.05±0.00
Olbaltumvielas, %	0.70±0.00	0.70±0.00	0.70±0.00	0.71±0.00
Laktoze, %	4.64±0.00	3.37±0.00	3.37±0.00	3.38±0.00
Propionskābe, mg L ⁻¹	76.62	115.58	270.20	308.58
pH	4.81±0.01	4.66±0.01	4.64±0.01	4.62±0.01

Propionskābes baktēriju darbība turpinās arī produkta uzglabāšanas laikā, ko skaidri demonstrē propionskābes satura pieaugums. Izbarojot šādu produktu lauksaimniecības dzīvniekiem, produkts satur gan aktīvās propionskābes baktērijas, gan propionskābi noteiktā koncentrācijā. Ilgāka preparāta izturēšana (vairāk nekā 3 dienas) veicina pH kritumu, kas nav piemērota propionskābes baktērijām, to dzīvotspējai.

Secinājumi

1. Sūkalu fermentācijai nepieciešamas 48 h ar tālāku propionskābes baktēriju darbības veicināšanu, uzglabājot produktu 20°C 72 h.

2. Propionskābās rūgšanas procesā veidojas propionskābe, etiķskābe un ogļskābā gāze, radusies gāze palielina šķidrums tilpumu. Raudzēšanai ieteicams piepildīt tvertnes vai traukus līdz 2/3.
3. Vidējais propionskābes saturs 3 dienu uzglabāšanas laikā paredzētajam produktam vidēji ir 192 mg L⁻¹.

3.2.2. Ēdināšanas eksperiments

Metodika. Eksperiments īstenots LIS "Jaunpils". Izveidotas 2 dzīvnieku grupas pa 50 govīm katrā (eksperimentālā un kontroles grupa). Ēdināšanas eksperiments īstenots Holšteinas šķirnes govīm (1. laktācija). Eksperiments veikts 2 posmos:

- 1) pilotpētījums, kurš norisinājās 2019. gada maija mēnesī;
- 2) eksperimentālais pētījums laikā no 2019. gada septembra līdz 2020. gada februārim.

Pilotpētījums veikts, lai izprastu produkta izēdināšanas apjomu, tehniku, procesa organizāciju, arī vērtētu dzīvnieku labsajūtu pēc produkta izēdināšanas.

Eksperimentālā pētījumā, lai izvērtētu barības piedevas ietekmi uz piena apjomu un sastāva rādītājiem, eksperimentālās grupas govīm mēnesi pēc eksperimenta analizēts piena sastāvs un izslaukums. Kompleksais pētījums ļauj visaptveroši saprast barības piedevas ietekmi uz dzīvnieku labturību, izslaukumu un piena sastāvu, kas jau pilotpētījuma laikā (I posmā) iezīmēja mazāku somatisko šūnu skaitu un urīnvielas saturu pienā.

Pilotpētījumu uzsākot, abu grupu govīm bija vidēji 30 laktācijas diena, eksperimentālā pētījumā vidēji 130 laktācijas diena.

Fermentētās sūkalas gatavotas a/s Tukuma piens pēc 10. attēlā redzamās shēmas, kontrolēti fermentācijas parametri un fermentējamā substrāta pH. Gatavais produkts nogādāts LIS "Jaunpils". Izstrāde īstenota, lai saimniecība saņemtu produktu 3 dienu izēdināšanai.

Pilotpētījuma rezultātā noteikts dzīvniekiem izbarojamā preparāta daudzums 0.5 L dienā. Piena sastāva un izslaukuma dati monitorēti kontroles un eksperimentālās grupas dzīvniekiem. Eksperimentālās grupas dzīvniekiem saglabāts ēdināšanas režīms, sastāvs un apjoms bez izmaiņām. Barības sastāvs (barības galda paraugs) pētījumā iekļautajiem dzīvniekiem ir šāds: ūdens (10 kg), rapši (1.20 kg), rapšu spraukumi (1.20 kg), soja (1.80 kg), milti (5.00 kg), kukurūzas milti (1.80 kg), Premix 1 (krīts - 0.1 kg, sāls - 0.06 kg, soda - 0.07 kg, Miramin Keragen® - 0.4 kg), zāles skābbarība (14.50 kg), kukurūzas skābbarība (16.50 kg).

Piena sastāvs analizēts SIA Piensaimnieku laboratorijā, nosakot tauku, olbaltumvielu, laktozes, urīnvielas saturu un somatisko šūnu skaitu reizi mēnesī (mēneša sākumā).

Piena sastāva un somatisko šūnu skaita noteikšanai lietotas šādas metodes un standarti:

- 1) tauku, olbaltumvielu, laktozes, sausas un urīnvielas saturs analizēts ar MilkoScan FT6000 (Foss, Dānija) iekārtu, atbilstīgi ISO 9622;

2) somatisko šūnu skaits noteikts ar Fossomatic FC (Foss, Dānija), atbilstīgi LVS EN ISO 13366-2.

Rezultāti

Pilotpētījums

Izēdinot 0.5 L fermentētu sūkalu govij dienā, piena sastāva un kvalitātes izmaiņas ir apkopotas 28. tabulā.

29. tabula

Fermentētu sūkalu iekļaušana dzīvnieku barībā, to ietekme uz piena izslaukuma un ķīmiskā sastāva rādītājiem pilotpētījumā

Paraugi	Piena izslaukums, kg	Tauki, %	Olbaltumvielas, %	SŠS, tūkst ml ⁻¹	Laktoze, %	Urīnviela, mg dl ⁻¹
<i>Kontroles grupa</i>						
<i>Sākotnēji</i>	38.85±7.20 ^a	3.72±0.76 ^a	3.16±0.26 ^a	61.12 ^a	5.01±0.21 ^a	23.59±6.94 ^a
<i>pēc 1 mēneša</i>	41.18±8.69 ^a	3.72±0.53 ^a	3.09±0.20 ^a	127.76 ^b	4.99±0.16 ^a	20.10±5.94 ^a
<i>pēc 2 mēnešiem</i>	42.08±5.79 ^a	3.72±0.47 ^a	3.07±0.20 ^a	159.26 ^b	5.00±0.14 ^a	20.93±4.41 ^a
<i>Eksperimentālā grupa</i>						
<i>Sākotnēji</i>	37.75±7.09 ^a	4.00±0.81 ^a	3.15±0.27 ^a	111.09 ^b	4.98±0.24 ^a	23.10±7.34 ^a
<i>pēc 1 mēneša</i>	33.70±6.45 ^a	3.90±0.61 ^a	3.10±0.21 ^a	66.62 ^a	4.99±0.16 ^a	20.24±5.93 ^a
<i>pēc 2 mēnešiem</i>	34.79±5.10 ^a	3.79±0.48 ^a	3.08±0.18 ^a	70.60 ^a	5.01±0.15 ^a	21.99±4.52 ^a

^{a,b} ar dažādiem burtiem apzīmētās vidējās vērtības kolonās būtiski atšķiras $p < 0.05$

Pilotpētījums pierādīja, ka fermentētu sūkalu izēdināšana devusi izmaiņas somatisko šūnu skaitā, urīnvielas saturā, u.c. rādītājos. Tas apstiprināja zinātniskajā literatūrā paustās atziņas, ka propionskābes baktēriju klātbūtne, arī propionskābe veicina labāku barības vielu izmantošanu, ko pierāda mazāks urīnvielas saturs analizēto eksperimentālās grupas govju pienā.

Eksperimentālais pētījums

Izēdinot fermentētas sūkalas eksperimentālās grupas govīm 6 mēnešus, iegūtie svaigpiena dati apkopoti 29. tabulā.

Pētījuma rezultāti norādīja uz lielāku izslaukumu, tostarp izmaiņām tauku, olbaltumvielu, laktozes, urīnvielas saturā un somatisko šūnu skaitā. Propionskābes baktērijas, kas ir normālas zarnu mikrofloras pārstāves, spēj normalizēt zarnu mikrobiomu, uzlabot sagremoto barības vielu asimilāciju un dzīvnieku veselību kopumā. To apliecina arī mazāks somatisko šūnu skaits eksperimentālās grupas govju pienā.

30. tabula

Fermentētu sūkalu iekļaušana dzīvnieku barībā, to ietekme uz piena izslaukuma un ķīmiskā sastāva rādītājiem eksperimentālajā pētījumā

Paraugi	Piena izslaukums, kg	Tauki, %	Olbaltumvielas, %	SŠS, tūkst ml ⁻¹	Laktoze, %	Urīnviela, mg dl ⁻¹
<i>Kontroles grupa</i>						
<i>Sākotnēji</i>	36.61±7.03 ^a	3.82±0.72 ^a	3.14±0.20 ^a	72.24 ^a	5.06±0.10 ^a	30.61±4.68 ^a
<i>pēc 1 mēneša</i>	31.91±9.01 ^a	3.50±0.70 ^a	3.21±0.55 ^a	84.21 ^a	4.87±0.77 ^a	34.02±6.35 ^a
<i>pēc 2 mēnešiem</i>	36.00±6.02 ^a	3.29±0.61 ^a	3.36±0.24 ^a	85.20 ^a	4.96±0.14 ^a	32.73±4.48 ^a
<i>pēc 3 mēnešiem</i>	35.67±2.46 ^a	3.14±0.99 ^a	3.13±0.07 ^a	95.75 ^a	4.92±0.10 ^a	37.23±6.45 ^a
<i>pēc 4 mēnešiem</i>	33.61±6.33 ^a	3.52±0.96 ^a	3.46±0.40 ^b	171.15 ^b	4.94±0.21 ^a	32.92±5.17 ^a
<i>pēc 5 mēnešiem</i>	29.79±7.77 ^a	3.46±0.88 ^a	3.42±0.48 ^a	177.01 ^b	4.89±0.58 ^b	32.34±6.46 ^a
<i>pēc 6 mēnešiem</i>	29.56±7.26 ^a	3.71±0.82 ^a	3.45±0.24 ^a	196.74 ^b	4.95±0.15 ^a	27.34±6.22 ^a
Vidēji	32.42±7.80^a	3.53±0.63^a	3.37±0.30^a	134.49^a	4.96±0.10^a	31.91±5.80^a
<i>Eksperimentālā grupa</i>						
<i>Sākotnēji</i>	35.90±6.89 ^a	3.51±0.58 ^a	3.09±0.19 ^a	95.89 ^a	5.05±0.16 ^a	28.32±5.45 ^a
<i>pēc 1 mēneša</i>	33.57±6.20 ^a	3.43±0.48 ^a	3.26±0.25 ^{ba}	74.13 ^a	5.01±0.17 ^a	33.78±4.64 ^a
<i>pēc 2 mēnešiem</i>	35.13±5.25 ^a	3.48±0.75 ^a	3.37±0.20 ^a	105.96 ^a	4.95±0.15 ^a	31.67±4.34 ^a
<i>pēc 3 mēnešiem</i>	36.34±8.34 ^a	3.27±0.56 ^a	3.12±0.15 ^a	61.02 ^b	4.96±0.23 ^a	31.22±2.32 ^a
<i>pēc 4 mēnešiem</i>	33.98±7.61 ^a	3.38±0.39 ^b	3.41±0.24 ^a	79.17 ^b	4.98±0.17 ^a	32.69±5.37 ^a

30. tabulas turpinājums

<i>pēc 5 mēnešiem</i>	29.58±8.82 ^a	3.61±0.67 ^{ac}	3.47±0.30 ^{bc}	89.48 ^{bc}	4.95±0.15 ^a	33.97±5.75 ^a
<i>pēc 6 mēnešiem</i>	28.78±8.09 ^a	3.79±0.63 ^a	3.47±0.23 ^a	138.76 ^a	4.95±0.15 ^a	28.66±6.35 ^a
Vidēji	33.23±7.90^a	3.54±0.80^b	3.34±0.28^a	92.28^b	4.98±0.16^a	31.53±5.66^a

^{a,b} ar dažādiem burtiem apzīmētās vidējās vērtības kolonās būtiski atšķiras $p < 0.05$

Pārtraucot izēdināt fermentētās sūkalas un analizējot piena sastāva izmaiņas viena mēneša griezumā, novēroja izmaiņas izslaukumā, tauku, olbaltumvielu, laktozes un urīnvielas saturā, arī somatisko šūnu skaitā (30. tabula).

31. tabula

Piena sastāvs un izslaukums eksperimentālās grupas govīm pētījuma noslēgumā un mēnesi pēc pētījuma

Paraugi	Piena izslaukums, kg	Tauki, %	Olbaltumvielas, %	SŠS, tūkst ml ⁻¹	Laktoze, %	Urīnviela, mg dl ⁻¹
<i>Eksperimenta beigās</i>	28.78±8.09 ^a	3.79±0.63 ^a	3.47±0.23 ^a	138.76 ^a	4.95±0.15 ^a	28.66±6.35 ^a
<i>pēc mēneša</i>	28.53±6.93 ^a	3.86±0.69 ^a	3.44±0.32 ^b	184.88 ^b	4.93±0.16 ^a	31.44±6.19 ^a

^{a,b} ar dažādiem burtiem apzīmētās vidējās vērtības kolonās būtiski atšķiras $p < 0.05$

Būtiskas atšķirības konstatētas tieši olbaltumvielu un somatisko šūnu skaita ziņā.

Kompleksais pētījums pierādīja, ka izstrādātajai barības piedevai ir ietekme uz dzīvnieku labturību, producēto piena sastāvu un kvalitāti (somatisko šūnu skaitu, urīnvielas saturu pienā). Propionskābes klātbūtne barībā spēj mazināt arī metāna emisiju lauksaimniecības dzīvniekiem, kas ir būtiska vides ilgtspējai.

Secinājumi

1. Izstrādāta propionskābi saturošas barības piedevas tehnoloģija, salīdzināti propionskābi saturošo barības piedevu dati, to izmantošanas iespējas, ieguvumi un iespējamās neveiksmes.
2. Fermentācijas laikā rodas arī propionskābes baktēriju biomasa, kas ir papildus slāpekļa avots dzīvniekiem barībā.
3. Fermentēto sūkalu izēdināšana lauksaimniecības dzīvniekiem var pozitīvi ietekmēt piena izslaukuma un sastāva rādītājus.
4. Izstrāde aprobēta a/s Tukuma piens ražošanas apstākļos.

Priekšlikumi

1. Fermentēto sūkalu ieguve un uzglabāšana īstenojama 20°C temperatūrā.

2. Fermentētas sūkalas ir uzglabājamās saimniecībā ne ilgāk kā 3 diennaktis.
3. Piena lopu ganāmpulkiem ieteicamais izbarojamais fermentēto sūkalu daudzums ir 0.5 L (iespējams palielināt līdz 1 L) dienā.

3.2.3. Fermentācijas pētījumi pienskābes ieguvei

Pienskābi plaši izmanto pārtikā garšas pastiprināšanai, skābuma regulēšanai un produktu uzglabāšanas termiņa paildzināšanai. Sūkalas ir piemērotas pienskābes koncentrāta ieguvei, ievērtējot sūkalu izcelsmi un to izmantošanu. Lai paaugstinātu izstrādes efektivitāti, ir nepieciešams palielināt pienskābes koncentrāciju substrātā, optimizējot fermentācijas apstākļus un pievienojot pienskābes baktēriju augšanai nepieciešamos mikro- un makroelementus.

Metodika. Izstrāde aprobēta siera un biezpiena sūkalu lietojumam. Pētījumā lietoto siera sūkalu sastāvs ir šāds: blīvums 1023 kg m⁻³, sausnas saturs 6.6%, pH 6.18 un titrējamais skābums 12°T.

Pienskābes ieguvei fermentācijas procesā izmantoti dažādi sāļi, kas apkopoti 31. tabulā.

32. tabula

Sāļu raksturojums

Rādītāji	Kālija dihidrogenfosfāts	Kālija hidrogenfosfāts	Mangāna sulfāts	Magnija sulfāta heptahidrāts
Formula	KH ₂ PO ₄	K ₂ HPO ₄	MnSO ₄	MgSO ₄ ·7H ₂ O
Ražotājs	Reahim, Krievija	Lach-ner, Čehija	Reahim, Krievija	LaChema, Čehija
Tīrība, %	>98.5	>99	>99	>99
Molmasa, g mol ⁻¹	136.09	174.18	169.02	246.47

Raudzēšanas procesa izpētei lietots pārtikā izmantojamais pienskābes baktēriju ieraugs (Chr.Hansen, Dānija), tā raksturojums apkopots 32. tabulā.

32. tabula

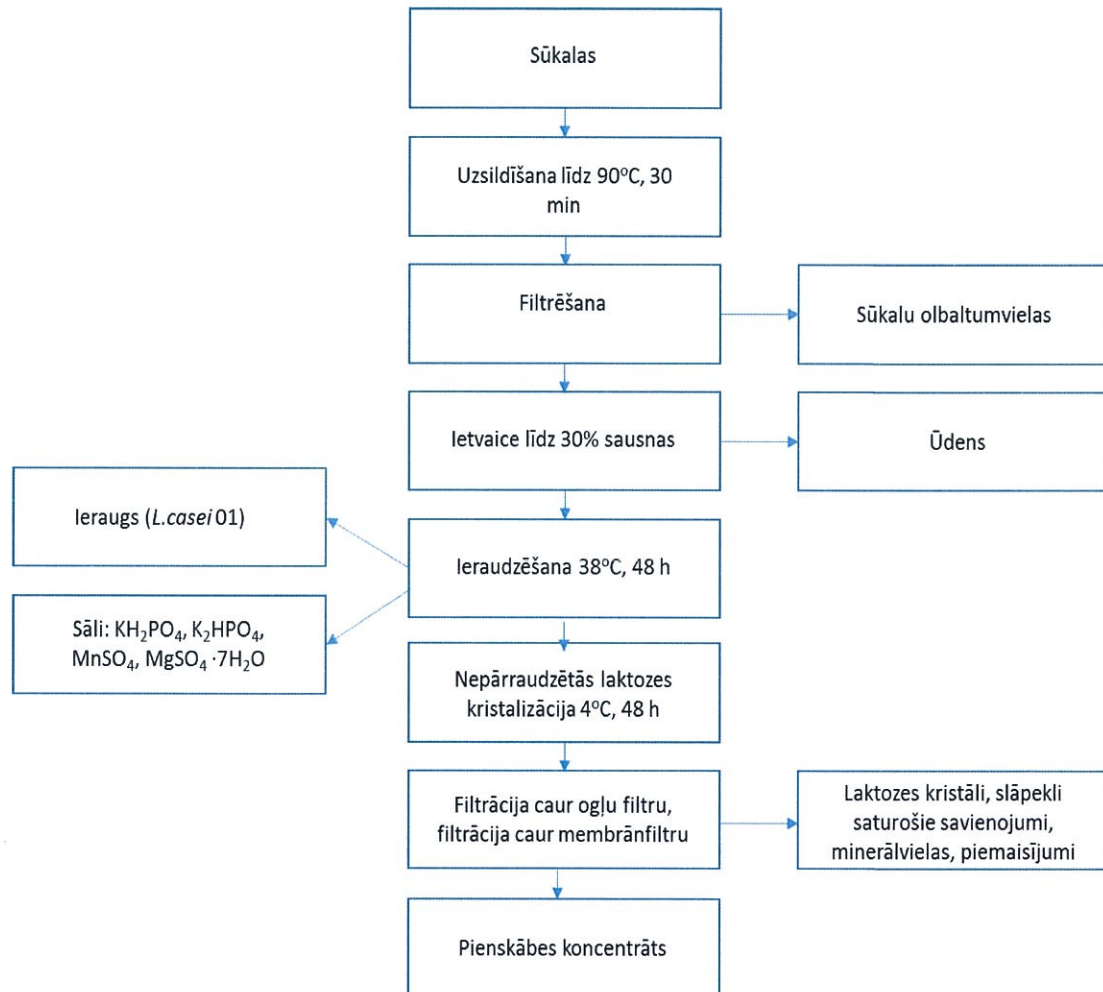
L.casei 01 (*Lactobacillus casei*)

Rādītājs	Raksturojums
Ierauga veids	Liofilizēts ieraugs
Krāsa	Balta
Tīrības pakāpe	≥97 %
Pienskābes baktēriju aktivitāte	1·10 ⁹ KVV g ⁻¹

32. tabulas turpinājums

Uzglabāšanas termiņš	12 mēneši -18°C temperatūrā
Ierauga darbības diapazons	38°C

Pienskābes koncentrēta ieguves tehnoloģija apkopota 11. attēlā.



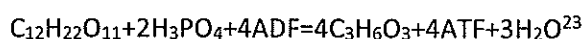
11. attēls. Pienskābes koncentrāta ieguves shēma.

Sūkalas ietvaicētas Rising Film evaporator FT22 (Armfield, UK) iekārtā, darba temperatūra 63°C, produkta plūsmas ātrums 8 L h⁻¹, tvaika spiediens 0.8 bar, dzesējošā ūdens plūsma 4.5 L h⁻¹. Ieraugu pievieno 0.1% no ieraudzējamā produkta daudzuma. Paraugiem kopā ar ieraugu pievieno KH₂PO₄, K₂HPO₄, MnSO₄, MgSO₄·7H₂O sāļus 0.001%, 0.005%, 0.01% no ieraudzējamā produkta daudzuma.

Pienskābes koncentrāta ražošanas laikā dažādos posmos kontrolēti un noteikti 33. tabulā apkopotie rādītāji.

33. tabulā apkopoto parametru noteikšanai lietotas šādas metodes un standarti:

- 1) pH noteikts ar WTW series Inolab (Vācija) pH-metru, atbilstīgi ISO 5546;
- 2) skābums (°T) noteikts, titrējot ar 0.1M NaOH, atbilstīgi ISO 660;
- 3) sausnas saturs paraugiem noteikts atbilstīgi LVS 249, izmantojot "Kruss" firmas refraktometru (Vācija);
- 4) laktozes saturs noteikts ar augstas izšķirtspējas šķidrums hromatogrāfu Prominence HPLC system Shimadzu LC 20 (Torrance, CA, ASV);
- 5) pienskābes saturs noteikts ar augstas izšķirtspējas šķidrums hromatogrāfu Prominence HPLC system Shimadzu LC 20 (Torrance, CA, ASV), kā arī pārrēķinu ceļā, pamatojoties uz vienādojumu:



- 6) slāpekļa savienojumi noteikti atbilstīgi ISO 8968-5, izmantojot Kjeltex™ (Foss, Dānija);
- 7) viskozitāte noteikta ar DV III Ultra Programmable Rheometer (Brookfield Engineering Laboratories, Inc., ASV) un datu apstrādes programmu Rheocalc V2.6;
- 8) krāsa noteikta ar krāsas analizatoru Color Tec-PCM L*a*b sistēmā.

33. tabula

Nosakāmie rādītāji pienskābes koncentrāta ražošanas procesā

Sūkalas	Tehnoloģiskā procesa laikā	Pienskābes koncentrātam
temperatūra, °C; skābums, °T; pH; blīvums, kg m ⁻³ ; svars, kg; sausnas saturs, %	temperatūra, °C; skābums, °T; pH; laktozes saturs, %; svars, kg; sausnas saturs, %	temperatūra, °C; skābums, °T; pH; viskozitāte, mPa s; slāpekļa savienojumu saturs, %; iznākums, kg; sausnas saturs, %; krasas intensitāte; pienskābes saturs, %.

Rezultāti

Darbā tika pētīta pienskābes koncentrāta ieguve no sūkalām, izmēģinājumi īstenoti ar siera sūkalām. Eksperimentam tika patērēti 25 kg sūkalu vienā reizē. Sūkalu, dzidrinātu sūkalu un koncentrētu sūkalu (sausnas saturam 30%) parametri apkopoti 34. tabulā.

²³ Fox, P.F. (2013) Advanced dairy chemistry. Volume 3: Lactose, water, salts and vitamins. 2nd ed.. Springer Science & Business Media, 536 p.

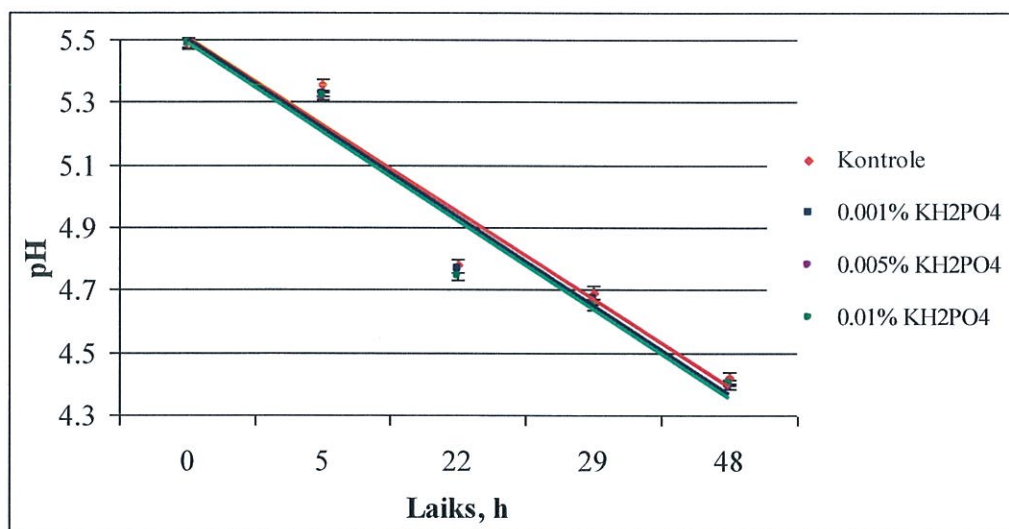
34. tabula

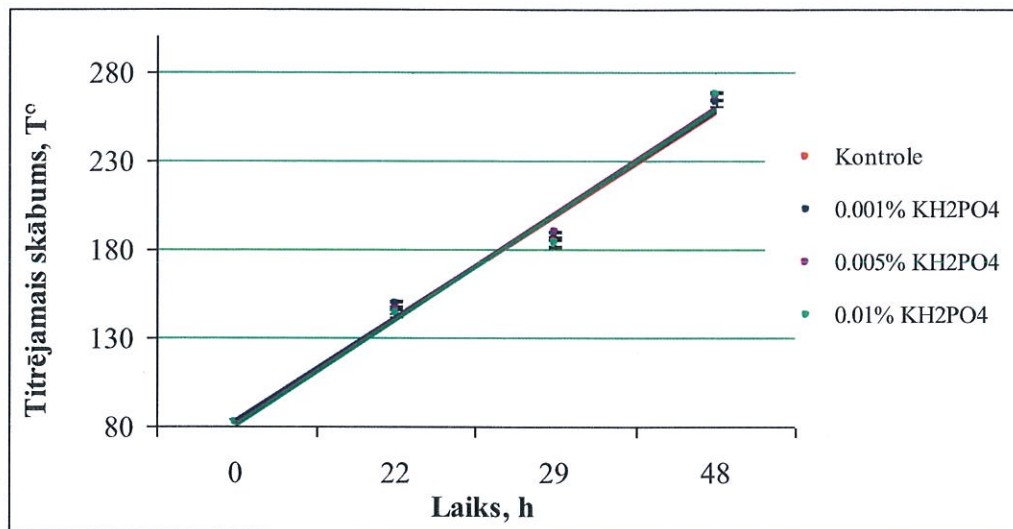
Sūkalu parametri

Rādītāji	Sūkalas	Dzidrinātas sūkalas	Koncentrētas dzidrinātas sūkalas
pH	6.18	6.10	5.42
Skābums, °T	12	14	82
Blīvums, kg m ⁻³	1023	1019	1056
Sausnas saturs, %	6.63	5.82	30.22
Masa, g	25000	21428	3571

pH izmaiņas sūkalu koncentrāta raudzēšanā

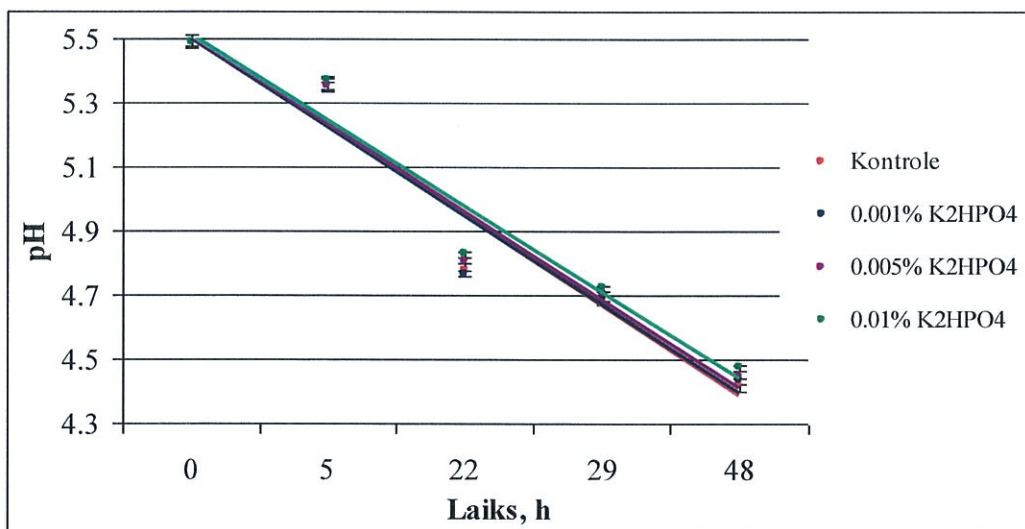
Raudzēšanas laikā tika noteiktas pH un titrējamā skābuma (°T) izmaiņas analizējamiem paraugiem raudzēšanas laikā, rezultāti apkopoti 12., 13., 14., 15., 16. un 17. attēlos.

12. attēls. pH izmaiņas paraugu raudzēšanas laikā KH₂PO₄ klātbūtnē



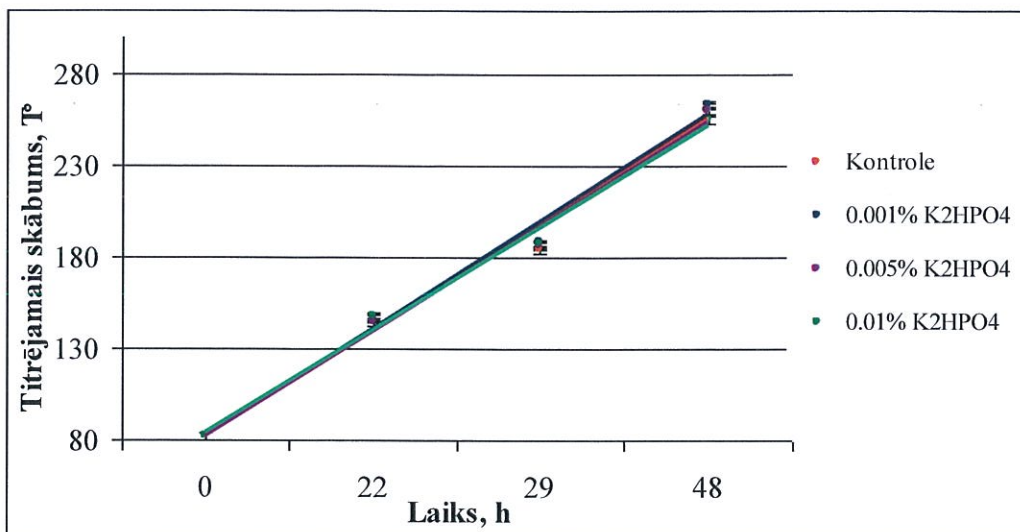
13. attēls. Titrējamā skābuma izmaiņas paraugu raudzēšanas laikā KH₂PO₄ klātbūtnē

legūtie rezultāti parādīja, ka KH₂PO₄ neietekmē skābuma izmaiņas paraugos. Citu zinātnieku publicētajos darbos ir norādes, ka kālijs ir kofaktors vairāku fermentu darbībai, tostarp nepieciešams olbaltumvielu sintēzei citoplazmā²⁴.



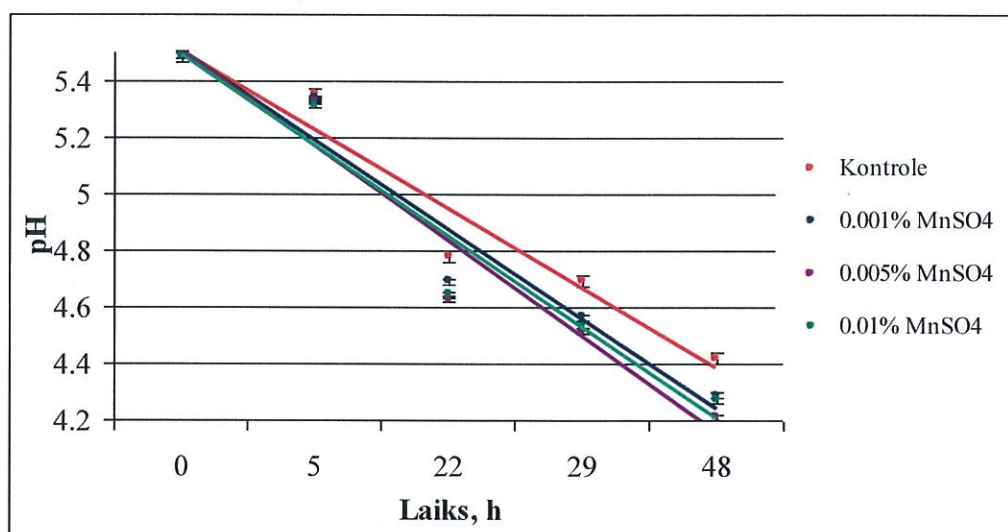
14. attēls. pH izmaiņas paraugu raudzēšanas laikā K₂HPO₄ klātbūtnē

²⁴ Rose, A.H. (2013) Chemical Microbiology. 2nd edit. Springer, New York, 312 p.

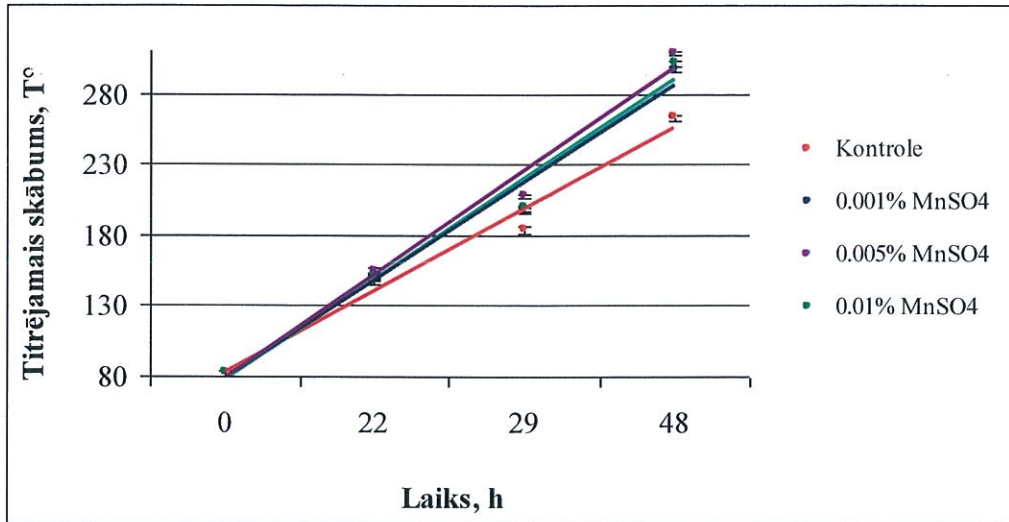


15. attēls. Titrējamā skābuma izmaiņas paraugu raudzēšanas laikā K₂HPO₄ klātbūtnē

Izteiktu atšķirību starp paraugiem nav. Turklāt skābums raudzēšanas beigās ir mazāks paraugiem ar 0.01% un 0.005% K₂HPO₄ koncentrāciju, kas norāda uz negatīvu ietekmi uz *Lactobacillus casei* vairošanos.

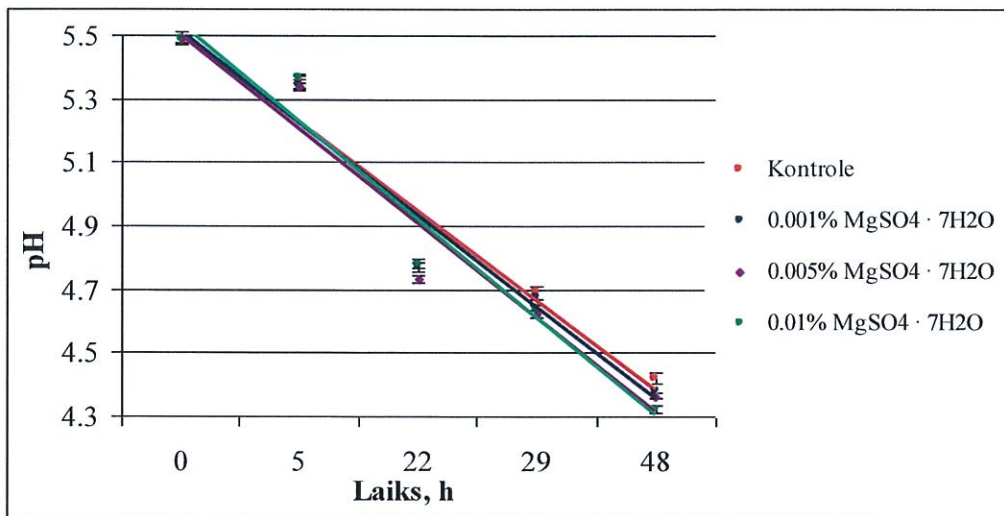


16. attēls. pH izmaiņas paraugu raudzēšanas laikā MnSO₄ klātbūtnē



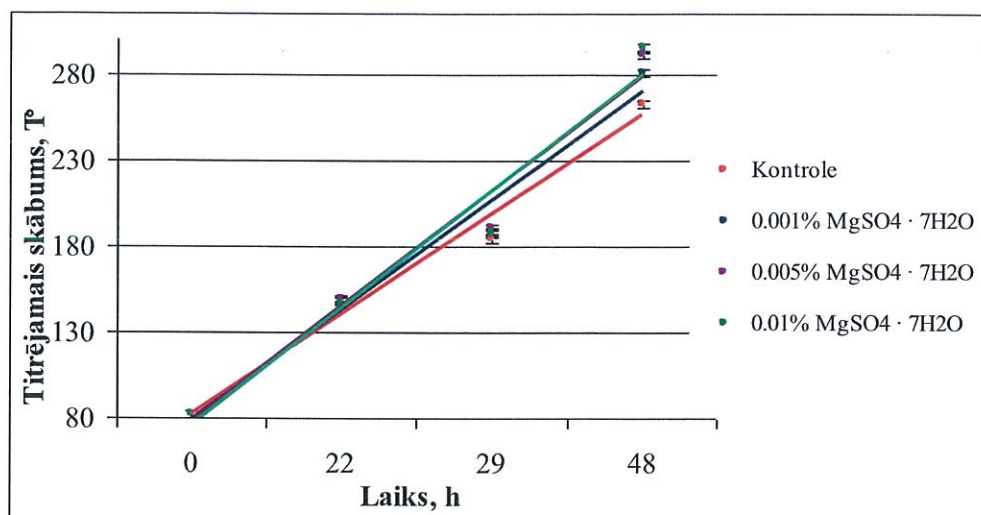
17. attēls. Titrējamā skābuma izmaiņas paraugu raudzēšanas laikā $MnSO_4$ klātbūtnē

Salīdzinot kontroles un eksperimentālos paraugus, konstatētas būtiskas atšķirības. $MnSO_4$ pozitīvi ietekmē raudzēšanas procesu, paraugi ar $MnSO_4$ raksturojas ar lielāku skābuma pieaugumu. Lielāko skābumu sasniedza paraugs ar 0.005% $MnSO_4$. Mangāns ir nepieciešams daudzās mikroorganismu fermentatīvās reakcijās, Mn^{2+} joni ir iesaistīti RNS polimerāzē, palielina fermentu darbības pH diapazonu. Šī atziņa ir ļoti būtiska sūkalu, īpaši biezpiena sūkalu raudzēšanā²⁵.



18. attēls. pH izmaiņas paraugu raudzēšanas laikā $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ klātbūtnē

²⁵ Gunsalus, I.C., Stanier, R.Y. (2013) The Bacteria. A treatise on structure and functions. Volume 4. The physiology of growth. Academic Press, New York, Elsevier, 474 p.



19. attēls. Titrējamā skābuma izmaiņas paraugu raudzēšanas laikā ar MgSO₄ · 7H₂O klātbūtnē

Salīdzinot kontroles paraugu ar pārējiem paraugiem, ir konstatētas būtiskas atšķirības. MgSO₄ · 7H₂O sāļu klātbūtnē paraugiem ir novērojams lielāks skābums raudzēšanas beigās. Ir novērojama līdzīga tendence pH, jo lielāka sāļu koncentrācija, jo mazāks pH. Mangāns sekmē baktēriju vairošanos, tā trūkums kavē šūnu dalīšanos un augšanu.

Iegūtie dati parādīja, ka lielāko skābumu sasniedz paraugi ar MnSO₄ dažādās koncentrācijās. Mangāna sāļu klātbūtnē palielinās laktozes izmantošana, līdzīgi arī magnija sāļu ietekmē. Iegūtie rezultāti ir īpaši jāattiecinā uz sūkalu minerālvielu sastāvu un saturu, tajās visvairāk ir kālijs, tāpēc pievienojot KH₂SO₄ un K₂H₂SO₄ pozitīvus rezultātus iegūt nevar. Sūkalas satur magniju, bet mangāna tajās praktiski nav. Šī atziņa ir skaidrojums skābuma pieauguma dinamikai (straujākai) mangāna jonu klātbūtnē. Arī magnija joni ir gan kazeīna sastāvā, gan šķīstošu sāļu veidā ūdenī. Magnija sadalījums starp pamatproduktiem (biezpiens un siers) un sūkalām norāda, ka mazais magnija saturs sūkalās nav pietiekams raudzēšanas procesa intensificēšanai. Lielāku pienskābes koncentrāciju var panākt, pievienojot tieši mangāna un magnija jonus.

Pienskābes koncentrāta kvalitātes vērtējums

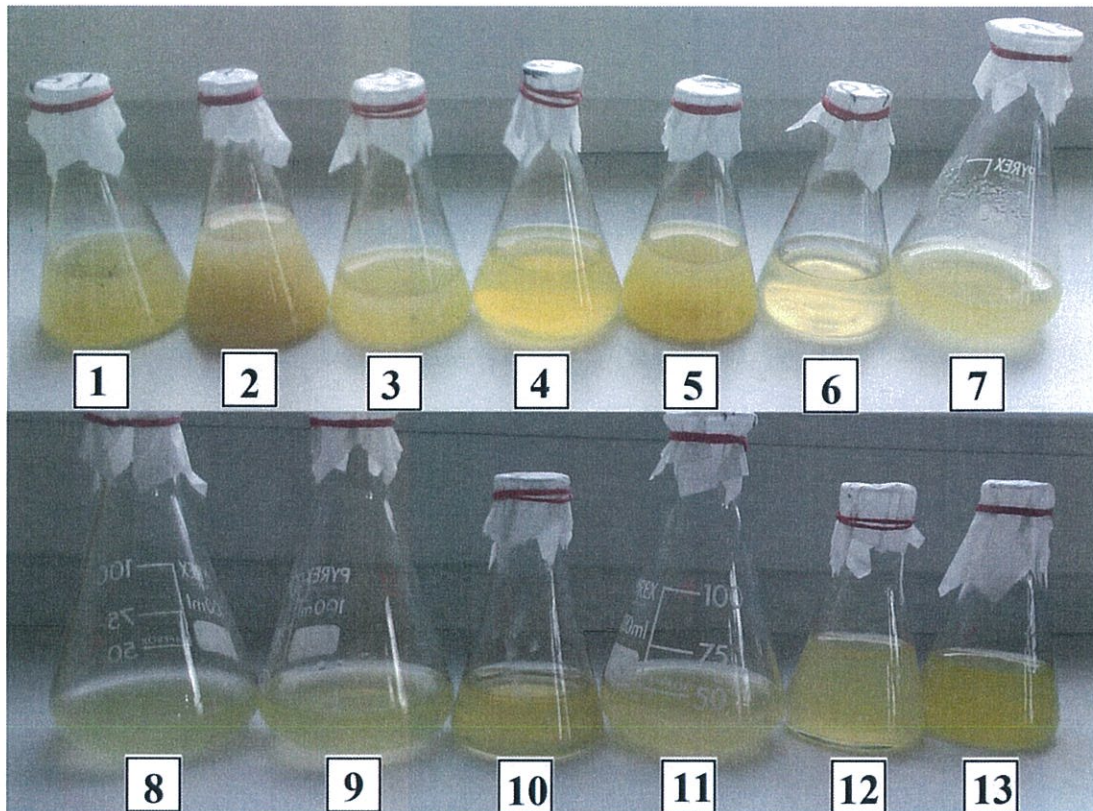
Raudzēšanas procesa beigās tika analizēta iegūtā pienskābes koncentrāta kvalitāte, sastāvs un fizikālie rādītāji. Iegūtie lielumi apkopoti 35. tabulā.

35. tabula

Pienskābes koncentrāta sastāva un kvalitātes analīze

Paraugi	Laktozes saturs, g L ⁻¹	Slāpekļa savienojumi, %	Viskozitāte, mPa s	Sausnas saturs, %	pH	σT	Pienskābes saturs, %
Kontrole	216	n.k.	3.15	20.10	4.44	215	1.60
Paraugs ar KH ₂ PO ₄ :							
0.001%	214	1.37	3.55	20.51	4.44	214	1.61
0.005%	214	0.91	3.30	20.50	4.44	214	1.63
0.01%	218	n.k.	3.20	19.52	4.44	218	1.63
Paraugs ar K ₂ HPO ₄ :							
0.001%	212	0.5	3.30	20.48	4.44	215	1.60
0.005%	216	n.k.	3.10	19.20	4.45	210	1.58
0.01%	217	n.k.	3.15	19.30	4.47	205	1.52
Paraugs ar MnSO ₄ :							
0.001%	209	n.k.	3.15	19.20	4.35	240	1.90
0.005%	208	n.k.	3.00	19.00	4.32	241	2.02
0.01%	210	n.k.	3.15	19.13	4.34	232	1.98
Paraugs ar MgSO ₄ ·7H ₂ O:							
0.001%	209	n.k.	3.18	19.40	4.43	218	1.80
0.005%	206	n.k.	3.00	19.49	4.38	220	1.85
0.01%	205	n.k.	3.07	19.72	4.36	228	1.88

n.k. – nav konstatēts

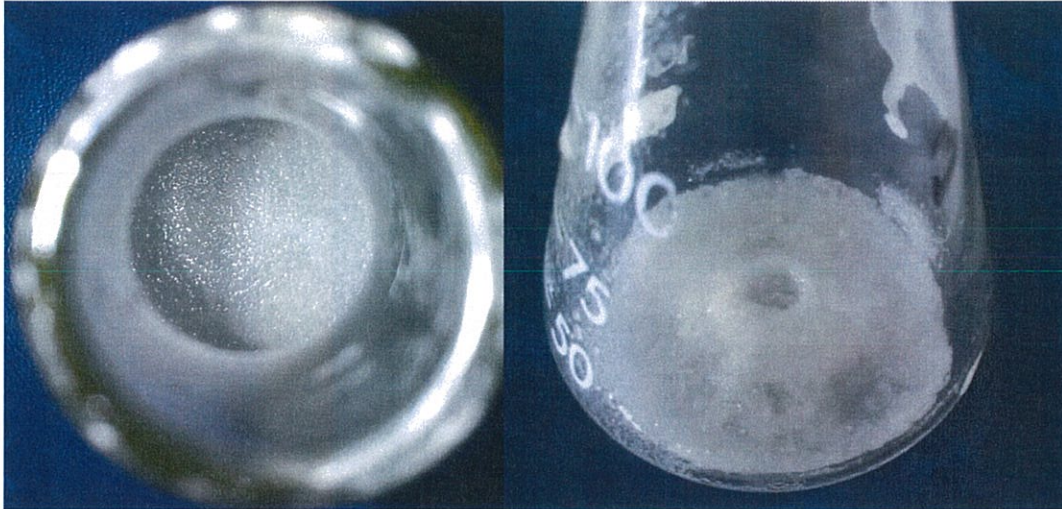


20. attēls. Pienskābes koncentrāti

1 - kontrole; 2 - 0.001% KH_2PO_4 ; 3 - 0.005% KH_2PO_4 ; 4 - 0.01% KH_2PO_4 ; 5 - 0.001% K_2HPO_4 ; 6 - 0.005% K_2HPO_4 ; 7 - 0.01% K_2HPO_4 ; 8 - 0.001% MnSO_4 ; 9 - 0.005% MnSO_4 ; 10 - 0.01% MnSO_4 ; 11 - $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; 12 - 0.005% $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; 13 - 0.01% $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.

Pienskābes koncentrāta iznākuma kalkulācija

Uzglabājot pienskābes koncentrātu 4°C, izkrīt laktozes kristāli. Laktozes kristalizācija noris, ja laktozes koncentrācija šķīdumā pārsniedz tās šķīdību. Laktoze šķīst, ja tās koncentrācija ir līdz 20 g 100 mL ūdens, ja lielāka, kristalizējas un izkrīt nogulsnes. Kristāli ir jāatdala, lai iegūtu dzidru produktu.



21. attēls. Laktozes kristāli.

Pienskābes koncentrāta ražošanas laikā tika vērtēts arī procesa ekonomiskais izdevīgums, nosakot, cik daudz var iegūt pienskābes koncentrātu no dažāda veida sūkalām, t.sk. ultrafiltrāta.

36. tabula

Pienskābes koncentrāta iznākums no siera sūkalām

Produkti	Daudzums, g
Sūkalas, iegūstamie produkti:	25 000.00
✓ olbaltumvielas;	3571.42
✓ ūdens;	17 856.12
✓ kristalizētā laktoze, t.sk. citi savienojumi atdalīti filtrēšanas laikā;	1722.02
✓ pienskābes koncentrāts	1850.41

25 kg siera sūkalu var iegūt 1.85 kg pienskābes koncentrātu.

37. tabula

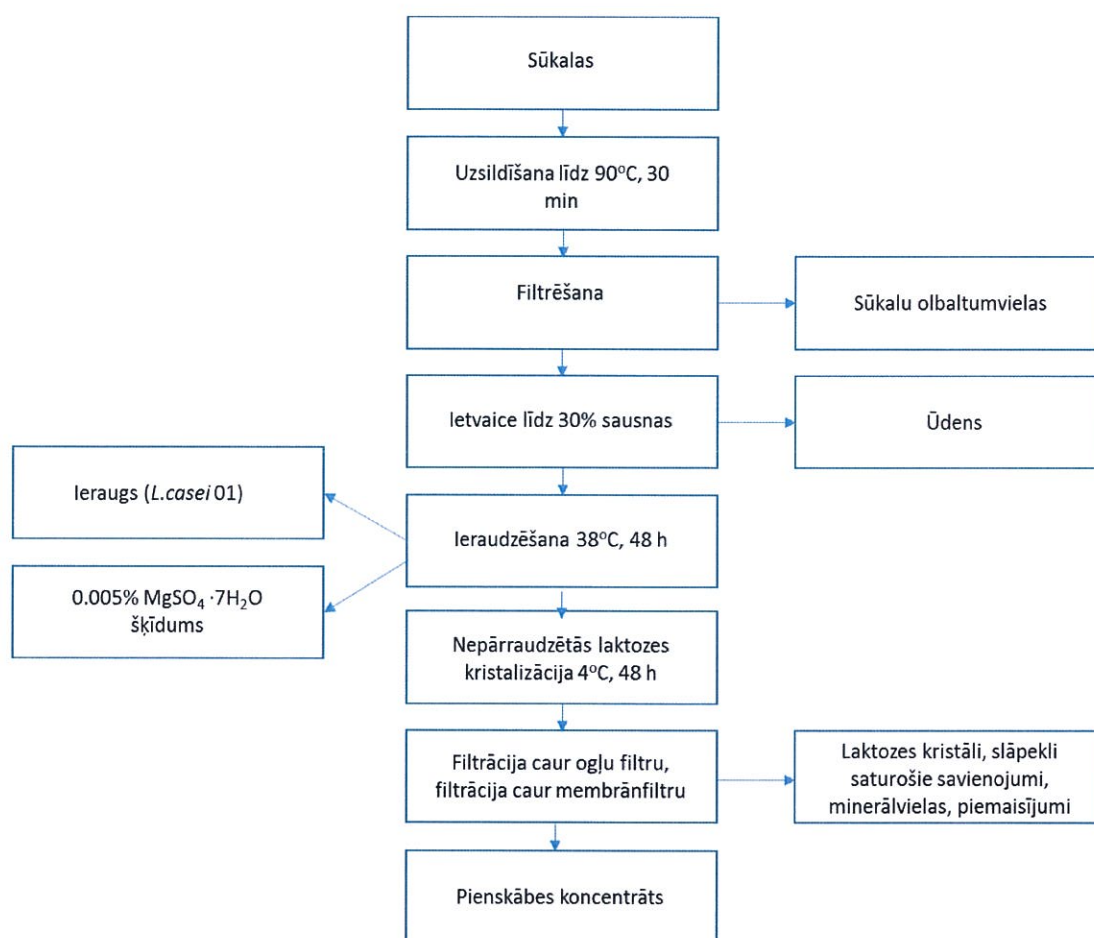
Pienskābes koncentrāta iznākums no biežpiena ultrafiltrāta

Produkti	Daudzums, g
Ultrafiltrāts, iegūstamie produkti:	25 000.00
✓ ūdens;	20 832.13
✓ kristalizētā laktoze, t.sk. citi savienojumi atdalīti filtrēšanas laikā;	2009.05
✓ pienskābes koncentrāts	2158.80

25 kg ultrafiltrāta var iegūt 2.15 kg pienskābes koncentrātu.

Sūkalas iebiezinot un saraudzējot ar *L.casei* 01 ieraugu iegūst produktu ar līdz 250°T lielu skābumu. Pateicoties pienskābes koncentrācijai, šādu produktu var izmantot kā lētāku produktu pienskābes un askorbīnskābes aizvietošanai piena produktos, augļu un ogu dzērienos, konditorejas izstrādājumos un citos produktos kā skābuma regulētāju, garšas pastiprinātāju, emulgatoru un konservantu. Var izmantot skābbarības un skābsiena ražošanai, tieši konservēšanas nolūkiem.

Ieteicamā pienskābes koncentrāta ražošanas tehnoloģija ir parādīta 22. attēlā.



22. attēls. Pienskābes koncentrāta ieguves tehnoloģija no sūkalām/ultrafiltrāta.

Secinājumi

1. Pienskābes koncentrāta ieguvei piemērotāki ir magnija un mangāna sāļi, augstākus rezultātus uzrādīja $MnSO_4$ pievienots 0.005% koncentrācijā.
2. Ultrafiltrāts ir perspektīvāks laktozes koncentrāta ieguvei, salīdzinot ar tīrām sūkalām, jo nav nepieciešama olbaltumvielu izdalīšana, tās denaturējot.
3. Faktiskais olbaltumvielu saturs ultrafiltrātā ir paliels (16. tabula), pienskābes fermentācijai un iznākuma optimizācijai.

4. Sūkalu pārstrādes efektivitāti var kāpināt ar ekonomiski pamatotu produktu ražošanu, attīstot iespējas racionāli izmantot ne tikai sūkalu olbaltumvielas, bet arī filtrātu.

Sasniedzamo rezultātu kopsavilkums

Aktivitāte (plānotā)	Rezultāts (izpildīts)	Apraksts
Veikti pētījumi pienskābes ieguvei no biezpiena sūkalām un izstrādāta tehnoloģija barības piedevu ieguvei pilnvērtīgai dzīvnieku barošanas nodrošināšanai	✓	Izstrādāta pienskābes koncentrāta ieguves tehnoloģija no sūkalām ar iespējamo tā pielietojumu pārtikā un lopbarībā.
Veikti pētījumi propionskābes ieguvei no biezpiena sūkalām un izstrādāta tehnoloģija barības piedevu ieguvei pilnvērtīgai dzīvnieku barošanas nodrošināšanai	✓	Izstrādāta propionskābi saturošu fermentēti sūkalu ieguves tehnoloģija no biezpiena sūkalām/ultrafiltrāta ar iespējamo pielietojumu lopbarībā. Izstrāde aprobēta piena govju ganāmpulkam.
Izstrādāta tehnoloģijas pielāgošana ražošanas apstākļiem	✓	Pielāgota fermentētu sūkalu ražošanas tehnoloģija ražošanas apstākļiem
Sagatavota un iesniegta publicēšanai viena zinātniskā publikācija Web of Science vai SCOPUS (A vai B) datubāzēs iekļautos žurnālos vai konferenču rakstu krājumos	✓	1) K.Majore, I.Ciproviča. <i>Optimization of lactose hydrolysis by combining solids and β-galactosidase concentrations in whey permeates (Proceedings of the Latvian Academy of Sciences)</i> , pieņemta publicēšanai, tiks publicēta augustā/septembrī izdotajā krājumā. Žurnāls indeksēts SCOPUS datu bāzē. 2) J.Lakstiņa, L.Vanaga, I.Āboltiņa, I.Ciproviča, J.Zagorsla, D.Jonkus, I.Cinkmanis. <i>Novel solution for acid whey permeate</i>

		<i>application in animal feeding (Rural Sustainability Research),</i> iesniegta publicēšanai. Žurnāls indeksēts SCOPUS datu bāzē.
Sagatavota populārzinātniskā publikācija par veikto pētījumu, sasniegtajiem rezultātiem nozares informatīvajā izdevumā	✓	Jauni risinājumi piena produktu un to pārstrādes blakusproduktu ražošanā. Saimnieks, 1, 2020, 62-64 lpp.
Sniegta prezentācija zinātniskajā konferencē	✓	Konference "Eiropas inovāciju partnerības darba grupu projekti Latvijā" (Ozolnieki, LLKC) 2018. gada 31. oktobrī: 1) I.Ciprova. <i>Jauni risinājumi piena produktu un to pārstrādes blakusproduktu ražošanā.</i> Projektā bija plānots sniegt ziņojumu zinātniskajā konferencē (4. posms), tika izvēlēta 14. starptautiskā Baltijas pārtikas zinātnes un tehnoloģijas konference (š.g. 4.-6. maijs, Tallina, Igaunija). Pandēmijas pasākumu ierobežošanas dēļ, organizatori plānoto pasākumu pārcēla uz 2020. gada 24.-26. augustu. Savukārt ar 2020. gada 6. maijā lēmumu pasākumu atkārtoti pārcēla uz 2021. gada 3.-5. maiju.
Organizēts seminārs par pētījuma rezultātiem	✓	Ulbroka, 21.08.2020.
Sagatavots metodiskais materiāls par laktozes fermentācijas procesā iegūto organisko skābju izmantošanu un lietošanu dzīvnieku barībā	✓	Metodiskais materiāls "Laktozes fermentācijas procesā iegūtās propionskābes izmantošana dzīvnieku barībā", Jelgava: LLU, 2020. – 14 lpp (pdf).