



NACIONĀLAIS
ATTĪSTĪBAS
PLĀNS 2020



EIROPAS SAVIENĪBA
EIROPA INVESTĒ LAUKU APVIDOS
Eiropas Lauksaimniecības fonds
lauku attīstībai

Atbalsta Zemkopības ministrija un Lauku atbalsta dienests

Projekts

**“Pākšaugu izmantošanas potenciāls alternatīvu piena produktu
ražošanai”**

Nr. 22-00-A01612-000016
01.09.2022. g. – 30.06.2025. g

Tukums
2025

SATURS

1. Projekta mērķis un uzdevumi.....	3
2. Projekta apraksts	4
2.1. Projekta aktualitāte	4
2.2. Projekta ilgtspēja	5
2.3. Projekta publicitāte	5
3. PROJEKTA REZULTĀTI UN SECINĀJUMI	8
3.1. Pākšaugu raksturojums	8
3.1.1. Latvijā pieejamo pākšaugu (zirņu, pupiņu) izvērtējums	8
3.1.2. Latvijā pieejamo pākšaugu (zirņu, lauka pupu) šķirņu, vides apstākļu un audzēšanas tehnoloģijas ietekme uz ražu un kvalitāti	22
3.1.3. Lauka pupu šķirņu ražas un kvalitātes invertējums 2023 -2024. gadā	27
3.1.4. Zirņu audzēšana maisījumā ar miežiem	30
3.2. Izstrādāt piena produktu alternatīvas uz pākšaugu bāzes	33
3.2.1. Piena alternatīvas ražošanas un kvalitātes izvērtējums	33
3.2.2. Pākšaugu pirmapstrāde	44
3.3.3. Jogurta alternatīva ražošanā un kvalitātes izvērtējums	57
3.3.4. Siera alternatīvas ražošana un kvalitātes izvērtējums	75
3.3.5. Fermentētā krēma izstrādē un kvalitātes izvērtējums	82
3.3.6. Blakusproduktu izmantošana	97
LITERATŪRAS SARAKSTS	112

1 PROJEKTA MĒRĶIS UN UZDEVUMI

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

Projekta **mērķis** ir, analizējot Latvijas pākšaugu pieejamību, ražību, kvalitāti (ķīmisko sastāvu, uzturvērtību, piesārņojumu) un tehnoloģiskās īpašības, izstrādāt uz to bāzes dažādus piena produktu analogus, kas apmierinātu patērētāju pieprasījumu pēc alternatīviem produktiem ar sabalansētu uzturvērtību.

Projekta aktivitātes ir paredzētas vairākos virzienos, kas pozitīvi ietekmēs ne tikai projekta partnerus, bet arī palīdzēs attīstīt jaunas tehnoloģijas inovatīvu pārtikas produktu ražošanai, pārstrādāt pākšaugus ar olbaltumvielām bagātos uzturproduktos, uzlabos iesaistīto nozaru ražotāju finansiālos rādītājus, samazinās slāpekļa mēslojuma izlietojumu un to negatīvo ietekmi uz apkārtējo vidi, veicinās augsnes auglības palielināšanos, u.c.

Galvenās projekta aktivitātes:

1. Lauksaimniecībā pākšaugus izmanto augsnes ielabošanai, bagātinot to ar slāpekli. Pilnvērtīga šo pākšaugu izmantošana ir ierobežota pārstrādes iespēju dēļ.

2. Jaunas tehnoloģijas ļaus pilnveidot/attīstīt pākšaugu pārstrādi un radīt inovatīvus produktus, paplašinot sortimentu, apmierinot patērētāju (patērētāji ar dažādām veselības problēmām, vegāni, veģetārieši, u.c.) vajadzības pēc olbaltumvielu produktiem.

3. Pākšaugu pārstrāde pārtikas produktos ļaus dažādot lauksaimniecisko ražošanu. Pākšaugu iekļaušana augu sekā cels augsnes auglību, ļaus uzlabot vides ekoloģiju un samazināt slāpekļa mēslojuma nepieciešamību u.c.

Projekta realizācijas rezultātā tiek veicināta ilgtspējīga sadarbība lauksaimniecības produktu ražošanas un pārstrādes nozarēs un risinātas šo nozaru praktiskās vajadzības - lauksaimniecības produkcijas pievienotās vērtības radīšanai (1. problēma), izmantojot vietējās izejvielas ekonomiski dzīvotspējīgu lauksaimniecības ražošanas sistēmu attīstībai (2. problēma), ievērojot ilgtspējīgas attīstības principus (3. problēma).

Projekta izpildītāji:

- ✓ Vadošais partneris: A/S Tukuma piens (lauksaimniecības produkcijas pārstrādātājs). Kontaktpersona Jana Lakstiņa, jana@baltais.lv, +37129444301

Sadarbības partneri:

- ✓ Latvijas Biozinātņu un tehnoloģiju universitāte (Latvijas Lauksaimniecības universitāte). Kontaktpersona Jeļena Zagorska, jelena.zagorska@lbtu.lv
- ✓ APP “Agroresursu un ekonomikas institūts”. Kontaktpersona Aina Kokare, latvidan@apollo.lv
- ✓ Z/S “Zutiņi-1” (lauksaimniecības produkcijas primārais ražotājs). Kontaktpersona Santa Melķe, santamelke@inbox.lv
- ✓ Z/S “KOTIŅI” (lauksaimniecības produkcijas primārais ražotājs). Kontaktpersona Rolands Keišs, rolandskeiss@inbox.lv
- ✓ SIA “Saldus AGRO” (lauksaimniecības produkcijas primārais ražotājs). Kontaktpersona Ēriks Stašinskis, eriks.stasinskis@holding.lv
- ✓ Biedrība “Lauksaimniecības statūtsabiedrību asociācija”. Kontaktpersona Jānis Šolks, janissolks@inbox.lv

Projekta budžets: attiecināmās izmaksas 387 300 EUR, no kurām atbalsts 348 569,99 EUR

2 PROJEKTA APRAKSTS

2.1 Projekta aktualitāte

Projekta galvenā ideja ir pārstrādāt pākšaugus ar maksimālu lietderību un minimāliem uzturvielu zudumiem, veidojot piena produktiem alternatīvus izstrādājumus, kas ir bagāti ar augu valsts izcelsmes olbaltumvielām, šķiedrvielām un saliktiem ogļhidrātiem. Projekta rezultāti:

1) Latvijā pieejamo pākšaugu (zirņu, pupiņu) izvērtējums potenciālai izejvielai piena produktu alternatīvu ražošanā;

2) alternatīvo produktu (1.dzēriens, 2.jogurts, 3.svaigais siers, 4.blakusprodukts - citu produktu ražošanai) tehnoloģiju izstrāde un aprobēšana ražošanas apstākļos.

Produkti ir paredzēti ikvienam patērētājam, tostarp patērētājiem ar veselības problēmām (alerģijas, nepanesamības), vegāniem un veģetāriešiem, arī zaļās domāšanas dzīvesveida praktizētājiem.

Nepieciešamību pēc vietējiem, uz augu izcelsmes izejvielu bāzes ražotiem, produktiem nosaka augošais pieprasījums pēc specializētiem produktiem un arī virzība uz ES Zaļo kursu. Arvien vairāk patērētāju pasaulē, arī Latvijā izvēlas uzturā iekļaut uz augu izcelsmes izejvielu bāzes ražotus produktus, t.sk. no pākšaugiem iegūtus.

Pašlaik uz augu valsts izejvielu bāzes ražotie produkti (raudzēti, pienam un sviestam līdzīgi) tiek importēti, bet tos ir iespējams ražot arī Latvijā. Galvenokārt, produkti ir ražoti no auzām, griķiem, rīsiem, riekstiem, sojas. Bet ir trūkumi: izejvielas nav vietējas izcelsmes vai nav bagātas ar olbaltumvielām, bez tam patērētājiem ir bažas par ĢMO (soja).

Saskaņā ar AREI apkopoto informāciju Baltijas valstīs pākšaugu vidējā ražība ir ievērojami augstāka nekā, piemēram, pasaulē lielākajā ražotājvalstī Indijā. Latvijā zirņu un pupu ražība attiecīgi ir vidēji 2.4 un 3 t/ha, turpretī Indijā – vien 0.9 un 0.4 t/ha. Tas parāda, ka Baltijas valstīm ir labas iespējas saražot nepieciešamo izejvielu, palielinot sējumu platības, ja vien tiek nodrošinātas pārstrādes iespējas.

Latvijā pākšaugu pārstrādei un izmantošanai dzīvnieku valsts izcelsmes produktu aizstāšanai netiek veltīta pietiekami liela uzmanība, neskatoties uz to popularitāti pasaulē (7,21 kg uz iedzīvotāju gadā), Latvijā vidēji ir 2.83 kg uz vienu iedzīvotāju (Ķirse, 2017).

Jaunu augu valsts izcelsmes produktu attīstība paplašinās produktu klāstu un nodrošinās patērētājus ar iztrūkstošo produktu grupu, kas tiktu ražota no Latvijā iegūtām izejvielām un Latvijā.

Projekta rezultātā:

1. ir veikts Latvijā pieejamo pākšaugu (zirņu, pupiņu) izvērtējums;
2. izstrādāta un aprobēta ražošanas apstākļos alternatīvo produktu (dzēriens, jogurts, svaigais siers, pankūkas) tehnoloģija.

Projekta rezultātā uz pākšaugu bāzes izstrādātās produktu tehnoloģijas var uzlabot ekonomiskos rādītājus gan lauksaimniecības primāro ražotāju saimniecībās (taupot izdevumus slāpekļa mēslojumam), gan pārstrādes sektorā (palielinot pārtikas uzņēmuma ienākumus, ražojot specializētu produktu ar pievienoto vērtību).

Ekonomiskā ietekme – iekonomējot izdevumus, kas tiek lietoti mēslošanai, palielināsies ienākumi no pārdota pākšaugu apjoma un produktu ar pievienoto vērtību ražošanas. Tehnoloģijas ieviešana ražošanā radīs pārstrādes uzņēmumiem iespēju dažādot produktu piedāvājumu jau esošajos eksporta tirgos. Jaunu produktu ieviešana ļaus paaugstināt pārstrādes uzņēmumu ieņēmumus, bet bezatlikumu tehnoloģiju ieviešana nodrošinās augstu izejvielu izmantošanas efektivitāti un kāpinās produktivitāti.

Ekoloģiskā – samazinot negatīvo ietekmi uz apkārtējo vidi, nodrošinot bezatkritumu pārstrādi, aprobējot to ražošanā. Turklāt produktu izstrādei ir daudzpusīga pozitīva ietekme uz lauksaimniecības nozari, audzējot pākšaugus un nodrošinot to pārstrādi, var veicināt pākšaugu īpatsvara pieaugumu augsekā, kas sekmes augsnes nodrošinājumu ar (50–370 kg ha⁻¹) slāpekli.

Projekts atbilst pasākuma mērķim, jo tiek veicināta ilgtspējīga sadarbība lauksaimniecības produktu ražošanas un pārstrādes nozarēs un risinātas šo nozaru praktiskās vajadzības - lauksaimniecības produkcijas pievienotās vērtības radīšanai, izmantojot vietējās izejvielas ekonomiski dzīvotspējīgu lauksaimniecības ražošanas sistēmu attīstībai, ievērojot ilgtspējīgas attīstības principus.

2.2 Projekta ilgtspēja

Projekta ilgtspēja un ekonomiskā dzīvotspēja projektā ir tiešā korelācijā ar būtiskāko problēmas risinājumu pārtikas pārstrādes nozarē – pilnvērtīgu izejvielu 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 – laukkopības nozare – iespēja paaugstināt pievienoto vērtību produktam, uzlabot produkcijas kvalitāti un pārdošanas apjomus, samazināt mēslošanas izmaksas u.c. un piena pārstrādes uzņēmumi – sortimenta paplašināšana un eksporta iespējas. Pievienotās vērtības radīšana lauksaimniecības produkcijai, izmantojot vietējās izejvielas.

Izstrādājot tehnoloģiju piena produktu alternatīvam, izmantojot vietējas izcelsmes izejvielas, pāversies iespēja būtiski paaugstināt pākšaugu pievienoto vērtību. Izejviela piena alternatīvu ražošanai ir vietējā izejviela.

2.3 Projekta publicitāte

Zinātniskās konferences:

1. V. Illarionova, J. Zagorska, I. Ciprovica, Z.Krūma, J. Feldmane (2025) Influence of fermentation process on quality of legumes spreads // 1st International Congress on Sustainable Food, Green Chemistry and Human Nutrition, Dubrovnik, Croatia 07.04.25-09.04.25. (stenda referāts).
2. V. Illarionova, J. Zagorska, L. Tomsone, I. Ciprovica, J. Feldmane (2024) Influence of fermentation patterns on aroma compounds in legume spreads // The 5th International Electronic Conference on Foods, e-conference, 28.10.24-.30.10.24. (stenda referāts).
3. V. Illarionova, L. Tomsone, J. Zagorska, Z.Kruma (2024) Effect of fermentation processes and starters on phenolic compounds in legume protein creams // The 5th International Electronic Conference on Foods, e-conference, 28.10.24-.30.10.24. (stenda referāts).
4. V. Illarionova, J. Zagorska, L. Tomsone, I. Ciprovica, J. Feldmane (2024) Influence of fermentation process on sensory and nutritional properties of legumes spread // 7th Baltic Conference on Food Science and Technology FOODBALT 2024 “SUSTAINABLE FOOD PRODUCTION – A CHALLENGE FOR THE WHOLE PRODUCTION CHAIN”, Tartu, Estonia 8.05.24.-10.05.24 (stenda referāts).
5. I.Orlovs, J.Zagorska, I.Ciprovica, J. Feldmane (2023) Legume proteins versus dairy proteins benefits and myths // IDF Dairy summit 2023, Chicago, ASV, 16.10.23-19.10.23. (stenda referāts).
6. A. Grava, R. Galoburda, J. Zagorska (2023) Potential of legumes in the development of plant-based yogurt // FoodBalt 2022: 15th Baltic conference on food science and technology “TRADITIONAL MEETS NON-TRADITIONAL IN FUTURE FOOD”, LBTU, Jelgava. May 11-12, 2023. (referāts).
7. V.Illarionova, J.Zagorska, A.Kokare, I.Ciprovica (2022) Pea application for milk alternative development // FoodBalt 2022: 15th Baltic conference on food science and technology “Food R&D in the Baltic and Beyond”, Kaunas University of Technology, Kaunas, Lithuania. 26.09.22.-27.09.22. (stenda referāts).

Starptautiskās izstādes:

1. J.Zagorska, I.Ciprovica (2024) “Pākšaugu krēma” degustācija izstādē „Rīga Food 2024”. Rīga, Latvija.
2. I.Orlovs, J.Zagorska, I.Ciprovica (2023) “Jogurta alternatīvas” degustācija izstādē „Rīga Food 2023”. Rīga, Latvija.

Projekta popularizēšana:

1. LBTU mājas lapā: <https://www.lbtu.lv/lv/projekti/apstiprinatie-projekti/2022/paksaugu-izmantosanas-potencials-alternativu-piena-produktu>
2. AS Tukuma piens mājas lapā: <https://baltais.lv/uznemums/kvalitate/>
3. Par projekta gaitu tika sagatavots sižets raidījumā “Soli priekšā”, TV24, Ai production Latvia YouTube kanālā - https://youtube.com/playlist?list=PLsTO7zYyZkc7j0PY-c_ry_05GHpIasPzQ&si=yBHqjPjBtr08tj18
4. A.Kokare “Zirņu šķirņu demonstrējums”, Pākšaugu izmantošanas potenciāls alternatīvu piena produktu ražošanai Nr.22-00-A01612-000016AREI, “Lauka diena” Priekuļos 4.07.2024

Ikgadējie zinātniski-praktiskie semināri:

1. I.Ciproviča, V. Illarionova, I.Bičurina, A.Grava, A. Kokare, J. Zagorska (2024) “Pākšaugu pielietošanas potenciāls alternatīviem piena produktiem” // Ražas svētki, Vecauce, Latvija 7.11.24. (referāts). https://www.lptf.lbtu.lv/sites/lptf/files/2024-11/Ciproviča-uc-Vecauce_2024.pdf
2. A. Kokare, L. Auziņa, T. Tomase (2024) “Ražas un proteīna izmaiņas zirņu šķirnēm integrētajā audzēšanas sistēmā” Zinātniski praktiskā konference “Līdzsvarota lauksaimniecība 2024”., Jelgava, 22.02 – 23.02.2024. (stenda referāts)
3. A.Kokare (2025) “Zirņu šķirņu produktivitātes izvērtējums mīstrā ar miežiem bioloģiskajā audzēšanas sistēmā”, Zinātniski-praktiskā konference “Līdzsvarota lauksaimniecība”, Jelgava, Latvija 20.02.25-21.02.25. (referāts) https://www.lptf.lbtu.lv/sites/lptf/files/files/lapas/Laukkopiba_programma_2025.pdf
4. V.Illarionova, J. Zagorska, I.Ciproviča (2024) “Zirņu proteīna koncentrāta izmantošana krēmsiera alternatīvas izstrādē” // Vebinārs “LBTU – dažādas pārtikas inovāciju un ilgtspējīgu risinājumu virzītājspēks ne vien zinātnieku un studentu, bet arī ražotāju vidū” Vidzemes inovāciju nedēļā, LBTU, Jelgavā, 27.02.24. (referāts) <https://innovation.vidzeme.lv/lv/pasakumi/2024-02-27/lbtu-dazadu-inovaciju-virzitajs-partika.html>
5. A.Kokare “Dažādu faktoru ietekme uz zirņu un lauka pupu ražu un kvalitāti”, Priekuļu Pētniecības centrā norisinājās Biedrības “Latvijas Zemnieku federācija” (LZF) un AREI rīkotais seminārs “Aktualitātes augkopības un ekonomikas zinātnēs”. 30.10.2024.
6. A.Kokare “Zirņu šķirņu demonstrējums”, Pākšaugu izmantošanas potenciāls alternatīvu piena produktu ražošanai Nr.22-00-A01612-000016AREI, Lauka diena Priekuļos 4.07.2024
7. A.Kokare “Dažādu vides faktoru ietekme uz zirņu ražu un kvalitāti”. SIA "Latvijas Lauku konsultāciju un izglītības centra" organizētajā seminārā vizītē AREI, Priekuļu pētniecības centrā, 13.06.2024
8. J.Baklanova, J.Zagorska (2025) "Sūkalu pielietojums pākšaugu krēma ražošanā" // Vebinārs “Pārtika un lauksaimniecība LBTU - piedāvājums uzdrīkstēties" Vidzemes inovāciju nedēļā, LBTU, Jelgavā, 28.02.2025. (referāts). <https://innovation.vidzeme.lv/lv/pasakumi/2025-02-28/partika-un-lauksaimnieciba-lbtu-piedavajums-uzdriksteties.html>
9. A.Kokare “Zirņu un lauka pupu šķirņu raža un kvalitāte”. Seminārs “Plaukstas lieluma pavasaris” AREI Priekuļu pētniecības centrā, 6.03.2025.

Zinātniskās publikācijas:

1. V. Illarionova, Z. Kruma, I. Ciproviča, L. Tomsone, J. Feldmane, J. Zagorska (2025). Impact of fermentation patterns on functional properties of legume-based spreads // LWT. Vol 228, 2025, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2025.118099>.
Tika sagatavotas un apstiprinātas publicēšanai publikācijas
2. “The study of pea pre-treatment effect on pea-based beverage quality”// J. Zagorska, I. Bicurina, Z. Kruma, I. Ciproviča, A. Kokare, J. Feldmane// Scopus datu bāzes žurnālā // Rural Sustainability Research.

3. “Evaluation of pea (*Pisum sativum* L.) varieties grown in Latvia for suitability in pea protein isolate production”// Aina Kokare, Inga Šarenkova // Scopus datu bāzes žurnālā // Rural Sustainability Research

Sagatavotas zinātniskās publikācijas iesniegšanai:

1. “Zirņu šķirņu raža un proteīna saturs integrētajā audzēšanas sistēmā” // A. Kokare, T. Tomase // Zinātniski praktiskās konferences rakstu krājums Līdzsvarota lauksaimniecība 2025

Populārzinātniskās publikācijas

1. J.Šolks. Pākšaugu izmantošanas potenciāls alternatīviem piena produktiem – izaicinājums un iespēja Latvijas ražotājiem, *Saimnieks LV* / 2025. gads (maijs)
<https://www.saimnieks.lv/raksts/paksaugu-izmantosanas-potencials-alternativiem-piena-produktiem-izaicinajums-un-iespeja-latvijas-razotajiem>
2. J.Šolks. Pākšaugu izmantošanas potenciāls alternatīviem piena produktiem – izaicinājums un iespēja Latvijas ražotājiem, *Latvijas lopkopis* (jūnijs)
1. A. Kokare, D. Piliksere. Vēsa un mitra vasara – gaidi zirņiem ražu, karsta un sausa – kvalitāti. *Agro Top* (jūnijs).

3 PROJEKTA REZULTĀTI UN SECINĀJUMI

3.1 Pākšaugu raksturojums

3.1.1 Latvijā pieejamo pākšaugu (zirņu, pupiņu) izvērtējums

PAMATOJUMS

Lauka zirņus var audzēt neatkarīgi no saimniekošanas sistēmas – konvencionāli, integrēti, bioloģiski, tomēr jāņem vērā katras audzēšanas sistēmas priekšrocības un trūkumi.

Lietuvā veiktu pētījumu rezultāti liecina, ka bioloģiskajā audzēšanas sistēmā zirņu ražas līmenis ir zemāks, salīdzinot ar konvencionālo, taču dažādas zirņu šķirnes uz audzēšanas sistēmu reaģē atšķirīgi. Tāpēc jaunu zirņu šķirņu selekcija ir svarīga ne tikai dažādiem reģioniem, bet arī dažādām audzēšanas sistēmām. Audzēšanas sistēma būtiski ietekmē arī lauka zirņu sēklu kvalitāti – olbaltumvielu un aminoskābju saturu (Kadžiulienė et al., 2025).

Katram augsnes apstrādes veidam – tradicionālā ar augsnes apvēršanu, minimālā augsnes apstrāde, tiešā sēja – arī ir savi plusi un mīnusi.

Lauku zirņus var audzēt bezaršanas vai tradicionālajā – ar augsnes apvēršanu sistēmā. Iegūtie ražas datu salīdzinājumi starp bezaršanas tehnoloģijām un tradicionālo ir pretrunīgi. Vienā gadījumā zirņus audzējot ar tradicionālo augsnes apstrādes sistēmu ir iegūta lielāka raža (Faligowska et al., 2022; Faligowska & Szukała 2011). Citos pētījumos, tieši otrādi labāki rezultāti ir ar reducēto (minimālo, tiešo sēju) audzēšanas tehnoloģiju. (Małecka-Jankowaik et al., 2016; Woźniak, 2013). Santín-Montanyá (2014) veiktajā pētījumā, kurā tika pārbaudīta augsnes apstrādes sistēmas ietekme uz zirņu ražu, netika konstatētas būtiskas atšķirības starp tradicionālo un reducēto augsnes apstrādes sistēmu. Lietuvā pētīta minimālās augsnes apstrādes un dažādu tās variantu ar papildu agrotehniskajiem paņēmieniem – sapropeļa iestrāde, sedzējauga zaļmēslojums, mulča – ietekme uz lauka zirņu sadīgšanu, augšanu un attīstību smilšmāla augsnē, salīdzinot to ar dziļaršanu (Velykis & Satkus, 2012). Iegūtie rezultāti bija neviennozīmīgi un atšķirās atkarībā no gada audzēšanas apstākļiem.

Šīs atšķirības starp pētījumiem, iespējams, izraisa vairāki faktori, piemēram, augsnes mikrobioloģiskās un augsnes fizikālās īpašības (Mathew et al., 2012; Dubova et al., 2016). Turklāt nokrišņu daudzumam un sadalījumam, visticamāk, būs milzīga ietekme uz zirņu sēklu ražu, sevišķi ziedēšanas un zirņu pākšu attīstības laikā (Małecka-Jankowaik et al., 2016; Bueckert et al., 2015; Grabowska & Banaszkiewicz, 2009).

Dažādās augsnes apstrādes sistēmās novāktajās sēklās bija līdzīgs olbaltumvielu saturs (Faligowska et al., 2022). Līdzīgu olbaltumvielu saturu zirņu sēklās ir ziņojuši arī citi autori (Małecka-Jankowaik et al., 2016; Siczek et al., 2020)

Augsnes apstrādes sistēma būtiski ietekmē zirņu no atmosfēras piesaistītā N daudzumu: 17.7% tradicionālajā augsnes apstrādes tehnikā, 37.9% reducētajā sistēmā un 50.2% tiešajā sējā (Faligowska et al., 2022). Tradicionālā augsnes apstrādes sistēma augsnē ievada ievērojamu daudzumu skābekļa, kas paātrina augsnes organisko vielu mineralizāciju, atbrīvojot slāpekļa minerālās formas, kas bremzē *Rhizobium* inficēšanās procesu, kavē gumiņu veidošanās procesu un samazina slāpekļa saistītspēju (Clayton et al., 2004; Voisin et al., 2002; Buttery & Gibson, 1990).

Bezaršanas vai minimālā augsnes apstrādes sistēma

Ieguvumi

Agri var uzsākt sēju,
Vienmērīgāks sēklu iestrādes dziļums, labāka lauka dīdžība
Bezaršanas tehnoloģija palielināja lauka dīdžību sausos gados salīdzinājumā ar tradicionālo (ar aršanu) praksi, bet samazināja pākšu skaitu, N saturu biomasā un olbaltumvielu koncentrāciju graudos mitros gados (Ahmad et al., 2013)

Trūkumi

Prasa papildu herbicīdu un fungicīdu lietošanu
Mitros vēsos pavasaros lauka dīdžība zemāka salīdzinot ar tradicionālo. To skaidro ar pazemināto augsnes temperatūra bezaršanas sējuma periodā, kad nokrišņu daudzums pārsniedz vidējo normu, kas, iespējams, varētu būt par iemeslu zemākai lauka dīdžībai (DeFelice et al., 2006; West et al., 1996).
Autori skaidro, ka saules stari nepieklūst augsnei un

Lokāli iestrādāt minerālmēslojumu (Lenssen et al., 2014, 2015)

Uzlabo augsnes struktūru, un mikrobioloģisko aktivitāti (Furtak, & Gajda (2018)

Uztur augsnē organisko vielu, ļauj saglabāt augsnē ūdens krājumus, samazina eroziju un mazāk CO₂ emisiju salīdzinājumā ar aršanu (Pearsons et al., 2022); Faligowska et al., 2022; Faligowska & Szukała 2011).

Enerģijas taupīšanā un mazākas izmaksas (Morris et al., 2010)

Ar rugāju augstuma maiņu graudaugiem:

Pētījumi parādījuši, ka augstāki rugāji pēc graudu novākšanas (30 cm) ļauj saglabāt augsnē mitrumu un tādējādi uzlabo zirņu lauka dīdzību (Aase & Siddoway, 1980; Huggins & Pan, 1991; Lenssen et al., 2018).

Atstājot garus rugājus var celt zirņos izturību pret veldrēšanu. <https://www.seed.ab.ca/keep-those-peas-standing/>

Uzlabo augsnes ūdens saistītspēju, īpaši sausos periodos (Lafond et al., 2006; Ruisi et al., 2012).

Neļauj iztvaikot mitrumam no augsnes karstā laikā (Lenssen et al., 2011)

Ierobežo nezāļu un kaitēkļu izplatību, ja uz augsnes tiek atstāti salmi, rugāji, kas darbojas kā mulča (Entz et al., 2002; Strydhorst et al., 2008; Lenssen et al., 2014, 2015)

Ieguvumi – augstāka raža

Reducētā augsnes apstrādes sistēma palielina augsnes bioloģisko aktivitāti vidēji par 15–40 % salīdzinājumā ar tradicionālo augsnes apstrādes sistēmu (Gajda et al., 2013; Małecka-Jankowiak et al., 2016).

līdz ar to augsne žūst un sasilst lēnāk, salīdzinot ar tehnoloģiju, kur augsne tiek apvērsta.

Tradicionālā augsnes apstrādes sistēma ar augsnes apvēršanu

Ieguvumi

Labāk var ierobežot nezāles un slimības (Strydhorst et al., 2008; Lenssen et al., 2014, 2015)

Mitros pavasaros ir priekšrocības, salīdzinot ar reducēto augsnes apstrādi, ātrāk iztvaiko liekais mitrums, labāk iesilst, augstāka lauka dīdzība. Jāizvairās no pārmērīgas un intensīvas augsnes apstrādes pavasarī, lai izvairītos no sēklas gultnes izžūšanas (Małecka-Jankowiak et al., 2016).

Trūkumi

Tradicionālās augsnes apstrādes sistēmas gadījumā neliels daudzums augu atlieku pārvēršas mikrobu masā, jo augsnes apstrāde palielina CO₂ emisiju no augsnes, kas būtiski traucē un palēnina mikrobu aktivitāti (Małecka-Jankowiak et al., 2016)

Lauka zirņu audzēšanā pielietot augu maiņu, izvēlēties zirņiem piemērotu priekšaugu. Izmēģinājumos uz māla augsnēm Kanādā tika pētītas vairākas augsekas lauka zirņu audzēšanai un secināts, ka, kombinējot ar atbilstošu integrētās augu audzēšanas praksi, zirņus var stādīt divu-gadu augmaiņā ar vasaras kviešiem, iegūstot par 25% augstāku ražu, nekā zirņu bezmaiņas sējumā (Lafond et al., 2011). Pētījumu rezultāti ASV liecināja, ka no augseka var ietekmēt zirņu augu pākšu skaitu, augu garumu, sēklu ražu, N uzņemšanas efektivitāti (Sainju et al., 2019).

Pirms lauka zirņu sējas vai sējas laikā iestrādāt augsnē atbilstošu pamatmēslojuma devu (N mēslojums un citi barības elementi: P, K, S). Izsvērt papildmēslojuma nepieciešamību – vai ieguldījums dos sagaidāmo efektu un ekonomiski atmaksāsies. Ja ir aizdomas, ka gumiņu veidošanās var nenotikt kā nākas, līdz 6 nedēļām pēc sējas (zirņiem 9.-12. mezgls vai 7-10 lapas) var lietot slāpekļa papildmēslojumu, lai glābtu ražu. Slāpekļa papildmēslojumu lietojot vēlāk, ir augstāks risks pārāk lielai veģetatīvajai augšanai, mazam pākšu skaitam un novēlotai gatavībai. Lai slāpekļa papildmēslojums iedarbotos, nepieciešams lietot vai laistīšana, – ūdens pārvieto slāpekli augsnē, kur to var uzņemt augi. Kaut arī

slāpekļa pamatmēslojums vai papildmēslojums šķietami uzlabo augu agro augšanu, ražas ieguvums var nekompensēt slāpekļa izmaksas.

Pākšaugi iegūst slāpekli no augsnes vai N-fiksācijas ceļā. N-fiksāciju veic *Rhizobia* baktērijas pākšaugu sakņu gumiņos. Izvēles gadījumā pākšaugi galvenokārt uzņems pieejamo slāpekli no augsnes, nevis sadarbojoties ar *Rhizobia* baktērijām. Pākšaugu simbiotiskās attiecības ar *Rhizobia* baktērijām ir vairāk enerģiju jeb oglekli patērējošas, nekā uzņemot slāpekli no augsnes. Lielākā daļa augšņu jau satur kādu daudzumu N-fiksējošās *Rhizobia* baktērijas, tomēr pākšaugu sugai specifisks *Rhizobia* inokulants nodrošinās visefektīvāko N-fiksāciju.

Bez slāpekļa pākšaugu augšanai un attīstībai nepieciešamas arī citas barības vielas. Optimāla visu barības vielu pieejamība var uzlabot gan N-fiksāciju, gan paaugstināt ražu. Piemēram, slāpekļa uzņemšanai un proteīna ražošanai nozīmīgs ir sērs. Sēru šķidrā formā vai granulētā formā var lietot zirņu sējas laikā. Taču elementāro sēru var uzkrāt augsnē arī vienu vai divus augu maiņas ciklus pirms zirņu cikla (izņemot skābās augsnēs, jo elementārais sērs pazemina augsnes reakciju pH). Savukārt fosfors un kālijs ir nozīmīgi N-fiksācijai un jānodrošina, balstoties uz augsnes analīzēm. Ja augsnes analīžu rezultāti uzrāda nepieciešamību pēc augstākas fosfora devas, jālieto papildu nepieciešamo fosfora devu pie sējas vai jāpaaugstina fosfora daudzumu augsnē ar priekšaugu. Papildu kālijs parasti ir jādod rupjākas tekstūras augsnēs vai augmaiņās, no kurām tiek aizvākta biomasa.

Audzēšanai izvēlēties reģionam piemērotu lauka zirņu šķirni. Piemēram, Lietuvā selekcionētās jaunās lauka zirņu šķirnes – ‘Lina DS’, ‘Egle DS’, ‘Ieva DS’ un ‘Jura DS’ – audzētas nemorālā klimata zonā sasniedza augstāku ražas līmeni, salīdzinot ar ilggadīgo standarta šķirni ‘Ingrid’ (Kadžiulienē et al., 2025).

Lietot lauka zirņiem un audzēšanas apstākļiem atbilstošu inokulantu. Sēklu apstrādei lietojamie kūdras-pulverveida vai šķidrie inokulanti ir lētāki, taču to pareiza lietošana ir sarežģītāka, nekā apstrādājot augsni ar kūdras granulā inokulantu. Pētījumos ASV tika salīdzināti dažādi inokulantu veidi. Īpaši pie sausiem augšanas apstākļiem, lietojot granulēto inokulantu, ieguva augstāku olbaltumvielu saturu sēklās, augstāku ražu laukos bez pākšaugu vēstures, augstāku olbaltumvielu saturu un ražu pie zema slāpekļa līmeņa augsnē, aktīvākus gumiņus, augstāku N-fiksāciju un augu biomasu skābās augsnēs, nekā, ja lietoja pulverveida inokulantu uz sēklām. Granulētais augsnes inokulants veicina *Rhizobia* baktēriju populāciju vienmērīgu izvietojanos uz pākšaugu mīkstsaknes un sānsaknēm, turpretī uz sēklām lietotais rezultējas gumiņos, kas izvietojas tuvu sakņu kaklam. Mīkstsaknes un sānsakņu gumiņi nodrošina labumu, kur augsnes virskārta var izzūst, vai augsnēs ar zemu pH ar zemām vietējām *Rhizobia* baktēriju populācijām. Var lietot abu veidu inokulantus, lai samazinātu inokulanta neizdošanās risku. Inokulants visefektīvākais ir laukos bez nesenās pākšaugu vēstures. Pētījums Kanādā atklāja, ka iespējamība būtiskā sēklu ražas pieaugumā no granulētā inokulanta bija atkarīga no augsnes nitrāta-N, pie tam atbildes reakcijas lielums bija augstāks pie zema augsnes nitrāta-N. Šajā pētījumā atklāja arī, ka inokulantam ir lielāka iespēja paaugstināt olbaltumvielu saturu zirņos pie zema augsnes nitrātu līmeņa pavasarī, un ļoti maz ticami paaugstināt olbaltumvielu saturu pie augsta nitrātu līmeņa pavasarī (Jones & Olson-Rutz, 2018).

Ievērot audzēšanas apstākļiem atbilstošu izejas normu. Optimālā lauka zirņu izejas norma atšķirsies atkarībā no tā, vai tos audzē konvencionāli vai bioloģiski, jo šo divu saimniecības sistēmu augu mēslošanas un kaitīgo organismu ierobežošanas prakses atšķiras. Piemēram, Kanādā, audzējot zirņus konvencionāli, rekomendētā mērķa augu biežība ir 88 augi uz kvadrātmetru, kamēr, audzējot bioloģiski, maksimālā ekonomiskā atdeve tika sasniegta pie 120 augiem uz kvadrātmetru (Baird et al., 2009).

Izvērtēt lauka zirņu audzēšanas saimniecībā ekonomiskos aspektus. Augsnēs ar zemu slāpekļa nodrošinājumu ražu un olbaltumvielu saturu sēklās var palielināt ar slāpekļa pamatmēslojumu vai inokulantu. Taču, lai arī zirņus ar augstāku olbaltumvielu saturu nereti var pārdot par augstāku cenu, ieguvums var nenosegt izmaksas. Tomēr, ja zirņu ražas lieluma vai tās kvalitātes neiegūšanas risks ir galvenokārt dēļ zema slāpekļa nodrošinājuma augsnē vai nepietiekamas gumiņu veidošanās vai aktivitātes, varbūt nav vērts skopoties ar inokulantu vai nelielu slāpekļa pamatmēslojuma devu. Piemēram, ņemot vērā, ka augsnes paskābināšanās Latvijā ir dabīgi noritējošs process, aramkārtas augsnes reakcijas pH analīze un granulētā inokulanta lietošana, ja augsnes pH < 6, var atmaksāties. No ekonomiskā viedokļa galvenie faktori, kas jāņem vērā pie inokulanta un pamatmēslojuma izvēles, ir: nitrātu līmenis augsnē pavasarī, lauka pākšaugu audzēšanas un inokulantu lietošanas vēsture, vai ūdens ir iespējamais ražu

limitējošais faktors, augšnes apstākļi, kas ierobežo gumiņu veidošanos un dabīgo *Rhizobium* baktēriju populāciju, kā arī, vai par augstāku olbaltumvielu saturu sēklās būs arī papildus samaksa (Jones & Olson-Rutz, 2018).

Barības vielu nodrošinājuma ietekme uz zirņu olbaltumvielu saturu

Zirņu olbaltumvielu tirgus izaugsmi veicina patērētāju priekšroka veģetāriem, ĢMO nesaturošiem un bezglutēna olbaltumvielu avotiem, kas zirņiem ir devis tirgus priekšrocības salīdzinājumā ar piena produktiem un sojas produktiem. Turklāt jaunās pārstrādes tehnoloģijas ir padarījušas zirņu olbaltumvielu ieguvu efektīvu un pieejamu.

Olbaltumvielu saturs ir atkarīgs no klimatiskajiem apstākļiem un audzēšanas prakses. Zirņus parasti sēj no aprīļa vidus līdz maija sākumam atkarībā no tā, kā laika apstākļi ļauj sagatavot augsni un uzsākt sēju. Jūlija mēnesis ļauj zirņiem veidot ražu un nobriest un šajā laikā uznākošais sausums vai tieši otrādi nokrišņi, ietekmēs ar olbaltumvielu veidošanos saistītos fizioloģiskos procesus zirņos. Audzēšanas prakse arī var ietekmēt olbaltumvielu veidošanos zirņu sēklās.

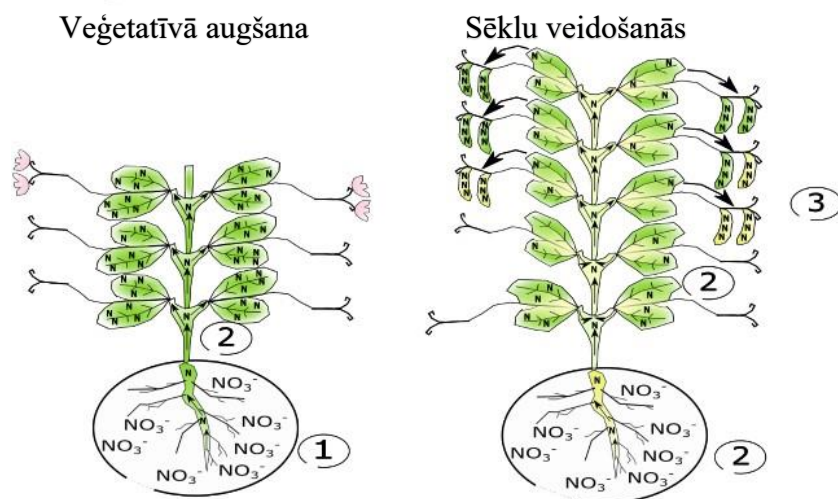
Piemēram, izpratne par to, kā olbaltumvielu daudzumu ietekmē dažādi mēslošanas līdzekļi, sēklu apstrāde ar *Rhizobium* baktērijām, kā arī mitrie vai sausie laika apstākļi augšanas periodā, varētu palīdzēt ražotājiem izvērtēt dažādu audzēšanas pasākumu nepieciešamību klimatiskās nenoteiktības apstākļos.

Šīs nodaļas mērķis ir:

- sniegt skaidrojumu par olbaltumvielu veidošanos zirņos dažādos mitruma nodrošinājuma un barības elementu deficīta apstākļos;
- sniegt informāciju par barības elementu ietekmi uz olbaltumvielu saturu zirņos.

Olbaltumvielu formēšanās sēklās

Olbaltumvielu saturs zirņos ir tieši saistīts ar slāpekļa (N) saturu sēklās — augsts N līmenis sēklās nozīmē augstu olbaltumvielu saturu. Augu līmenī olbaltumvielu saturs zirņos ir atkarīgs no N uzņemšanas augā un N pārvietošanu uz sēklām. Ideālos augšanas apstākļos — kad ūdens un barības vielas neierobežo zirņu augšanu — augsnē esošos nitrātus (NO_3^-) sākotnēji uzņem zirņu saknes un uzglabā dzinumos un lapās, līdz sāk pārstāties veidoties zirņi. Pākšu veidošanās laikā aptuveni 60% no dzinumos un lapās uzkrātā N tiek mobilizēti zirņu sēklās, savukārt aptuveni 50% no šajā laikā uzņemtā N pa tiešo nonāk sēklās (Schiltz et al., 2005). Galīgo N koncentrāciju sēklās nosaka sēklu skaits — jo mazāks sēklu skaits uz augu, jo N saturs sēklās ir koncentrētāks un olbaltumvielu saturs ir augstāks (1. att.).



1. att. Dažādas augšanas stadijas (zīmējums Bestwick et al., 2018)

Veģetatīvās augšanas laikā (attēls pa kreisi) augsnē esošos nitrātus (NO_3^-) saknes absorbē, tālāk pārvada un uzglabā kā N dzinumos un lapās (1-2). Pākšu veidošanās laikā (attēls pa labi) auga N, kas uzkrāts saknēs, dzinumos un lapās, tiek mobilizēts sēklās (2-3). Vairāk N, kas tiek mobilizēts sēklās, rada lielāku olbaltumvielu saturu. Tas nozīmē, ka augiem ar mazāku sēklu skaitu bieži vien ir lielāks olbaltumvielu saturs.

Augu ģenētikas (šķirne) atšķirības var ietekmēt olbaltumvielu saturu sēklās. Lhuiller-Soudele et al. (1999) norāda, ka ir šķirnes, kurām veidojās mazāk pākstis un sēklas, tomēr tām ir augsts olbaltumvielu

saturs sēklās. Līdzīgi ir šķirnes, kas efektīvāk pārvieto slāpekli no dzinumiem un lapām uz sēklām pākšu piepildīšanās laikā, un var veidot augstāku olbaltumvielu saturu salīdzinājumā ar mazāk efektīvām šķirnēm (Larmure un Munier-Jolain, 2004).

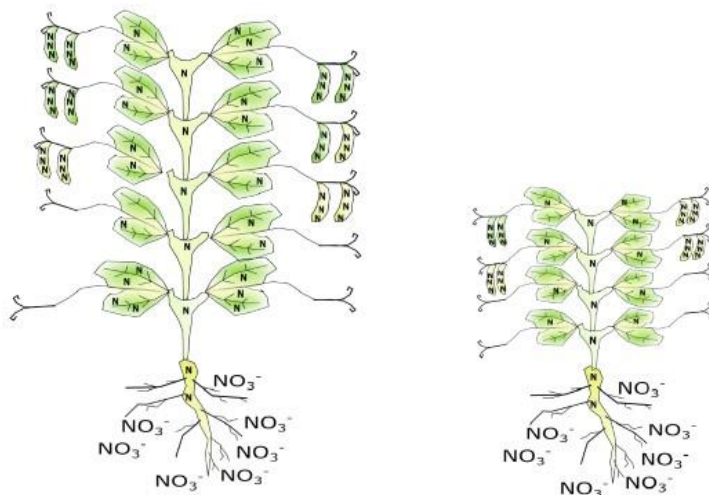
Zirņu sēklas pākstīs attīstās secīgi no zemākajiem līdz augstākajiem posmiem. Atsevišķu sēklu olbaltumvielu saturu var ietekmēt gan pākšu novietojums augā, gan arī šķirne. Atta et al. (2004) novēroja, ka atsevišķām šķirnēm olbaltumvielu saturs sēklās samazinājās no 29.8% pākstīs pie apakšējā posma līdz 24.9% augstākajā posmā. Autors zemāku olbaltumvielu daudzumu augšējās pākstīs saista uz mazāk efektīvu N uzņemšanu, uzkrāšanos un remobilizāciju sēklās augšējās pākstīs, salīdzinot ar laiku, kad sēklas attīstās apakšējās pākstīs. Toties, citai šķirnei olbaltumvielu saturs sēklās saglabājās nemainīgs pie visiem posmiem esošajās pākstīs, ko autors skaidro ar nemainīgu N uzkrāšanos un remobilizāciju, kad sēklas attīstījās gan augšējās, gan apakšējās pākstīs vienlaicīgi, pateicoties labākai bioloģiskās N fiksācijas uzturēšanai pākšu attīstības laikā.

Lai gan šķirnei ir būtiska ietekme uz olbaltumvielu saturu sēklās, vides faktoriem var būt lielāka ietekme uz fizioloģiskajiem procesiem, kas ietekmē olbaltumvielu veidošanos sēklās (Bestwick et al., 2018; Tao et al., 2017). Sausuma stress pākšu attīstības laikā var samazināt sēklu skaitu, kas savukārt var ietekmēt galīgo slāpekļa koncentrāciju un līdz ar to olbaltumvielu saturu sēklās. Sausuma stress veģetatīvās augšanas periodā var apdraudēt slāpekļa fiksāciju agrākās augšanas stadijās (Marino et al., 2007), tādējādi un būtiski ierobežojot slāpekļa uzņemšanu zirņu augā. Ūdens, barības vielu, īpaši slāpekļa, stress vai abu šo faktoru kombinācija var ietekmēt olbaltumvielu saturu sēklās.

Sausuma ietekme uz olbaltumvielu veidošanos sēklās

Zirņiem sausuma stress pirms ziedēšanas samazina veģetatīvo biomasu. Samazināta veģetatīvā biomasā norāda uz mazāku uzkrātā N daudzumu stublājos un lapās, kas nozīmē mazāku iespēju, ka N tiks mobilizēts sēklās (Lhuiller-Soudele et al., 1999). Savukārt sausuma stress, kas rodas jebkurā kultūraugu cikla periodā, var samazināt sēklu skaitu (Guilioni et al., 2003), tādējādi palielinot olbaltumvielu daudzumu. Atkarībā no sausuma iestāšanās laika un smaguma pakāpes, iespējams, sausuma radītais stress var palielināt, samazināt vai neietekmēt zirņu proteīnu salīdzinājumā ar labu mitruma nodrošinājumu (2. att.).

Augs ar labu mitruma nodrošinājumu Augs sausuma stresa apstākļos



2. att. Sausuma stresa ietekme uz augu biomasu un sēklu skaitu (zīmējums Bestwick et al., 2018)

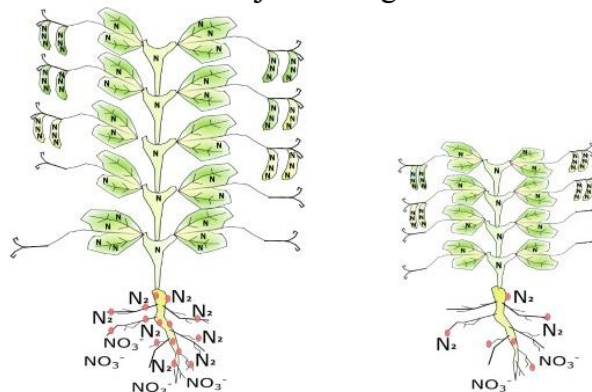
Salīdzinot augu ar labu mitrumu nodrošinājumu, sausuma stress augā samazina biomasu un sēklu skaitu. Mazāks biomasas daudzums var samazināt olbaltumvielu daudzumu, jo pāksts gatavošanās laikā sēklās tiks mobilizēts mazāks daudzums N. Turpretī mazāks sēklu daudzums var palielināt olbaltumvielu saturu uz vienu sēklu.

Slāpekļa nepietiekamība

Slāpekļa pieejamība ir cieši saistīta ar ūdens pieejamību. Tā kā zirņiem netiek izmantots slāpekļa mēslojums vai tiek izmantots neliels tā daudzums, slāpeklis kļūst augiem pieejams galvenokārt organisko vielu un kultūraugu atlieku sadalīšanās un slāpekļa fiksācijas ceļā.

Mitros un siltos augšanas apstākļos augsnes mikrobu aktivitāte, kas nepieciešama, lai sadalītu organiskajās vielās esošo slāpekli nitrātos, ko augi var uzņemt, ir augsta. Mitras (bet ne pārāk slapjas) augsnes nodrošina veselīgu vidi *Rhizobium* baktēriju populācijām, kas uztur gumiņu aktivitāti efektīvai slāpekļa fiksācijai. Turpretī organisko vielu sadalīšanās un N fiksācijas ātrums samazinās, ja augsne ir sausa vai vēsa. Tas nozīmē, ka mazāk N augiem būs pieejams sadalīšanās vai N fiksācijas ceļā gadā ar zemu nokrišņu daudzumu salīdzinājumā ar mitriem apstākļiem. Tomēr, galīgais olbaltumvielu daudzums ir atkarīgs no tā, cik lielā mērā sausums samazina arī augu biomasu un sēklu skaitu (3. att.).

Augs ar labu mitruma nodrošinājumu Augs sausuma stresa apstākļos



3. att. Sausuma stresa ietekme uz augsnē esošo nitrātu (NO_3^-) daudzumu (zīmējums Bestwick et al., 2018).

Salīdzinot augu ar labu mitruma nodrošinājumu, sausuma stress samazina augsnes nitrātu (NO_3^-) daudzumu, ko uzņem zirņu saknes, un atmosfēras slāpekļa (N_2) daudzumu, ko saista zirņu gumiņos (rozā aplī). Sausums samazina slāpekļa uzņemšanu no augsnes un tā uzkrāšanu auga veģetatīvajās daļās, līdz ar to sausuma stresa rezultātā samazinās sēklu skaits, bet var palielināties olbaltumvielu daudzums tajās.

N mēslošanas līdzekļu pielietošana zirņiem ietver dažādu N devu piemērošanu, inokulantu (sēklu apstrāde) ar *Rhizobium* baktērijām izmantošanu.

Kanādā veiktie pētījumi liecina, ka olbaltumvielu daudzumu var palielināt, lietojot augstas N devas, neatkarīgi no mitriem vai sausiem augšanas apstākļiem (Holl and Vose, 1980). Tomēr augstas N mēslošanas devas nav praktiskas. Slāpekļa mēslojums ir viena no lielākajām izejvielu izmaksām kultūraugu ražošanā un ir maz ticams, ka palielināts zirņu olbaltumvielu daudzums kompensētu mēslojuma izmaksas, īpaši, ja zirņi tiek audzēti kā kultūraugs ar zemu izejvielu patēriņu barības vielu prasību ziņā. Sēklu apstrāde ar *Rhizobium* sugām var palielināt N fiksācijas potenciālu, tādējādi ievērojami samazināt vai pat izslēgt nepieciešamību pēc N mēslojuma (Bestwick et al., 2018). Šis pats autors norāda, ka, lai gan pākšaugi paši var piesaistīt slāpekli, ir vairāki iemesli, kāpēc N mēslojums zemās devās būtu jālieto. Gumiņu veidošanās procesam nepieciešami veseli augi. Ja augsnē ir maz nitrātu, gumiņu veidošanās process var apstāties un augi nespēj augt, lai barotu gumiņus, un gumiņi neveidojas, līdz ar to tie nenodrošina slāpekli zirņu augšanai.

Sēklu apstrāde ar gumiņbaktērijām

Ir vairākas metodes, kas var uzlabot gumiņu veidošanos un N fiksāciju. Ir svarīgi sēklas apstrādāt augu sugai specifisku *Rhizobium* baktēriju preparātu. Šķīdrie un kūdras pulvera veidā uz sēklām lietotie inokulanti (baktēriju preparāti, ko lieto sēklu apstrādei) pirms lietošanas jāuzglabā vēsā un tumšā vietā. Granulētajos inokulantos labāk tiek aizsargātas *Rhizobium* baktērijas. Saskare ar mēslojumu vai fungicīdu var iznīcināt baktērijas vai mazināt to efektivitāti (Kutcher et al., 2002). Sausās sezonās bezaršanas tehnoloģijas, kas saglabā augsnes mitrumu, var uzlabot atmosfēras N fiksāciju.

Pietiekamu N nodrošinājumu var panākt, apstrādājot sēklas ar gumiņbaktēriju preparātiem. Tomēr nelielas N mēslojuma devas var pasargāt augu no N trūkuma, nodrošinot tā labāku augšanu un līdz ar to plašāku sakņu sistēmas attīstību, kas veicina gumiņu veidošanos un labāku N fiksāciju. Ja gumiņi veidojas slikti, tad N papildmēslojums var būt noderīgs, ja to lieto 7–11 lapu stadijā (Bestwick et al., 2018).

Lielākā daļa pētījumu norāda uz N ietekmi uz olbaltumvielu saturu zirņos, taču, ir zināms, ka fosfors (P), sērs (S) un kālijs (K) ietekmē N fiksāciju un tādēļ varētu ietekmēt arī olbaltumvielu saturu sēklās.

Fosfors ietekmē N fiksāciju netieši. Augi, kuriem trūkst P, veido mazāku lapu virsmu un kopējo biomasu, kas savukārt samazina fotosintēzi. Samazināta fotosintēze ierobežo atmosfēras oglekļa ($\text{CO}_2\text{-C}$) daudzumu, ko zirņi asimilē. Tā kā zirņu gumiņos dzīvojošās *Rhizobium* baktērijas izmanto augu oglekli (C) kā enerģijas avotu N fiksācijai, P deficīts var samazināt N fiksāciju (Jakobsen, 1985). McKenzie et al. (2001) pētījumos ar P mēslojuma devām zirņos secināja, ka, lietojot P pavasarī, ja augsnē ir zems P līmenis, ir novērots neliels olbaltumvielu un ražas pieaugums.

Zems augsnes sulfātu (SO_4^{2-}) līmenis augsnē samazina gumiņu veidošanos uz zirņu saknēm, kas parasti noved pie vājākas atmosfēras N fiksācijas, kas savukārt var ietekmēt olbaltumvielu saturu sēklās (Bestwick et al., 2018). Autors savā pētījumā par S ietekmi uz zirņu kvalitāti norāda uz nelielu korelatīvo sakarību starp olbaltumvielu saturu zirņos un S nodrošinājumu mērena sausuma apstākļos.

Kālijs, līdzīgi kā P, ietekmē zirņu attīstību un atmosfēras N fiksāciju netieši. Bestwick et al. (2018) norāda, ka jāseko līdzi K saturam augu sekas laukos, kurās tiek novāktas no lauka pēcplaujas paliekas (zaļā masa, salmi).

Parastās pupiņas (*Phaseolus vulgaris* L.) ir nozīmīgs olbaltumvielu, ogļhidrātu, šķiedrvielu, kā arī noteiktu minerālvielu un vitamīnu avots cilvēku pārtikā. Pupiņas tiek uzskatītas par interesantu un lētu alternatīvu, lai iegūtu sastāvdaļas ar bioaktīvām īpašībām un izejvielas jaunu funkcionālo pārtikas produktu un uztura bagātinātāju izstrādei (Lunavital et al., 2015).

Starp pupiņām, kuru sēklas uzturā izmanto kaltētā veidā, parastās pupiņas globālā mērogā tiek kultivētas un patērētas visvairāk (Sathe, 2002). Parasti lielākā daļa kaltēto pupiņu satur 15–25% olbaltumvielu sausnā. Ūdenī šķīstošie albumīni un sāļi šķīstošie globulīni veido attiecīgi līdz 10–30% un 45–70% no kopējā olbaltumvielu daudzuma (Sathe, 2002). Pākšaugu patēriņš ir saistīts ar veselību veicinošu ietekmi, piemēram, zemāku sirds un asinsvadu slimību risku, 2. tipa cukura diabēta profilaksi, un palīdz regulēt holesterīna līmeni asinīs (Moreno-Valdespino et al., 2020).

Pārtikā izmanto gan nenogatavinātas pupiņu pākstis un sēklas, gan pilnībā nogatavojušās sēklas. Parastās pupiņas pieder pie *Fabaceae* dzimtas. Pākšaugi ir vērtīgi ar to spēju fiksēt atmosfēras slāpekli ar gumiņbaktēriju palīdzību un bagātināt ar to augsni (Rozhko et al., 2024).

Bioloģiskās īpatnības un prasības apkārtējai videi

Parasto pupiņu audzēšanu ierobežo biotiskie un abiotiskie stresa faktori. Parasto pupiņu audzēšanas reģionos, to audzēšanas laikā augi arvien vairāk tiek pakļauti pārmērīgi sausiem vai mitriem laikapstākļiem (Rozhko et al., 2024). Gaisa temperatūra ir viens no svarīgākajiem faktoriem, kas ietekmē pupiņu augšanu un attīstību. Pupiņu sēklas dīgst 10–12 °C temperatūrā. Pēc sadīgšanas augs nepanes pat nelielas salnas, tāpēc ir svarīgi ievērot sējas laiku. Optimālā temperatūra pupiņu augšanai un attīstībai ir 25–30 °C (Rozhko et al., 2024). Saskaņā ar zinātniskiem pētījumiem ir noteikts, ka augsta temperatūra pupiņu ziedēšanas laikā (vairāk nekā 30 °C) var izraisīt ražas samazināšanos par 20–30% ziedu skaita samazināšanās un augu augšanas un attīstības ātruma samazināšanās dēļ (Vitanov et al., 2020).

Pētījumos ir noskaidrots, ka ievērojamas temperatūras svārstības pupiņu veģetācijas periodā var saīsināt augu augšanas periodu, tādējādi negatīvi ietekmējot to produktivitāti (Vargas et al., 2021). Citi pētījumi ir parādījuši, ka mitruma trūkums sēklu veidošanās laikā ievērojami pasliktina sēklu kvalitāti, tostarp samazina produktivitāti.

Pupiņu graudu kvalitātes galveno komponentu analīze liecina, ka tādu vielu, kā, piemēram, oligosaharīdu, fenolu, olbaltumvielu un rezistentās cietes saturs, atšķiras atkarībā no pupiņu audzēšanas apstākļiem (Herrera et al., 2021). Augsnes auglība un tās spēja saglabāt mitrumu ir svarīgi faktori, kas nosaka pupiņu ražu. To apstiprina pētījumi, kuros noteikts, ka parasto pupiņu raža ir tieši saistīta ar augsnes ūdens bilanci (Ntukamazina et al., 2017). Tādējādi pupiņu augu augšanai un attīstībai optimālu apstākļu radīšanu, ņemot vērā to bioloģiskās īpašības, nosaka vides, augsnes un biotisko faktoru ietekme

(Graham & Ranalli, 1998; Mazur, et al., 2021). Vienlaikus zinātnieki ne mazāk svarīgu lomu kultūraugu ražas palielināšanā piešķir šķirņu izvēlei un audzēšanas tehnoloģijai (Sypliva et al., 2023).

Pupiņu audzēšanas tehnoloģija

Rozhko et al. (2024) norāda, ka svarīgākie pupiņu audzēšanas tehnoloģijas posmi ir: šķirņu izvēle, augsnes apstrāde, sēklu sagatavošana, sēja, augu kopšana, kaitēkļu un slimību ierobežošana, ražas novākšana, ražas apstrāde un sēklu uzglabāšana. Pupiņu šķirņu ražība ir atkarīga gan no augu izdzīvošanas veģetācijas periodā, gan no gada agroklimatiskajiem apstākļiem un šķirnes īpašībām (Olifirovych, S., & Olifirovych, V. (2020). Slimības un kaitēkļi būtiski ietekmē sēklu ražu un kvalitāti. Izplatītākās pupiņu slimībās ir: sakņu puve (*Radix putredo*), antraknoze (*Colletotrichum lindemuthianum*), plankumainība (*Angularis spotting*), pupiņu rūsa (*Rust*) un baltais pelējums (*Sclerotinia sclerotiorum*). Šīs slimības var samazināt ražu un pasliktināt sēklu kvalitāti, tāpēc ir nepieciešama to pastāvīga uzraudzība un efektīvu augu aizsardzības pasākumu ieviešana (Rozhko et al., 2024).

Kvalitatīvi un savlaicīgi apstrādājot augsni, pupiņām tiek radīti labvēlīgi apstākļi, lai uzkrātu un saglabātu mitrumu, kā arī, lai palīdzētu uzturēt augsni tīru no nezālēm. Galvenā augsnes apstrāde pupiņām, kā norāda Rozhko et al. (2024), ir aršana 20–22 cm dziļumā, bet nezāļainās vietās to pat iesaka padziļināt līdz 25–27 cm. Pavasarī veic ecēšanu. Pirmssējas periodā veic divas līdz trīs reizes augsnes kultivēšanu 10–12 cm dziļumā. Pēdējo kultivēšanu veic sēklu izvietojanas dziļumā dienu pirms sējas. Pētījumu rezultāti liecina, ka slāpekļa mēslojuma devu, kas pārsniedz 20–30 kg ha⁻¹, lietošana nomāc simbiotisko slāpekļa saistīšanu, bet aktivizē asociatīvo jeb nesimbiotisko slāpekļa fiksāciju (Gadzovskiy et al., 2020). To apstiprina citu autoru pētījumi, kuros pētīta bioloģiskā slāpekļa aprīte un tā ietekme uz pākšaugiem. Ir norādīts, ka pupiņām no augsnes nepieciešams vairāk slāpekļa, nekā tas tiek uzņemts ar simbiozi (Kravchenko et al., 2019). Tāpēc slāpekļa lietošana pākšaugos, īpaši mazražīgās augsnēs, ievērojami palielina graudu ražu (Verholiuk, 2023).

Pupām ieteicams fosfora un kālija mēslojums. Mēslojumu var lietot rudenī vai pavasarī, bet ne agrāk kā divas nedēļas pirms sējas (Rozhko et al., 2024). Autors norāda, ka pirms sējas var lietot slāpekļa mēslojumu 15–20 kg ha⁻¹ amonija sulfāta veidā.

Optimālais pupiņu sējas laiks varētu būt sākot no maija vidus (no 10. maija), līdzko zeme ir iesilusi vismaz līdz 10 °C, pupiņas var sadīgt pēc salnām. Pupiņu sēšanas dziļums ir atkarīgs no to sēklu rupjuma, augsnes mehāniskā sastāva un mitruma pakāpes sējas laikā, un tas svārstās 6–8 cm (Rozhko et al., 2024). Pēc autora norādēm, labākie pupiņu priekšaugi ir ķirbji, sīpoli, sakņaugi, agrie kartupeļi un ziemāju graudaugi. Pupas parasti sēj ar rindstarpu 45 cm. Pēc Ukrainā veiktiem vairāku gadu pētījumiem, visaugstākā pupiņu raža tika iegūta, izsējot 500 tūkstošus dīgstozu sēklu uz ha (Potashova & Trush, 2016).

Parasto pupiņu sēklas sāk dīgt pie 8–12 °C gaisa temperatūras. Jo augstāka temperatūra, jo ātrāk parādās dzinumi – pēc 6–7 dienām. Sēklu pirms sējas rekomendē apstrādāt ar *Rhizobium phaseoli* sugas slāpekli fiksējošām baktērijām. Apstrāde ar *Rhizobium* ietekmē veģetācijas ilgumu un pupiņu fenofāzu sākumu, kas pagarinās no 2 līdz 5 dienām, salīdzinot ar neapstrādātām sēklām (Novytska et al., 2018).

Parasto pupiņu sējumu kopšana ietver rindstarpu rušināšanu, slimību un kaitēkļu apkarošanu sējumos. Pirmā rindstarpu rušināšana tiek veikta, kad augiem parādās otrā lapa. Veģetācijas periodā tiek veiktas trīs līdz četras rindstarpu rušināšanas. Sabiezinātus augus retina, atstājot augus 10–15 cm attālumā vienu no otra (Rozhko et al., 2024).

Aleman (2001) veiktajā pētījumā, kur parasto pupiņu audzēšanā tika salīdzinātas dažādas augsnes apstrādes metodes: tiešā sēja (TS), minimālā augsnes apstrāde (MA) un tradicionālā augsnes apstrāde (TA), tika secināts, ka mehāniskā un ķīmiskā nezāļu apkarošana palielināja ražu TS un MA.

Pupiņām sistemātiski jāveic kaitēkļu un slimību apkarošanas pasākumi. Visbiežāk sastopamie pupu kaitēkļi ir: pupiņu smecernieks (*Apion sp.*), pupiņu kode (*Empoasca fabae*), laputis (*Aphidoidea*), zirnekļerces (*Tetranychus urticae*) un pupiņu sēklgrauzis (*Epilachna varivestis*). Šo kaitēkļu bojājumu rezultātā var samazināties sēklu raža un kvalitāte, tāpēc ir svarīgi piemērot preventīvos pasākumus (Rozhko et al., 2024).

Pupiņu sēklas novāc, kad 70–80% pupiņu ir pilnībā nogatavojušās un sausas. Tas parasti notiek augustā–septembrī, kad lapas kļūst dzeltenas un sāk krist un pupiņas kļūst salmu dzeltenas Chynchyk et al., 2021).

Viena no būtiskākajām īpašībām, kas ierobežo konkrētas pupiņu šķirnes izmantošanu ražošanā, ir tās piemērotība mehanizētai novākšanai. Mazās platībās pupiņu sēklu ražu novāc ar rokām, savukārt lielās platībās izmanto pupiņu novākšanas kombainus vai pupiņu pļaujmašīnas. Pupiņas var vākt dalīti, vispirms novācot tās vālā, pēc to izžūšanas pupiņas kuļ ar kombainiem (Rozhko et al., 2024). Pēc novākšanas sēklas žāvē līdz optimālam mitruma līmenim (apmēram 14–16%). Sēklu attīrīšana ir galvenais pupiņu sēklu apstrādes posms. Tā ietver piemaisījumu noņemšanu, kas var negatīvi ietekmēt sēklu kvalitāti to uzglabāšanas laikā un rezultātā arī dīgtspēju. Pēc pārstrādes pupiņu sēklas jāuzglabā sausā un vēsā vietā, hermētiskā iepakojumā, lai saglabātu to kvalitāti un dīgtspēju līdz nākamajai sējas sezonai. Šo darbību ievērošana palīdz iegūt augstas kvalitātes pupiņu sēklas un saglabāt sējas īpašības (Rozhko et al., 2024).

MATERIĀLI UN METODES

Izejvielu audzēšanas tehnoloģiju izpēte saimniecībās

Projekta mērķis bija noskaidrot zirņu audzēšanas tehnoloģijas ietekmi uz ražas lielumu un tās kvalitāti projektā iesaistītajās saimniecībās. Saimniecības sniedza informāciju par trijos gados veiktajām un reģistrētajām agronomiskajām darbībām, pielietoto mēslojumu un augu aizsardzības līdzekļus (AAL) un to devām. Tālākajā projekta posmā tik vērtēta kvalitāte (olbaltumvielu saturs) saimniecībās iegūtajai produkcijai.

Saimniekošanas prakses daļa

Projekta gaitā tika sagatavota anketa, kurā saimniecībai bija jāapraksta konkrētajā ražas gadā pielietotā saimniekošanas prakse un iegūtie rezultāti.

Anketa ietvēra sekojošu informāciju:

- ražas gads;
- saimniecībā audzētā zirņu šķirne (ja saimniecība tika audzētas vairākas šķirnes, tad anketa bija jāizpilda par katru šķirni atsevišķi);
- apsētā platība ar konkrēto šķirni;
- iegūtais ražas apjoms $t\ ha^{-1}$;
- priekšaugi;
- pielietotā mēslojuma veids un deva;
- pielietotie AAL;
- augsnes apstrādes veids tiešā sēja/ar augsnes apvēršanu.

No saimniecībām ievāktie zirņu sēklu paraugiem AREI Priekuļu pētniecības centrā biotehnoloģijas laboratorijā tika noteikti kvalitātes rādītāji ar analizatoriem Infratec NOVA, Infratec 1241 un/vai NIR XDS.

Ražas līmenis saimniecībās atšķirīgs, jo saimniecības atrodas dažādos Latvijas reģionos ar atšķirīgiem agro klimatiskajiem apstākļiem un audzēšanas tehnoloģijām, kas ietekmēja ražas līmeni un kvalitāti. Turklāt audzēšanas tehnoloģijas ietekmē ekonomiski politiskā situācija. Sākot ar 2022. gadu sadārdzinājās minerālmēslu cenas. Saimniecībās regulāri tiek veiktas augsnes un augu analīzes un mēslojuma devas tiek aprēķinātas, ņemot vērā barības elementu nodrošinājumu augsnē un plānoto ražas līmeni.

Saimniecību raksturojums

Z/S “KOTIŅI” pamatnodarbošanās ir graudkopība ar specializāciju sēklkopībā. Saimniecība ir vieni no lielākajiem sēklas ražotājiem valstī. Saimniecībā audzē kviešus, miežus, rapsi, pupas, zirņus, auzas, kaņepes, linu, sinepes, redīsus, griķus, rudzus un dažādus zālājus. Saimniecībā pamatā tiek pielietota minimālā augsnes apstrādes tehnoloģija (1. tabula). Lauki, lielākoties, pirms sējas tiek uzkultivēti/ nodiskoti. Augsne tiek apstrādāta 1 – 5 cm dziļumā, pēc kā lauks tiek sēts ar rindu sējmašīnu, pēc tam tas tiek pievelts ar veltņiem. Z/S “Kotiņi” plaši tiek pielietoti starpkultūru sējumi, lai augsne pa ziemu būtu nosepta, tādējādi novērstu barības vielu izskalošanos un mazinātu CO₂ nonākšanu atmosfērā. Starpkultūru sējumos tiek sēti laukaugu kultūru mistri.

SIA “Saldus AGRO” nodarbošanās ir graudaugu, pākšaugu un eļļas augu sēklaudzēšana. Saimniecībā cenšas ieviest reģeneratīvās saimniekošanas principus. Tas nozīmē, ka zemi cenšamies lieki neapstrādāt, aizsargāt augsnes virskārtu. Saimniecībā, līdzīgi kā Z/S “Kotiņi” sēj starpkultūras, lai saglabātu augsnē barības vielas un uzlabotu augsnes struktūru un mikrobioloģisko aktivitāti un samazinātu CO₂ nonākšanu atmosfērā.

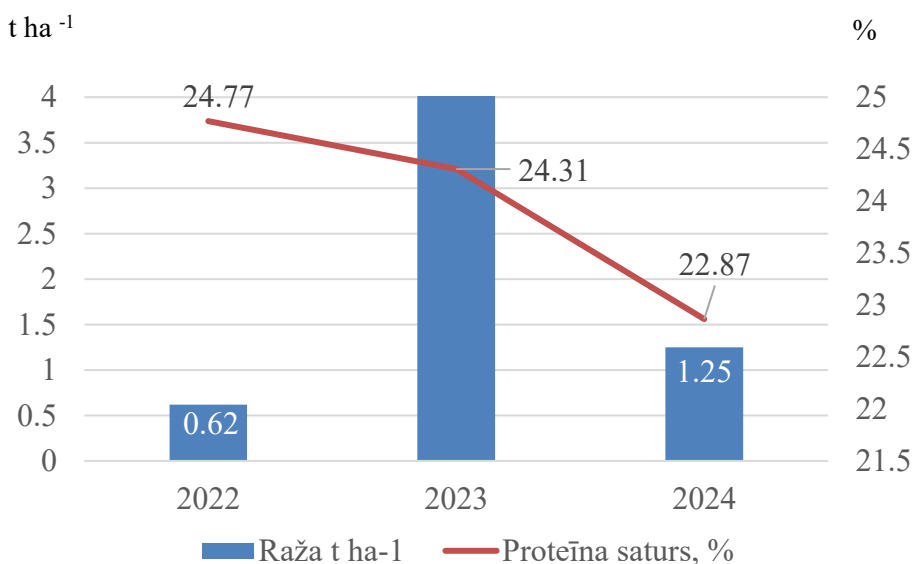
Z/S “Zutiņi-1”. Nodarbojas ar graudaugu un pākšaugu audzēšanu. Saimniecībā tiek audzēti zirņi. Saimniecībā audzē ap 30 dažāda veida dārza pupiņas, cūku pupas un lielās kāršu pupas, kuras tiek piedāvātas pircējiem kā veikalos tā arī tirdziņos.

Saimniecībās pielietotā zirņu audzēšanas tehnoloģija

Saimniecība	Sēja veids	Šķirnes	Mēslojuma lietošana	Pesticīdu pielietojums
Z/S “Kotiņi”	Minimālā augsnes apstrāde	Trendy, Orchestra, Saxon, Ingrid Karpate, Retrija	Kompleksais mēslojums NPK, Starpkultūru sējumi	Herbicīds, Insekticīds
SIA “Saldus Agro”	Tiešā sēja	Ingrid, Kameleon	Kompleksais mēslojums NPK, starpkultūru sējumi	Herbicīds
Z/S “Zutiņi-1”	Tradiicionālā audzēšanas tehnoloģija ar augsnes apvēršanu	Retrija	Kompleksais mēslojums NPK	Herbicīds, insekticīds

REZULTĀTI

Z/S “Kotiņi” projekta norises laikā audzētais šķirņu sortiments atšķirīgs. Pamatā audzē dzelteno zirņu šķirnes ar lapu pārveidnēm. Trijos pētījuma gados saimniecībā vidējais ražas līmenis bija ievērojami atšķirīgs. Projekta sākumā, 2022. gadā, pēc pieejamās informācijas, Z/S “Kotiņi” zirņus audzēja 284 ha platībā mistrā ar auzām, jo tīrsējā veldres dēļ, grūtības radīja zirņu novākšana. Vidējā iegūtā raža, audzējot zirņus mistrā ar auzām, saimniecībā bija tikai 0.6 t ha⁻¹ (1. att.). 2023. un 2024. gadā zirņi tika audzēti tīrsējā. Augstākā raža saimniecībā tika sasniegta 2023. gadā vidēji 4 t ha⁻¹. Saimniecība zirņu mēslošanā izmantoja šķidro slāpekļa mēslojumu KAS 32, kā arī MAP mono amonija fosfātu (12-52) un fosfora un kālija ārpussakņu mēslojumu ArmoniKa, kas stimulē sakņu attīstību un nodrošina labāku ūdens un barības vielu uzņemšanu. 2022. gadā kopējais veģetatīvās augšanas periodā iedotais slāpeklis bija robežās 64 - 74 kg ha⁻¹, kas nodrošināja augstas zirņu ražas veidošanos. Starp šķirnēm ražīgākā bija Orchestra 4.6 t ha⁻¹. 2024. gadā raža līmenis bija turpat trīs reizes zemāks salīdzinot ar 2023. gadu un vidēji sasniedza 1.25 t ha⁻¹.



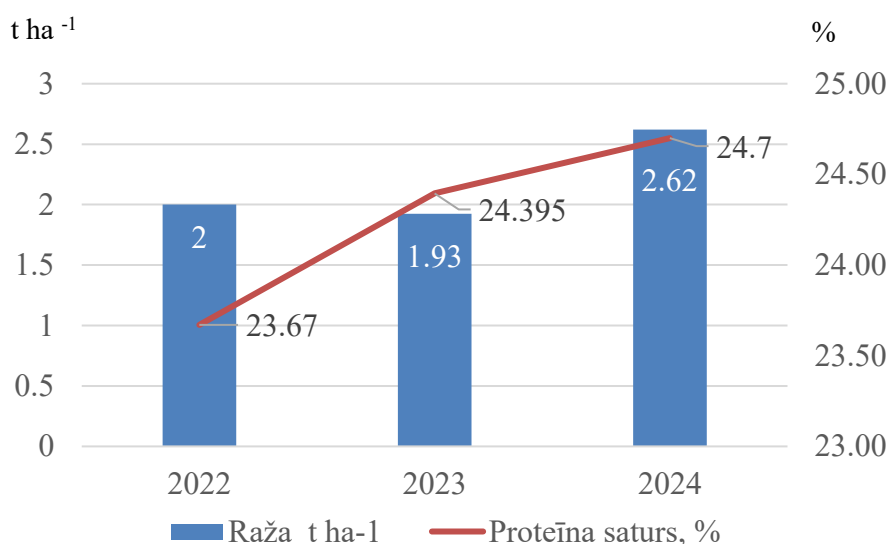
4.att. Ražas un kvalitātes rādītāji zirņiem Z/S “Kotiņi”, 2022. - 2024. gadā.

Zemais ražas līmenis 2024. gadā izskaidrojams ar lauksaimniecībai nelabvēlīgiem laikapstākļiem, jeb pārlietu lielu sausumu ražas veidošanās periodā. Z/S “Kotiņi” pārtikai audzē pelēko zirņu šķirni ‘Retrija’, kas tiek audzēta mistrā ar auzām, bioloģiskajā saimniekošanas sistēmā. Iegūtā kopējā raža maisījumā ar auzām bija 3 t ha⁻¹. Bioloģiskajos laukos tika lietots ārpus sakņu mēslojums “Bombardier”,

kas ir organisks mēslošanas līdzeklis, kas iegūts no īpaši atlasītu dārzeņu koncentrāta. Tas satur N, P un K, kā arī organisko vielu un oglekli. Tas veicina sakņu un zaļo auga daļu augšanu un attīstību nelabvēlīgos laika apstākļos.

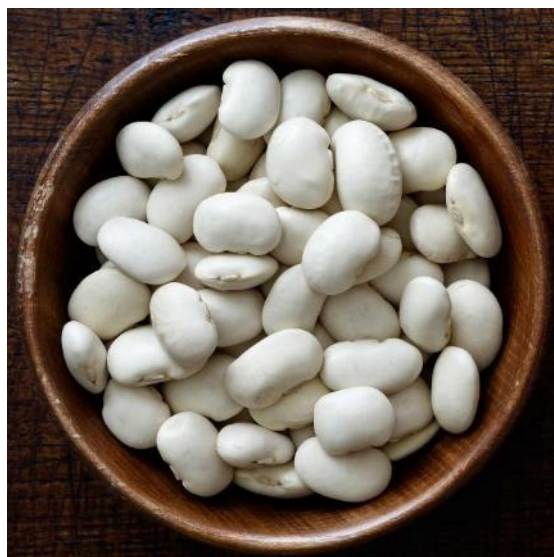
Saimniecības paraugos olbaltumvielu saturs svārtījās no 22.8% līdz 24.8% . Z/S “Kotiņi” augstākais olbaltumvielu saturs tika iegūts 2022. gadā, vidēji 24.8%. Visaugstākais olbaltumvielu saturs bija šķirnei ‘Retrija’ – 28.6% un šķirnei ‘Orchestra’ – 25.19%. 2023. gadā olbaltumvielu saturs bija nedaudz zemāks – vidēji 24.3%, un augstākie rādītāji bija abām iepriekšminētajām šķirnēm, kas attiecīgi bija 26.6% un 25.2%. 2024. gadā olbaltumvielu saturs zemāks kā iepriekšējos gadus – vidēji 22.9%. Olbaltumvielu daudzuma svārstības var izskaidrots ar atšķirīgiem agroklimatiskajiem apstākļiem veģetācijas periodā. Neskatoties uz to, saimniecībā pielietotā audzēšanas tehnoloģija, principā, nodrošina augstu olbaltumvielu saturu.

SIA “Saldus Agro” projekta norises laikā tīrsējā audzēja divas dzelteno zirņu šķirnes Ingrid un Kameleon. Ražas līmenis svārstījās no 1.9 līdz 2.6 t ha⁻¹. Augstākā raža tika iegūta 2024. gadā, audzējot zirņu šķirni ‘Kameleon’ 2.6 t ha⁻¹, kura ražas un olbaltumvielu satura ziņā 2023. gadā bija pārāka par šķirni Ingrid. 2023. gadā ‘Kameleon’ raža bija 2.2 t ha⁻¹, un olbaltumvielu saturs 25.5%, bet šķirnei ‘Ingrid’ - 1.7 t ha⁻¹ un 23.32%. 2024. gadā ‘Kameleon’ olbaltumvielu saturs bija augsts – 24.7%.



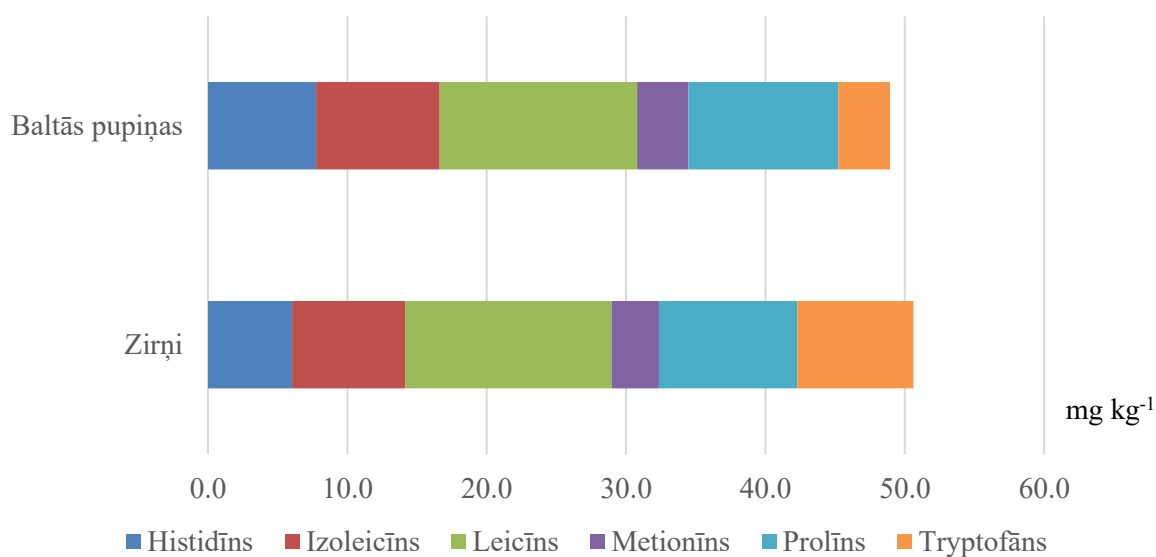
5.att. Ražas un kvalitātes rādītāji zirņiem SIA “Saldus Agro” 2022. - 2024. gadam.

Z/S “Zutiņi-1” tiek audzēta zirņu šķirne ‘Retrija’, kas ir uzskatāma, vairāk par nišas produktu, un tiek izmantota Latvijas lielo pelēko zirņu ražošanai, kurus Eiropas Komisija no 2015. gada iekļāva ES “Aizsargāta cilmes vieta” nosaukuma reģistrā. Saimniecībā tiek audzēta Zutiņu vietējā šķirne, kas atšķiras no ‘Retrijas’ morfoloģiskajām un kvalitatīvajām īpašībām. Saimniecībā zirņus audzē mistrā ar vasaras miežiem. Izsējas attiecība mistrā zirņi: mieži ir (40:60). Saimniecībā tiek strādāts ar tradicionālo audzēšanas tehnoloģiju ar augsnes apvēršanu. Iegūtais zirņu daudzums mistrā vidēji 2 t ha⁻¹. Olbaltumvielu saturs zirņu paraugos pa gadiem ir svārstīgs tomēr saglabājas augsts Retrijai vidēji 21.10%, bet Zutiņu vietējiem zirņiem - 24.31%.

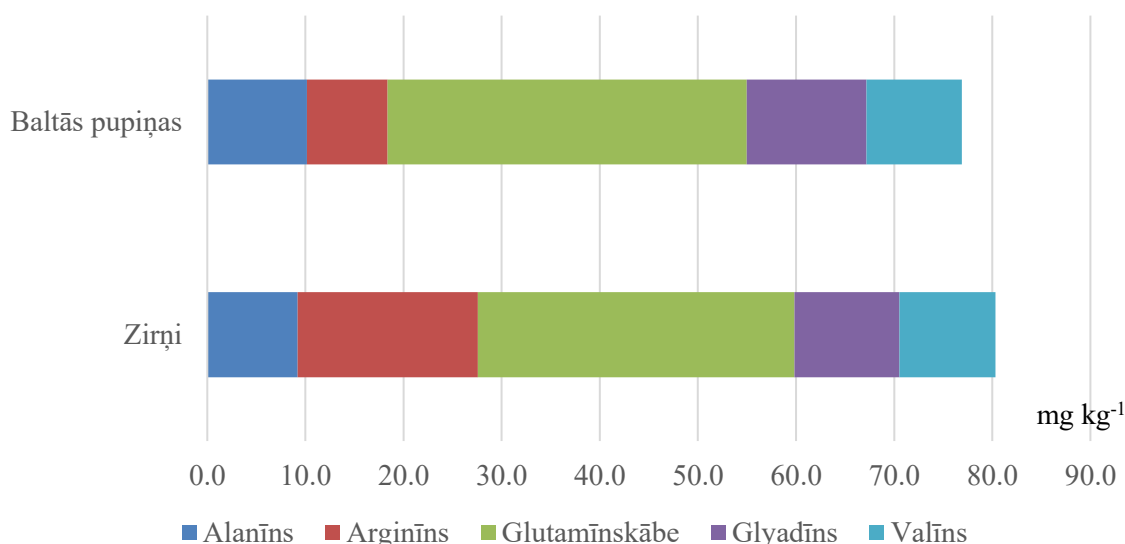


6.att. Parastās pupiņas (baltās).

Saimniecībā audzē plašu dārza pupiņu klāstu, no kurām vislielākā interese ir par baltajām pupiņām šķirne 'Erika', kuras izceļas ar savām labajām garšās īpašībām. Balto krūmu pupiņu paraugā olbaltumvielu saturs bija no 19.6% līdz 20.96%. Aminoskābju satura ziņā pupiņu paraugs atšķīrās no zirņiem Pupiņu paraugā, salīdzinot ar zirņiem, bija augstāks neaizvietojoamo aminoskābju: histidīna, prolīna saturs, kā arī ievērojami augstāks bija glutamīnskābes saturs, kas apstrādes laikā var uzlabot galaprodukta garšu un funkcionalitāti.



7.att. Vidējais balto pupiņu un zirņu (14 šķirnes) olbaltumvielu un neaizvietojoamo aminoskābju (mg kg^{-1}) saturs, kas noteikts trīs augšanas sezonu laikā.



8. att. Vidējais balto pupiņu un zirņu (14 šķirnes) olbaltumvielu un aizvietoājamo aminoskābju (mg kg^{-1}) saturs, kas noteikts trīs augšanas sezonu laikā.

Pupiņu audzēšanas tehnoloģija ir daļēji mehanizēta, ar daudz roku darba pielietojuma, kas padara tās vairāk par nišas produktu. Augi ir kāpelējošu stublāju un ir nepieciešami balsti, šī iemesla dēļ pupiņas nav iespējams novākt mehanizēti. Balto pupiņu paraugi tika iesēti arī Priekuļu pētniecības centra izmēģinājumu laukā ar izmēģinājumu sējmašīnu Hege 80. Pupiņām balsti netika likti, tādēļ augiem pākstis novietojās tuvu pie zemes, kā rezultātā vācot ar kombainu Wintersteiger radās lieli ražas zudumi.

Projekta partneru saimniecībās audzē atšķirīgu šķirņu sortimentu, pielietojot gan bezaršanas augsnes apstrādes sistēmu un tradicionālo audzēšanas sistēmu ar augsnes apvēršanu.

Apkopojot no saimniecībām iegūtos rezultātus var secināt, ka atkarībā no audzēšanas prakses (pielietotās audzēšanas sistēmas, mēslojuma un sējumu kopšanas paņēmieniem) ražas līmenis saimniecībās pa gadiem ir ļoti svārstīgs.

Zirņu kvalitāte svārstās atkarībā no audzēšanas reģiona, gada un šķirnes. Augsnes apstrādes sistēma zirņu kvalitāti neietekmēja. Projekta realizācijas laikā, saimniecībā iegūto zirņu paraugos olbaltumvielu saturs bija augsts, vidēji 24.1%, kas liecina par izejmateriāla potenciālu augstas kvalitātes olbaltumvielu izolātu ražošanai.

Ņemot vērā zirņu ražas un kvalitātes svārstības pa gadiem saimniecībās, var secināt, ka viens tehnoloģiskais risinājums nebūs variants visos gadījumos, tāpēc audzētājiem ir jāpārzina audzēšanas apstākļi, jāizvērtē esošais tehniskais un materiālais nodrošinājums un jāsalāgo iespējas.

SECINĀJUMI UN REKOMENDĀCIJAS

Šī pētījuma rezultāti deva nelielu ieskatu par pašlaik Latvijā zirņu audzēšanā pielietoto audzēšanas tehnoloģiju. Iegūta datu kopā no EIP grupas partneriem par tehnoloģisko pasākumu veikšanu, mēslojuma, tai skaitā, slāpekļa izmantošanu, augu aizsardzības līdzekļu lietošanu.

Pētījums ļāva salīdzināt zirņu audzēšanā pielietoto tehnoloģiju ar citu valstu atziņām un rekomendācijām augstas zirņu ražas un kvalitātes iegūšanai. Projektā iesaistīto saimniecību skaits bija mazs (3 saimniecības) un tā realizācija aptvēra tikai divas pilnas audzēšanas sezonas, ar ļoti atšķirīgiem agroklimatiskajiem apstākļiem pa reģioniem, līdz ar to, iegūtie rezultāti reprezentē tikai mazu daļu no zirņu audzēšanā pielietotajām tehnoloģijām un reālo situāciju valstī.

Divas projektā iesaistītās saimniecības ir pārgājušas uz reģeneratīvo lauksaimniecības praksi un strādā, lai uzlabotu augsnes veselību, izmantojot dažādas metodes, tostarp minimālu augsnes apstrādi vai tiešo sēju, augsnes naseģšanu visu gadu, izmantojot seguma (starpkultūras) kultūras, un kultūraugu rotāciju, lai veicinātu gan virszemes, gan augsnes bioloģisko daudzveidību. Daudzi lauksaimnieki augsnes

uzlabošanu uzskata par veidu, kā uzlabot savu dzīves kvalitāti, samazinot atkarību no agroķīmisko uzņēmumu produktiem un ieteikumiem.

Ražas stabilitāte nebūtu jāattiecina uz kādu konkrētu šķirni, bet uz zirņu ražošanu saimniecībā kopumā, jo agroklimatiskie apstākļi ir nestabili, lai visur sasniegtu labus rezultātus. Ieteikums ir audzēt vienlaicīgi vairākas pēc morfoloģiskajām un bioloģiskajām īpašībām atšķirīgas šķirnes. Iekļaut labību un pākšaugu mistrus, ar lielāku zirņu īpatsvaru maisījumā, lai mazinātu nezāļu, slimību un kaitēkļu izplatību, mazinātu veldri un stabilizētu ražu kopumā.

Nākotnē būtu svarīgi izpētīt parasto pupiņu izmantošanas potenciālu, priekšrocības un izaicinājumus to audzēšanā, kā arī to vietu nākotnes pārtikas ražošanā Latvijā.

Projekta realizācija pietrūka ļoti būtiska posma (projekta partnera) olbaltumvielu izolāta ražotāja, jo audzētājiem ir svarīgi zināt, kādas būs pamatprasības izejvielām un izejvielu iepirkuma cena, lai pakārtotu tam zirņu audzēšanas un sēklu pirmapstrādes tehnoloģiju.

Projekts, radījis zināšanas, kuras izmantojot praksē lauksaimnieki spēs uzlabot saimniecību ekonomiskos rādītājus, konkurēt strauji augošajā lauksaimniecības produktu tirgū un nodrošināt papildu ieguvumus Latvijas lauksaimniecības attīstībai, nodrošinot ekonomiski dzīvotspējīgas lauksaimniecības ražošanas sistēmas attīstību, ievērojot ilgtspējīgas attīstības principus.

3.2 Latvijā pieejamo pākšaugu (zirņu, lauka pupu) šķirņu, vides apstākļu un audzēšanas tehnoloģijas ietekme uz ražu un kvalitāti

PAMATOJUMS

Pākšaugi ieņem savu vietu klimat neitrālas lauksaimniecības praksē un ilgtspējīgas pārtikas sistēmā. Zirņus to salīdzinoši augstā olbaltumvielu satura dēļ, plaši izmanto pārtikā un lopbarībā, un tie ir laba vietējā alternatīva sojai. Pieprasījums pēc zirņiem Eiropā palielinās, jo pieaug augu izcelsmes olbaltumvielu jeb proteīnu produktu ražošana. Pieaug arī patērētāju pieprasījums pēc olbaltumvielu produktiem, kas iegūtas no augu valsts avotiem, kā arī šo produktu ražošanas izmaksas ir zemākas salīdzinājumā ar dzīvnieku izcelsmes proteīniem (Stone et al., 2015; Tulbek et al., 2024). Pieaugot pākšaugu pārstrādes potenciālam, zirņu audzēšanas apjomi Latvijā palielinās. Ražu un olbaltumvielu saturu sēklās ietekmē šķirne, audzēšanas tehnoloģija, augu seka un ārējās vides faktori (Sainju et al., 2019; Walter et al., 2022). Latvijā sēklu izplatītāji piedāvā daudzveidīgu zirņu šķirņu sortimentu, to aprakstos norādot uz augsto ražības līmeni un olbaltumvielu saturu, kas kalpotu kā labs izejmateriāls pārstrādei.

Zirņu šķirņu ražas un kvalitātes invertējums 2023. -2024. gadā.

Pieaugot globālai interesei par ilgtspējīgiem un augu izcelsmes olbaltumvielu avotiem, zirņi (*Pisum sativum L.*) ir kļuvuši par nozīmīgu kultūraugu, pateicoties to augstajam olbaltumvielu saturam, labvēlīgajam aminoskābju sastāvam un agronomiskajai pielāgošanās spējai. Zirņu olbaltumvielu izolāti arvien vairāk tiek izmantoti pārtikas ražošanā kā funkcionālas, alergēniem samazinātas alternatīvas dzīvnieku izcelsmes olbaltumvielām. Tomēr dažādu zirņu šķirņu efektivitāte izolātu ražošanā atšķiras, un to ietekmē genotips un vides apstākļi. Pētījuma mērķis bija analizēt audzēšanas apstākļu ietekmi uz ražu, olbaltumvielu un aminoskābju saturus sēklās Latvijā audzēšanā esošajām zirņu šķirnēm, lai noteiktu šķirnes, kas ir vispiemērotākās olbaltumvielu izolātu ražošanai, un veicinātu reģionāli pielāgotas, ilgtspējīgas augu olbaltumvielu piegādes ķēdes attīstību.

MATERIĀLI UN METODES

AREI Priekuļu pētniecības centrā (PPC) 2023. un 2024. gadā tika noteikta raža un olbaltumvielu saturs 14 Latvijā audzētas zirņu šķirnēs: ‘Alvesta’, ‘Bagoo’, ‘Bruno’, ‘Eso’, ‘Ingrid’, ‘Karacter’, ‘Karpate’, ‘Kidam’, ‘Manager’, ‘Orchestra’, ‘Respect’, ‘Salamanka’, ‘Saxon’. Izmēģinājuma apstākļi PPC: velēnu podzolēta (Vg) mālsmilts (mS) augsne, ar vāji skābu pH KCl 5.27 (2023) un skābu pH KCl 5.0 (2024) augsnes reakciju; organiskās vielas saturs augsnē 1.8 un 2.3%; augiem viegli izmantojamā P₂O₅ saturs augsts 278 - 163 mg kg⁻¹, K₂O saturs vidējs 162 - 107 mg kg⁻¹, priekšaugi abos gados vasaras

mieži. Izsējas norma bija 120 dīgtspējīgas sēklas m⁻². Sēja veikta 26.04.2023 un 1.05.2024. Abos gados pirms sējas augsnē iestrādāts pamatmēslojums NPK (15-15-15) 300 kg ha⁻¹. Nezāļu ierobežošanai, tūlīt pēc sējas, lietots augsnes herbicīds Fenix (aklonifēns 600 g L⁻¹), 3.0 L ha⁻¹, vēlāk parādoties divdīgļlapju nezālēm, zirņu augu pagarināšanās fāzē (AS 31 – 35), 2023. gadā smidzināts Bazagran 480 (bentazons 480 g L⁻¹) 3.0 L ha⁻¹, 2024. gadā Corum (imazamoks 22.4 g L⁻¹ un bentazons 480 g L⁻¹) 1.0 L ha⁻¹, pievienojot virsmas aktīvo vielu Dash 1.0 L ha⁻¹. Lai ierobežotu tumšo zirņu tinēju (*Cydia nigricana*) sākoties ziedēšanai (AS 60), lietots insekticīds Decis Mega (deltametrīns 50 g L⁻¹) ar devu 0.150 L ha⁻¹ 2023. gadā un Evure (tau-fluvalināts 240 g L⁻¹) 0.2 L ha⁻¹ 2024. gadā. Iegūtā graudu raža pārrēķināta t ha⁻¹ pie bāzes 14% mitruma. Olbaltumvielu un aminoskābju saturu sēklās noteica ar tuvā infrasarkanā spektra analizatoru Rapid Content Analyzer XDS (FOSS, Denmark)

Meteoroloģiskie apstākļu raksturojums

2023. gada aprīļa beigās, ap sējas laiku, novērots izteikts mitruma deficīts, kā rezultātā sējumi dīga nevienmērīgi un attīstījās lēni. 2024. gadā sēja noritēja labos mitruma apstākļos, kas nodrošināja vienmērīgu sējumu sadīgšanu un turpmāko attīstību. Abos gados maijā un jūnijā nokrišņu daudzums zem normas. Sevišķi liels mitruma deficīts bija 2023. gadā, kad aprīlī, maijā un jūnijā nokrišņu daudzums bija ievērojami zem normas. 2024. gadā jūlija beigās, zirņu nogatavošanās fāzē, stipras lietusgāzes. Daļa zirņu šķirņu saveldrējās, kas apgrūtināja novākšanu un radīja ievērojamus ražas zudumus.

REZULTĀTI

Zirņi ir nozīmīgs visā pasaulē kā mērenā klimata (vēsās sezona) laukaugs, kas ir jutīgi pret augstu temperatūru un sausumu. Zirņu raža ir nestabila un kvalitāte mainīga no gada uz gadu, un var radīt ievērojamu ekonomisko ietekmi uz ražotājiem, pārstrādātājiem un zirņu nozari kopumā. Nestabilā laika apstākļu gaita kultūraugu veģetācijas periodā padara ražas kvalitāti mainīgu katru gadu.

Zirņu ražu un olbaltumvielu saturu tajos būtiski ietekmēja ($p < 0.01$) gan šķirne, gan audzēšanas gads, gan arī abu šo faktoru savstarpējā mijiedarbība (2. tabula). Gada un šķirnes mijiedarbības ietekmes īpatsvars uz ražu un olbaltumvielu saturu bija augsts (virs 60%), kas norādīja, ka šķirnes atšķirīgi reaģēja uz gada audzēšanas apstākļu izmaiņām. Zirņu raža un olbaltumvielu saturs ir atkarīgs no meteoroloģiskajiem apstākļiem, produktīvā mitruma augsnē un gaisa temperatūras (Prudent et al., 2015).

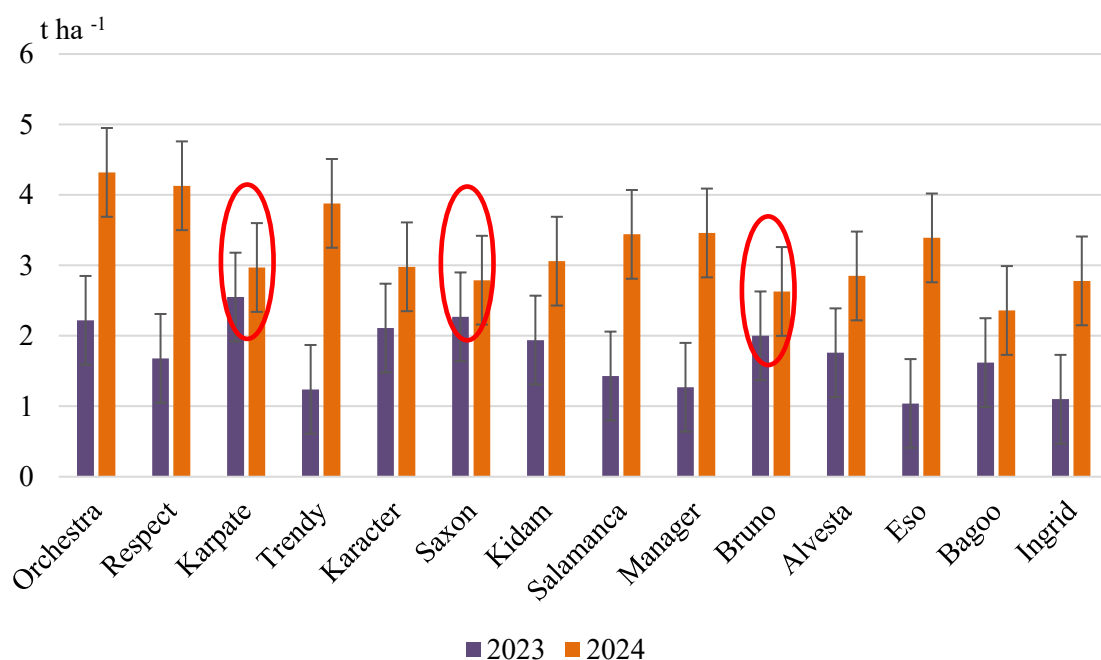
Vidējais ražas līmenis 2024. gadā bija turpat uz pusi (3.2 t ha⁻¹) augstāks salīdzinot ar 2023. gadu (2. tabula). Latvijai netipiski sausā un karstā vasara 2023. gadā bija ražu limitējošais faktors. 2023. gadā mitruma trūkums sējas laikā, kas turpinājās līdz jūlija sākumam, ietekmēja ražas līmeni. Jūlija sākumā, kas sakrita ar zirņu reproduktīvo fāzi, sāka līt un situācija uzlabojās, taču tas nespēja kompensēt sausuma radītās sekas. Arī citos pētījumos ir norādīts, ka mitruma trūkums ir lielākais ražu ierobežojošais faktors zirņiem, un tā ietekme ir atkarīga no tā intensitātes, ilguma un no zirņu fenoloģiskās fāzes, kurā tas notiek (Prudent et al., 2015; Henri et al., 2019). Henri et al. (2019) norāda, ka ūdens trūkums ziedēšanas fāzē (6 dienas) biomasu nesamazina, tomēr graudu masa no auga un produktīvo posmu skaits samazinās, kas rezultātā negatīvi ietekmē ražas līmeni.

2.tabula

Faktoru ietekmes īpatsvars (%) uz zirņu ražu un olbaltumvielu saturu

Faktors	Raža	Olbaltumvielu saturs
Gads	31.3	22.3
Šķirne	0.20	12.4
Gada × šķirnes mijiedarbība	68.5	65.2

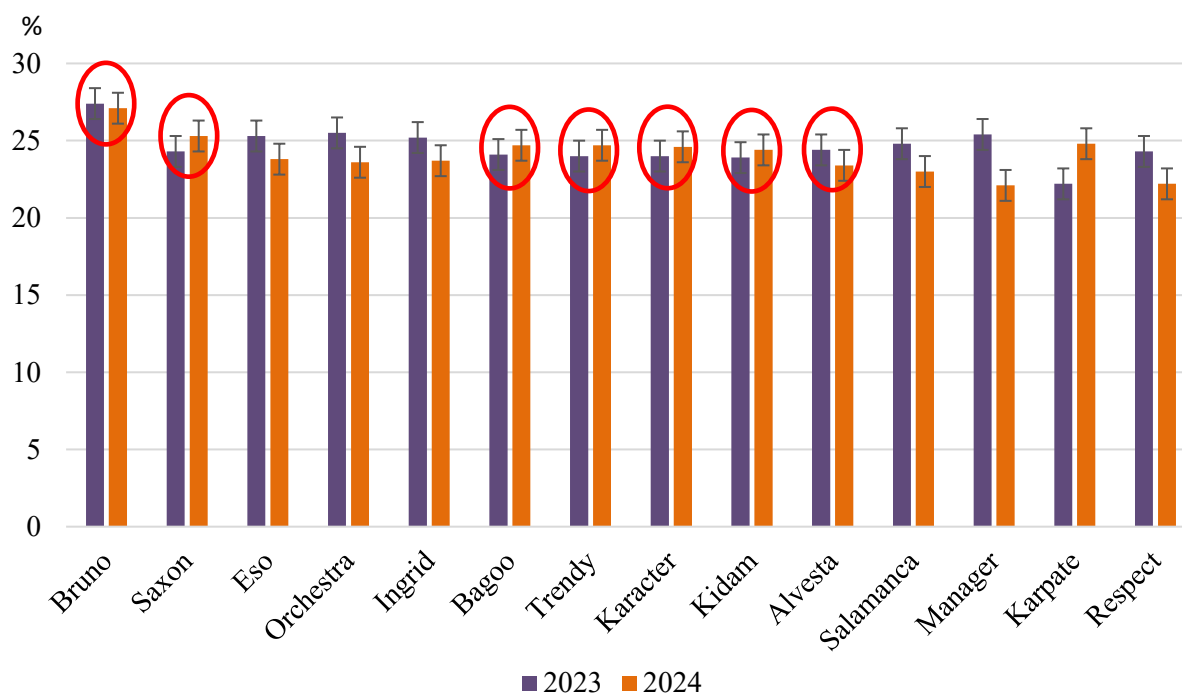
Šķirnes ģenētikai ir ar vien lielāka nozīme ilgspējīgā augkopībā, kas ne tikai nodrošina augstu ražas potenciālu, bet arī kvalitāti. Zirņu šķirnes raksturojas ar noteiktām morfoloģiskajām pazīmēm, kas ļauj audzētājiem izvēlēties šķirni atbilstoši saimniecības apstākļiem un iespējām. Pētījumam tika izraudzītas šķirnes ar vītnēm (lapu pārveidnēm), kuras audzē Latvijā. Starp abiem pētījuma gadiem, lielākajai daļai šķirņu raža atšķīrās būtiski ($p < 0.01$). 2023. gadā, mitruma deficīta apstākļos, augstāko ražu sasniedza šķirnes: ‘Karpate’, ‘Saxon’ un ‘Orchestra’.



9.att. Zirņu šķirņu raža 2023 un 2024. gadā PPC.

Vairumam šķirņu ražas līmenis 2024. gadā labāka mitruma nodrošinājuma apstākļos bija būtiski augstāks, salīdzinot ar 2023. gadu. Lielākais ražas pieaugums 2024. gadā bija šķirnēm: ‘Eso’, ‘Respect’, ‘Manager’, ‘Orchestra’ un ‘Trendy’. Turpretī, šķirnēm ‘Bruno’, ‘Karpate’ un ‘Saxon’ raža abos pētījuma gados būtiski ($p < 0.01$) nemainījās, kas varētu liecināt, par šo šķirņu spēju pielāgoties mainīgajiem laika apstākļiem.

Ar klimatu saistītu parametru, piemēram, sausuma, temperatūras ietekme uz olbaltumvielu saturu sēklās, ir nozīmīga arī gaidāmo klimata pārmaiņu dēļ. Salīdzinot ar 2023. gadu, kas raksturojās ar salīdzinoši lielo mitruma deficītu un tādējādi veicināja augsta olbaltumvielu satura (vidēji 24.6%) veidošanos zirņos, 2024. gadā novērots neliels, bet būtisks ($p = 0.03$) olbaltumvielu satura samazinājums (vidējais olbaltumvielu saturs 24.1%). Arī citos pētījumos Vācijā un Kanādā, kuros analizēti no ražošanas laukiem ievāktie zirņu paraugi, norādīts, ka augstas gaisa temperatūras un mitruma trūkums ir galvenie ar klimatu saistītie parametri, kuri nosaka augstu olbaltumvielu saturu sēklās (Bestwick et al., 2018; Walter et al., 2022). Pētījuma rezultāti parādīja, ka šķirnes ietekme uz olbaltumvielu saturu sēklās bija būtiska ($p = 0.004$).

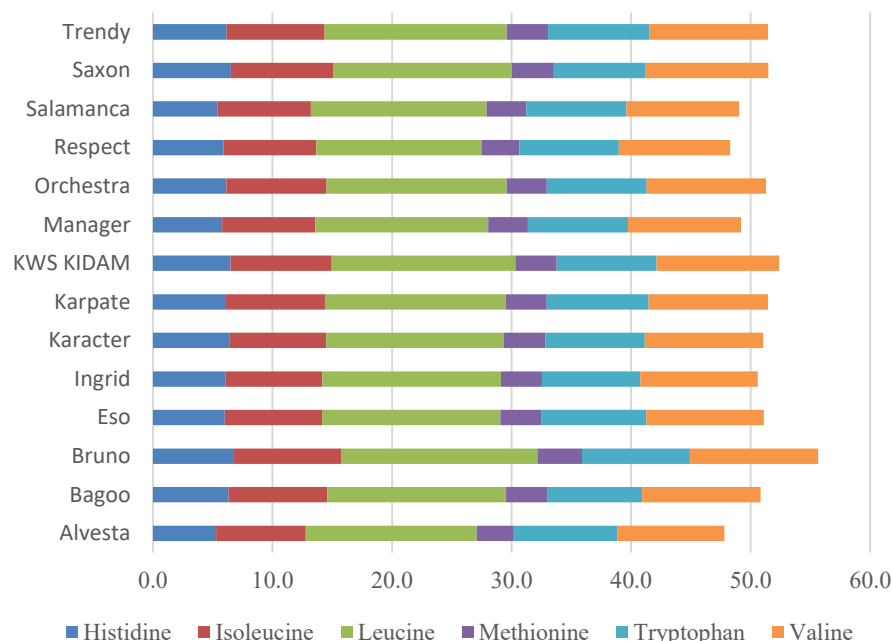


10.att. Zirņu šķirņu olbaltumvielu saturs (%) sēklās 2023. un 2024. gadā PPC. Sarkanais ovāls apzīmē to šķirņu olbaltumvielu saturu, kurām abos pētījuma gados nebija būtiskas izmaiņas ($p < 0.01$).

Augstākais olbaltumvielu saturs abos gados bija sārtziedu šķirnei ‘Bruno’, kura ir ar brūni marmorētām sēklām. Augstā olbaltumvielu satura un labo garšas īpašību dēļ, šķirne vairāk tiek izmantota kā nišas produkts: tradicionālajā latviešu virtuvē un dažādu pārtikas izstrādājumu ražošanā. Tzitzikas et al., (2006) norāda, ka brūnā sēklu apvalka krāsa var būt saistīta ar augstāku olbaltumvielu saturu, salīdzinot ar zaļas un dzeltenas krāsas zirņiem. Tādējādi šķirne ‘Bruno’, no turpmākās statistiskās datu analīzes tika izņemta. Pārējās izmēģinājumā iekļautās šķirnes bija baltziedu ar dzeltenas krāsas zirņiem, un starp tām olbaltumvielu saturs sēklās variēja no 23.3% līdz 24.8%. Baltziedu šķirņu grupā olbaltumvielu saturs sēklās virs 24.0% bija šķirnēm: ‘Saxon’, ‘Orchestra’, ‘Eso’, ‘Ingrid’, ‘Trendy’, ‘Bagoo’, ‘Karakter’ un ‘Kidam’. Jāatzīmē, ka šķirnes atšķirīgi reaģēja uz agroklimatisko apstākļu izmaiņām. No iepriekš minētajām šķirnēm starp abiem pētījuma gadiem, vismazākās izmaiņas olbaltumvielu saturā bija ‘Saxon’, ‘Bagoo’, ‘Trendy’, ‘Karakter’ un ‘Kidam’ šķirņu sēklās. Pārējām zirņu šķirnēm olbaltumvielu saturs sēklās starp abiem pētījuma gadiem būtiski mainījās. Pētījumā ar zirņiem Mohammed et al., (2018) norāda, ka olbaltumvielu satura sēklās variēšana starp dažādām šķirnēm ir mazāka, salīdzinot ar variēšanu starp gadiem un dažādām audzēšanas vietām. Autors to saista ar mitruma nodrošinājuma atšķirībām sezonas laikā, augsnes īpašībām, temperatūru ziedēšanas fāzes laikā u.c. faktoriem. Mūsu pētījuma rezultāti parādīja, ka olbaltumvielu saturs sēklās ievērojami variēja starp šķirnēm, salīdzinot ar atšķirībām starp gadiem. Tomēr šo atziņu nevar noraidīt, jo izmēģinājums veikts tikai divus gadus un vienā audzēšanas vietā.

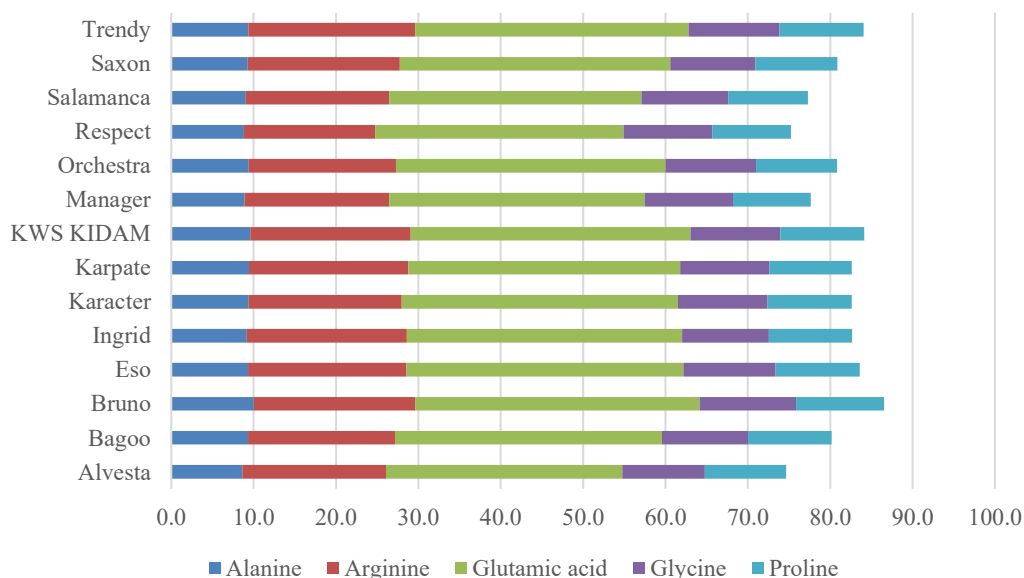
Lai gūtu precīzāku priekšstatu par olbaltumvielu satura izmaiņām sēklās atkarībā no šķirnes, būtu nepieciešami vairāku gadu pētījumi dažādās audzēšanas vietās.

Analizējot aminoskābju sastāvu sēklās, rezultāti atklāja būtiskas bioķīmiskas atšķirības starp šķirnēm. Šķirnei ‘Bruno’, kas atšķiras no visām pārējām ar rozā ziediem un brūni marmorēto sēklas apvalku, bija visaugstākais olbaltumvielu, un aminoskābju: alanīna un glutamīnskābes līmenis, kas norāda uz lielu potenciālu proteīna izolātu ražošanai un izmantošanai selekcijas programmā, kuras mērķis ir uzlabot uzturvērtību. Augstais aminoskābju saturs ‘Bruno’ sēklās liecina par piemērotību augstas kvalitātes olbaltumvielu izolāta ražošanai, jo neaizvietojamās aminoskābes tieši veicina izolāta uzturvērtību, savukārt aizstājamās aminoskābes, piemēram, glutamīnskābe un alanīns, apstrādes laikā var uzlabot garšu un funkcionalitāti.



11.att. Zirņu šķirņu aminoskābju (g kg^{-1}) sastāvs, kas aprēķināts vidēji divu augšanas sezonu laikā: histidīns, izoleicīns, leicīns, metionīns, triptofāns un valīns.

Turpretī dzelteno zirņu šķirnēm kā ‘Salamanca’, ‘Respect’, ‘Manager’ un ‘Alvesta’ bija zemāks neaizvietoājamo aminoskābju, īpaši metionīna un leicīna saturs, kā arī samazināts tādu aizvietoājamo aminoskābju kā alanīna un glutamīnskābes līmenis. Šie trūkumi var ierobežot šo šķirņu piemērotību olbaltumvielu izolātu ražošanai, kur svarīga ir gan uzturvērtība, gan sensorās īpašības. Šķirnēm ‘Trendy’, ‘Kidam’ un ‘Eso’ bija vidēji augsts abu aminoskābju grupu līmenis, kas apstiprina to potenciālu izmantošanai standarta olbaltumvielu izolātu ražošanā.



12. att. Zirņu šķirņu aizvietoājamo aminoskābju (g kg^{-1}) sastāvs, kas aprēķināts vidēji divu augšanas sezonu laikā: alanīns, arginīns, glutamīnskābe, glicīns un prolīns.

SECINĀJUMI

Pētījuma rezultāti liecina, ka ģenētiskie faktori kā šķirne, ārējās vides apstākļi, kā arī šo faktoru mijiedarbība ietekmē gan ražu, gan olbaltumvielu saturu zirņu sēklās. Zirņu ražas pa gadiem ir nestabilas,

ražas apjoms un olbaltumvielu saturs sēklās ir atkarīgs no to reakcijas uz sezonas mitruma un siltuma nodrošinājumu. Augstas gaisa temperatūras un zems nokrišņu daudzums veģetācijas periodā samazina zirņu ražu, bet toties ceļ olbaltumvielu saturu sēklās.

Šķirnes ar augstu olbaltumvielu un neaizvietojamu aminoskābju saturu varētu būt piemērotas olbaltumvielu izolātu ražošanai, kas atbilst uztura standartiem.

3.1.3.Lauka pupu šķirņu ražas un kvalitātes invertējums 2023 -2024. gadā

PAMATOJUMS

Lauka pupas ir bagātīgs olbaltumvielu, ogļhidrātu un šķiedrvielu avots, kā arī satur dažādus bioaktīvus savienojumus, piemēram, kopējos fenolus un flavonoīdus. Pēdējos gados lauka pupām ir pievērsta pastiprināta uzmanība kā olbaltumvielu ieguves avotam. No agronomiskās puses, lauka pupas var piesaistīt slāpekļa saturu augsnē, tādējādi mazinot klimata pārmaiņas un palīdzot sasniegt ilgtspējīgas attīstības mērķus.

Pētījuma mērķis bija analizēt audzēšanas apstākļu ietekmi uz lauka pupu šķirņu ražu un olbaltumvielu saturu sēklās Latvijā audzēšanā esošajām šķirnēm.

MATERIĀLI UN METODES

Pētījums tika veikts AREI Priekuļu pētniecības centrā (PPC) un tajā novērtētas 12 Latvijā audzētās lauka pupu šķirnes. Izmēģinājuma apstākļi PPC laukā, kurā tika izvietots lauka pupu izmēģinājums: velēnu podzolēta (Vg) mālsmilts (mS) augsne, ar vāji skābu pH KCl 5.27 (2023) un skābu pH KCl 5.0 (2024) augsnes reakciju; organiskās vielas saturs augsnē 1.8 un 2.3%; augiem viegli izmantojamā P₂O₅ saturs augsts 278 - 163 mg kg⁻¹, K₂O saturs vidējs 162 - 107 mg kg⁻¹, priekšaugš abos gados vasaras mieži. Izsējas norma bija 60 dīgtspējīgas sēklas m⁻². Sēja veikta 26.04.2023 un 19.04.2024. Abos gados pirms sējas augsnē iestrādāts pamatmēslojums NPK (15-15-15) 300 kg ha⁻¹. Nezāļu ierobežošanai, tūlīt pēc sējas, lietots augsnes herbicīds Fenix (aklonifēns 600 g L⁻¹), 3.0 L ha⁻¹, vēlāk parādoties divdīgļlapju nezālēm, pupu augu pagarināšanās fāzē (AS 31 – 35), 2023. gadā smidzināts Bazagran 480 (bentazons 480 g L⁻¹) 3.0 L ha⁻¹, 2024. gadā Corum (imazamoks 22.4 g L⁻¹ un bentazons 480 g L⁻¹) 1.0 L ha⁻¹, pievienojot virsmas aktīvo vielu Dash 1.0 L ha⁻¹. Lai ierobežotu pupu laputis (*Aphis fabae*) un pupu sēklgrauzi (*Bruchus rufimanus*) sākoties ziedēšanai (AS 60), lietots insekticīds Decis Mega (deltametrīns 50 g L⁻¹) ar devu 0.150 L ha⁻¹ 2023. gadā un Evure (tau-fluvalināts 240 g L⁻¹) 0.2 L ha⁻¹ 2024. gadā. Iegūtā graudu raža pārrēķināta t ha⁻¹ pie bāzes 14% mitruma. Olbaltumvielu saturu noteica ar tuvā infrasarkanā spektra analizatoru Infratec Nova.

Meteoroloģisko apstākļu raksturojums

2023. gada aprīļa beigās, ap sējas laiku, novērots izteikts mitruma deficīts, kā rezultātā sējumi dīga nevienmērīgi un attīstījās lēni. 2024. gadā sēja noritēja labos mitruma apstākļos, kas nodrošināja vienmērīgu sējumu sadīgšanu un turpmāko attīstību.

3. tabula

Vidējās diennakts gaisa temperatūra (°C) un nokrišņu daudzums (mm) Priekuļu PC

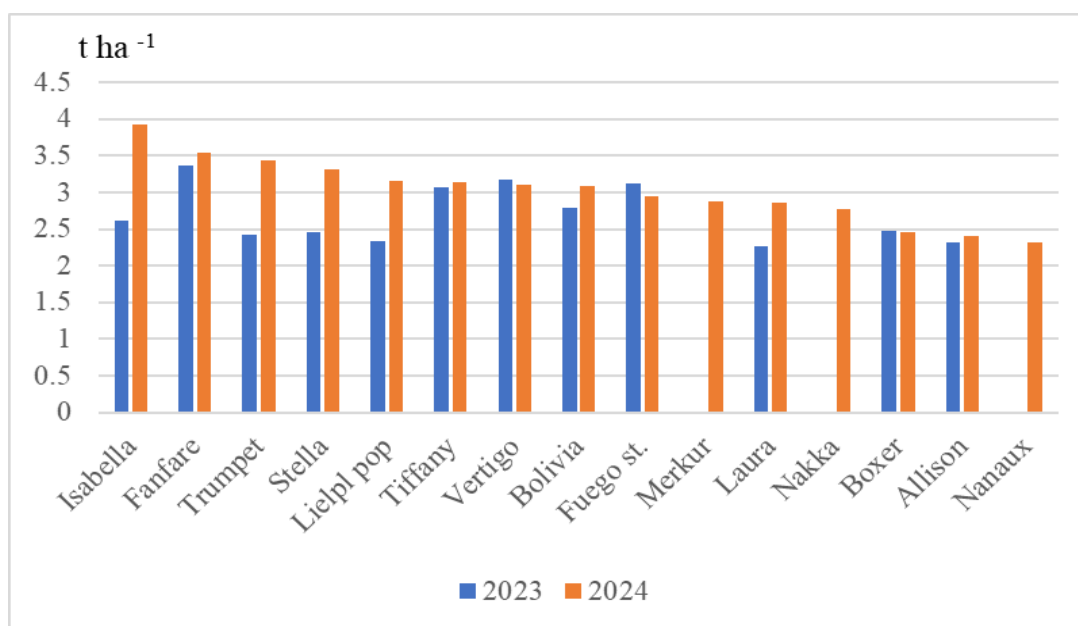
	2023		2024		2023		2024	
	Vid. diennakts gaisa temperatūra, °C	Novirze no normas, °C	Vid. diennakts gaisa temperatūra °C	Novirze no normas, °C	Nokrišņu summa, mm	% no normas	Nokrišņu summa, mm	% no normas
Aprīlis	7.8	1.7	7.5	1.4	10.6	25.4	73.4	175.6
Maijs	12.0	0.2	14.9	3.1	9.2	16.0	13.6	23.7
Jūnijs	17.3	1.9	17.2	1.8	18.1	21.6	61.6	73.4
Jūlijs	16.6	-1.3	19.1	1.2	90.5	107.0	121.0	143.0

Augusts	18.5	1.8	17.8	1.1	204.5	241.7	89.5	105.8
---------	------	-----	------	-----	-------	-------	------	-------

Abos gados maijā un jūnijā nokrišņu daudzums zem normas. Sevišķi liels mitruma deficīts bija 2023. gadā, kad aprīlī, maijā un jūnijā nokrišņu daudzums bija ievērojami zem normas. 2024. gadā jūlija beigās, stipras lietusgāzes.

REZULTĀTI

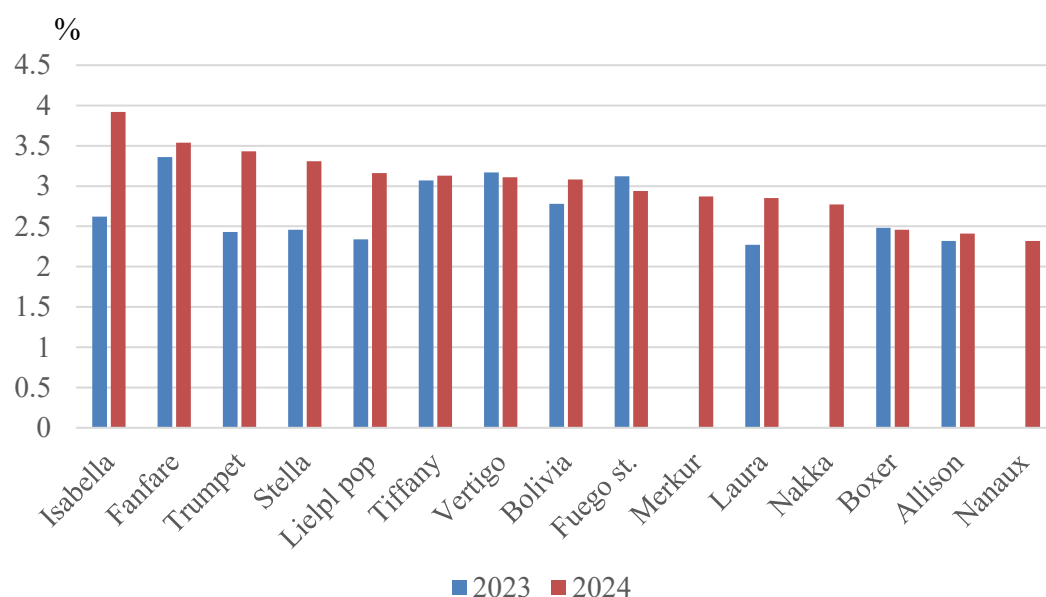
Lauka pupu ražu būtiski ietekmēja ($p < 0.05$) audzēšanas gads, bet olbaltumvielu saturs sēklās atkarīgs no šķirnes ($p < 0.05$). Raža augstāka bija 2024. gadā vidēji sasniedza 3.11 t ha^{-1} , kas bija par 0.41 t ha^{-1} augstāka nekā 2023. gadā. Kaut gan šķirnes ietekme uz ražas līmeni nebija būtiska, abos pētījuma gados vidējā raža virs 3.0 t ha^{-1} tika iegūta šķirnēm: 'Fanfare'; 'Isabell'; 'Vertigo'; 'Tiffany' un 'Fuego'.



13. att. Lauka pupu šķirņu raža PPC, 2023. un 2024. gadā.

2024. gadā lauka pupām veidojās augstāks olbaltumvielu saturs - vidēji 31.9%, salīdzinot ar 2023. gadu – vidēji 30.9%, taču šīs atšķirības starp gadiem nebija būtiskas.

Augstākais olbaltumvielu saturs tika iegūts šķirnēm 'Lielplatones populācija' vidēji abos gados 33.9% un 'Nanaux' – 33.5%, kura izmēģinājumā bija iekļauta tikai 2024. gadā.



14. att. Olbaltumvielu saturs (%) lauka pupu šķirnēs PPC, 2023. un 2024. gadā.

Abas šķirnes bija ar sīkām sēklām, jo 1000 sēklu svars bija attiecīgi 455 un 298 gramī, kas varētu būt par iemeslu šo šķirņu apmierinošajam ražas līmenim. Turklāt, šķirne ‘Nanaux’ augumā ir īsa salīdzinot ar citām šķirnēm, kas var ietekmēt tās produktivitāti. Starp ražīgākajām šķirnēm ar augstu olbaltumvielu saturu izcēlās šķirnes ‘Isabella’ (31.9%) un ‘Fuego’ (31.8%), toties ‘Trumpet’ un ‘Vertigo’ olbaltumvielu saturs attiecīgi bija 29.5% un 30.1%.



15. att. Lauku pupu šķirnes Merkur, Naunaux un Allison ziedēšanas fāzes sākumā 2025. gadā PPC.

SECINĀJUMI

Neskatoties uz zemāku 1000 sēklu svaru un vidēju ražas līmeni salīdzinājumā ar citām šķirnēm, ‘Lielplatones populācija’ un ‘Nanaux’ augstais olbaltumvielu saturs liecina par ievērojamu potenciālu augstas kvalitātes olbaltumvielu izolātu ražošanai.

Šķirnes kā 'Isabella', 'Fuego', 'Trumpet' un 'Vertigo' uzrādīja augstāku ražu, kas varētu tām dot priekšrocības pārstrādei olbaltumvielu izolāta ražošanā, neskatoties uz to vidējo olbaltumvielu saturu sēklās.

4.1.4. Zirņu audzēšana maisījumā ar miežiem

PAMATOJUMS

Ilgspējīgai lauksaimniecības praksē pākšaugu-labību maisījumi (mistri), ļauj izmantot augu funkcionālo daudzveidību, palielinot ražu, ceļot ražas stabilitāti un ražas kvalitāti, vienlaikus uzlabojot ekosistēmu pakalpojumus un samazinot lauksaimniecības negatīvo ietekmi uz vidi.

Papildu priekšrocības, audzējot pākšaugu - labību mistrus, ietver: kaitēkļu un slimību savairošanās risku samazināšanu; labāka nezāļu kontroli sevišķi bioloģiskajā audzēšanas sistēmā; zirņu veldres mazināšanas iespēja.

Zirņu īpatsvars sējot mistrā ar labību variē ļoti plašās robežās (no 40 līdz pat 80%) atkarībā no zirņu stublāja veida (parastais ar lapām, vai ar lapu pārveidnēm, jeb vītnēm) un no graudaugu sugas. Iegūtā kopējā (zirņi+ labība) raža bieži ir augstāka par katra komponenta ražu tīrsējā. Tomēr, zirņu īpatsvars kopējā ražā parasti ir ievērojami zemāks. Pētījuma mērķis bija izvērtēt zirņu iznākumu kopējā ražā, sējot zirņus maisījumā ar miežiem pēc papildināšanas principa, kur zirņiem tīrsējas normai (130 dīgstošas sēklas uz m²) tika pievienoti mieži (120 dīgstošas sēklas uz m², jeb 30% no izsējas tīrsējā 400 dīgstošas sēklas uz m²) un salīdzināt to ar zirņu ražu tīrsējā. Izmēģinājumā tika iekļautas 2023. gadā piecas, bet 2024. gadā septiņas zirņu šķirnes ar lapu pārveidnēm, kuras tika sētas maisījumā ar vidēji agru miežu līniju. Pētījuma gaitā tika novērtēta, izturība pret veldrēšanos, raža un zirņu īpatsvars ražā un olbaltumvielu saturs zirņos.

REZULTĀTI

Iegūtie rezultāti parādīja, ka 2023. gadā deficīta apstākļos vidējā kopražā (zirņi+mieži) bija divas reizes augstāka, salīdzinot ar zirņu ražu tīrsējā (4.tabula). Zemā lauka dīdžība 2023. gadā ietekmēja arī augu augsnes noseģumu. Kopumā, abos pētījuma gados augu augsnes noseģspēja maisījumā, bija augstāka salīdzinot ar tīrsēju.

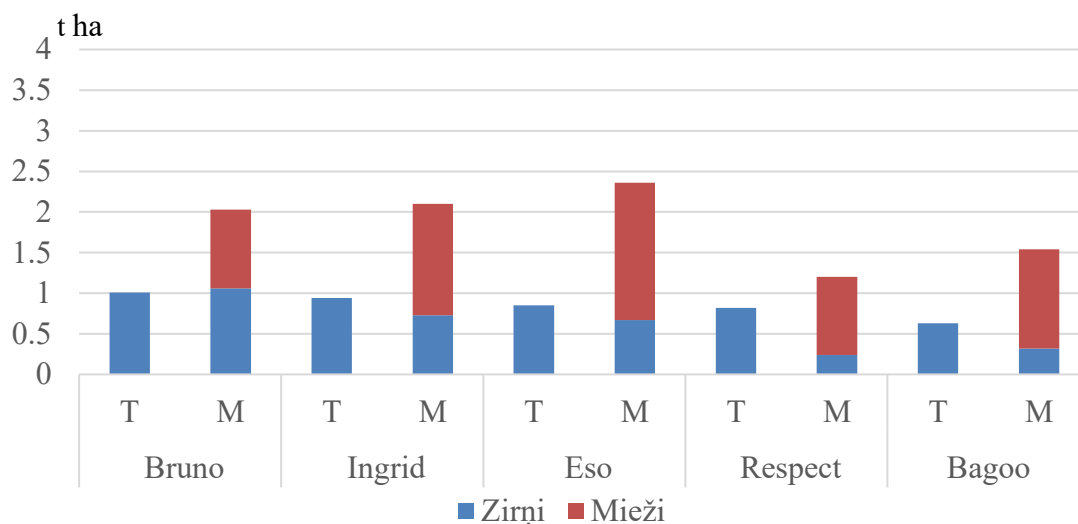
4. tabula

Pazīmju izmaiņas audzējot zirņus mistrā ar miežiem				
Pazīmes	2023		2024	
	Tīrsējā	Mistrā	Tīrsējā	Mistrā
Kopražā (zirņi+mieži), t ha ⁻¹	0.85	1.85	2.93	2.59
Zirņu raža, t ha ⁻¹	0.85	0.6	2.93	1.57
Lauka dīdžības novērtējums, balles*	4	5	4	3
Augu augsnes noseģums, ziedēšanas fāzē, %	70	78	73	70
Auga garums, cm	50	52	74	66
Garums līdz pirmajam produktīvajam posmam, cm	4	4	4	6
Izturība pret veldrēšanos, balles**	8	8	6	7
Olbaltumvielu saturs, %	23.1	22.7	25.9	25.8

* 1 -5 balles, 1 ļoti zema, 5 labi un vienmērīgi sadīdzis

** 1-9 balles, 1 ļoti vāja, 9 augsta

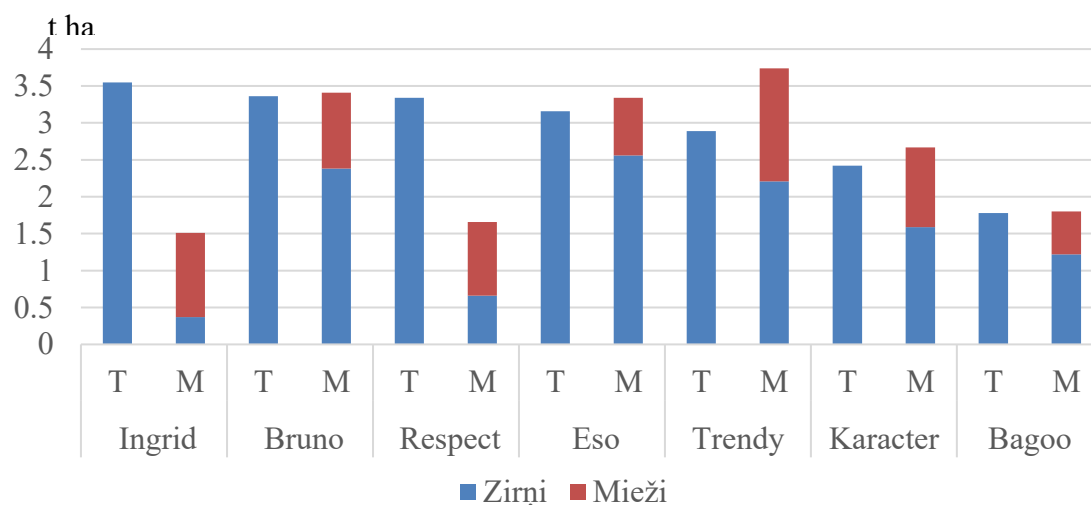
Izturība pret veldrēšanos sevišķi aktuāla bija 2024. gadā, kad mistriem veldre bija mazāka salīdzinājumā ar tīrsēju. Olbaltumvielu saturs zirņos abos pētījuma gados atšķīrās. 2024. gadā, sējot zirņus gan tīrsējā, gan mistrā, olbaltumvielu saturs bija būtiski augstāks nekā 2021. gadā.



16. att. Zirņu šķirņu raža $t\ ha^{-1}$ audzējot zirņus tirsējā un mistrā ar vasaras miežiem 2023. gadā, PPC.

Toties, sējot zirņus tirsējā vai kopā ar miežiem, atšķirība olbaltumvielu saturā nebija, tas liecināja, ka vienlīdz labu kvalitāti zirņiem var iegūt, audzējot tirsējā un mistrā.

2023.gadā zirņiem augstākā raža tirsējā tika iegūta šķirnēm Bruno un Ingrid (16. att.), toties audzējot mistrā kopražā (zirņi+mieži) tika iegūta šķirnēm Eso, Ingrid un Bruno. Šīm šķirnēm zirņu ražas iznākums mistrā būtiski neatšķiras no tirsējas, kas norāda, ka sējot maisījumā zirņus ar miežiem attiecībā 100:30 var iegūt līdzvērtīgu ražu.



17. att. Zirņu šķirņu raža $t\ ha^{-1}$ audzējot zirņus tirsējā un mistrā ar vasaras miežiem 2024. gadā, PPC.

2024. gadā šķirņu klāst tika papildināts, iekļaujot pētījumā šķirnes Eso un Trendy. Vidējais ražas līmenis mistrā un tirsējā bija ievērojami augstāks nekā 2023. gadā. 2024. gadā zirņu raža, sējot maisījumā ar miežiem, būtiski neatšķiras no zirņu ražas tirsējā (17. att). Augstākais zirņu ražas iznākums mistrā bija šķirnēm Eso, Bruno un Trendy. Vislielākais ražas samazinājums mistrā salīdzinot ar tirsēju bija šķirnēm: Ingrid ($-3.18\ t\ ha^{-1}$) un Respect ($-2.68\ t\ ha^{-1}$). Šāds zirņu iznākuma samazinājums mistrā šīm šķirnēm varētu būt saistīts ar zemu augu skaitu uz m^2 , salīdzinājumā ar tirsēju, ko varētu skaidrot ar bojājumiem, kas radās ecēšanas rezultātā. Mazākais zirņu augu skaits uz m^2 gan tirsējā, gan mistrā, bija arī šķirnei Bagoo, un tās ražas līmenis kopumā bija zems.

Zirņu ražas iznākums mistrā ar miežiem svārstījās no 20% līdz 50% atkarībā no šķirnes (5. tabula). Visaugstākais zirņu ražas īpatsvars mistrā bija šķirnei: Bruno – 52%, un, salīdzinot ar tirsēju,

zirņu ražas iznākums mistrā būtiski neatšķirās un tas sastādīja 105% no Bruno ražas tīrsējā. Salīdzot ar tīrsēju, nedaudz zemāks, bet nebūtisks, ražas iznākums mistrā bija šķirnēm: Eso (79%) un Ingrid (78%). Izņēmums bija šķirne Respect, kurai maisījumā ar miežiem, zirņu ražas iznākums bija ļoti zems. Atšķirībā no 2023. gada kopražā (zirņi + mieži) bija būtiski zemāka, salīdzinot ar zirņu tīrsēju. Visaugstākais zirņu ražas īpatsvars mistrā ar miežiem bija šķirnēm: ‘Bruno’ (80%), ‘Eso’ (77%), ‘Karacter’ (60%) un Trendy (59%).

5. tabula

Iegūtais zirņu ražas īpatsvars mistrā un relatīvi salīdzinot ar tīrsēju						
Šķirne	Mistrs				Zirņu īpatsvars mistrā salīdzinot ar tīrsēju	
	2023		2024		2023	2024
	Zirņi	Mieži	Zirņi	Mieži		
Bagoo	21	79	54	46	51	69
Bruno	52	48	80	20	105	71
Eso	28	72	77	23	79	81
Ingrid	35	65	25	75	78	10
Respect	20	80	40	60	29	20
Karacter	–	–	60	41	–	66
Trendy	–	–	59	41	–	76
Vidēji	31	69	56	44	68	56

Toties, salīdzinot ar tīrsēju, 2024. gadā, zirņu iznākums mistrā bija būtiski zemāks. Augstākais tas bija šķirnēm: Eso (81%), Bruno (71%) un Trendy (76%).

SECINĀJUMI

Iegūtie rezultāti ir atšķirīgi un jāsecina, ka kombinējot zirņu un miežu maisījumu pēc papildināšanas principa, zirņu ražas iznākums kopražā galvenokārt ir atkarīgs no agro klimatiskajiem apstākļiem, šķirnes un sējuma stāvokļa pēc sadīgšanas.

Bioloģiskajā un arī integrētajā audzēšanas sistēmā šādam maisījumam ir priekšrocības konkurētspējas ar nezālēm celšanā un veldres mazināšanā. Tomēr, būtu lietderīgi vairāku gadu pētījumi ar ekonomisko invertējumu, kas šajā projekta laikā netika veikti.

Piemērota šķirne ir viens no stūrakmeņiem kvalitatīvas un augstas ražas iegūšanai. Katra saimniecība ir unikāla un katram zemniekam ir savs mērķis ko tas vēlas sasniegt, kas nozīmē, ka šķirnes izvēle ir ļoti individuāla. Tādējādi, lai sasniegtu vēlamu rezultātu, ir jāņem vērā plašs faktoru klāsts, piemēram: vieta augu sekā, augsnes tips un mehāniskais sastāvs, cik daudz varēs atļauties mēslošanas un augu aizsardzības līdzekļus, tirgus (kur tiks pārstrādāto produkciju), un personīgo pieredzi.

Pētījuma rezultāti parādīja, ka ģenētiskie faktori kā šķirne, ārējās vides apstākļi, kā arī šo faktoru mijiedarbība ietekmē gan ražu, gan olbaltumvielu saturu zirņos. Tāpēc, lai maksimāli izmantotu zirņu potenciālu, audzētājiem ieteicams izvēlēties šķirnes, kas pārbaudītas vietējos apstākļos.

Zirņu un lauka pupu ražas pa gadiem ir nestabilas, to līmenis un olbaltumvielu saturs sēklās ir atkarīgs no to reakcijas uz sezonas mitruma un siltuma nodrošinājumu. Augstas gaisa temperatūras un zems nokrišņu daudzums veģetācijas periodā samazina zirņu un lauka pupu ražu, bet toties ceļ olbaltumvielu saturu sēklās.

Zirņu audzēšana mistrā ar graudaugiem var mazināt veldres risku un ražas zaudējumus sezonās ar lielu nokrišņu daudzumu mitros un vējainos gados un palielināt kopražas stabilitāti.

Šķirnes ar augstu olbaltumvielu un neaizvietojamo aminoskābju saturu varētu būt piemērotas olbaltumvielu izolātu ražošanai, kas atbilst uztura standartiem.

4.2. Izstrādāt piena produktu alternatīvas uz pākšaugu bāzes

3.2.1. Piena alternatīvas ražošanas un kvalitātes izvērtējums

PAMATOJUMS

Mūsdienās arvien vairāk cilvēku dažādu iemeslu dēļ atsakās no dzīvnieku valsts izcelsmes (piens, gaļa, olas, zivis) pārtikas produktiem, to ietekmē dažādi faktori. Viens no tiem ir ekoloģiskā situācija pasaulē, jo zinātnieki arvien vairāk runā par pārtikas piesārņojumu. Trešais lielākais piesārņotājs ir pārtikas rūpniecība, kas iekļauj lauksaimniecības (lopkopības) izejvielu pārstrādi. Cilvēku dzīvesveids un to uzskati arī ir viens no iemesliem, kāpēc parādās alternatīvas dzīvnieku izcelsmes produktiem. Veselības problēmas, piemēram, laktozes nepanesamība ir vēl viens faktors, kas ietekmē ēšanas paradumus. Arī iedzīvotāju skaita pieaugums pasaulē ietekmē dzīvnieku valsts izcelsmes produktu nepietiekamību.

Lauksaimniecības uzņēmumu skaita pieaugums nopietni ietekmē globālos procesus dabā. Zinātnieki ir pierādījuši, ka lauksaimniecības dzīvnieku gremošanas laikā veidojas liels metāna daudzums (Mira Okshevsky & Let's Talk Science, 2020). Metāns ir viena no gāzēm (3%), kas piedalās siltumnīcefekta gāzu radīšanā. Mērenā daudzumā siltumnīcefekta gāzes ir nepieciešamas dzīvības uzturēšanai uz Zemes, bet strauji palielinoties to apjomam, tiek veicināta atmosfēras zemāko slāņu temperatūras paaugstināšanās un globālās klimata pārmaiņas (Mira Okshevsky & Let's Talk Science, 2020).

Pēc “Risinājumi klimatam un enerģijai” centra vērtējuma, noteikts, ka lauksaimniecības nozare rada no 11% līdz 17% siltumnīcefekta gāzu emisijas, kas atbilst 15% transporta nozares radītajām emisijām, tātad ļoti daudz (Center for climate and energy solutions, 2021). Lauksaimniecības platības aizņem plašu teritoriju, gandrīz puse no visas apdzīvojamās zemes. Lauksaimniecība patērē ievērojamu planētas ūdens un mežu resursu daļu (Environmental Impacts of Food Production, 2021).

Mūsdienās arvien populārāk kļūst izvēlēties dažādas uztura tradīcijas. Pasaulē ir zināmas vairākas diētas, vienas no tām ir veģetārā un vegāna. Veģetārisma – un tā stingrāka paveida vegānisma – piekritēji aktīvi cīnās, lai samazinātu dzīvnieku ekspluatāciju. Saskaņā ar to cilvēkam nav tiesību atņemt dzīvību nevienai dzīvai būtnei. Pēc 2018. gadā pētījumu rezultātiem 3 procenti no pasaules iedzīvotājiem ir vegāni, bet 5 procenti – veģetārieši (Ipsos MORI Global Advisor Survey, 2018).

Laktozes nepanesamība ir plaši izplatīta visā pasaulē, to īpatsvars ir no 57% līdz 65% ar pakēpisku pieaugumu. Laktoze ir galvenais piena esošais ogļhidrāts. To saturs tajā ir ap 5%. Laktozes nepanesamību izraisa tievo zarnu bārktīnās esošā enzīma, kas ir atbildīgs par laktozes hidrolīzi, aktivitātes samazināšanās vai neesamība. Pēc statistiskās datiem pasaulē pieaug iedzīvotāju skaits ar laktozes nepanesamību. Līdz ar to pieaug patērētāju skaits, kas uzturā nevar lietot tādus dzīvnieku izcelsmes pārtikas produktus kā piens un svaigpiena produkti.

Pieprasījums pēc pārtikas produktiem pieaug, jo pasaules iedzīvotāju skaits turpina palielināties. Saskaņā ar Apvienoto Nāciju Organizācijas (World Population Prospects, 2019) datiem līdz 2050. gadam pasaules iedzīvotāju skaits sasniegs 9,7 miljardus (United Nations, 2019). Tā kā pasaules iedzīvotāju skaits palielināsies, pieaugs pieprasījums pēc pārtikas produktiem. Tāpēc jau šobrīd būtu nepieciešams identificēt un apzināt, kāda būtu alternatīva dzīvnieku izcelsmes (piens, gaļa, olas, zivis) pārtikas produktiem.

Piena produkti ir galvenais dzīvnieku valsts izcelsmes olbaltumvielu avots, tie nodrošina organismu arī ar citām nepieciešamām uzturvielām, piemēram, tauki, kalcijs, B₁₂ vitamīns. Pasaules zinātnieki strādā pie piena alternatīvu izstrādes, izmantojot augu valsts izejvielas (soja, rieksti, graudaugi, pākšaugi, kartupeļi u.c.) un ēdamos kukaiņus. Patlaban popularitāti un savu vietu tirgū ieņem arī augu valsts izcelsmes dzērieni.

Augu valsts izcelsmes dzēriena/produkta veids un tā nosaukums ir atkarīgs no izejvielas, no kuras tas tiek pagatavots. Par dzēriena pamatu tiek ņemti rieksti, sēklas, pākšaugi un graudi. Populārākie dzērieni tiek gatavoti no sojas, auzu pārslām, rīsiem, zirņiem, mandelēm un kokosriekstiem.

Zirņi ir labs papildinājums alternatīvu dzērienu klāstā, jo tajos ir augsts olbaltumvielu saturs un labi sabalansēts aminoskābju (AS) saturs (Guillin, 2021). Zirņi ir pākšaugi, tie ir bagāti ar makro- un mikroelementiem, labs olbaltumvielu avots (bagāts ar triptofānu un lizīnu), satur lēni sagremojamās ogļhidrātus, B grupas vitamīnus, minerālvielas, šķiedrvielas (šķīstošās un nešķīstošās), fitosterīnus, α -linolēnskābi (Kalogeropoulos, 2010; Rawal, 2019; Roy, Boye & Simpson, 2010; Rasskazova, Kirse-Ozoliņa, 2020).

Zirņi jau izsenis tiek izmantoti uzturā visā pasaulē. Latvijas iedzīvotāji lieto zaļos zirņus (*Pisum sativum* L.), aunazirņus (*Cicer arietinum* L.), pelēkos zirņus (*Pisum sativum* L. var. *arvense*) un dzeltenos šķeltos zirņus (*Pisum sativum* L.). Latvija saražo apmēram 22 500 tonnu zirņu gadā. Zirņu olbaltumvielas kļūst par populāru alternatīvu tradicionālajām olbaltumvielām, kas iegūtas no dzīvnieku valsts izejvielām un sojas produktiem. Tiem ir augsts olbaltumvielu saturs, pieejamība un dažkārt arī hipoalerģiskums. Olbaltumvielu saturu zirņos var ietekmēt gan vides apstākļi, gan ģenētiskie faktori. Ciete un šķiedrvielas ir galvenās zirņu sastāvdaļas - attiecīgi 46% un 20% no zirņu sausnas (skat. 6. tabulu). Zirņos konstatēts, ka kālijs ir nozīmīgākais elements, kam seko fosfors, magnijs un kalcijs. Zirņu mikroelementu sastāvā ir dzelzs, selēns, cinks, molibdēns, mangāns, varš un bors (Dahl et al., 2012).

6.tabula

Zirņu (*Pisum sativum* L.) un pupu (*Vicia faba* L.) ķīmiskais sastāvs

Sastāvdaļa	Saturs zirņiem, %	Saturs pupām, %
Olbaltumvielas	21.2 - 32.9	26.00 – 33.00
Ciete	36.9 – 49.0	22.00 – 45.00
Rezistentā ciete	2.1 - 6.3	3.20 – 6.00
Amilāze	20.7 - 33.7	33.55
Kopējais šķiedrvielu saturs	14.0 – 26.0	25.00
Nešķīstošās šķiedrvielas	10.0 – 15.0	10.70 – 16.00
Šķīstošās šķiedrvielas	2.0 – 9.0	0.55 – 1.06
Šķīstošie cukuri	5.3 - 8.7	5.70
Lipīdi	1.2 - 2.4	1.53
Pelnvielas	2.3 - 3.4	3.08

Zirņus izsenis izmanto ēdienu gatavošanā, tie spēj mazināt ar uzturu saistītu slimību risku, piemēram, aptaukošanos, diabētu, sirds-asinsvadu slimības (Michaels, 2016). Šī ietekme ir tieši saistīta ar to ķīmisko sastāvu un zemo glikēmisko indeksu. Lielākā daļa no pasaulē ražotajiem zirņiem ir dzeltenie lauku zirņi, pēc tam seko zaļie zirņi un daži citi veidi. Zirņu produkcija pasaulē 2018. gadā bija vairāk nekā 13,5 miljoni tonnu, lielākie ražotāji: Kanāda, Krievija un Ķīna, Latvijā saražotas 22 500 tonnas zirņu gadā (FAOSTAT, 2020).

Zirņu olbaltumvielas var izdalīt, izmantojot mitro ekstrakciju, sauso frakcionēšanu vai vieglo frakcionēšanu (Boukid et al., 2021). Pākšaugu olbaltumvielu emulģējošās un stabilizējošās īpašības palīdz veidot stabilu produktu ar atbilstošām fizikālām īpašībām.

Eksperimentējot ar zirņu olbaltumvielu izmantošanu dzērienu/produktu ražošanā bieži saskaras ar tādām problēmām, kas saistītas ar zirņu garšu un tekstūru. Savukārt dzērieniem nav cilvēka vajadzībām atbilstoša aminoskābju profila. Augu valsts izcelsmes dzērienos, kuros auzu dzērienam pievienoja gan lēcas, gan zirņus, vai tikai zirņus, bija uzlabots aminoskābju profils un saturs.

Zaļie zirņi (*Pisum sativum* L.) ir ilgtspējīga un lēta alternatīva sojai. Ķīmiskais sastāvs ir ļoti līdzīgs sojai. Ekstrahējamās olbaltumvielas zirņos veido 65–80% globulīnu un 15–35% albumīnu (Monga, et al., 2022).

Dzeltenie zirņi ir kļuvuši par vienu no atzītākajām izejvielām alternatīvu izstrādē, jo tajos ir augsts olbaltumvielu saturs, tie ir plaši pieejami un lēti. Zirņu globulīniem (70–80% no kopējā olbaltumvielu satura, ko galvenokārt veido legumīni un vicilīni) ir galvenā loma gēla veidošanā, kas norisinās trīs posmos: 1) olbaltumvielu denaturācija, 2) denaturēto olbaltumvielu starpmolekulārā mijiedarbība un 3) daļiņu aglomerācija, aptverot ūdeni, taukus un citus matricas komponentus.

Augu valsts izejvielu produktu tirgus turpina augt, pieaugumu rada pieprasījums pēc izejvielām/produktiem, kas atbilst veģetāriešu un vegānu uztura vajadzībām, it īpaši ar lielu olbaltumvielu saturu un labai draudzīga produkta izcelsmi. Globālā pieejamība, uzturvērtība, veselīgums un ekoloģiskie

ieguvumi padara zirņus par unikālu izejvielu jaunu pārtikas produktu ieguvei (Rasskazova, Kirse-Ozolīna, 2020).

Alternatīvo piena dzērienu pamatizejvielu ķīmiskā sastāva salīdzinājums ir dots 7. tabula (U.S. Department of Agriculture FoodData Central).

8. tabula

Augu dzērienu pamata izejvielu ķīmiskais sastāvs
(U.S. Department of Agriculture, 2019)

Ķīmiskais sastāvs uz 100 g	Izejvielas					
	Soja	Mandeles	Auzu pārslas	Zirņi	Kokosrieksts	Rīsi
Olbaltumvielas, g	16.6	21.2	17.3	5.42	3.33	5.95
Tauki, g	9	49.9	7.03	0.4	33.5	1.42
Ogļhidrāti, g	9.9	21.6	66.2	14.4	15.2	56.2
Šķiedrvielas, g	6	12.5	15.4	5.7	9	2.4

Vērtējot 7. tabulas datus var novērot, ka vislielākais olbaltumvielu saturs ir mandelēs (21.2%) un sojas pupās (16.6 %), bet vismazākais zirņos (5.42 %) un kokosriekstos (3.33 %). Būtiski augstāks tauku saturs ir mandelēs (49.9%) un kokosriekstos (33.5 %), bet vismazākais ir zirņos (0.4 %) un rīsos (1.42 %). Visaugstākais ogļhidrātu saturs ir rīsos (56.2 %) un auzās (66.2 %). Šķiedrvielu saturs auzu pārslās ir 15.4 %, tas ir vislielākais rādītājs no apskatītajām izejvielām. Tātad kombinējot tik dažādas sastāvdaļas, ir iespējams iegūt pilnvērtīgu piena alternatīvu ar pilnvērtīgu ķīmisko sastāvu un sensorām īpašībām.

9. tabula

Augu valsts izcelsmes dzērienu tirgus Latvijā (dati ievākti 2024. gadā)

Ražotājs	Sastāvs
Alpro	Ūdens, mandeles (2,3%), cukurs, trikalcijs fosfāts, jūras sāls, stabilizētāji (ceratoniju augļu sveķi, želena sveķi), emulgators (lecitīna (saulespuķu)), dabīgi amortizētāji, vitamīni (B2,B12,E,D2)
	Rīsu bāze (ūdens, rīsi (12,5%)), saulespuķu eļļa, trikalcijs fosfāts, jūras sāls, stabilizētājs (želena sveķi), skābuma regulētājs (kālija fosfāti), vitamīni (B12,D2)
	Sojas bāze (ūdens, lobītas sojas pupas (8%)), cukurs, skābuma regulētāji (kālija fosfāti), kalcija karbonāts, aromatizētājs, jūras sāls, stabilizētājs (želena sveķi), vitamīni
	Ūdens, kokosriekstu piens 5,3% (kokos-riekstu krēms, ūdens), rīsi 3,3%, trikalcijs fosfāts, stabilizētāji (guāra sveķi, želena sveķi, ksantāna sveķi), jūras sāls, vitamīni (B12, D2), aromatizētāji.
	Ūdens, Indijas rieksti (3,1 %), cukurs, trikalcijs fosfāts, jūras sāls, stabilizētāji (ceratoniju augļu sveķi, želena sveķi), emulgators (lecitīna (saulespuķu)), dabīgi amortizētāji, vitamīni (B2,B12,E,D2)
JV Vitmark- Ukraine	Avota ūdens, Auzu milti 10%, rapšu eļļa, jūras sāls, stabilizētājs: želena sveķi
	Avota ūdens, rīsu milti 12%, kokosriekstu krēms (kokosriekstu mīkstuma ekstrakts, ūdens) 6,5%, jūras sāls, stabilizētājs: želena sveķi
	Ūdens, griķu milti 10%, saulespuķu eļļa, jūras sāls, stabilizētājs: želena sveķi
AT: Mona Oberwat Produktion sGmbH	Ūdens, mandeles (1%), cukurs, kalcija karbonāts, stabilizētāji: guāra sveķi, želena sveķi; emulgators: lecīnins, aromatizētāji, sāls
	Ūdens, sojas pupas 6,8%, cukurs, kalcija karbonāts, sāls, stabilizētāji: želena sveķi, karagināns; skābuma regulētājs: dikālija fosfāts; aromatizētāji, krāsvielas: karotīni; D vitamīns, B12 vitamīns, riboflavīns

Pētot Latvijas augu valsts izcelsmes dzērienu tirgu, noteikts, ka visplašāk pārstāvētie ir “Alpro”, “JV Vitmark- Ukraine”, “AT: Mona Oberwat ProduktionsGmbH”.

Olbaltumvielu satura ziņā govs pienam līdzīgi ir sojas dzērieni. Vislielākais tauku saturs augu izcelsmes dzērienos ir griķu produktam - Vega Milk “Buck Wheat” – 2.5%. Augu valsts izcelsmes dzērienos ir būtiski lielāks ogļhidrātu saturs. Galvenā alternatīvu ražotāju problēma ir nodrošināt vēlamu olbaltumvielu saturu un maksimāli pietuvināt produkta aminoskābju saturu un sastāvu govs pienam. Ņemot vērā patērētāju attieksmi pret soju, būtu jāmeklē jaunāki risinājumi alternatīvu ražošanā (ar pietiekami augstu olbaltumvielu saturu, sabalansētu aminoskābju sastāvu, patīkamu pienam līdzīgu garšu un aromātu).

Piena alternatīvas ražošanas tehnoloģija. Dzērieni uz augu bāzes ir piena aizstājēji un ir plaši pieejami pārtikas tirgū. Tomēr tiem ir atšķirīgas sensorās īpašības, stabilitāte un ķīmiskais sastāvs.

Pasterizāciju parasti veic $73 \pm 1^\circ\text{C}$, 30 sek, lai inaktivētu mikroorganismus un fermentus (Aydar et al., 2020).

Alternatīvas iegūst no šķīstošās auga daļas, piemēram, graudaugiem, pākšaugiem, pseidograudaugiem, sēklām, dārzeņiem un riekstiem. Augu valsts izcelsmes dzērienus var bagātināt ar minerālvielām un vitamīniem (Bocker, Silva, 2022). Turklāt produktus var gatavot no vairākām izejvielām, uzlabojot aminoskābju saturu un sastāvu, garšu, konsistenci un mazinot antinutrientu saturu. Daudzos graudaugos ir neliels lizīna saturs (Bonke et al., 2020). Piemēram, auzas satur tikai 575 mg lizīna/100 g. Ieteicamā dienas deva pieaugušam cilvēkam (svars 70 kg) ir 2100 mg dienā, tas nozīmē, ka dienā būtu jāapēd 365 g auzu (enerģētiskā vērtība 1344 kcal), lai segtu ikdienas vajadzību pēc lizīna ar auzām. Visievērojamākā augu izcelsmes sastāvdaļu kategorija, kas var papildināt lizīna trūkumu, ir pākšaugi. Pākšaugos, piemēram, lēcās un zirņos, lizīna saturs tuvojas dienas ieteiktajai devai ir 100 g produktā. No otras puses, pākšaugi raksturojas ar mazu sēra saturošo aminoskābju saturu - cisteīns un metionīns (WHO 2007, Fødevareinstitute, 2018). Tāpēc, lai iegūtu pilnvērtīgu dzērienu ķīmisko sastāvu, būtu jāmeklē kombinācijas, ietverot pākšaugus un graudaugus.

10. tabula

Govs piena un augu izcelsmes dzērienu ķīmiskais sastāvs

Produkts	Ķīmiskais sastāvs %			
	Olbaltumvielas	Tauku saturs	Ogļhidrāti	Šķiedrvielas
1. Govs piens	3.3	3.8	4.7	-
2. Alpro "Almond"	0.4	1.1	2.4	0.4
3. Alpro "Rice "	0.1	1.0	9.5	0.0
4. Alpro "Soya"	3.0	1.8	2.5	0.5
5. Alpro "Coconut"	0.1	0.9	2.7	0.1
6. Alpro "Cashew"	0.5	1.1	2.6	0.2
7. Vega Milk "Oat"	1.3	1.5	6.4	-
8. Vega Milk "Rice & Coconut"	1.0	1.5	10.0	-
9. Vega Milk "Buck Wheat"	0.7	2.5	8.0	-
10. Happy Almond	0.3	0.6	3.0	0.1
11. Happy Soya	3.0	1.7	2.6	0.5

Rūpnieciski ražoto dzērienu pārstrādes posmi galvenokārt balstās uz maksimālo šķīstošās frakcijas iznākumu. Tādējādi sākotnējā apstrāde atšķiras atkarībā no izejvielu īpašībām (Silva et al., 2020). Tā ir atkarīgi no izmantotās izejvielas. Tajā pašā laikā pseidograudaugus **blanšē** (4 min, $98 \pm 2^\circ\text{C}$) un kaltē. Tad seko **smalcināšanas** posms, lai samazinātu daļiņu lielumu. Ekstrakcijas rezultātā atdala lipīdus no pārējām sastāvdaļām. Sauso smalcināšanu parasti neizmanto daļiņu lieluma samazināšanai, tādējādi dzēriena ražošanai parasti izmanto mitro malšanu. Ūdens pievienošana smalcināšanas laikā mazina apstrādes laiku un palielina **balināšanas** efektivitāti. Pēc balināšanas tiek veikta **filtrācija**, lai iegūtu ūdeni šķīstošo ekstraktu. Tad iegūtam produktam pievieno pārtikas piedevas, lai nodrošinātu produkta stabilitāti. Produktu var bagātināt, pievienojot vitamīnus un minerālvielas (Chalupa-Krebzdak et al., 2018).

Homogenizācija savukārt palielina dzērienu fizikālo stabilitāti, samazinot daļiņu izmērus, būtiski nemainot viskozitāti. Tādējādi produkts nodrošina lielāku noturību pret sedimentāciju un fāzu sadalīšanos uzglabāšanas laikā (Maghsoudlou et al., 2018).

Pēdējais pārstrādes posms ir **termiskā apstrāde**. Ultrapasterizācija ir termiskā apstrāde, kura tiek pielietota, lai nodrošinātu mikrobioloģisko drošību. Izmantojot jaunākās tehnoloģijas: augstas intensitātes ultraskaņa, augstspiediena, mikroviļņu, sildīšana elektriskā laukā, superkritiskā ekstrakcija un ultravioletais starojums ir daudzsološas alternatīvas, lai aizstātu tradicionālo termisko apstrādi un stabilizētu uz augu izejvielu bāzes gatavotos dzērienus (Munekata et al., 2020).

MATERIĀLI UN METODES

Zirņu dzēriena gatavošanā tika izmantotas šādas izejvielas:

Šķeltie zirņi:

Šķirne 'Lāsma', šķirne 'Casablanca', šķirne 'Respect' hibrīdi H 11-6-54 un H 11-8-43 (skat. 18. un 19. att.).



a.



b.



c.

18.att. a. Šķeltie zirņi šķirnes 'Lāsma' b. 'Casablanca' c. 'Respect'



a.



b.

19.att. Šķeltie zirņi hibrīdi: a. H 11-6-54 b. H 11-8-43

Pelēkie zirņi:

Šķirne 'Bruno', hibrīds H 08-10-09, un H 08-10-15 (skat. 20. att.).



a.



b.



c.

20.att. Pelēkie zirņi šķirne 'Bruno', b. hibrīds H 08-10-09 c. hibrīds H 08-10-15

Zaļie zirņi:

Šķirne 'Zaiga', hibrīds H 13-2-3 (skat. 21. att.).



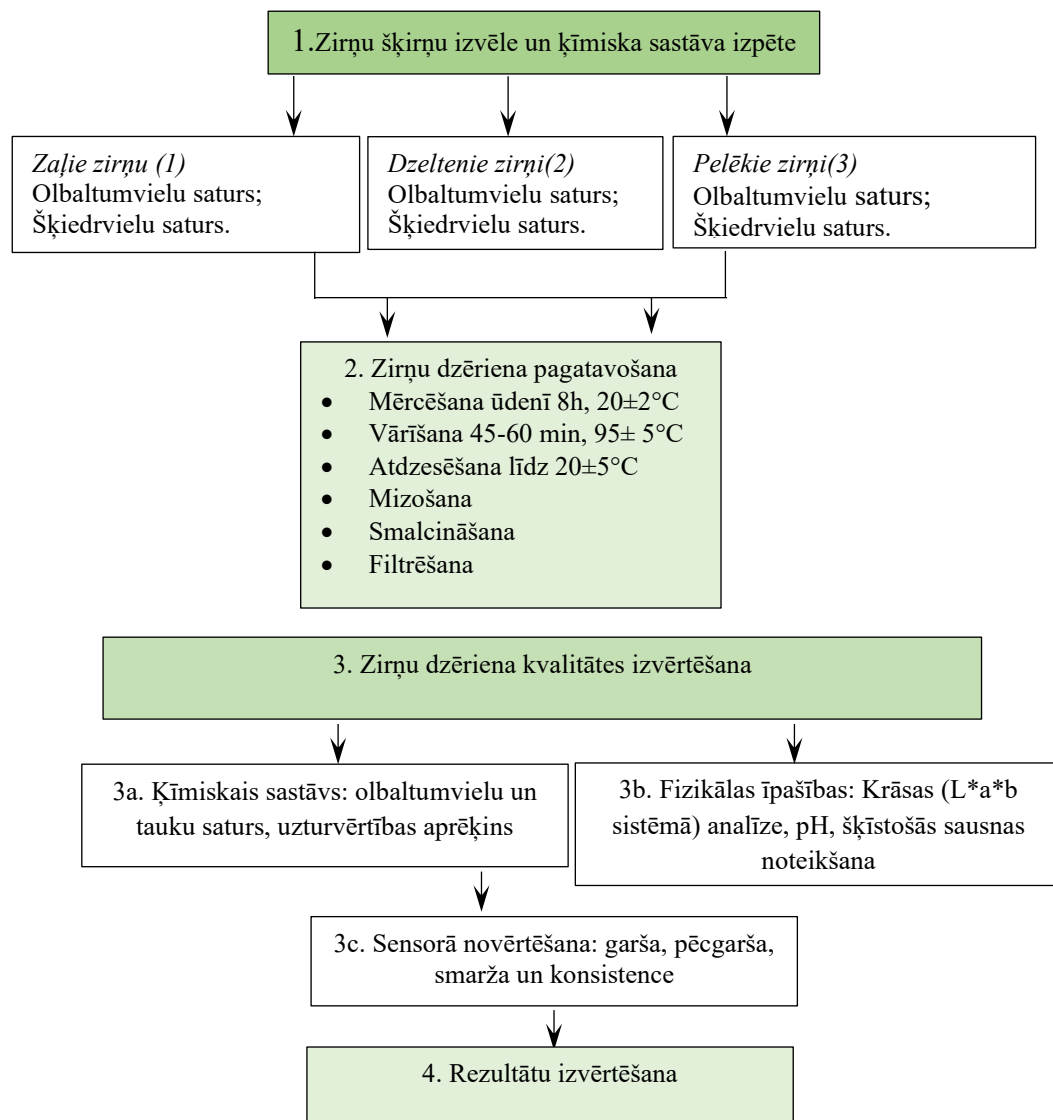
a.



b.

21..att. Zaļie zirņi a. šķirne 'Zaiga', b. hibrīds H 13-2-3

Pārējas sastāvdaļas: dzeramais ūdens; dateles (Alis Co, Irāna); olīveļļa (MAZZA OLIO, Itālija); kļavu sīrups (Maple Joe, Kanāda).



22. att. Pētījuma shēma

Zirņu dzēriena ražošanas tehnoloģija bija šāda: zirņus mērcēja ūdenī (8 h), lai zirņi kļūst mīksti. Pēc mērcēšanai zirņus vārīja 55±5 minūtes 95±5°C temperatūrā, vārīšanas laiks ir atkarīgs no zirņu šķirnes, visilgākais bija pelēko zirņu (**‘Bruno’, H 08-10-15, H 08-10-9**) šķirnei. Nākamais posms bija atdzesēšana līdz 20±5°C, vieglākai zirņu mizošanai. Mizošana notika tikai zaļiem un šķīeltajiem zirņiem, pelēkiem zirņiem mizošanas process ir apgrūtināts biežās mizas dēļ. Smalcināšana un piedevu (eļļa, dateles, sīrups) pievienošana. Filtrēšana ir nepieciešama pelēkiem zirņiem, jo zirņi smalcināti ar visu mizu.

10.tabula

Zirņu dzēriena receptūra

Produkts	Proporcija, %	Pētījumā izmantoto izejvielu daudzums, g
Zirņi	18,46	50,0
Dzeramais ūdens	74,50	200,0
Eļļa	0,40	1,0
Dateles	5,50	15,0
Kļāvu sīrups	1,11	3,0
Ksantana sveķi	0,03	0,1
Kopā	100	268,1

Pētījumā izmantoto metožu raksturojums

Izejvielām un gatavam produktam noteikti 11. tabulā apkopotie kvalitātes rādītāji.

11.tabula

Kvalitātes rādītāju raksturojums

Izejviela / produkts	Fizikāli-kīmiskie rādītāji	Sensorā novērtēšana	Uzturvērtības aprēķins
Zirņi + dzeramais ūdens	Olaltumvielu saturs, %	-	-
	Šķiedrvielu saturs, g /100g	Organoleptiskā novērtēšana	-
Zirņu dzēriens	pH Šķīstošā sausa Krāsas Viskozitāte	+	+

Olaltumvielu saturs noteikts saskaņā ar standartmetodi LV EN ISO 8968-1:2014 “Kjeldāla metode”.

Šķiedrvielu saturs noteikts ar standartmetodi ISO 5498 ar iekārtu “Fibertec system 1010 Heat Extractor”.

pH noteikts ar standartmetodi TS 1728 ISO 1842.

Krāsas (L*a*b* sistēmā) analīze.

Viskozitāte noteikta, izmantojot Bookfield DV-III Ultra Programmable Rheometers. Vārpstas apgriezību skaits minūtē tiek iestatīts 10 min⁻¹. Viskozimetra programma darbojas 20 sekundes.

Šķīstošās sausas noteikta ar refraktometru.

Sensorās novērtēšanai zirņu dzēriens gatavots saskaņā ar receptūru (skatīt 10.tabula). Vērtētājiem piedāvāti 3 zirņu dzēriena paraugi, kuri ir pagatavoti no pelēkiem zirņiem - **H 08-10-15**, šķēltiem zirņiem **‘Lāsma’** un zaļiem zirņiem **‘Zaiga’**. Paraugi šifrēti un katra parauga svars bija 30 g. Novērtēšanā piedalījās 25 apmācīti vērtētāji, no kuriem 2 vīrieši un 23 sievietes. Lai novērtētu dzērienu sensoro īpašību (krāsa, zirņu smarža, konsistence, zirņu garšu un pēcgaršu) intensitāti, izmantota 12 cm līniskala. Dzērienu vērtēšanai un datu apstrādei izmantota FIZZ Software (Biosystemes, Francija) programma. Vērtētājiem sensorās novērtēšanas sistēmā FIZZ bija jāatzīmē dažādu īpašību intensitāte skalā no 0 - nav izteikts, 12 - ir ļoti izteikts, konsistence – 0 - šķidra, 12- bieza. Garšas neitralizēšanai starp paraugiem izmantota silta melnā tēja.

REZULTĀTI

Zirņu piemērotības dzērienu ražošanai izvērtējums

Zirņi (*Pisum sativum* L) ir viens no galvenajiem pākšaugiem pasaulē, tos plaši izmanto kā **olbaltumvielu** avotu (Boukid, Rosell et. al.,2021). Analizējot pelēko zirņu šķirnes un hibrīdus ('Bruno', H 08-10-9, H 08-10-15), tika noteikts, ka dzērieni, gatavoti no zirņu šķirnes '**Bruno**', satur lielāko olbaltumvielu saturu 1.76 ± 0.02 %, tad seko hibrīdi **H 08-10-9**: 1.34 ± 0.007 %, un **H 08-10-15**: 1.22 ± 0.06 %. Būtiskāka atšķirība ($p < 0.05$) tika konstatēta starp 'Bruno' un H 08-10-15. Salīdzinot olbaltumvielu saturu citos augu valsts izcelsmes dzērienos (auzu, mandeļu), zirņu dzērienā to saturs ir lielāks.

12.tabula

Olbaltumvielu saturs dzērienos no zirņiem

Zirņi	Šķirne/hibrīds	Olbaltumvielu saturs, g 100 g
Pelēkie	Bruno	1.76
	H 08-10-09	1.34
	H 08-10-15	1.22
Dzeltenie	Lāsma	1.5
	Respect	2.03
	H 11-8-43	2.4
	Casablanca	1.93
	H 11-6-54	2.45
Zaļie	Zaiga	1.85
	H 13-2-3	1.67

Pagatavojot dzērienus uz zirņu bāzes, bija svarīgi noskaidrot, cik liels olbaltumvielu saturs pāriet dzērienā. Salīdzinot olbaltumvielu saturu zirņos un dzērienā (zirņi + ūdens), tajā pārgāja 6.56% olbaltumvielu (šķirne '**Bruno**'), būtiski mazāka ($p > 0.05$) olbaltumvielu pāreja bija dzērienos, kuri pagatavoti no hibrīdiem **H 08-10-9** - 4.66 %, un **H 08-10-15** - 5.03%.

Analizējot olbaltumvielu saturu zirņu dzērienā, rezultāti ir šādi: šķirnēm '**Lāsma**'- 1.5 ± 0.02 %, '**Respect**'- 2.03 ± 0.02 %, '**Casablanca**' - 1.93 ± 0.04 %, būtiski lielāks olbaltumvielu saturs ($p < 0.05$) bija hibrīdiem **H 11-8-43** - 2.40 ± 0.04 %, un **H 11-6-54**- 2.45 ± 0.02 %. Vislielākā starpība (par 39% lielāks olbaltumvielu saturs) ir starp H 11-6-54 un 'Lāsma' zirņiem. Salīdzinot ar augu dzēriena alternatīvam, olbaltumvielu saturs ir lielāks izstrādātajā dzērienā nekā tirgū pieejamā mandeļu (0.5%)¹, bet mazāks nekā sojas dzērienā ar olbaltumvielu saturu 3%².

No zirņiem dzērienā (ūdens + zirņi) pārgāja 5.68% olbaltumvielu šķirnei '**Lāsma**', šķirnei '**Casablanca**' - 7.15%. Lielāks iznākums bija šķirnei '**Respect**' (8.33%), bet būtiski lielāks rādītājs ($p < 0.05$) bija hibrīdiem **H 11-6-54** - 10.86 % un **H 11-8-43** 10.83%, kas liecina par lielāku šķīstošo olbaltumvielu saturu zirņos.

Tika izmantota arī **zaļo zirņu** šķirne 'Zaiga' un hibrīds H 13-2-3. Olbaltumvielu saturs dzērienā (1:4, 50 g zirņi un 200g ūdens) vislielākais bija šķirnei '**Zaiga**' - 1.85 ± 0.04 %, hibrīdā **H 13-2-3** bija mazāks - 1.67 ± 0.06 %.

Vislielākā olbaltumvielu pāreja dzērienā tika noteikta šķirnei '**Zaiga**' - 8.61%, tad sekoja hibrīds **H 13-2-3** – 6.31% (skatīt attēls). Iegūtie rezultāti ir līdzīgi pelēko zirņu rezultātiem un olbaltumvielu saturs dzērienā ir lielāks, nekā citās piena alternatīvās, izņemot sojas dzērienu.

Šķiedrvielu saturs. Analizējot šķiedrvielu saturu zirņu dzēriena sausnā, viszemākais rezultāts ir šķirnei '**Bruno**' - $14.45 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ un hibrīdam **H 8-10-15** - $8.17 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$, bet visaugstākais rezultāts hibrīdam **H 08-10-9** - $16.13 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$. Salīdzinot ar citām tirgū pieejamajām alternatīvajām dzērieniem, izstrādātajos zirņu dzērienos šķiedrvielu saturs ir augstāks, tā mandeļu dzērienā šķiedrvielu saturs sausnā ir $11.5 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ ³. Šķiedrvielu saturs dzēriena sausnā no šķeltiem zirņiem šķirnei '**Respect**' bija vislielākais rezultāts $16.16 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$, tad sekoja '**Lāsma**' $9.49 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$, hibrīds **H 11-8-43** $9.83 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$.

¹ "Mandeļu dzēriens" [tiešsaiste] (skatīts 17.05.2022) Pieejams: <https://www.alpro.com/lv/produktus/dzerieni/almond-drinks/mandelu-dzeriens/>

² "Sojas dzēriens ar kalciju" [tiešsaiste] (skatīts 17.05.2022) Pieejams: <https://www.barbora.lv/produkti/sojas-dzeriens-alpro-ar-kalciju-1-1>

³ "Mandeļu dzēriens" [tiešsaiste] (skatīts 16.05.2022) Pieejam: <https://www.alpro.com/lv/produktus/dzerieni/almond-drinks/mandelu-dzeriens/>

¹, šķirne ‘Casablanca’ - 9.38 g 100 g⁻¹, bet viszemākais rezultāts bija **H 11-6-54** ir 6.64 g 100 g⁻¹. Dzērienā, kas tika pagatavots no šķirnes ‘**Zaiga**’ zirņiem, bija zemākais kopējo diētisko šķiedrvielu saturs - 11.55 g 100 g⁻¹, hibrīdam **H 13-2-3** kopējo diētisko šķiedrvielu saturs bija būtiski lielāks ($p < 0.05$) – 12.39 g 100 g⁻¹. Salīdzinot iegūtos datus ar alternatīvajiem dzērieniem, piemēram, mandeļu dzērienā šķiedrvielu saturs sausnā ir 12.1 g 100 g⁻¹ (U.S. Departament of Agriculture, 2020), kokosriekstu dzērienā 9.0 g 100 g⁻¹ (U.S. Departament of Agriculture, 2019), tātad zirņu dzērienā šķiedrvielu saturs ir līdzīgs.

Izvērtējot zaļos, pelēkos un šķeltos zirņus, labākus rezultātus ir ieguvuši šķirnes ‘Zaiga’ un ‘Lāsma’, un hibrīds H 08-10-15, ko arī izmantoja turpmākajos pētījumos.

Zirņu dzērienu kvalitātes izvērtējums

Dzēriena gatavošanā tika izmantotas dažādas izejvielas, kas ietekmē to kvalitāti.

13.tabula

Zirņu dzērienu kvalitāte

Zirņu šķirne/ hibrīds	pH	Viskozitāte, m Pas	Šķīstošā sausna, Brix%
‘Lāsma’	6.86 ± 0.01	7.00 ± 0.6	7.1 ± 0.20
‘Zaiga’	6.90 ± 0.01	2.09 ± 0.2	6.2 ± 0.06
H 08-10-15	6.76 ± 0.01	1.98 ± 0.5	9.3 ± 0.20

Vērtējot zirņu dzērienos **viskozitāti**, viszemākais rezultāts bija dzērienam, kas tika pagatavots no pelēkiem zirņiem (**H 08-10-15**), arī sensorā novērtēšanā vērtētāji atzīmēja, kā paraugs ir nedaudz ūdeņains. Dzērienam, kas pagatavots no zaļiem zirņiem, viskozitāte bija nedaudz lielāka, bet būtiskas atšķirības netika konstatētas. Būtiski lielāks rezultāts ($p < 0.05$) bija dzērienam no šķeltiem zirņiem (‘**Lāsma**’) - 7.00±0.6, tādu rezultātu starpību var ietekmēt cietes saturs zirņos. Ciete piesaista ūdeni un palielina produkta viskozitāti, tāpēc var izvirzīt hipotēzi, ka šķirne ‘Lāsma’ ir ar lielāku cietes saturu, kaut pētījuma ietvaros tas netika noteikts.

Šķīstošās sausas satur (skatīt 13. tabula) zirņu dzērienos ir atšķirīgs, šķeltiem zirņiem šķirnei ‘**Lāsma**’ - 7.1 ± 0.2%, zaļiem zirņiem šķirne ‘**Zaiga**’ sausas saturs bija būtiski zemāks ($p < 0.05$) 6.2 ± 0.06%. Dzērienā, kurš tika pagatavots, izmantojot hibrīdu **H 08-10-15**, bija būtiski lielāks ($p < 0.05$) sausas saturs, ko varēja ietekmēt zirņu ogļhidrātu saturs dzērienā, ko arī pastiprināja sensorās vērtēšanas rezultāti.

Analizējot **krāsas** zirņu dzērienos, kuri tika pagatavoti no dažādām zirņu šķirnēm un hibrīda, rezultāti bija būtiski atšķirīgi (skat. 14. tabulā).

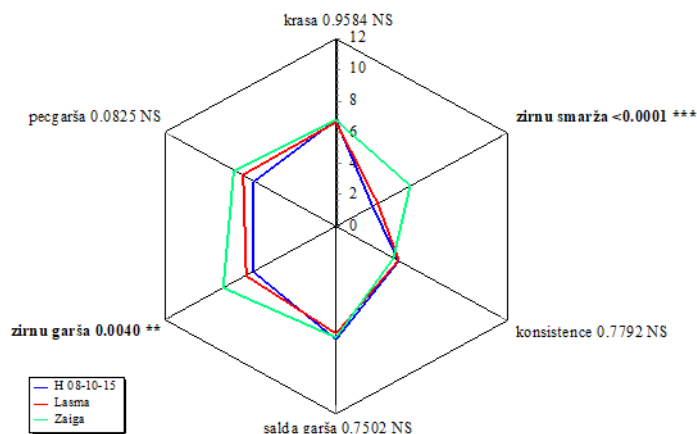
14.tabula

Zirņu dzērienu krāsas L*a*b* sistēmā

Zirņu šķirne/ hibrīds	L	a	b
‘Lāsma’	54.36±1.45	-5.83±1.19	11.26±0.58
‘Zaiga’	41.23±0.84	-6.89±1.93	11.26±0.74
H 08-10-15	46.30±0.48	-3.53±1.37	10.58±0.59

L vērtība nozīmē, vai dzēriens ir gaišs, vai tumšs, jo lielākā vērtība, jo gaišāks ir dzēriens. Pētījumā tika noteikts, ka visgaišākais bija dzēriens no šķeltiem zirņiem, šķirnei ‘Lāsma’ **L** vērtība bija būtiski lielāka - 54.36±1.45. Negatīva **a** vērtība nozīmē, ka dzērienos ir izteikta zaļā krāsa un vislielākā vērtība bija dzērienā, kas tika pagatavots no zaļiem zirņiem (šķirne ‘Zaiga’) $a = -6.89 \pm 1.93$, rezultāts bija acīmredzami zemāks, jo dzēriens ir zaļāks, salīdzinājumā ar citiem zirņu dzērieniem. Pozitīva **b** vērtība nozīmē, kas dzērienos dominē dzeltenā krāsa, šķirnei ‘Lāsma’ $b = 11.26 \pm 0.58$ un ‘Zaiga’ $b = 11.26 \pm 0.74$ bija visaugstākā **b** vērtība. Dzērienam, kurš tika pagatavots no pelēkiem zirņiem, rezultāti, salīdzinot ar zaļiem un šķeltiem, bija zemāki.

Sensorā novērtēšana. Rezultāti par analizēto dzērienu sensoro īpašību intensitāti ir apkopoti 23. attēlā.



23.att. Sensoro īpašību intensitātes novērtējums zirņu dzērienos.

Pēc iegūtiem rezultātiem var secināt, ka būtiskas atšķirības nav dzērienu krāsas intensitātē ($p=0.9584$). Vērtētāji atzina, ka vispatīkamākā krāsa ir paraugam, kas iegūts no šķeltajiem zirņiem ‘Lāsma’, pēc krāsas novērtēšanas $L^*a^*b^*$ sistēmā (skatīt 3.4. tabula) visgaišākais dzēriens ir no šķeltiem zirņiem. Tas ļauj izdarīt secinājumu, ka patērētājiem labāk patīk produkts, kas pēc krāsas atgādina pienu.

Būtiska atšķirība netika konstatēta dzērienu konsistences intensitātē ($p = 0.7792$), visi paraugi bija šķidri un netika novērotas nogulsnes, kas ir svarīgi dzērienā ražošanā.

Netika konstatētas būtiskas atšķirības ($p=0.7502$) saldās garšas intensitātē. Vērtētāji atzina, ka nedaudz saldāka garša ir zirņu dzērienā, kurš pagatavots no pelēkiem zirņiem H 08-10-15. Analizējot šī dzēriena šķīstošās sausas saturu (skatīt 13.tabula), rezultāts ir vislielākais, līdz ar to var secināt, ka dzēriens no pelēkiem zirņiem būs saldāks.

Nepastāv arī būtiskas atšķirības ($p = 0.0825$) zirņu dzērienu pēcgaršas intensitātē. Tomēr izteiktākā pēcgarša ir dzērienam, kurš tika pagatavots no zaļiem zirņiem, to atzīmēja vērtētāji.

Būtiskās atšķirības tika konstatētas dzēriena zirņu smaržas ($p < 0.0001$) un zirņu garšas ($p = 0.0040$) intensitātē. Visizteiktākā zirņu smarža bija dzērienā, kas pagatavots no zaļiem zirņiem, vērtētāji atzīmēja kā “Ļoti jūtama zirņu smarža”. Neitrālākā zirņu smarža ir dzērienā, kurš ir pagatavots no pelēkiem zirņiem un šķeltiem zirņiem. Par labāko izejvielu tika atzīti šķeltie zirņi, šķirne ‘Lāsma’.

Rezultātu kopsavilkums. Tā kā labākais zirņu dzēriens bija no šķirnes ‘Lāsma’, tam tika aprēķināta uzturvērtība. Dzēriens gatavots saskaņā ar receptūru, skatīt 10. tabulā. Pēc aprēķiniem 100 g zirņu dzēriena enerģētiskā vērtība ir 32.41 kcal, tauku saturs 1.21 g, ogļhidrātu saturs 4.61 g, olbaltumvielu saturs 1.28 g, šķiedrvielu saturs 1.01g. Aprēķinot dzēriena uzturvērtību, kas ir pagatavots no šķeltiem zirņiem ‘Lāsma’, viena no izejvielām ir dateles, kurās ogļhidrātu saturs ir 75 g 100 g⁻¹ (U. S. Departament of Agriculture, 2018). Pašā dzērienā dateļu daudzums ir 15 g, pārrēķinot to uz dzērienu tieši šī iemesla dēļ ir tik augsts ogļhidrātu saturs.

Mūsdienas eksistē liels alternatīvo dzērienu klāsts. Pagatavoto zirņu dzērienu bija vērtīgi salīdzināt ar mazumtirdzniecībā pieejamām piena alternatīvām. Zirņu dzēriens ir salīdzināts ar mandeļu dzērienu “Almond” (Alpro), skatīt 15. tabulā.

15.tabula

Zirņu un mandeļu dzērienu ķīmiskā sastāva salīdzinājums

Dzērienu nosaukums	Parametri					
	Saturs, g 100 g ⁻¹				Uzturvērtība,	
	Tauku	Ogļhidrātu	Šķiedrvielu	Olbaltumvielu	kcal	KJ
Alpro “Almond”	1.10	2.40	0.40	0.40	21.1	93
Dzēriens no šķeltiem zirņiem- ‘Lāsma’	1.21	4.61	1.01	1.28	32.41	132

SECINĀJUMI

1. Visaugstākais olbaltumvielu saturs zirņu dzērienā tika noteikts hibrīdam H 11-6-54 (šķeltie zirņi), visaugstākais šķiedrvielu saturs - šķirnei 'Respect' (šķeltie zirņi).
2. Izvērtējot škelto, pelēko un zaļo zirņu olbaltumvielu un šķiedrvielu saturu un produktu organoleptiskās īpašības, par labākām izejvielām dzēriena ražošanai atzītas 'Lāsma', 'Zaiga' un H 08-10-15 zirņi.
3. Izvērtējot produktu sensorās īpašības, par labāko tika atzīts dzēriens, kas tiks pagatavots no škelto zirņu šķirnes 'Lāsma'.
4. Lielāka viskozitāte tika noteikta dzērienam, kas tika pagatavots no šķeltiem zirņiem šķirne 'Lāsma'.
5. Projektā izstrādātais zirņu dzēriens ir konkurētspējīgs produkts jau eksistējošām piena alternatīvām. Salīdzinot ar citiem augu dzērieniem, zirņu dzērienā ir augsts olbaltumvielu ($1.28 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$) un šķiedrvielu ($1.01 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$) saturs, turklāt to ražošanai izmanto vietējas valsts izcelsmes izejvielas.

3.2.2. Pākšaugu pirmapstrāde

PAMATOJUMS

Zirņu apstrādes metodes, piemēram, mērcēšana, termiskā apstrāde, diedzēšana, ievērojami ietekmē zirņu ķīmisko sastāvu, uzlabojot zirņu olbaltumvielu sagremojamību un uzturvērtību, palielinot antioksidantu aktivitāti (Boye, Zare et al., 2017). Pākšaugos, tajā skaitā arī zirņos, ir sastopami metabolīti, ko augs ražo, lai pasargātu sevi no kaitēkļu invāzijas. Tripsīna inhibitori (TI) ir vieni no galvenajiem savienojumiem, kas mazina zirņu olbaltumvielu sagremojamību (Gaxiola, et al., 2017). Pastāv vairākas metodes, lai inaktivētu TI, un visbiežāk izmanto termisko apstrādi. Termiska apstrāde veicina tripsīna starpmolekulāro saišu pārraušanu, kuras ir atbildīgas par tripsīna terciāro struktūru. Termiskā apstrāde izraisa uzturvielu zudumus, ietekmē zirņu funkcionālās īpašības un prasa elektroenerģijas patēriņus. Ņemot vērā iepriekš minēto, ir atrasti jauni risinājumi, kas palīdz uzlabot pākšaugu uzturvērtību un risināt termiskās apstrādes radītās problēmas.

Termiskā apstrāde veicina pākšaugos esošo aminoskābju biopieejamību organismā. Dažas no ieteiktajām metodēm ir zirņu apstrāde autoklāvā, mikroviļņu krāsnī un grauздēšana (Drulyte et al., 2019). Lai inaktivētu tripsīna inhibitorus iesaka īstenot vārīšanu 100 °C apmēram 20 min, cepšanu 200 °C 15 min, apstrādi mikroviļņu krāsnī 2450 MHz 4 min un sterilizāciju autoklāvā veikt 120 °C 10 min. Izmantojot mikroviļņu apstrādi, kopējā tanīna koncentrācija samazinājās par 25.7%, kas savukārt uzlabo zirņu sensorās īpašības. Tanīni tiek iedalīti 2 grupās: hidrolizējamie tanīni un proantociānīdīni (kondensēti tanīni). Proantociānīdīni samazina olbaltumvielu sagremojamību, neļaujot enzīmam iedarboties uz noteiktu peptīdsati olbaltumvielās (Borse et al., 2006). Šīs metodes deaktivizē lielāko daļu zirņos esošā tripsīna. Kombinējot šos apstrādes veidus vai arī pievienojot 3% NaCl vārīšanas laikā, samazinās apstrādes laiks, kas nepieciešams tripsīna inaktivācijai par 74%. Toties neskatoties uz šo procesu efektivitāti ir novērots, ka temperatūra virs 80 °C nelabvēlīgi ietekmē sēra saturošās aminoskābes un termolabīlos vitamīnus (Egounlety et al., 2003).

Zirņu termiskā apstrāde augstās temperatūrās samazina nevēlamo zirņu garšu (1 – pentanols, 1 – okten – 3 – ols), tomēr paātrina lipīdu oksidēšanos (nevēlami aromātiskie savienojumi). Mailarda reakcijas rezultātā uzlabojas zirņu olbaltumvielu emulgējošās īpašības un garša (Zha et al., 2019).

Mūsdienās lielāko daļu zirņu dzērienu ražo, izmantojot **UHT** (*Ultra-high temperature*) apstrādi ar tālāku produkta aseptisku pildīšanu, tādējādi, nodrošinot derīguma termiņu līdz pat vienam gadam istabas temperatūrā. Iespējams pielietot tiešo un netiešo UHT apstrādi (*direct as well as indirect UHT systems*), bet augu valsts izcelsmes dzērieniem dod priekšroku tiešajai UHT metodei. Tiešajā apstrādē rodas mazākas ķīmiskā sastāva izmaiņas, jo produkts mazāk pakļauts temperatūras ietekmei un veidojas mazāka skābekļa ekstrakcija no produkta vakuuma kamerā. Bieži priekšroka tiek dota netiešajai apstrādei – mazāku ieguldījumu un ekspluatācijas izmaksu dēļ. Ilgstošais UHT produkta uzglabāšanas laiks pieprasa produkta stabilizāciju, lai nodrošinātu viendabīgu konsistenci visā derīguma termiņa laikā (Andrade et al., 2016).

Viena no biežāk izmantojamām pirmapstrādes metodēm ir **mērcēšana**. Svarīgākie mērcēšanas parametri ir produkta un ūdens attiecība, mērcēšanas ilgums. Šie parametri ievērojami atšķiras atkarībā no pākšaugu veida. Zirņu mērcēšanai piemēro produkta un ūdens attiecību 1:2 un laiks 16 h.

Pākšaugu termisko apstrādi var būtiski ietekmēt pākšaugu veids un apstrādes metodes, kas var būt piemērotas pirms vārīšanas procesa – mērcēšana, grauздēšana, kaltēšana un citas. **Vārīšana** atkarībā no pākšaugu veida var būt no 20 līdz 40 minūtēm (Lopes et al., 2020).

Sārmainā blanšēšana (*alkali blanching*) – samazina putu veidošanos zirņu dzēriena pagatavošanas un pildīšanas laikā. Blanšēšanas laikā tik inaktivētas lipāzes un tripsīns. Lipāžu klātbūtne ir nevēlama, tā veido nevēlamo pupiņu garšu (Boye, Zare et al., 2017).

Turklāt, salīdzinot ar iepriekšminētajām metodēm, cepšana notiek augstākās temperatūrās. **Cepšana** nav pati efektīvākā apstrādes metode, ņemot vērā, ka pēc 15 minūtēm cepeškrāsnī 200 °C, tika sasniegta tripsīna inaktivācija 67.33%. Šajā temperatūrā notiek izoflavonu ķīmiskās izmaiņas. Malonilglikozīdi pārvēršas par acetilglikozīdiem, β – glikozīdiem un aglikoniem. Pārmērīga šo savienojumu veidošanās rada produkta rūgtu garšu (Andrade et al., 2016). Termiskā apstrāde mazina

olbaltumvielu šķīdību par 50% (vārīšana un apstrāde autoklāvā), apstrāde mikroviļņu krāsnī – par 25% (Habiba, 2002).

Lai inaktivētu nevēlamo gaistošo savienojumu veidošanos dzērienos, zirņu suspensiju pakļauj **apstrādei tiešā tvaikā** līdz gaistošie savienojumi izdalās tvaika veidā. Apstrāde tiešā tvaikā notiek 140 °C, kam seko ātra atdzesēšana un deaerācija. Šis process ne tikai noņem nevēlamos gaistošos savienojumus, bet inaktivē tripsīnu un visus pārējos enzīmus, kas netika inaktivēti un varētu ietekmēt dzēriena kvalitāti uzglabāšanas laikā. Tāpat deaerācijas process izdala no produkta gaisu, kas pasargā produktu no oksidācijas uzglabāšanas laikā (Drulyte et al., 2019).

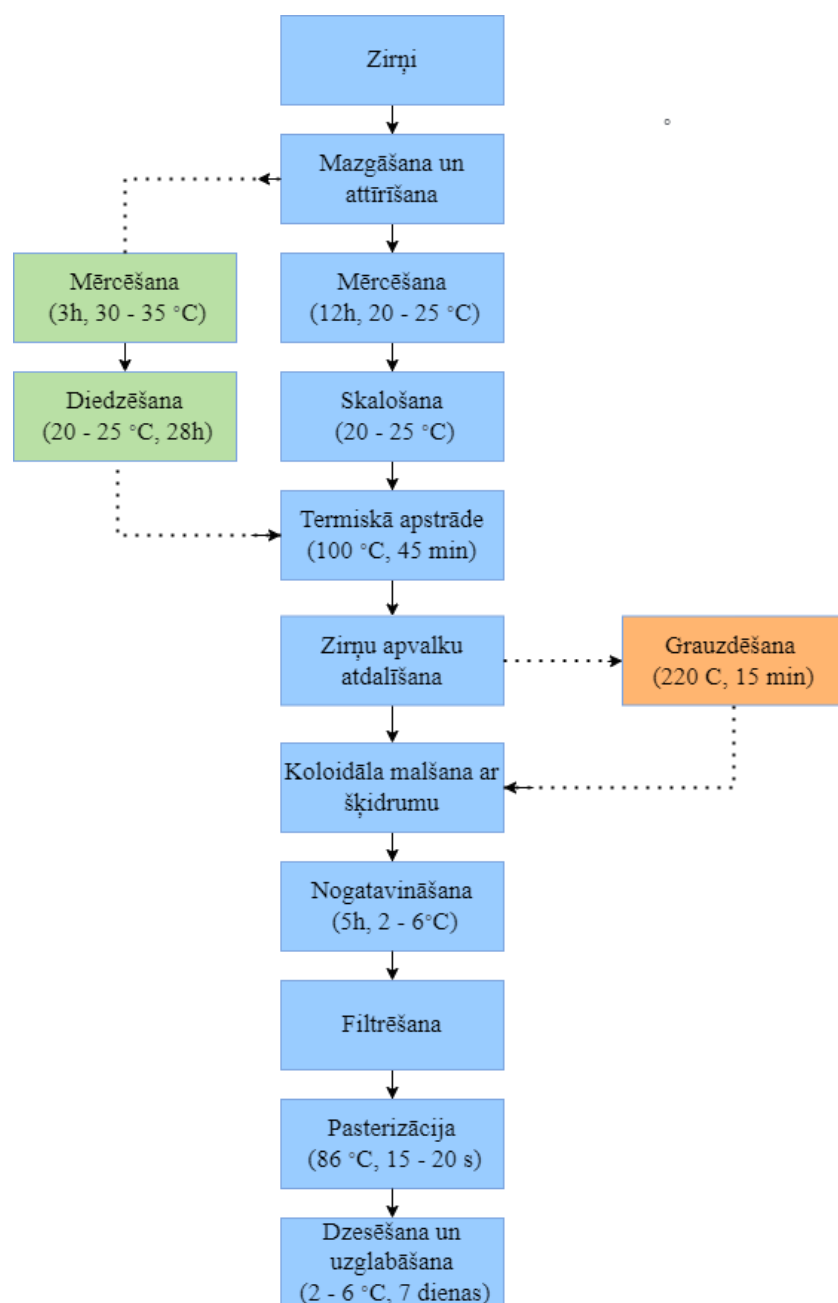
Raudzēšana var uzlabot zirņu olbaltumvielu produktu sensorās īpašības (Youssef et al., 2020) un uzlabot produkta struktūru, veidojot tīkamākas sensorās īpašības.

Diedzēšana ir sarežģīts process, izraisa fizikālās, ķīmiskās un strukturālās izmaiņas. Tā ir atzīta par salīdzinoši lētu un efektīvu tehnoloģiju pākšaugu kvalitātes uzlabošanai. Diedzēšana uzlabo pākšaugu sensorās īpašības un palielina zirņos esošo bioaktīvo savienojumu saturu, piemēram, fenola savienojumus, kuriem ir raksturīga antioksidatīvā aktivitāte (Orozco et al., 2006). Dīgtspēja uzlabo pākšaugu sagremojamību, samazina cietes saturu, inducē hidrolītiskos enzīmus, piemēram, samazinās fitātu un flavonoīdu (Diko et al., 2006) saturs. Diko et al., (2006) atklāja, ka diedzēšanas process ir ļoti svarīgs, lai uzlabotu produkta uzturvērtību produktos ar zemu viskozitāti un augstu enerģētisko vērtību. Diedzēšanas procesā aktivizējas fitāzes, kas veic fitīnskābju hidrolīzi (Narish et al., 2012).

Diedzēšana sākas ar sēklas ūdens absorbciju, kas uzbriedina neaktīvos audus un uzsāk šūnu dalīšanos procesu. Sēklā esošie savienojumi uzbriest, šķīst vai veido koloidālus šķīdumus – olbaltumvielas spēj saistīt līdz pat 25% ūdens, ciete līdz pat 30%. Augstais olbaltumvielu saturs pākšaugos izraisa olbaltumvielu – cietes kompleksa sablīvēšanos, kas ierobežo endospermas hidrotāciju dīgšanas laikā un tādejādi samazina vielu transportu. Diedzēšana ir saistīta ar sarežģītu savienojumu sadalīšanu vienkāršās formās. Diedzēšanu raksturo divi savstarpēji saistīti procesi: endospermas rezerves vielu hidrolīze un jaunu vielu sintēze asnā, izmainot sēklas ķīmisko sastāvu. Kad dīgtspēja ir uzsākta, dominējošā endospermas rezerves ciete un olbaltumvielas tiek mobilizētas un uz tām sāk iedarboties hidrolītiskie enzīmi, kas sintezējas aleirona slānī. Enzīmi izdalās dīgstošās sēklas endospermā, kas satur cieti un sadala to vienkāršos cukuros (Shaik et al., 2014). Olbaltumvielu, lipīdu un ogļhidrātu fermentatīvā hidrolīze ir atkarīga no ūdens klātbūtnes (Bewley et al. 2000). Faktori, kas lielā mērā ietekmē dīgtspēju, ir arī sēklu izmērs, temperatūra dīgšanas laikā un sēklu apvalka biezums. Dažādu zirņu genotipu diedzēšanas temperatūras (2, 5, 10, 20 °C) un sēklu lielums ietekmē dīgtspēju, konstatējot būtisku pozitīvu korelāciju starp sēklu izmēru un dīgšanu, neatkarīgi no diedzēšanas temperatūras (Sinck et al., 2004).

MATERIĀLI UN METODES

Pētījumā izmantotas divas zirņu šķirnes – dzeltenie zirņi 'Lāsma' un zaļie zirņi – 'Zaiga', kā arī pelēko zirņu hibrīds (H 08-10-15). Zirņu dzērienu tehnoloģija ietver visus apstrādes posmus, sākot no pirmapstrādes līdz uzglabāšanai. Katram pētījumā izmantotajam zirņu veidam attiecīgie paraugi tika sagatavoti pēc tehnoloģiskās shēmas (skat. 24. att.).



24. att. Zirņu dzērienu ražošanas tehnoloģiskā shēma.

Zirņu dzērienu izpētē izmantotie analīžu standarti un metodes apkopotas 16. tabulā.

16.tabula

Pētījumā izmantotie standarti un metodes

Nr. p. k.	Nosakāmie rādītāji	Metode/ standarts
1	Krāsas intensitātes noteikšana	Hou et al., 2018
2	pH	GOST P 53359-2009
3	Olbaltumvielu noteikšana	ISO 20483:2013
4	Šķiedrvielu noteikšana	AOAC 985.29
5	C vitamīna (askorbīnskābes) noteikšana	Sountornsuk, 2002
6	Kopējo polifenolu noteikšana	Folīna – Čikalteu metode (Stanisavljevic et al., 2016)
7	Tanīnu noteikšana	Pastuszevska et al., 2004
8	Šķīstošās sausasmas noteikšana	ISO 2173:2003
9	Aminoskābju profila noteikšana	LVS EN ISO 13910-2005

Askorbīnskābes satura noteikšana. Vārglāzē pagatavo standartšķīdumu, iesverot 40 mg askorbīnskābes un pievienojot 100 ml 6% skābeņskābes ($C_2O_2O_4$) šķīduma. Šķīdumu maisa ar stikla nūjiņu līdz askorbīnskābe izšķīst. 25 ml standartšķīduma, izmantojot pipeti, pārnes kolbā, pievieno 2 ml 1% cietes šķīdumu un sajauc. Šķīdumu pastāvīgi maisot titrē ar 0.05 M joda šķīdumu līdz krāsas izmaiņām. Zirņu dzēriena paraugus iesver 50 g vārglāzē un pievieno 100 ml skābeņskābes šķīduma un sajauc ar stikla irbulīti. Sagatavoto maisījumu filtrē. 10 ml filtrāta pārnes kolbā un iejauc 2 ml 1% cietes šķīduma. Maisījumu patstāvīgi maisot titrē ar 0.05 M joda šķīdumu līdz krāsas izmaiņa ir patstāvīga. Katram paraugam veic 3 atkārtojumus. Askorbīnskābes saturu zirņu dzērienā aprēķina pēc formulas (4):

$$C = 200 \times \left(\frac{V_P}{V_S}\right) \text{ (Sountornsuk, 2002)}$$

kur:

C – askorbīnskābes saturs zirņu dzērienā, mg 100 g⁻¹;

200 – koeficients;

V_P – parauga titrēšanai izmantotais 0.05 M joda šķīduma tilpums, ml;

V_S – standartšķīduma titrēšanai izmantotais 0.05 M joda šķīduma tilpums, ml;

Tanīnu satura noteikšana. Zirņu dzēriena paraugus tanīnu saturu nosaka pēc dzelzs cianīda reducēšanās metodes. Izmantojot pipeti, mērkolbā pārnes 0.5 ml analizējamā parauga un pievieno 1 ml 1% dzelzs (III) hlorīda un samaisa. Pēc tam pievieno 1% kālija (III) heksacianoferātu samaisa un pievieno destilētu ūdeni līdz kopējais apjoms sasniedz 10 ml. Absorbēcija tiek noteikta viļņa garumā 720 nm, izmantojot spektrofotometru *Jenway 6300* (Baroworld Scientific Ltd., Lielbritānija). Izmantojot tanīnskābes standartšķīdumu iegūst kalibrācijas līkni (koncentrācijas robežas 5 – 25 µg 10⁻¹). Katram paraugam veic 3 atkārtojumus. Tanīnu saturu paraugā izsaka pēc tanīnskābes ekvivalenta, kas tiek iegūts no kalibrēšanas līknes vienādojuma (6):

$$y = 0.0531 \times x - 0.0622 \text{ (Pastuszewska et al., 2004)}$$

Kopējo fenolu noteikšana. Kopējo fenolu daudzums tika noteikts ar Folīna – Čikalteu metodi. Fenolu daudzumu nosaka komplekso savienojumu veidošana, kas veidojas fenola gredzeniem reaģējot ar fosfortannāta reaģentu (pH > 7). Izmantojot pipeti, pārnes kolbā 1 ml Folīna – Čikalteu standartšķīduma un atšķaida ar destilētu ūdeni 1:10. Izmantojot galluskābes standartšķīdumu pagatavo 0.175, 0.14, 0.0875, 0.035 un 0.0175 galluskābes (g) standartšķīdumus, izmantojot destilētu ūdeni. Pagatavojot 0.5 ml galluskābes standartšķīduma pievieno 2.5 ml Folīna – Čikalteu šķīduma un 2 ml 7.5% nātrija karbonāta šķīduma. Absorbēciju nosaka viļņa garumā 765 nm, izmantojot spektrofotometru *Jenway 6300* (Baroworld Scientific Ltd., Lielbritānija). Kopējo polifenolu noteikšanai zirņu dzērienos – galluskābes vietā izmantojot zirņu dzēriena paraugu. Katru paraugam mērījumu atkārtoti 2 reizes. Katram paraugam veic 3 atkārtojumus. Paraugos esošo fenolu saturu aprēķina galluskābes ekvivalentos izmantojot formulu (7):

$$P = c \times V \times n \text{ (Segliņa, et al., 2015)}$$

kur:

c – galluskābes daudzums pēc kalibrēšanas līknes, mg ml⁻¹;

n – pieņemts atšķaidīšanas faktors;

V – parauga tilpums, ml.

Aromātveidojošo savienojumu noteikšana. Zirņu dzērienā esošos gaistošos aromātveidojošos savienojumus nosaka, izmantojot cietās fāzes mikroekstrakciju (CFME) kombinācijā ar gāzu hromatogrāfiju/ masspektrometriju (GC/MS). Izmantojot gāzu hromatogrāfu, iegūtās hromatogrammas apkopo, pielietojot programmu gaistošo aromātu analizēšanai *TurboMassVer 5.3.0*. Kā nesējgāze hromatogrāfā tiek izmantots hēlijs. Izmantojot SPME šķiedru, kas pārklāta ar PDMS (polidimetilsiloksāns), tiek veikta nepolāru daļēji gaistošu savienojumu noteikšanai. Ekstrakcijas process sastāv no dzēriena izturēšanas 30 ml SPME pudelītē, ievietojot 5.0 g parauga. Paraugu 10 min izturēts 40 °C bez šķiedras un ar šķiedru vēl 20 min, lai labāk gaistošie savienojumi adsorbētos uz SPME šķiedras. Pēc izturēšanas šķiedru ievieto GC/MS inžektorā. Gaistošie savienojumi pārvietojoties pa kapilāro kolonnu kopā ar nesējgāzi uz masas detektoru, kas identificē gaistošos savienojumus. Sistēmā tiek nolasīts signāls, kuru programma apkopo, veidojot hromatogrammu.

Zirņu dzērienu paraugu sagatavošana

Zirņu apstrādes procesi

Nr. p. k.	Parauga apzīmējums	Apstrādes procesi
1	V _{L1} , V _{Z1} , V _{H1}	Mērcēšana 12 h 20 – 25 °C, termiskā apstrāde 100 °C, 45 min, sēklu apvalku atdalīšana
2	D _{L2} , D _{Z2} , D _{H2}	Mērcēšana 3 h 30 – 35 °C, diedzēšana 20 – 25 °C, 28 h, termiskā apstrāde 100 °C, 45 min, sēklu apvalku atdalīšana
3	G _{L3} , G _{Z3} , G _{H3}	Mērcēšana 12 h 20 – 25 °C, termiskā apstrāde 100 °C, 45 min, sēklu apvalku atdalīšana, grauzdēšana 220 °C, 15 min.

* Piezīme: paraugu apzīmējumos L – šķirne 'Lāsma', Z – šķirne 'Zaiga', H – hibrīds H 08-10-15

Katrs paraugs apzīmēts atbilstoši šķirnei un apstrādes metodei (skat. 17. tabula). Pētījumā lietoti Agroresursu un ekonomikas institūta 2021. gada ražas zirņi. Sākotnēji zirņi tika attīrīti no piemaisījumiem un mazgāti zem tekoša ūdens. Pēc tam atkarībā no zirņu parauga apstrādāti atbilstoši tehnoloģiskajam procesam. Pētījumā izmantoto zirņu mitrums pirms apstrādes nepārsniedz 14%.

Zirņu svara izmaiņas apstrādes procesu laikā

Šķirne/ hibrīds	Zirņu svars pirms mērcēšanas, g	Zirņu svars pēc mērcēšanas, g	Zirņu svars pēc termiskās apstrādes, g	Zirņu svars pēc apvalku nodalīšanas, g
'Lāsma'	50	200	225	184
'Zaiga'	50	195	210	176
H 08-10-15	50	220	245	188

No esošajiem zirņiem vislabākā ūdens absorbcija apstrādes laikā ir hibrīdam H 08-10-15, kas skaidrojams ar augsto olbaltumvielu saturu (skat. 18. tabula). Zirņu olbaltumvielām ir augsta ūdens saistīšanas spēja – jo lielāks olbaltumvielu saturs, jo lielāku ūdens daudzumu zirņi var saistīt mērcēšanas laikā (Wang et al., 2003). Olbaltumvielu pozitīvi lādētās grupas (hidroklilgupas un aminogupas) saistās ar ūdens molekulas negatīvo polu (Barac et al., 2010). Vismazākā ūdens absorbcija apstrādes laikā novērojama zirņu šķirnei 'Zaiga'.

Vislielākais zirņu apvalku svars novērojams zirņu hibrīdam H 08-10-15 (23.26% no kopējā svara pēc termiskās apstrādes). Dzeltētajiem zirņiem 'Lāsma' apvalka svars ir 18.22% no kopējā svara pēc termiskās apstrādes. Vismazākais zirņu apvalka svars ir zaļo zirņu šķirnei 'Zaiga' (11.4 % no kopējā svara pēc termiskās apstrādes). Zirņiem ar salīdzinoši plānāku sēklu apvalku ūdens absorbcija notiek ātrāk un nepieciešams īsāks apstrādes laiks (Wang et al., 2003). Ūdens temperatūra mērcēšanas laikā būtiski ietekmē ūdens absorbcijas ātrumu. Tāpat ūdens cietība ietekmē ūdens absorbciju zirņos – jo mīkstāks ūdens, jo augstāka ūdens absorbcija. Pārtikas ražotājiem būtu izdevīgāk mērcēšana augstākā temperatūrā un īsākā laika periodā (4 h 60 °C) (Thanos et al., 2019).

REZULTĀTI**Zirņu ķīmiskā sastāva izvērtējums**

Zirņu šķirņu kopējo ķīmisko sastāvu būtiski ietekmē vide un genotips (Harmankaya et al., 2010).

Zirņu ķīmiskais sastāvs

Šķirne/ hibrīds	Saturš g 100 g ⁻¹				
	Tauki	Olbaltumvielas	Minerālvielas	Celuloze	Kopējās diētiskās šķiedrvielas
'Lāsma'	0.86 ^a ± 0.12	30.18 ^b ± 0.21	3.44 ^a ± 0.27	7.37 ^a ± 0.07	22.74 ^a ± 0.16
'Zaiga'	0.93 ^b ± 0.08	27.57 ^c ± 0.12	3.77 ^a ± 0.41	7.69 ^a ± 0.15	24.13 ^b ± 0.25
H 08-10-15	0.94 ^b ± 0.05	31.11 ^a ± 0.31	3.62 ^a ± 0.11	6.92 ^a ± 0.04	22.88 ^a ± 0.13

* Piezīme: vērtības, kuras apzīmētas ar vienādiem burtiem nav būtiski atšķirīgas (p > 0.05)

Visaugstākais tauku ($0.94 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$) un olbaltumvielu ($31.11 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$) saturs raksturīgs pelēko zirņu hibrīdam H 08-10-15. Šķirnei 'Lāsma' ir ievērojami zemāks olbaltumvielu saturs ($p < 0.05$) nekā hibrīda līnijai H 08-10-15. Celulozes saturs dominē zaļo zirņu šķirnei 'Zaiga' un šķirnei 'Lāsma'. Zirņu sēklu apvalki satur lielāko zirņos esošās celulozes daļu, kas nelabvēlīgi ietekmē zirņu dzērienu ražošanu. Celuloze zirņu pārstrādes procesā apgrūtina filtrēšanu (Denkova et al., 2013). Dzērienu ražošanai iesaka izvēlēties zirņus ar mazāku celulozes saturu vai izvēlēties apvalku mehānisku atdalīšanu (Xing et al., 2022). Mazāka izmēra zirņiem ('Zaiga') sēklas apvalks veido lielāko daļu no kopējās zirņu masas nekā lielāka izmēra zirņiem ('Lāsma' un H – 08-10-15) (Azarina et al., 2011). Izvērtējot minerālvielu saturu un kopējo diētisko šķiedrvielu saturu, starp šķirnēm un hibrīdu dominē – šķirne 'Zaiga', bet atšķirība nav būtiskā.

20.tabula

Aminoskābju saturs neapstrādātos zirņos ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$ sausnā)

Šķirne/ hibrīds	Ala	Arg	Gly	His	Ile	Leu	Met	Pro	Thr	Val
'Lāsma'	10.04^a ± 0.17	22.56^a ± 0.43	11.22^a ± 0.12	$7.28^a \pm$ 0.09	$9.49^a \pm$ 0.14	16.52^a ± 0.33	3.82^a ± 0.11	10.27^a ± 0.21	8.11^a ± 0.04	11.48^a ± 0.01
'Zaiga'	$9.52^a \pm$ 0.08	18.08^b ± 0.15	10.88^b ± 0.03	$6.17^b \pm$ 0.23	8.77^b ± 0.07	15.36^b ± 0.29	3.74^a ± 0.05	$9.30^b \pm$ 0.24	7.65^b ± 0.10	10.63^a ± 0.21
H 08- 10-15	$9.97^a \pm$ 0.24	22.19^a ± 0.10	36.78^c ± 0.07	10.97^c ± 0.33	$9.35^a \pm$ 0.11	17.15^c ± 0.13	3.94^a ± 0.03	10.67^a ± 0.22	8.71^a ± 0.11	11.25^a ± 0.02

* Piezīme: vērtības, kuras apzīmētas ar vienādiem burtiem nav būtiski atšķirīgas ($p > 0.05$)

Zirņu šķirne/ hibrīds būtiski ($p < 0.05$) ietekmē aminoskābju saturu. Visaugstākais alanīna saturs novērojams šķirnei 'Lāsma'. Visaugstākais arginīna saturs novērojams šķirnē 'Lāsma' $22.56 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$. Ievērojami augstāks glicīna saturs novērojams hibrīdam H 08-10-15.

Augstākais histidīna saturs ($10.97 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) novērojams hibrīdā H 08-10-15. Izoleicīns dominē zirņu šķirnē 'Lāsma', to saturs ir $9.49 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$. Leicīns dominē zirņu hibrīdā H 08-10-15. Visaugstākais metionīna saturs zirņu sēklās noteikts hibrīdā H 08-10-15 - $3.94 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$. Prolīna saturs dominē zirņu hibrīdā H 08-10-15, sastādot $10.67 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$. Valīna saturs dominē zirņu šķirnē 'Lāsma', sastādot $11.48 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$. Igbasan et al., (2010) pētījuma rezultāti liecina, ka šķirne būtiski ($p > 0.05$) ietekmē aminoskābju saturu zirņos. Rezultāti liecina, ka dzelteno šķirņu zirņu sēklās (Ekspress, Highlight, Baroness) aminoskābju saturs ir augstāks nekā zaļo zirņu sēklās (Radley, Trump). Pelēko zirņu šķirnēs novērojams zemāks aminoskābju saturs nekā dzeltenajos un zaļajos zirņos. Savukārt pelēkie zirņu hibrīdi satur augstāku aminoskābju saturu nekā tradicionālās dzelteno, zaļo un pelēko zirņu šķirnes (Igbasan et al., 2010).

Zirņu dzērienu kvalitātes izvērtējums

pH, kopējās un šķīstošās sausas saturas. Vērtējot literatūrā pieejamo informāciju, tika secināts, ka jebkura apstrādes metode var ietekmēt izejvielas kvalitāti (Drulyte et al., 2019).

21.tabula

Sausnas un pH izmaiņas zirņu dzērienos atkarībā no apstrādes metodes

Šķirne/ hibrīds	Paraugs	pH	Šķīstošā sausna, Brix%
'Lāsma'	V _{L1}	7.32 ± 0.15^a	2.46 ± 0.02^b
	D _{L2}	7.50 ± 0.14^a	2.79 ± 0.05^a
	G _{L3}	7.44 ± 0.07^a	2.47 ± 0.07^b
'Zaiga'	V _{Z1}	7.17 ± 0.09^a	2.88 ± 0.08^a
	D _{Z2}	7.32 ± 0.02^a	2.92 ± 0.13^a
	G _{Z3}	7.12 ± 0.11^a	2.65 ± 0.09^a
H 08-10-15	V _{H1}	7.01 ± 0.17^a	3.01 ± 0.14^a
	D _{H2}	7.20 ± 0.05^a	3.88 ± 0.08^a
	G _{H3}	7.12 ± 0.14^a	2.80 ± 0.03^b

* Piezīme: vērtības, kuras apzīmētas ar vienādiem burtiem nav būtiski atšķirīgas ($p > 0.05$)

Zirņu apstrādes metodes nav būtiski ($p > 0.05$) ietekmējušas dzērienu **pH**. Visiem zirņu dzērieniem pH vērtība ir tuvu neitrālai. Salīdzinot vārītu zirņu paraugus (V_{L1} , V_{Z2} , V_{Z3}) ar zirņu dzērienu paraugiem, kas tika diedzēti – pēdējiem pH nebūtiski palielinājās uz bāzisko pusi. Tas ir saistīts ar skābju sadalīšanos diedzēšanas sākuma procesā. Visiem vārītiem zirņu paraugiem pH vērtība ir vistuvāk neitrālai.

Vērtējot **kopējo sausas saturu**, iezīmējas tendence, diedzēšanas laikā tas samazinās. Pirmajā diedzēšanas posmā sēklā esošo rezerves vielu hidrolīze enzīmu ietekmē notiek daudz ātrāk nekā vielu sintēze (Wei et al., 2010). Pirmajā diedzēšanas posmā samazinās olbaltumvielu, cietes, kopējo tauku, nešķīstošo šķiedrvielu un fitātu saturs. Tauki tiek hidrolizēti līdz glicerīnam un taukskābēm, ciete enzīmu ietekmē pārvēršas vienkāršos cukuros, kas tiek oksidēti līdz oglekļa dioksīdam un ūdenim, izdalot 2822 kJ siltuma uz 1 gramu glikozes (Kassegn et al., 2018).

Visi iepriekšminētie procesi ietekmē šķīstošās sausas saturu, tāpēc diedzētiem paraugiem šķīstošās sausas saturs nebūtiski palielinājās ($p > 0.05$), izņemot D_{H2} dzēriena paraugu. Tas skaidrojams ar H 08-10-15 zirņu lielo cietes saturu, kas diedzēšanas laikā sadalās, veidojot šķīstošus mazmolekulārus savienojumus (Saxena et al., 2016). Diedzēšanas laikā būtiski ($p < 0.05$) samazinās oligosaharīdu saturs. Wei et.al. (2022) pētījumā novēro, ka pēc 72 h diedzēšanas ievērojami samazinājās rafīnozes (100%), stahiozes (60%), verbakozes (80%) saturs pākšaugos. Novērojama tendence, ka samazinoties kopējam sausas saturam, palielinās šķīstošās sausas saturs (Saxena et al., 2016).

Vērtējot šķirnes/hibrīda ietekmi, var novērot, ka būtiski lielāks ($p < 0.05$) sausas saturs ir hibrīdam H 08-10-15, tad seko 'Lāsma' un 'Zaiga', apstrādes laikā (diedzēšanas un grauздēšanas laikā) tendence saglabājas.

Olbaltumvielu un kopējo diētisko šķiedrvielu saturs. Olbaltumvielu un kopējo diētisko šķiedrvielu saturs zirņu dzērienos ir apkopots 22. tabulā.

22.tabula

Olbaltumvielu un kopējo diētisko šķiedrvielu saturs zirņu dzērienos

Šķirne/ hibrīds	Paraugšs	Saturs, g 100 g ⁻¹	
		Olbaltumvielas	Kopējās diētiskās šķiedrvielas sausnā
'Lāsma'	V_{L1}	3.54 ± 0.29^a	7.12 ± 0.27^a
	D_{L2}	3.19 ± 0.013^a	6.92 ± 0.05^a
	G_{L3}	3.41 ± 0.18^a	7.45 ± 0.1^a
'Zaiga'	V_{Z1}	3.28 ± 0.17^a	6.39 ± 0.03^a
	D_{Z2}	3.01 ± 0.09^a	5.83 ± 0.08^b
	G_{Z3}	3.11 ± 0.02^a	6.73 ± 0.37^a
H 08-10-15	V_{H1}	3.83 ± 0.01^a	8.39 ± 0.08^a
	D_{H2}	3.38 ± 0.33^a	7.31 ± 0.21^b
	G_{H3}	3.79 ± 0.16^a	8.65 ± 0.09^a

* Piezīme: vērtības, kuras apzīmētas ar vienādiem burtiem nav būtiski atšķirīgas ($p > 0.05$)

Iezīmējas tendence, ka diedzēšanas laikā samazinās olbaltumvielu saturs zirņos. Saskaņā ar literatūra pieejamo informāciju, olbaltumvielu sastāvā esošo aminoskābju saturu būtiski ietekmē mērcēšana, termiskā apstrāde un diedzēšana. Vārīšana labvēlīgi ietekmē zirņu olbaltumvielu emulģējošās īpašības. Ilgstoša mērcēšana, kas raksturīga diedzēšanas procesā, veicina valīna un leicīna satura palielināšanos, savukārt, metionīna un lizīna satura samazināšanos. Neaizstājamo aminoskābju saturs palielinās olbaltumvielu hidrolīzes procesā. Olbaltumvielas diedzēšanas laikā pāriet viegli sagremojamā formā (Rakcejeva, 2006). Diedzēto pākšaugu aminoskābju saturs ir tuvs dzīvnieku izcelsmes produktu aminoskābju saturam (Kassegn et al., 2018). Termiskās apstrādes procesā novērojams metionīna un leicīna satura pieaugumu, bet lizīna satura samazinājums (Suhaibani et al., 2020).

Tāpat arī G_{L3} , G_{Z3} , G_{H3} dzērienu paraugos kopējo olbaltumvielu saturs ir zemāks nekā V_{L3} , V_{Z3} , V_{H3} paraugos, vidēji par 4.4%. Paaugstinot apstrādes temperatūru un laiku līdz 100 °C 45 min, notiek feritīna kompleksa daļēja sadalīšanās un dzels (II) jonu atbrīvošanās. Xing et al. (2022) savā pētījumā, konstatēja, ka 250 °C 10 min gandrīz viss feritīna komplekss zirņu dzērienos tiek denaturēts. Pētījuma dati saskan ar Xing et al., (2022) pētījuma rezultātiem, grauздēšanas (220 °C, 15 min) laikā G_{L3} , G_{Z3} , G_{H3}

paraugos notika vislielākā neatgriezeniskā feritīna kompleksa denaturācija, salīdzinot tos ar V_{L3} , V_{Z3} , V_{H3} paraugiem, apstrādātiem 100 °C temperatūrā.

Hibrīdam H 08-10-15 ir novērojami augstāki cietes, kopējo diētisko šķiedrvielu, kopējās sausas satura (skat. 22. tabulā) rādītāji, kas savukārt starp zirņu dzērieniem V_{H1} un G_{H3} ir novērojama vismazākā olbaltumvielu satura samazināšanās. Starp šķirnes 'Lāsma' dzērienu paraugiem V_{L1} un G_{L3} novērojama olbaltumvielu satura samazināšanās par 3.67%. Starp šķirnes 'Zaiga' V_{Z1} un G_{Z3} paraugiem novērojams vislielākais olbaltumvielu satura samazinājums (par 5.18%).

Kopējo diētisko šķiedrvielu saturs būtiski samazinās ($p < 0.05$) paraugos D_{Z2} un D_{H2} . Diētiskās šķiedrvielas labvēlīgi ietekme kuņģa-zarnu darbību (Xing et al., 2022). Diedzēšanas laikā samazinās nešķīstošo šķiedrvielu saturs un vienlaikus palielinās šķīstošo šķiedrvielu īpatsvars.

Vērtējot šķirnes/hibrīda ietekmi var novērot, ka būtiski lielāks ($p < 0.05$) šķiedrvielu saturs konstatēts dzērienam, kuru ražošanā izmantots hibrīds H 08-10-15, tad seko šķirnes 'Lāsma' un 'Zaiga', apstrādes procesu laikā (diedzēšanas un grauздēšanas laikā) tendence saglabājas, bet neatkarīgi no izejvielas šķiedrvielu saturs palielinās pēc grauздēšanas.

Viskozitāte. Dzērienu kvalitāti, īpaši uz augu valsts bāzes, nosaka to **viskozitāte**, kas bieži asociējas ar dzēriena garšas pilnīgumu.

23.tabula

Zirņu dzērienu viskozitāte

Šķirne/ hibrīds	Apstrādes metode		
	Vārīts, mPa s ⁻¹	Diedzēts, mPa s ⁻¹	Grauздēts, mPa s ⁻¹
'Lāsma'	49.41 ± 0.03 ^{bA}	32.20 ± 0.03 ^{bC}	40.312 ± 0.14 ^{bB}
'Zaiga'	33.35 ± 0.13 ^{cA}	25.384 ± 0.27 ^{cC}	29.09 ± 0.22 ^{cB}
H 08-10-15	65.02 ± 0.25 ^{aA}	38.434 ± 0.09 ^{aC}	47.04 ± 0.19 ^{aB}

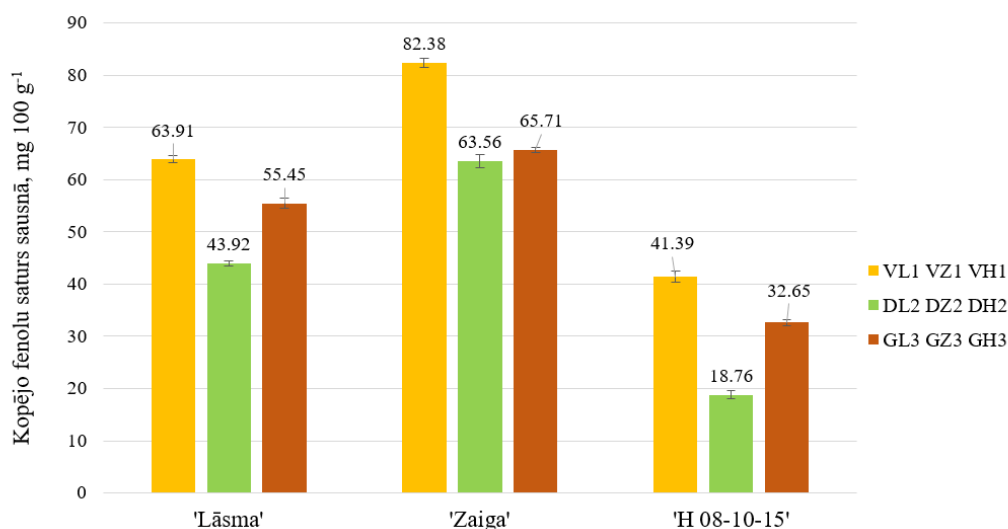
*Piezīme: "a-c" – dažādi augšējie mazie burti vienā tabulas kolonnā norāda uz būtiskām atšķirībām ($p < 0.05$). "A-C" – dažādi lielie burti vienā tabulas rindā norāda uz būtiskām atšķirībām ($p < 0.05$).

No zirņu dzērienu paraugiem, kuros zirņi tika vārīti, visaugstākā viskozitāte novērojama hibrīda H 08-10-15 zirņu dzērieniem, savukārt, vismazākā viskozitāte novērojama zirņu šķirnei 'Zaiga'. Visiem zirņu paraugiem, kas tika diedzēti novērojama būtiskā ($p < 0.05$) viskozitātes samazināšanās. Noskaidrots, ka šķirnes 'Zaiga' dzērienu paraugiem viskozitāte ir tuvāka auzu dzērienam, kas ir viena no patērētāju vēlmēm pēc aptaujas *Dairy Alternatives Market* datiem.⁴

Pākšaugu sastāvā fenoli ir sastopami gan brīvā veidā, gan saistītā veidā. Šķīstošie fenoli pārsvarā tiek sintezēti augu intracelulārajā endoplazmatiskajā retikulūmā un uzglabājas vakuolā, savukārt, nešķīstošie fenoli pārsvarā koncentrējas šūnu sienīnās ((Agati et al., 2012)). Pētījumi liecina, ka diedzēšanas laikā saistītie fenoli ēdamajās sēklās vispirms samazinās un pēc tam palielinās diedzēšanas 5. dienā (Tang et al., 2014). Tāpat Kim et al. (2013) pētījumā autori ziņo, ka diedzēšanas laikā šķīstošo fenolu saturs palielinās, kas saistās ar jaunu fenolsavienojumu pārveidošanos un biosintēzi, uz ko norāda mūsu pētījuma rezultāti.

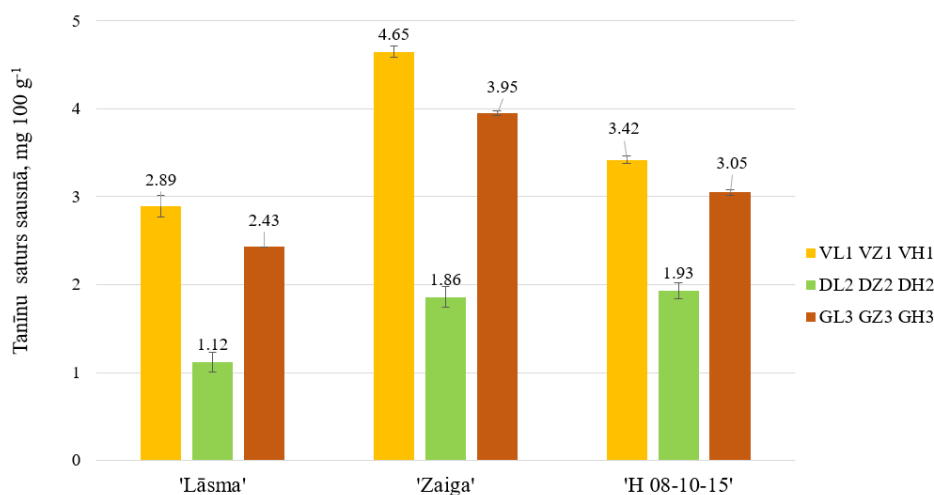
Kopējo fenolu saturs pētāmos zirņu dzērienos saussnā dots 25. attēlā.

⁴ Dairy alternatives market by source (soy, almond, coconut, oats, rice, hemp), application (milk, yogurt, ice cream, cheese, creamers)... [tiešsaite] [skatīts 2022.g. 28. aprīlī]. Pieejams: <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/dairy-alternative-plant-milk-beverages-market-677.html>



25.att. Kopējo fenolu saturs zirņu dzērienos, sausnā mg 100 g⁻¹

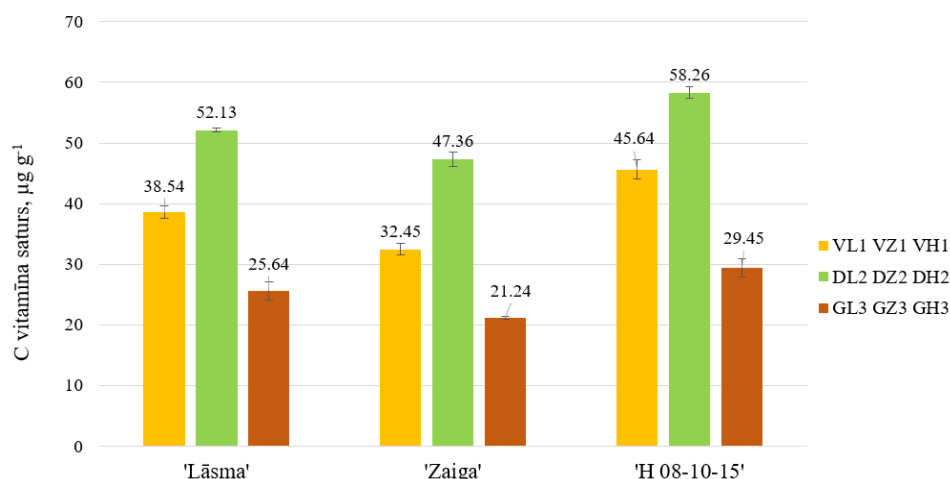
Graudzētiem un vārītiem zirņu dzērienu paraugiem kopējo fenolu saturs (skat. attēlā) ir lielāks nekā zirņu dzērieniem, kam tika veikta diedzēšana. Daži no fenoliem paaugstinātā temperatūrā zaudē stabilitāti (salavīns A, protokatehīnskābe, ferulīnskābe). Pākšaugu fenolu sadalīšanās novērojama 200 °C temperatūrā, bet to pilnīga sadalīšanās notiek 300 – 350 °C temperatūrā (Cheng et al., 2014). Paraugiem, kas tika diedzēti, novērojams lielākais fenolu satura samazinājums. Salīdzinot visus trīs zirņu veidus – būtiski mazākais ($p < 0.05$) fenolu saturs bija DH₂ paraugā. Šie novērojumi saskan ar iepriekšējiem pētījumiem, ka diedzēšanas sākumā fenolu saturs samazinās (Pasko et al., 2009). Kopējo fenolu, tanīnu un fitīnskābes satura samazināšanās saistīta ar enzīmu darbību sēklu dīgšanas laikā (Rusydi et al., 2012). Diedzēšanas sākumā zirņos sintezējas bioloģiski aktīvi savienojumi, tajā skaitā fenoli, bet tāpat tie arī ātri noārdās enzīmu darbības rezultātā (Gan et al., 2017). No nevēlamiem pārtikas produktos esošiem savienojumiem būtu jāmin helāti, ko veido fenoli, saistot metāla jonus (Pasko et al., 2009). Tarasevičiene et al. (2018) pētījumā, diedzējot dažādus pākšaugus, novēroja kopējo fenolu satura palielinājumu pēc 72 h diedzēšanas. Fenoli piedalās rūgtas, sīvas garšas veidošanā, nodrošinot oksidatīvo stabilitāti pārtikas produktos. Fenolu saturu zirņos būtiski ietekmē zirņu šķirne (Klepacka et al., 2006). Rezultāti liecina, ka šķirnes 'Zaiga' lobītos zirņos fenolu saturs ir augstāks nekā šķirnē 'Lāsmā' un hibrīdā H 08-10-15.



26.att. Tanīnu saturs zirņu dzērienos, sausnā mg 100 g⁻¹

Apstrādes metode būtiski ietekmē **tanīna** saturu zirņu sēklās. Pētījumi liecina, ka pelēkajos zirņos tanīnu saturs parasti ir augstāks nekā dzelteno un zaļo šķirņu zirņos. Pelēkajos zirņos tanīni galvenokārt atrodas zirņa sēklapvalkā. Pētījumā zirņu apvalki tika atdalīti, kas varēja ievērojami samazināt tanīnu saturu pelēkajos zirņos. Iepriekšējos pētījumos tika noteikts, ka pirmajā diedzēšanas posmā (ilgst līdz 48

h) palielinās graudos esošais B₂ vitamīns, E vitamīns, niacīns un glikozamīns. Optimālais bioloģiski aktīvo vielu pieaugums novērojams, dīdziejot graudaugus 12 – 36 stundas (Rakcejeva, 2006). C vitamīna saturs dažādos zirņu dzērienos dots 27. attēlā.



27. att. C vitamīna saturs zirņu dzērienos

C vitamīna saturs zirņos bija mazāks par 25%, nekā norādīts literatūrā, un tas ir skaidrojams ar šķirņu un hibrīdu daudzveidību, novākšanas un uzglabāšanas apstākļiem, kā arī priekšapstrādi (Dahl et al., 2012). Starp apstrādes metodēm un zirņu veidiem novērojama būtiska C vitamīna atšķirība ($p < 0.05$). Būtiski zemāks ($p < 0.05$) C vitamīna saturs novērojams, pielietojot grauzdēšanu. No grauzdētiem paraugiem zirņu šķirne 'Zaiga' satur vismazāko C vitamīna saturu ($21.24 \mu\text{g g}^{-1}$). Būtiski lielāku ($p < 0.05$) C vitamīna saturu noteica zirņu hibrīdā H 08-10-15 ($29.45 \mu\text{g g}^{-1}$). Zirņu šķirne 'Lāsma' pēc grauzdēšanas satur $25.64 \mu\text{g g}^{-1}$ C vitamīna. Dīdziejšanas laikā novērojams C vitamīna satura pieaugums, salīdzinot ar vārītiem un grauzdētiem paraugiem. Vislielākais C vitamīna saturs zirņiem, pielietojot dīdziejšanu, novērojams pelēko zirņu hibrīdā H 08-10-15 ($58.26 \mu\text{g g}^{-1}$). Rezultāti saskan arī ar citiem pētījumiem, piemēram, Gan et al., (2016) ziņo, ka C vitamīna saturs dīdzejtās zaļās un melnās pupiņās palielinājās no 13.5% līdz 24.0% un 10.3% un 21.3%, salīdzinot ar neapstrādātām sēklām.

Aromātveidojošo savienojumu saturs zirņu dzērienos dots 24. tabulā.

24.tabula

Aromātveidojošie savienojumi zirņu dzērienos

Izdalīšanās laiks	Gaistošais savienojums	Saturs, %									Aromāta raksturojums
		'Lāsma'			'Zaiga'			H 08-10-15			
		V _{L1}	D _{L2}	G _{L3}	V _{Z1}	D _{Z2}	G _{Z3}	V _{H1}	D _{H2}	G _{H3}	
13:23	Benzopirēns	0.34	0.00	3.49	0.51	0.00	1.31	0.00	1.32	3.76	Cepts, grauzdēt
14:57	α - fellandrēns	1.56	1.45	0.45	3.36	2.57	1.89	2.45	0.54	1.58	Dilles, zaļa zāl
17:15	Propionskābe	9.12	5.11	7.02	15.1 2	12.11	14.97	6.94	3.65	4.96	Augļu, saldo
18:56	3 – metil -2 - butanols	13.75	3.65	8.01	8.13	5.25	2.87	9.32	6.75	3.68	Iesals
20:35	2 – heptanons	21.43	11.46	4.54	7.03	3.32	3.54	23.01	10.65	5.74	Tauku, ziedu
22:41	1 – okten- 3 – ols	3.76	1.86	0.00	10.5 6	7.04	5.33	0.41	0.12	0.00	Alkohols, sēne
24:13	Benzilspirts	11.56	14.65	4.11	5.23	19.44	2.28	6.43	18.06	3.58	Salda, ziedu
24:58	Furfuols	0.74	3.92	0.03	1.10	0.00	0.00	3.65	6.52	1.52	Mandeļu, maizē saldo
26:19	2 – furānmetanāls	0.11	0.03	3.33	0.87	0.22	0.86	0.32	0.00	1.01	Vāji dedzinošs, rūgts
27:14	2 – propanols	0.03	6.41	4.20	0.03	16.35	6.21	3.32	6.11	0.00	Alkohols, ass
28:53	2 – oktanāls	0.23	0.11	0.09	0.39	0.00	5.95	3.52	1.46	1.87	Rieksti, sūnas
28:14	2 – metoksi-4- vinilfenols	0.12	0.00	2.16	0.00	0.00	0.35	0.10	0.00	3.54	griķi, labība
29:27	Acetilpiridīns	0.85	0.00	13.79	0.51	0.22	11.43	0.80	0.12	7.43	Popkorns

30:59	oktanāls	1.75	9.24	2.53	4.20	10.22	4.72	3.11	16.65	2.50	Tauki, ziepes, citrons, zāle
31:43	Propānskābe	3.45	2.98	3.11	2.28	1.21	2.22	1.62	0.27	1.59	Sojas pupinas
32:35	Benzaldehīds	4.18	3.85	7.54	5.01	1.12	12.31	3.54	1.75	14.86	Dedzināts cukurs, mandeļi
33:55	3-metil-butānskābe	5.71	4.75	2.07	6.20	3.30	1.20	1.43	0.89	0.10	Balzāmetiķis
34:11	3,5 - dimetilpirazīns	4.22	2.31	15.35	3.07	0.42	5.52	7.54	3.33	15.22	Grauzdēts, dedzināts
34:43	3 - metilbutāns	0.49	2.85	6.11	2.01	1.12	3.84	2.76	5.14	9.33	Mandeļi, iesals
35:22	1 –pentānāls	1.92	4.55	2.01	11.94	7.21	0.13	6.79	2.81	3.65	Asa, zāļu
35:43	Heptanāls	2.63	17.76	1.10	1.20	4.60	2.43	0.97	7.49	2.26	Tauki, ziepes, zāļu
36:35	2 – metoksipirazīns	3.31	1.64	3.54	2.50	0.30	8.11	2.55	0.54	5.66	Grauzdēt, brūnais cukurs, karamels
37:55	indozilīns	3.63	0.00	4.22	0.43	0.34	2.21	4.71	1.95	5.64	Dedzināts, naftelīns
38:50	heksānskābe	5.11	1.42	1.20	8.32	3.54	0.32	4.12	3.88	1.21	Sveķi, ziedi, zāļu

*Piezīme: sarkanā krāsā iezīmēti savienojumi – pākšaugiem raksturīgā aromāta veidojošie savienojumi; zaļā krāsā iezīmēti savienojumi – veidojas diedzēšanas laikā; brūnā krāsā iezīmēti savienojumi – veidojas grauzdēšanas laikā;

Analizējot gaistošo aromātveidojošo savienojumu saturu zirņu dzērienos, novēro, aromāta profila izmaiņas atkarībā no pielietotām apstrādes metodēm. No pākšaugiem raksturīgajiem aromātveidojošiem savienojumiem dominē - 3 – metil -2 –butanols, 2 – heptanons, propionskābe, benzaldehīds, 3-metil-butānskābe, 1- pentānāls. Salīdzinot ar citiem pētījumiem, tāpat arī “zirņu aromāta” veidotāji ir 3 – metil – 1- butanols, 1 – pentānāls, 1 – okten-3-ols, 2,4 – heptadienāls, acetoferons, 1okten-3-ons un 3 – izopropilols, 2 – metoksipirazīns (Bott et al., 2006). Lai gan agrīnie pētījumi koncentrējās uz konkrētām vielām, kas atbildīgas par zirņu garšu, ir skaidrs, ka lielā mērā aromāta profilu ietekmē vairāku gaistošo savienojumu koncentrācija un zirņu apstrādes veids (Mehle et al., 2020). Daži no gaistošiem savienojumiem ar piedēvētām “zirņu garšas” īpašībām izpaužas tikai noteiktās savienojumu koncentrācijās (Vara – Ubol et al., 2004). Piemēram, heksanāls veicina nepatīkamu aromātu, taču tam pašam nav raksturīgs “zirņu aromāts”. Savukārt tas veicina zirņu aromāta intensitāti. Tikai daži aromātveidojošie savienojumi tieši ietekmē raksturīgo zirņu aromātu (Mehle et al., 2020). Vārīšanas un grauzdēšanas laikā novēro skābju un spirta savienojumu samazināšanos. Paaugstinātā temperatūrā notiek šo savienojumu iztvaikošana un sadalīšanās (Demirdoven, 2007).

Zirņi, kas tika **diedzēti**, ievērojami samazināja **pākšaugiem raksturīgo aromātu**. Vismazāk šo gaistošo savienojumu saturu novēroja diedzētos paraugos. Salīdzinot starp zirņu šķirni un hibrīdu – vismazākais propionskābes, benzaldehīda, 3-metil-butānskābes, 1-pentanāla saturs pēc diedzēšanas ir zirņu hibrīdam H 08-10-15. Savukārt 3 – metil-2-butanola (iesals) saturs ir visaugstākais (6.75%) hibrīdā H 08-10-15, salīdzinot ar dzeltenajiem un zaļajiem zirņiem. Dzeltēto zirņu šķirne 'Lāsma' satur vismazāk 3-metil-2-butanola (3.65%), bet dominē 2-heptanons (11.46%), propionskābe (2.98%) un 3-metil-butānskābe (4.75%). Zaļo zirņu šķirne 'Zaiga' vismazāk satur 2 – heptanona un benzaldehīda savienojumus. Savukārt šķirnē 'Zaiga' dominē 1 – pentānāls, kam raksturīgs ass, zāļu aromāts.

Diedzējot zirņus, lipoksigenāzes veicina šo taukskābju noārdīšanos. Taukskābēm sadaloties fermentatīvi, galvenokārt linolskābei un linolēnskābei, veidojas jauni aromātveidojošie savienojumi (nonanāls, heptanāls, oktanāls), kas mazina zirņiem raksturīgo aromātu. Heksanāla gadījumā brīvās linolēnskābes daudzums korelē ar heksanāla veidošanos (Zhang et al., 2020). Lipāzes katalizē polinepiesātinātas taukskābes, kas satur (Z, Z) – 1,4 – peptadiēna vienības (piemēram, linolskābe un linolēnskābe), veidojot konjugētos hidroperoksīdus. Diedzēšanas laikā novērojama spirta saturošo savienojumu koncentrācijas palielināšanās (benzilspirts, furfurols, 2 – propanols). Nepietiekama skābekļa piekļuve diedzēšanas laikā, kas veidojas sastāvdaļu uzbriešanas laikā, veicina oglekļa dioksīda un spirta savienojumu veidošanos, kas palēnina diedzēšanas procesu un veido nepatīkamu aromātu. Tāpēc diedzēšanas laikā svarīgi bieži skalot sekas, lai notiktu skābekļa apmaiņa un izvairītos no nepatīkama aromāta veidošanās.

Grauzdēšana veicina jaunu aromātveidojošo savienojumu veidošanos un nevēlamo pākšaugiem raksturīgo aromāta nomākšanu. Zirņu šķirnē 'Lāsma' novērojama paaugstināts 3-metil-2-butanola (par

4.36%), propionskābes (par 1.01%), benzaldehīda (11.19%) saturs, salīdzinot ar diedzēšanu. Savukārt samazinājās 2-heptanona (par 6.92%), 3-metil-butānskābes (par 2.68%) 1-pentanāla (par 2.54%) saturs. Zirņu hibrīdā H 08 -10-15 novērojams lielāks 2-heptanona (par 4.91%), 3- metil-butānskābes (par 0.88%), 3-metil-2-butanola (par 3.07%) saturs, salīdzinot ar diedzēšanu. Zirņu šķirnei 'Zaiga' novērojams 3 metil-2-butanola (2.38%), 3-metil-butānskābes (par 2.1%) un 1-pentāna (par 7.08%) samazinājums, salīdzinot ar diedzēšanu. Salīdzinot ar diedzēšanu, grauzdēšanas laikā būtiski pieauga benzaldehīda saturs. Benzaldehīda satura pieaugums saistīts ar reducējošo cukuru un aminoskābju dalību Mailarda reakcijā (Cui et al., 2017). Visaugstākais benzaldehīda saturs grauzdēšanas laikā novērojams pelēko zirņu hibrīdā H 08-10-15 (par 13.11% vairāk nekā diedzēšanas procesā), savukārt vismazākais dzelteno zirņu šķirnē 'Lāsma' (7.54%).

Paaugstinātas temperatūras ietekmē veidojas jauni gaistošie aromātveidojošie savienojumi. Paaugstinātas temperatūras iedarbībā dekarboksilēšanās reakcijā no ferulīnskābes (fenolskābes savienojums) veidojas 2 – metoksi-4- vinilfenols.

Pētījumā izstrādāto zirņu dzērienu kvalitātes izvērtējuma kopsavilkums

Lai izvēlētos piemērotāku šķirni/hibrīdu un apstrādes metodi, tika pieņemts lēmums integrēti izvērtēt iepriekšminēto radītāju ietekmi uz gatava produkta kvalitāti.

25.tabula

Izejvielas un apstrādes metožu izvērtējums

Rādītāji	Šķirne/ hibrīds			Apstrādes metode		
	'Lāsma'	'Zaiga'	'H – 08-10-15'	Vārīšana	Diedzēšana	Grauzdēšana
Olbaltumvielu saturs	4	3	5	5	4	4
Kopējo diētisko šķiedrvielu saturs	4	3	5	3	4	5
Kopējās sausnas saturs	5	4	5	4	2	3
Šķīstošās sausnas saturs	4	4	4	4	5	2
pH	3	3	3	3	3	3
Viskozitāte	2	5	2	2	5	4
Krāsas intensitāte	3	4	3	3	3	4
Kopējo fenolu saturs	2	1	4	4	5	4
Tanīnu saturs	4	2	4	2	5	4
C vitamīna saturs	3	2	3	2	5	1
Aromātu veidojošo savienojumu saturs	4	2	5	4	5	5
Kopā	38	31	43	36	46	39

* Piezīme: 1 – ļoti negatīvi, 2 – negatīvi, 3 – neitrāli, 4 – pozitīvi, 5 – ļoti pozitīvi.

Salīdzinot zirņu šķirņu un hibrīda izmantošanu zirņu dzērienu ražošanā – vispiemērotākie zirņi dzērienu ražošanā ir pelēko zirņu hibrīds H 08-10-15. Zirņu dzērienam ir raksturīgs lielāks olbaltumvielu un šķiedrvielu saturs, salīdzinot ar šķirni 'Zaiga' un 'Lāsma', kas ļaus šim dzērienam konkurēt ar citām piena alternatīvām.

Tika izvirzīta hipotēze, ka, kombinējot zirņu šķirnes/hibrīdus (dažādās attiecībās), iespējams uzlabot dzēriena kvalitāti un rast risinājumu alternatīvo dzērienu ražošanā. Tāpēc būtu nepieciešami turpmākie pētījumi par zirņu dzērienu tehnoloģijas pilnveidi.

Izvērtējot **apstrādes metožu** ietekmi uz zirņu dzērienu kvalitāti – vispiemērotākā apstrādes metode, kas ir jāiekļauj zirņu dzērienu tehnoloģijā, ir diedzēšana.

SECINĀJUMI

1. Izvērtējot zirņu šķirņu un hibrīdu atbilstību dzērienu ražošanai, vispiemērotākā izejviela dzērienu ražošanai ir pelēko zirņu hibrīds H 08-10-15, kam raksturīgs lielāks neaizstājamo aminoskābju un olbaltumvielu ($31.11 \pm 0.31 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$) saturs.
2. Analizējot apstrādes metožu ietekmi uz zirņu dzērienu kvalitāti noskaidrots, ka vispiemērotākā apstrādes metode ir diedzēšana un grauzdēšana.

3. Grauzdēšanas laikā samazinās kopējo fenolu un tanīnu saturs, kas sekmē aromātveidojošo savienojumu veidošanos. Turpretim šī apstrādes metode būtiski samazina C vitamīna un šķīstošās sausas saturu gatavajos zirņu dzērienos.
4. Zirņu dzērienam, kura gatavošanā izmantots pelēko zirņu hibrīds H 08-10-15 un pielietota diedzēšana, olbaltumvielu saturs ir $3.38 \pm 0.33 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$, kopējo diētisko šķiedrvielu saturs – $7.31 \pm 0.21 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ sausnā.
5. Vērtējot dzēriena uzturvērtību, izstrādātais zirņu dzēriens būtu konkurētspējīgs vegāniem paredzēto produktu tirgū.

3.3.3. Jogurta alternatīva ražošanā un kvalitātes izvērtējums

PAMATOJUMS

Jogurts tiek iegūts, fermentējot pienu. Pienskābes baktērijas fermentē pienā esošo cukuru, kā rezultātā veidojas pienskābe, kas iedarbojoties uz olbaltumvielām, veidojot jogurtam atbilstošu struktūru. Lai iegūtu jogurta alternatīvu, vispirms ir jāatrod kvalitatīva piena alternatīva. Augu valsts izcelsmes piena alternatīvas iedala piecās grupās (Sethi et al., 2016):

1. Graudaugu bāzes (auzu, rīsu, kukurūzas un speltas).
2. Pākšaugu bāzes (sojas, zirņu, lupīnas).
3. Riekstu bāzes (mandeļu, lazdu riekstu, kokosriekstu, pistāciju, valriekstu).
4. Sēkļu bāzes (sezama, saulespuķu, kaņepju).
5. Pseudograudaugu bāzes (kvinojas, amaranta).



28.att. Augu izcelsmes piena alternatīvas – a) auzu (“ALPRO,” 2022), b) sojas (“ALPRO,” 2022), c) mandeļu (“ALPRO,” 2022), d) saulespuķu (“Sunflower seed milk,” 2022), d) kvinojas (“Qunioa drink,” 2022).

Jogurtam un jogurta alternatīvai ir dažāda gan uzturvērtība, gan fizikāli-ķīmiskās īpašības. Galvenās īpašības, kas atšķiras produktiem, ir uzturvērtība, krāsa un konsistence. Jogurtus iespējams ražot bez stabilizētājiem, turpretī augu izcelsmes produktiem tā ir neatņemama sastāvdaļa (Baskar et al., 2022; Grasso et al., 2020; Gupta et al., 2022).

Galvenā jogurta vērtība ir tā ķīmiskais sastāvs un pienskābes baktēriju koncentrācija tajā. Olbaltumvielu saturs jogurta alternatīvās variē no 0.6 g līdz 4.6 g 100 g⁻¹, savukārt dzīvnieku izcelsmes jogurtā tas ir ap 3.2 100 g⁻¹. Viszemākais olbaltumvielu saturs ir kokosriekstu un kaņepju jogurtu alternatīvās – 0.6 g 100 g⁻¹. Savukārt tauku saturs ir augstāks alternatīvajos jogurtos. Piemēram, mandeļu jogurta alternatīvā tauku saturs ir 7.9 g 100 g⁻¹, turpretī govs piena jogurtā 4.2 g 100 g⁻¹. Piesātināto taukskābju saturs ir ievērojami augstāks kokosriekstu jogurtā (4.2 g 100 g⁻¹), citos alternatīvos jogurtos no 0.2 g līdz 1.0 g 100 g⁻¹. Paaugstinoties tauku saturam, palielinās arī enerģētiskā vērtība, līdz ar to kokosriekstu jogurts ir viens no kaloriju ziņā bagātākajiem jogurtiem (Grasso et al., 2020).

Lai jogurts atbilstu patērētāju ekspektācijām, tam ir jāatbilst vairākiem kritērijiem. Viens no tiem ir skābums. Fermentācijas process, ieraugs un izejvielas kvalitāte nosaka galaprodukta pH. Jo ilgāks ir fermentācijas laiks, jo skābāks būs jogurts. Zems cukura saturs izejvielā palēnina fermentācijas procesu, jo baktēriju attīstībai ir nepieciešami ogļhidrāti (Baskar et al., 2022).

Konsistenci nosaka gan fermentācijas process (laiks, intensitāte, inhibitori), gan ierauga veids, gan papildus pievienotie stabilizētāji. Izplatītākie stabilizētāji jogurtiem ir pektīns, ciete, želatīns un guāra sveķi, taču, lai iegūtu vēlamo jogurta konsistenci, augu valsts izcelsmes piena alternatīva ir jāsilina, lai jogurts sabiezētu. Termiskās apstrādes laikā ciete un citi stabilizētāji var sažēlēti, tādējādi, iespējams aizkavēt fāžu sadalīšanos un paaugstināt produkta uzglabāšanas laiku (Baskar et al., 2022).

Jogurti tiek ražoti, fermentējot pienu ar *Sterptococcus thermophilus* un *Lactobacillus delbrueckii* vai *Lactobacillus bulgaricus* līdz pH 4.5. Skābuma pieaugums ietekmē ne tikai garšu, bet arī pienā esošo kazeīna stabilitāti, samazinot tā izoelektrisko lādiņu. Sasniedzot pH 4.6, kas ir kazeīna izoelektriskais

punkts, tiek panākta olbaltumvielu koagulācija. Šis ir viens no sarežģītākajiem procesiem, ko nepieciešams atdarināt, izstrādājot jogurta alternatīvu. Mainot vides pH, augu izcelsmes olbaltumvielas uzvedas citādāk (Montemurro, Pontonio, Coda, & Rizzello, 2021). Ir bijuši vairāki mēģinājumi izstrādāt jogurta alternatīvu. Visbiežāk grūtības sagādā (Montemurro et al., 2021):

- 1) zema olbaltumvielu saturs augu valsts izcelsmes alternatīvā;
- 2) atšķirīgas olbaltumvielu koagulācijas īpašības;
- 3) nepieciešamība izmantot emulgatorus un stabilizētājus.

Pirmapstrāde. Pirms izejviela nokļūst līdz raudzēšanas procesam, tam jāveic pirmapstrāde. Pirmapstrāde mēdz būt dažāda – fizikāla (homogenizācija, termiskā apstrāde), ķīmiska (alkilēšana) vai bioloģiska (enzimātiska). Visbiežāk tiek veikta termiskā vai mehāniskā apstrāde (Baskar et al., 2022; Montemurro et al., 2021).

Cietes klīsterizēšana, izmantojot atbilstošu termisko apstrādi, uzlabo produkta viskozitāti pirms fermentācijas, kā arī tas novērš fāžu sadalīšanos un samazina endogēno baktēriju klātbūtni ieraugā (Montemurro et al., 2021).

Papildu, struktūras uzlabojumus var iegūt ar homogenizāciju. Visbiežāk homogenizācijas procesā notiek neliels temperatūras pieaugums, tāpēc literatūrā tiek uzskatīts, ka tā ir kombinētā fizikālā un termiskā apstrāde. Homogenizācijas laikā cietes un lipīdu daļiņas tiek sašķeltas mazākās, tādējādi padarot vienmērīgu produkta struktūru. Tas veicina arī citu uzturvielu vieglāku pieejamību baktērijām, līdz ar to ir pierādīts, ka tas uzlabo turpmāko fermentācijas procesu. Nenoliedzami, homogenizācija arī samazina produktu sadalīšanos fāzēs (Montemurro et al., 2021).

Raudzēšanas process un ieraugi. Uzsākot fermentāciju, ir ļoti svarīgi izvēlēties ieraugu. Jāņem vērā, ka katram baktēriju celmam ir nepieciešams nodrošināt īpašus fermentācijas apstākļus un uzturvielas. Ieraugi un pārtikas piedevas, kuras izmanto augu izcelsmes jogurtu ražošanā, ir apkopotas 26.tabulā.

26.tabula

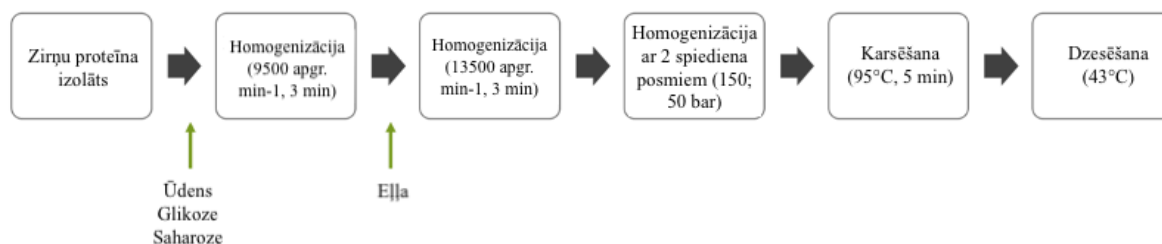
Ieraugi un piedevas augu izcelsmes jogurta ražošanā (Montemurro et al., 2021)

Galvenās sastāvdaļas	Ieraugs	Apstrāde/Pārtikas piedeva	Produkta attīstības stadija
Auzu proteīna koncentrāts (15% w/w)	<i>L. delbrueckii</i> , <i>L. bulgaricus</i> un <i>S. thermophilus</i>	Termiskā apstrāde 90 °C 30 min	Eksperimentāls
Zirņu proteīna izolāts (10% w/w)	<i>L. delbrueckii</i> , <i>L. bulgaricus</i> un <i>S. thermophilus</i>	Augstspiediena homogenizācija (200 MPa)	Eksperimentāls
Soja (10% w/w)	<i>Lactiplantibacillus plantarum</i> B1-6	Termiskā apstrāde 108 °C 15 min	Eksperimentāls
Alternatīvais mandeļu piens (95%) un tapiokas ciete	<i>L. delbrueckii</i> , <i>L. bulgaricus</i> un <i>S. thermophilus</i>	Karobas sveķi	Komerציāls
Attīrītas sojas pupiņas no mizas (7.9% w/v)	<i>L. delbrueckii</i> , <i>L. bulgaricus</i> un <i>S. thermophilus</i>	Pektīns	Komerציāls
Auzas (8.5% w/v)	-	Modificēta ciete un pektīns	Komerציāls
w/w -masa uz masu produktā, w/v – masa uz tilpumu produktā			

Lai gan nav vienotas nostājas par to, vai baktērijas ir vegāniskas vai nē, ir speciāli baktēriju celmi, kurus izmanto vegāniem paredzētu jogurtu ieguvei. Plaši izmantoti ir CIRM-BIA1524 (*Lactiplantibacillus plantarum*), CIRM-BIA2412 (*Enterococcus faecalis*), NCDO2125 (*Lactococcus lactis*), VEGE 022 (*Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii*, *Lactiplantibacillus plantarum*, *Lactiplantibacillus acidophilus*, *Bifidobacterium lactis*) un YF-L904 (*Lactobacillus delbrueckii*, *L. bulgaricus* un *Streptococcus thermophilus*). Baktēriju darbības temperatūra variē no 37 līdz 43 °C, savukārt nepieciešamais laiks, lai sasniegtu pH 4.60 ir 4.0–8.5 stundas (Canon et al., 2022; Montemurro et al., 2021; Yang et al., 2021).

Izvēloties ieraugu, ir jāņem vērā ogļhidrātu klātbūtne un sastāvs produktā. Bieži vien, lai nodrošinātu pienskābes baktērijas ar barības vielām, pirms fermentācijas izejviela ir jāapstrādā enzimatiski, palielinot monosaharīdu koncentrāciju produktā (Montemurro et al., 2021).

Nereti tomēr ir nepieciešams pievienot pārtikas piedevas, lai nodrošinātu labāku produkta stabilitāti un uzlabotu konsistenci. Plašāk izmantotie stabilizētāji ir ksantāna sveķi, agars, modificēta ciete un karagināns. Savukārt kā skābuma regulētāju izmanto kalcija polifosfātu (Baglio, 2014).



29.att. Augu izcelsmes siera alternatīvas ražošanas tehnoloģija (Masiá et al., 2022).

MATERIĀLI UN METODES

Pētījumā izmantoto materiālu raksturojums

Pētījuma veikšanai izmantotās izejvielas apkopotas 27. tabulā.

27.tabula

Pētījumā izmantoto proteīna koncentrātu un izolāta raksturojums, g 100 g

Ražotājs	Izejviela	Veids	Proteīns	Ogļhidrāti,	Tauki	Šķiedrvielas	Pelni
SIA ASNS Ingredient, Latvija	Dzeltenie zirņi (<i>Pisum sativum</i>)	I	80	0.4	7.8	0.9	7
SIA ALOJA – STARKELSEN, Latvija	Dzeltenie zirņi (<i>Pisum sativum</i>)	K	50	20.4	3.8	10.0	n.i.
	Brūnie (pelēkie) zirņi (<i>Pisum sativum</i>)	K	50	20.4	3.8	10.0	n.i.
	Lauka pupas (<i>Vicia faba</i>)	K	59	2.3	1.7	11.3	n.i.
K- koncentrāts, I- izolāts, n.i. – nav informācijas							

Papildus izmantotas arī citas izejvielas – dažādi biezinātāji, cukurs un atšķirīgi ieraugi. Izmantotie biezinātāji: pektīns (NH Fruit, Sosa Ingredients S.L., Spain), ksantāna sveķi (Sosa Ingredients S.L., Spain), kartupeļu ciete (SIA ALOJA – STARKELSEN, Latvija), guāra sveķi (Bio Planet S.A., Polija). Izmantota saharoze (Cukurbiešu cukurs baltais, DAN SUKKER, Vācija), savukārt ieraugs divi komerciāli pieejami produkti, kuru raksturojums ir norādīts 28. tabulā.

28.tabula

Pētījumā izmantoto ieraugu raksturojums

Nosaukums	Ražotājs, izcelsmes valsts	Baktērijas	Pielietojums
YoFlex®Acidifix™1.0	Chr. Hansen®, Dānija	<i>L. bulgaricus</i> , <i>Streptococcus thermophilus</i>	Bezlaktozes produkti
VEGE 033	DANISCO®, Dānija	<i>S. thermophilus</i> , <i>L. delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>	Augu izcelsmes produkti

Pētījumā izmantotās iekārtas apkopotas tabulā.

29.tabula

Pētījumā izmantotās iekārtas

Iekārta	Modelis	Ražotājs
pH metrs	Modelis 3520	Mettler Toledo, Ohaio, Amerikas Savienotās valstis
efraktometrs	Refracto 30GS	Mettler Toledo, Ohaio, Amerikas Savienotās valstis
Reometrs	MCR 302	Anton Paar, Graz, Austrija

Viskozimetrs	DV-III Ultra	Brookfield Engineering, ASV
Termostats	UN200	Memert, Švabacsha, Vācija
Automātiskais koloniju skaitītājs	Scan 500 inhibition zones	Interscience International, Kantala, Francija
Centrifūga CM-6MT	CM-6MT	Elmi, Rīga, Latvija
Ultraskaņas vanna	Ultrasonic Cleaner YJ5120-1	Selecta, Murtena, Šveice
Blenderis	n.i.	The Waring, Kalifornija, ASV
Elektriskā plītiņa	n.i.	Eletrolux, Stokholma, Zviedrija
n.i. nav informācijas		

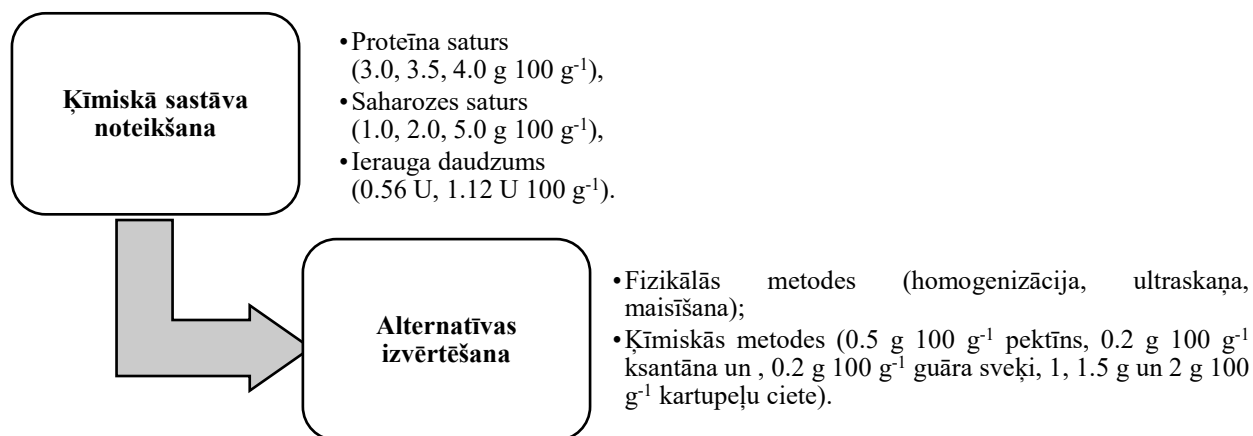
Alternatīvā piena iegūšana no zirņu proteīna

Pirmā stadija alternatīvā jogurta iegūšanā ir homogēnas un stabilas piena alternatīvas izstrāde. Tā kā proteīna koncentrāti un izolāts pilnībā neizšķīst ūdenī, nepieciešams to vienmērīgi izkliedēt ūdens vidē. Lai to izdarītu, tika izmēģinātas fizikālas metodes: homogenizācija, apstrāde ultraskaņas vannā un manuāla sastāvdaļu sajaukšana, kā arī minēto metožu kombinācijas, lai iegūto alternatīvā piena struktūru varētu uzturēt ilgstošāk.

Lai saprastu kāda sastāvdaļu proporcija būtu optimāla, tika testētas vairākas receptūras. Tika izvēlēts variēts ar cukura daudzumu ar soli 1 g, savukārt šķidrās fāzes daudzums (ūdens) bija konstants (100 ml).

Papildu tika eksperimentēts ar ierauga veidiem. Tika pievienots ieraugs, kas paredzēts tikai bezlaktozes produktiem (YoFlex®Acidifix™1.0) un augu valsts izcelsmes produktiem (VEGE 033).

Alternatīvā jogurta izstrādes laikā pētītas arī vairākas pārtikas piedevas, kuras tika pievienotas, lai stabilizētu un biezinātu dzērienu. Pētījumā izmantots pektīns, guāra sveķi, ksantāna sveķi un kartupeļu ciete. Pirms pektīna pievienošanas produktam, tas tika izšķīdināts askorbīnskābes šķīdumā (1:10), lai iegūtu zemāku pH, kas ir labvēlīgs pektīna želēšanai, pēc tam askorbīnskābes šķīdumā iemaisīts pektīns, kas pievienots pākšaugu dzēriena maisījumam un pasterizēts 72 ± 2 °C 5 min, nemitīgi maisot. Guāra un ksantāna sveķi pagatavoti vienādi. Nosvērts noteikts guāra un ksantāna sveķu daudzums, kas izšķīdināts ūdenī, tad pievienots proteīna/saharozes masai un pasterizēts 72 ± 2 °C 5 min, nepārtraukti maisot. Pirmajā mēģinājumā ciete iekļauta proteīna/saharozes masā, tad pievienots ūdens un veikta pasterizācija 72 ± 2 °C 5 min, taču izvērtēts, ka tāda metode nav derīga. Tāpēc izvēlēts atsevišķi pagatavot kartupeļu cietes šķīdumu, nosverot noteiktu cietes daudzumu, kam pievienoja verdošu ūdeni, šķīdumu maisot sildīja līdz tas sabiezē, tad pievienoja proteīna/saharozes masai un atkārtoti pasterizēja 72 ± 2 °C 5 min.



30.att. Alternatīvas iegūšanas shēma.

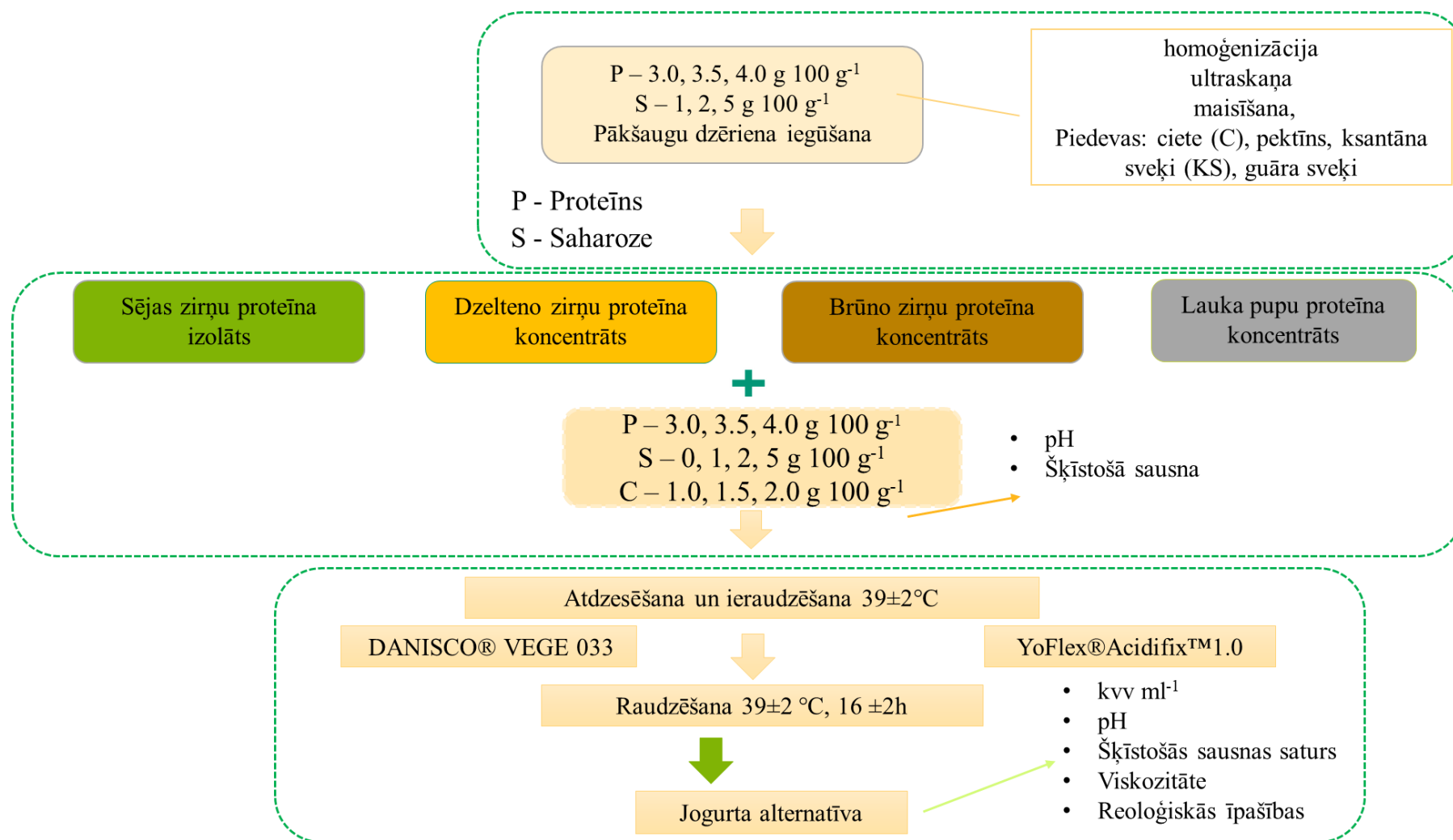
Alternatīva jogurta iegūšanas tehnoloģija

Jogurta alternatīva izgatavota pēc 31. attēlā norādītās tehnoloģiskās shēmas. Sākumā veikts priekšpētījums. Ņemot vērā iegūtos rezultātus, izstrādāta jogurta alternatīvas ražošanas tehnoloģija. Vispirms 4.00 ± 0.01 g proteīna koncentrāta vai izolāta un 1.00 ± 0.01 g saharozes iesvērts 100 mL vārglāzē,

kam pievienoti 100 mL destilēta ūdens, paraugi tālāk homogenizēti. Detalizētu shēmu skatīt 31. attēlā. Kad iegūta viendabīga parauga konsistence, šķīdums pasterizēts 72 ± 1 °C 5 min. Tālāk pievienots VEGE 033 ieraugs (0.56 U).

Pākšaugu dzēriena paraugiem noteikts sākuma pH (pirmā posma paraugiem pH noteikts ik pēc 1 h 5 h laikā) un sausnas saturs, tad paraugi ievietoti termostatā 39 ± 1 °C uz 12 ± 1 h. Paralēli tika sagatavots kontroles paraugs, kam netika pievienots ieraugs. Paraugi pagatavoti trīs atkārtojumos.

Jogurta alternatīvas raudzēšanas procesā tika noteikts pH, raudzēšanas beigās papildu tika noteikti šādi rādītāji: sausnas saturs, pienskābes baktēriju kopskaits, viskozitāte un sensorie rādītāji.



31.att. Alternatīva jogurta iegūšanas tehnoloģiskā shēma

Paraugi šifrēti pēc ražotāja SIA ALOJA STARKELSEN LATVIA (AL/Px/Sx) un SIA Asns (LAT/Px/Sx), kur “P” apzīmē proteīna saturu, savukārt “S” saharozes saturu. Pirmajā posmā no SIA ALOJA STARKELSEN LATVIA tika izmantots tikai dzelteno zirņu proteīna koncentrāts, taču tālāk izmantoti papildu pākšaugu proteīna veidi, kas apzīmēti pēc tā izcelsmes avota (Dzeltenie zirņi – Yel_ Px,Sx, Brūnie zirņi - Brown/ Px/Sx, Lauka pupas – Bean_ Px,Sx), atkārtoti “P” apzīmē proteīna saturu, savukārt “S” saharozes saturu. Pētot parauga fizikālās īpašības, “C” norāda uz kartupeļu cietes saturu, “V” nosaukuma beigās norāda uz to, ka izmantots VEGE033 ieraugs.

30.tabula

Darbā norādīto saīsinājumu atšifrējumi

Nosaukums	Saīsinājums
SIA ALOJA STARKELSEN LATVIA	AL
SIA ASNS dzelteno zirņu proteīna izolāts	LAT
Dzelteno zirņu koncentrāts	Yel
Brūno zirņu koncentrāts	Brown
Lauka pupu koncentrāts	Bean
Proteīna saturs	P
Saharozes saturs	S
Kartupeļu ciete	C
Ksantāna sveķi	KS
Ieraugs YoFlex	Y
Ieraugs VEGE033	V
Kontroles paraugs bez pievienotām ierauga baktērijām	K

Pētījumā izmantotās analīžu metodes

Nogulšņu apjoma noteikšana. Lai noteiktu cik dzēriens ir fizikāli stabils, tika testēts nogulšņu apjoms. Dzērieni centrifugēti 30 min 3000 min⁻¹ un mērīts nogulšņu tilpums. Paraugs, kuram noteikts nogulšņu apjoms, saturēja 4.0 g (proteīna izolāta), 2 g saharozes, 1.12 U ierauga VEGE033 un 100 ml ūdens.

Lai analizētu paraugu **plūstamību un oscilāciju** izmantots reometrs MCR-302 (Anton Paar, Austrija). Izmantota paralēlo plāksņu mērsistēma PP 25. Sprauga starp plāksnēm 1 mm. Lai analizētu plūstamību, iestatīti sekojoši parametri: sākumā bīdes ātrums iestatīts no 0 līdz 100 s⁻¹, tālāk bīde 100 s⁻¹ izturēts 60 s, kam savukārt seko bīdes samazinājums no 100 līdz 0 s⁻¹. Analīzes laikā uzturēta konstanta temperatūra 4.0±0.1 °C, ko uztur iekārtā iebūvētais Peltjē elements.

Oscilācijas ietekme analizēta pēc sekojošiem parametriem: 4.0±0.1 °C, izmantojot 25 mm paralēlās plates (PP 25), iestatīta deformācija 1% un frekvence no 100 līdz 0.1 Hz. Kopumā uzņemti 16 punkti ar 20 s intervālu. Katrs eksperiments atkārtots divas reizes.

Lai noteiktu **pienskābes baktēriju kopskaitu**, izmantota De Man, Ragosa un Sharp (MRS) barotne. Baktēriju kopskaita noteikšanas paraugi sagatavoti pēc LVS EN ISO 6887-1:2017 standarta “Pārtikas ķēdes mikrobioloģijā”. Paraugi atšķaidīti līdz pakāpei 10⁶, izmantojot fizioloģisko šķīdumu. Attiecīgi 1±0.1 mL analizējamā parauga uzsēts uz MRS barotnes Petri platē, kas pēc tam uz 72 h ievietota termostatā 37±1 °C. Koloniju skaits analizēts, izmantojot automātisko koloniju skaitītāju. Rezultāti analizēti pēc LVS EN ISO 7218 – 2007 “Pārtikas un dzīvnieku mikrobioloģija”.

REZULTĀTI

Pākšaugu dzēriena receptūras izstrāde

Optimālā proteīna satura noteikšana dzēriena receptūrā. Lai iegūtu vēlamu pākšaugu dzēriena garšu un konsistenci, kas būtu maksimāli līdzīga piena sensorajiem rādītājiem, tika veikta vairāku receptūru izstrāde un analīze. Analizēto paraugu sastāvs norādīts 31.tabulā.

31.tabula

Jogurta alternatīvas receptūras uz 100 g produkta, 1. pētījuma posms

Apzīmējums	Dzelteno zirņu proteīna avots	Proteīna saturs, g 100 g ⁻¹	Saharozes saturs, g 100 g ⁻¹	Ierauga veids un saturs, U
AL/P3/S1/Y	koncentrāts	3.0	1	YoFlex, 0.56
AL/P3.5/S1/Y		3.5		
AL/P4/S1/Y		4.0		
LAT/P3/ S1/Y	izolāts	3.0		
LAT/P3.5/ S1/Y		3.5		
LAT/P4/S1/Y		4.0		

Dzērieni tika veidoti pēc 31. tabulā atspoguļotās receptūras. Vērtējot pētījumā iegūtos rezultātus iezīmējas tendence, ka paraugiem, kas tika pagatavoti no pākšaugu koncentrāta, sākotnējā pH bija viszemākā. Pirmajās raudzēšanas stundās nav novērojams ievērojams pH samazinājums līdz ar to tika pieņemts lēmums pagarināt raudzēšanas procesu līdz 22 h. Rezultātā tikai divi paraugi, kuru sastāvā bija lielākā proteīna koncentrācija (4%) sasniedza pH vērtību zem 5 – AL/P4.0/S1/Y un LAT/P4.0/S1/Y. Iegūtie rezultāti var būt skaidrojami ar to, ka paraugiem bija augstāks sausas saturu, kas nodrošināja baktēriju pilnvērtīgai attīstībai nepieciešamās uzturvielas. Ņemot vērā to, ka arī raudzēšanas procesa intensitāte paraugos bija zema, tika pieņemts lēmums izmantot lielāku ierauga koncentrāciju, nekā bija izvēlēts sākotnēji, lai sasniegtu vēlamu pH 4.5. Kā arī tika izlemts turpmāk izmantot 4 g proteīna alternatīvā jogurta izstrādei, jo paraugiem ar lielāku proteīna saturu novērojams intensīvāks pH kritums raudzēšanas laikā.

Optimālā saharozes un ierauga satura noteikšana dzēriena receptūrā

Nākamais solis bija noteikt nepieciešamo saharozes saturu, lai nodrošinātu optimālu raudzēšanas procesu un produkta vēlamās sensoras īpašības. Jogurta alternatīvām tika analizētas gan pH izmaiņas, gan šķīstošās sausas saturu fermentācijas sākumā un beigās.

32.tabula

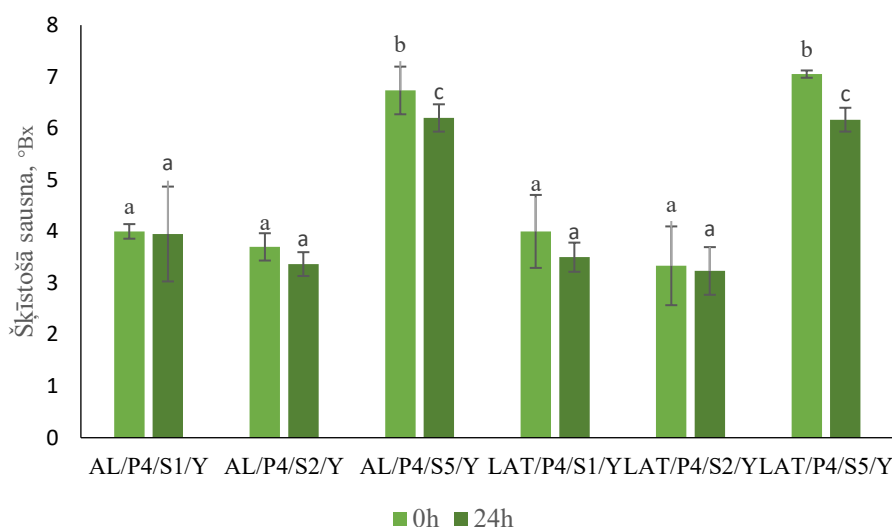
Jogurta alternatīvu receptūras uz 100 g produkta 2.pētījuma posmā

Apzīmējums	Dzelteno zirņu proteīna avots	Proteīna saturs, g 100 g ⁻¹	Saharozes saturs, g 100 g ⁻¹	Ierauga veids un saturs, U	
AL/P4/S1/Y	koncentrāts	4	1	YoFlex, 1,12	
AL/P4/S2/Y			2		
AL/P40S5/Y			5		
LAT/P4/S1/Y	izolāts		1		
LAT/P4/S1/Y			2		
LAT/P4/S5/Y			5		

Analizējot jogurta pH, var secināt, ka visi pagatavotie paraugi sasniedza pH no 4.0 līdz 4.5 pēc 24 h. Starp paraugiem nav novērojama statistiski nozīmīga atšķirība. Līdzīgi ka 1. pētījuma posmā paraugiem, kuru sastāvā bija proteīna koncentrāts tika noteikta būtiski zemākā sākotnējā pH vērtība.

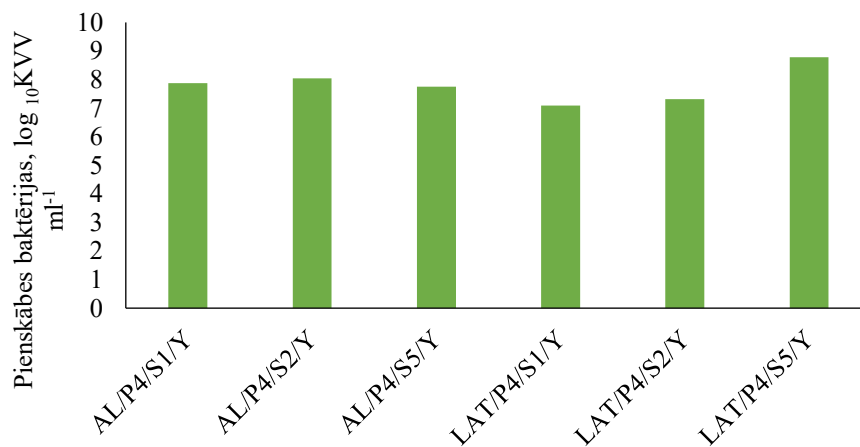
Analizējot šķīstošās sausas saturu var novērot, ka paraugos ar lielāku pētījumā izmantoto saharozes saturu bija ievērojami augstāks šķīstošās sausas saturu. Vērtējot šķīstošās sausas saturu

un pH, var spriest, ka izvēlētais ieraugs - YoFlex ir piemērots jogurta alternatīvas ražošanai, iegūtā pH vērtība bija robežās no 4.0 līdz 4.5.



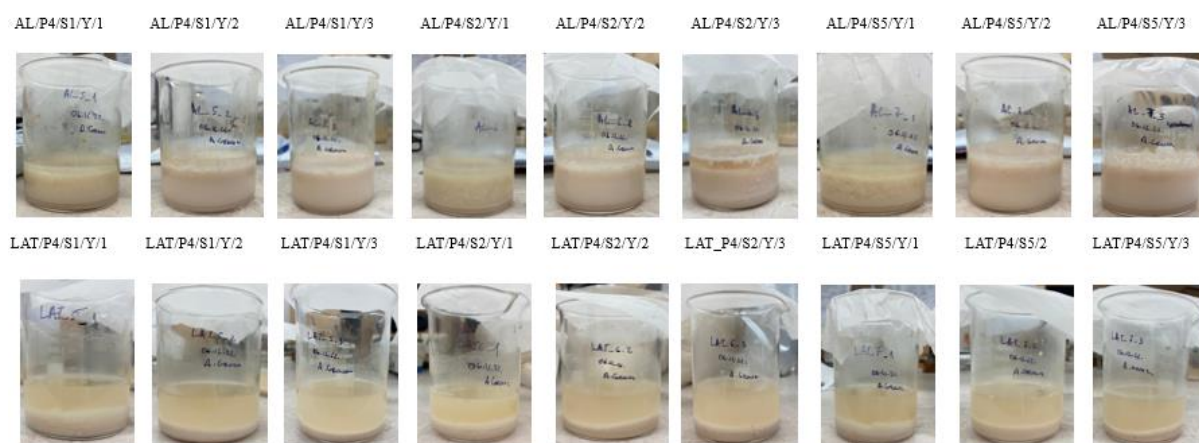
32. att. Šķīstošās sausnas saturs paraugiem ar mainīgu saharozes saturu. Vērtības ar dažādiem burtiem norāda uz statistiski nozīmīgām atšķirībām ($p < 0.05$).

Iegūtie rezultāti norāda, ka zirņu dzērienā notiek pienskābes baktēriju attīstība un izstrādātais uz pākšaugu bāzes dzēriens ir piemērots substrāts to attīstībai. Vērtējot mikroorganismu skaitu jogurta alternatīvās būtiska atšķirība ($p > 0.05$) nav novērojama. Saharozes saturam nav būtiskas ietekmes uz mikroorganismu attīstību, pat zemākā saharozes koncentrācija ir pietiekama, lai nodrošinātu veiksmīgu rūgšanas procesu. 2. pētījuma posmā mainot saharozes saturu paraugos nav novērojama statistiska atšķirība starp izvēlēto proteīna avotu - koncentrātu vai izolātu.



33. att. Pienskābes baktēriju skaits 2.posmā analizētajos paraugos lg kvv 1mL⁻¹.

Otrajā pētījuma posmā iegūtie paraugi tika novērtēti organoleptiski, to vizuālais izskats apkopots 34. attēlā. Var novērot, ka visi paraugi ir noslāņojušies. Tāpēc bija jāmeklē risinājumi šī defekta novēršanai, piemēram, stabilizētāju izmantošana. Atsevišķos paraugos ir novērojamas olbaltumvielu pārsļas, kas varētu norādīt uz to, ka raudzēšanas process ir pārsniegts.



34. att. Otrajā pētījuma posmā iegūto paraugu vizuālā izskata novērtējums.

Piemērotākā ierauga izvēle dzēriena ražošanai

Otrajā pētījuma posmā tika izvēlēts optimālais olbaltumvielu saturs – 4 g uz 100 g (skat. 33. tab.). Turpmāk tika pieņemts lēmums izmantot VEGE033 ieraugu. Lai novērtētu saharozes satura ietekmi uz ierauga darbību, izlemts variēt ar to proporciju paraugos. Pagatavotajiem paraugiem tika vērtētas pH izmaiņas un šķīstošās sausas saturu sākotnēji un pēc raudzēšanas (24 h).

33.tabula

Otrajā pētījuma posmā analizēto paraugu ar VEGE033 ieraugu raksturojums, 100 g⁻¹

Apzīmējums	Dzelteno zirņu proteīna avots	Proteīna saturs, g 100 g ⁻¹	Saharozes saturs, g 100 g ⁻¹	Ierauga veids un saturs, U
AL/P4/S1/V	koncentrāts	4	1	VEGE 0.56, 1.12
AL/P4/S2/V			2	
AL/P4/S5/V			5	
LAT/P4/S1/V	izolāts		1	
LAT/P4/S1/V			2	
LAT/P4/S5/V			5	

Analizējot paraugu pH izmaiņas (skat. 34. tab.) var novērot, ka pastāv būtiskas atšķirības ($p < 0.05$), paraugiem ar proteīna izolātu ir konstatēta augstāka pH vērtība gan pirms, gan pēc raudzēšanas. Tas ir saistīts ar barības vielu pieejamību pienskābes baktērijām.

34.tabula

pH izmaiņas paraugos ar VEGE033 ieraugu

Paraugs	pH $\pm$ SN, 0 h	pH $\pm$ SN, 24 h
AL/P4/S1/V	6.270 $\pm$ 0.006	4.19 $\pm$ 0.00
AL/P4/S2/V	6.240 $\pm$ 0.026	4.18 $\pm$ 0.02
AL/P4/S5/V	6.260 $\pm$ 0.023	4.17 $\pm$ 0.04
LAT/P4/S1/V	6.580 $\pm$ 0.200	4.42 $\pm$ 0.02
LAT/P4/S1/V	6.547 $\pm$ 0.012	4.42 $\pm$ 0.02
LAT/P4/S5/V	6.530 $\pm$ 0.010	4.44 $\pm$ 0.01

Izvērtējot paraugus organoleptiski (skat 35. att.), var novērot, ka vizuāli pievilcīgāki ir paraugi, kas gatavoti no zirņu proteīna izolāta, jo tie mazāk noslāņojas un tiem ir pievilcīgāka krāsa nekā paraugiem ar zirņu proteīna koncentrātu. Izvērtējot garšu, jāmin, ka paraugi ar zirņu proteīna

koncentrātu ir ievērojami rūgtāki nekā paraugi ar zirņu proteīna izolātu, kas ir izskaidrojams ar to, ka izejviela ir tīrāka, bez šķiedrvielām, pelnvielām un ogļhidrātiem, kas arī var veidot rūgtu garšu.



AL/K/P4/S1/V



LAT/K/P4/S1/V



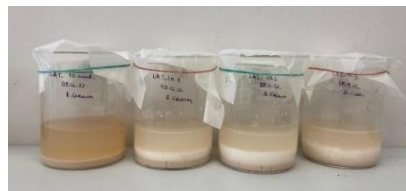
AL/K/P4/S2/V



LAT/K/AL/P4/S2/V



AL/9/K/P4/S5/V



LAT/9/K/P4/S5/V

35. att. Trešajā pētījuma posmā iegūto paraugu vizuālā izskata novērtējums.

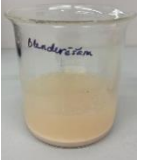
Jogurta alternatīvas struktūras stabilizācija

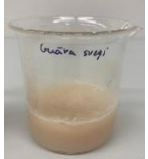
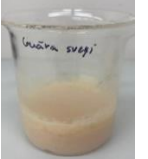
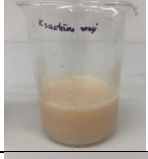
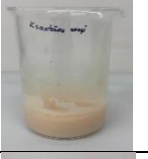
Pēc pētījuma trešā posma rezultātiem tika noskaidrots vēlamais sastāvdaļu saturs: saharoze (2 g), dzelteno zirņu proteīna izolāts (4 g) uz 100 ml ūdens, ieraugs VEGE, raudzēšanas laiks 18 ± 1 h. Lai iegūtu kvalitatīvu produktu, uzlabotu produkta struktūru un nodrošinātu tā fizikālo stabilitāti, turpmākā pētījumu posmā bija nepieciešams izvēlēties piemērotākās pārtikas piedevas.

Tāpēc tika izvēlētas dažāda veida pārtikas piedevas – pektīns, guāra sveķi, ksantāna sveķi un kartupeļu ciete. Izmantoto stabilizētāju saturs tika izvēlēts saskaņā ar iepriekšējiem pētījumiem un doto piedevu specifikāciju. Turpmākie paraugi tikai izvērtēti tikai organoleptiski (skat. 35. tab.). Salīdzināšanai papildus analizēti paraugi, kuri tikai maisīti vai homogenizēti ar blendera palīdzību.

35.tabula

Pārtikas piedevu izmantošana alternatīva jogurta struktūras nodrošināšanā

Metode/Pārtikas piedeva	Laiks		Novērojums
	0 h	24 h	
Maisīšana			Var novērot nogulsnes gan tikko pēc pagatavošanas, gan pēc raudzēšanas.
Blendēšana			Var novērot nogulsnes gan tikko pēc pagatavošanas, gan pēc raudzēšanas, kā arī parādījušās “plaisas” nogulsnēs.

Pektīns "NH Fruit"			Var novērot izteiktu nogulsnešanos gan pēc pagatavošanas, gan raudzēšanas. Var novērot, ka viens slānis ir dzidrāks, tajā ir pārslveida daļiņas.
Guāra sveķi			Pirms raudzēšanas izskatās pēc viendabīga šķīduma, taču pēc raudzēšanas var novērot noslāņošanās.
Ksantāna sveķi			Gan pirms, gan pēc raudzēšanas nav no vērojamas nogulsnes, vai noslāņošanās.
Kartupeļu ciete			Novērojamas nogulsnes gan pirms, gan pēc raudzēšanas, taču kopumā produkts ir viendabīgs.

Vērtējot 35. tabulas datus, kā pārtikas piedevu jogurta alternatīvai turpmākiem pētījumiem tika izvirzīts analizēt ksantāna sveķus un kartupeļu cieti. Guāra sveķi spēj šķērssaistīties ar karboksil (-COOH) un hidroksil (-OH) grupām, lai izveidotu stabilu šķērssaistītu hidroģēlu, kam ir augsta ūdens saistīšanas spēja (Mudgil et al., 2014).

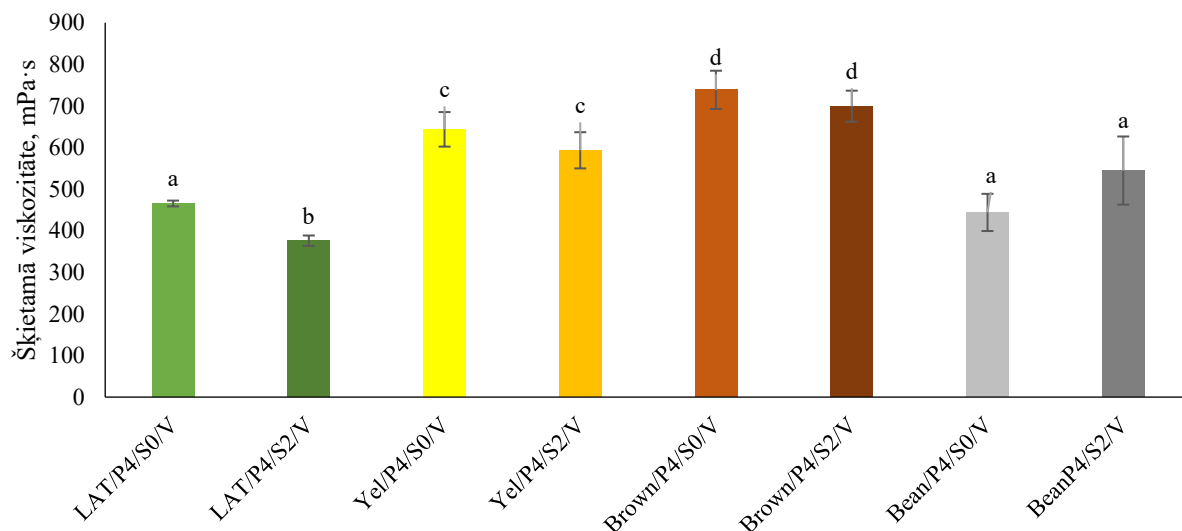
Lai pārbaudītu vai ksantāna sveķi nodrošinās vēlamās produkta fizikālās īpašības, mainot proteīna avotu, tika papildus izmēģināti trīs proteīna koncentrāti - Dzeltēno zirņu – YEL, Brūno zirņu - BROWN, Lauka pupas – Bean, kā arī LAT (dzeltēno zirņu proteīna izolāts). Turklāt tika analizēta saharozes satura ietekme uz produkta struktūras veidošanos un stabilitāti. Papildu sagatavoti kontroles paraugi bez pievienota ierauga. Dati par sausnas saturu un pH izmaiņām apkopoti 36. tabulā.

36.tabula

pH un sausnas satura izmaiņas paraugiem ar dažādām pārtikas piedevām

Paraugs	pH± SN, 0 h	pH ± SN, 16 h	sausna ± SN, °Bx, 0 h	sausna ± SN, °Bx, 16 h
LAT/P4/S0/K/V	6.82±0.01 ^a	6.76±0.01 ^b	1.43±0.06 ^a	1.70±0.01 ^c
LAT/P4/S0/V	6.80±0.02 ^a	6.02±0.15 ^e	1.90±0.17 ^b	1.43±0.06 ^a
LAT/P4/S2/K/V	6.78±0.01 ^b	5.25±0.01 ^f	3.40±0.01 ^{i,j}	3.40±0.01 ^{i,j}
LAT/P4/S2/V	6.77±0.01 ^b	4.42±0.02 ^g	3.33±0.15 ⁱ	2.63±0.06 ^f
Yel/10/P4/S/K/V	6.35±0.01 ^c	5.17±0.04 ^h	1.47±0.06 ^a	1.47±0.06 ^a
Yel/10/P4/V	6.29±0.01 ^c	4.36±0.03 ⁱ	1.50±0.17 ^a	1.17±0.29 ^a
Yel/P4/S2/K/V	6.29±0.01 ^c	4.80±0.01 ^j	3.57±0.12 ^k	2.90±0.10 ^g
Yel/P4/S2/V	6.31±0.01 ^c	4.14±0.01 ^k	3.70±0.36 ^l	2.67±0.06 ^f
Brown/P4/S0/K/V	6.35±0.01 ^d	5.44±0.02 ^l	2.43±0.12 ^{e, f}	1.23±0.15 ^d
Brown/P4/S/V	6.32±0.02 ^c	4.92±0.08 ^m	2.23±0.31 ^e	1.07±0.21 ^d
Brown/P4/S2/K/V	6.30±0.01 ^c	5.45±0.01 ^l	4.03±0.15 ^m	2.63±0.06 ^f
Brown/P4/S2/V	6.31±0.01 ^c	4.23±0.01 ⁿ	4.13±0.06 ^{m, n}	2.43±0.12 ^{e, f}
Bean/P4/S0/K/V	6.32±0.01 ^c	5.17±0.02 ^h	3.17±0.12 ^h	2.03±0.06 ^e
Bean/P4/S0/V	6.32±0.01 ^c	4.58±0.05 ^o	2.40±0.17 ^f	1.67±0.15 ^c
Bean/P4/S2/K/V	6.35±0.01 ^c	5.02±0.01 ^p	4.03±0.12 ^m	2.63±0.06 ^f
Bean/P4/S2/V	6.31±0.01 ^c	4.23±0.06 ⁿ	4.13±0.06 ^{m, n}	2.43±0.12 ^{e, f}
*Vērtības ar dažādiem burtiem norāda uz statistiski nozīmīgām atšķirībām (p < 0.05).				

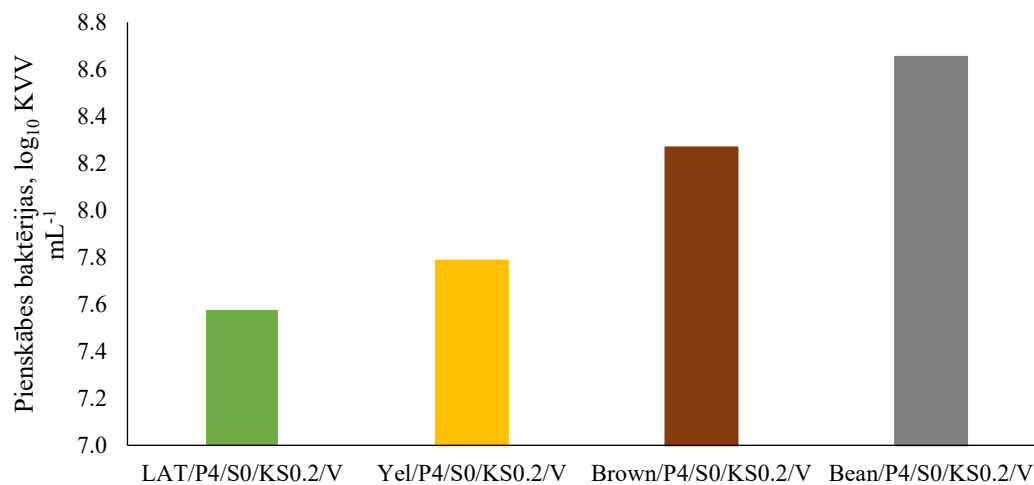
No iegūtajiem rezultātiem var secināt, ka saharozes saturam ir ietekme uz rūgšanas procesu, paraugos ar saharozi ir labvēlīga vide pienskābes baktēriju attīstībai. Šķīstošās sausas satur samazinās visos paraugos pēc raudzēšanas. Analizējot paraugus savstarpēji, var novērot, ka paraugiem, kas satur proteīna koncentrātus, ir augstāks šķīstošās sausas saturs.



36. att. Šķietamā viskozitāte paraugiem ar ksantāna sveķiem.

Paraugiem tika noteikta šķietamā viskozitāte (skat. 36. att.). Kā var redzēt, starp paraugiem ir statistiski nozīmīgas atšķirības, paraugi bez ierauga ir viskozāki. To var skaidrot ar to, ka raudzēšanas laikā producētie enzīmi spēj hidrolizēt olbaltumvielas (Harper et al., 2022). Līdzīgs process proteolīzei ir cietes degradācija, fermentācijas laikā radušies enzīmi sadala cieti, kas arī samazina produkta viskozitāti. Visbeidzot raudzēšanas laikā rodas organiskās skābes, kas var ietekmēt viskozitāti (Harper et al., 2022).

Paraugiem tika analizēts pienskābes baktēriju skaits (skat. 37. att.). Ir novērojams, ka pienskābes baktēriju skaits ir augstāks paraugiem ar lauka pupām, savukārt zemākie rādītāji ir paraugiem ar proteīna izolātu, ko varētu skaidrot ar ķīmiskā sastāva atšķirībām starp proteīna izolātu un koncentrātu.

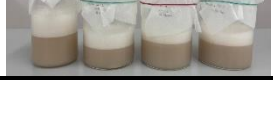


37.att. Pienskābes baktēriju skaits, log₁₀KVV mL⁻¹ paraugos ar dažādiem proteīna koncentrāta un izolāta veidiem.

Turpinot analizēt paraugus, var novērot, ka proteīna avots ietekmē jogurta alternatīvas organoleptiskās īpašības (skat. 37. tab.).

37.tabula

Paraugu organoleptiskās īpašības (Paraugi no kreisās – kontrole, 1., 2., 3. atkārtojums)

Paraugs	Laiks		Novērojums
	Pirms	Pēc	
LAT/P4/S0/V			Pirms fermentācijas iegūts viendabīgs struktūras šķīdums, kas saglabā struktūru arī pēc fermentācijas. Garša patīkama – nedaudz plūmju garša, bet varētu būt saldāks. Rūgtumu nejūt.
LAT/P4/S0/V			Pirms fermentācijas iegūts viendabīgs struktūras šķīdums, kas saglabā struktūru arī pēc fermentācijas. Maiga augļu garša.
Yel/P4/SV			Novērojama ūdens fāzes atdalīšanās no kopējā šķīduma. Jūtams rūgtums.
Yel/P4/SV			Viendabīgs šķīdums pirms rūgšanas, taču pēc rūgšanas novērojama ūdens fāzes sadalīšanās. Jūtama rūgta garša.
Brown/P4/S0/V			Iespējams iegūt viendabīgu šķīdumu gan pirms, gan pēc fermentācijas. Rūgta garša.
Brown/P4/S0/V			Var novērot nogulsnešanos pēc pagatavošanas, gan raudzēšanas. Rūgta garša.
Bean/P4/S0/V			Viendabīga konsistence pagatavojot, var novērot, ka ūdens fāze nedaudz atdalās pēc raudzēšanas. Patīkama maiga garša.
Bean/P4/S2/V			Viendabīga konsistence pagatavojot, var novērot, ka ūdens fāze nedaudz atdalās pēc raudzēšanas. Patīkama maiga garša.

Zinot, ka kartupeļu cieti nereti izmanto līdzīgu produktu pagatavošanā, tika izvērtēta arī kartupeļu ciete. Izvēlēts izvērtēt sekojošu sastāvu – 4.0 g (proteīna izolāta), 2 g saharozes, ieraugs VEGE033 1.12 U uz 100 mL ūdens. Šī pētījuma posma galvenais mērķis bija noteikt nogulšņu apjomu. Iegūtie šķīduma apjoma rezultāti attēloti 38. tabulā.

38.tabula

Nogulšņu apjoms paraugiem ar kartupeļu cieti

Paraugs	Nogulšņu apjoms ± SN, %
LAT/P4/S2/C1/V	9.5±0.7 ^a
Yel/P4/S2/C1/V	31±1.4 ^b
Brown/P4/S2/C1/V	1±0.7 ^c
BeanP4/S/C1/V	6.0±2.8 ^d
LAT/P4/S2/C1.5/V	5.0±1.4 ^d
Yel/P4/S2/C1.5/V	29.0±1.4 ^e
Brown/P4/S2/C1.5/V	12.5±0.7 ^f
Bean/P4/S2/C1.5/V	11.0±1.4 ^f

LAT/P4/S2/C2/V	5.5±0.7^g
Yel/Lat/P4/S2/C2/V	16±1.4^h
Brown/Lat/P4/S2/C2/V	5±0.1^d
Bean/Lat/P4/S2/C2/V	7.5±0.7^{d,h}
*Treknrakstā norādīti rezultāti, kur pievienota ciete 2 g, kas izvēlēts turpmākajiem pētījumiem. Vērtības ar dažādiem burtiem norāda uz statistiski nozīmīgām atšķirībām ($p < 0.05$).	

No iegūtajiem rezultātiem var secināt, ka visaugstākais nogulšņu apjoms ir paraugiem, kuriem ir lielākais pievienotās kartupeļu cietes saturs. Var novērot, ka no visiem paraugiem izceļas paraugi ar dzelteno zirņu proteīna koncentrātu (Yel_Px,Sx,Cx), kas norāda uz to, ka proteīna koncentrāts slikti šķīst ūdenī. Analizējot tieši pievienotā kartupeļu cietes satura ietekmi, var secināt, ka optimālā koncentrācija ir 2%, tāpēc, ka šie paraugi ir vismazāk noslāņojušies vizuāli. Pie augstākā cietes satura ciete var veidot agregātus un nogulsneties (Xu et al., 2021).

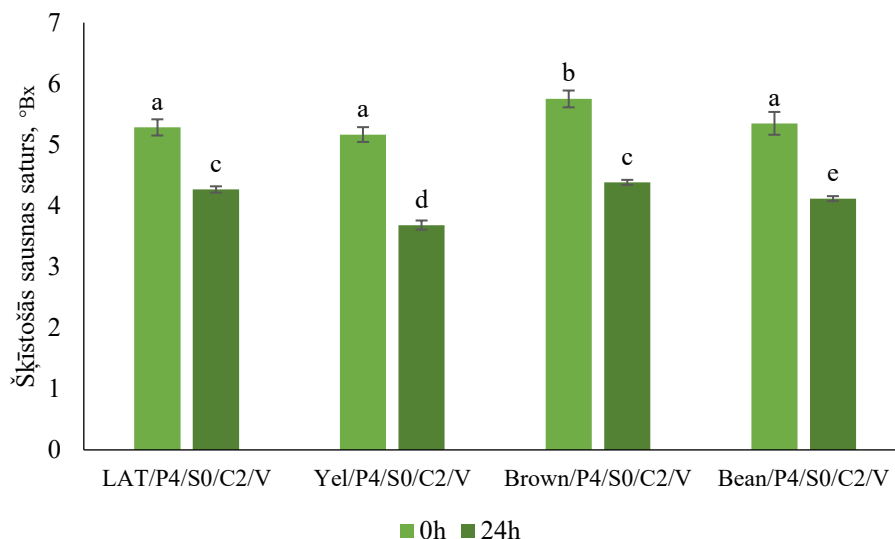
Turpmāko pētījumu ietvaros bija nepieciešams noskaidrot, kurš no piedāvātajiem proteīna koncentrātiem/izolātiem spēs nodrošināt vēlamo produkta konsistenci un oranoleptiskās īpašības.

Jogurta alternatīvas kvalitātes izvērtējums

Iepriekšējos pētījuma posmos tika noskaidrota jogurta alternatīvas receptūra, kā labākais tika atzīts sekojošais sastāvs: proteīns - 4 g, saharoze - 2 g, VEGE ieraugs – 1.12 U, raudzēšanas laiks – 16±2 h, kartupeļu ciete 2 g 100 g produktā. Paraugi homogenizēti pirms pasterizācijas, lai iegūtu viendabīgu, homogēnu struktūru.

Iegūtajai jogurta alternatīvai izvērtēti šādi kontroles parametri: pH, šķīstošās sausas saturs, mikroorganismu kopskaits, viskozitāte un oranoleptiskās īpašības. Zemākās pH vērtības tika noteiktas paraugiem ar proteīna koncentrātiem, to var skaidrot ar to, ka koncentrāts satur ogļhidrātus, šķiedrvielas un lipīdus, kā arī proteīna koncentrāts tā izstrādes laikā tiek mazāk pakļauts apstrādei, līdz ar to aminoskābes ir pieejamākas baktērijām (Morr & Ha, 1993).

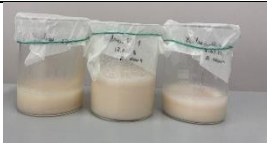
Analizējot šķīstošās sausas saturu 38. attēlā, var redzēt, ka sausas saturs pirms un pēc fermentācijas ievērojami ($p < 0.05$) atšķiras visiem pagatavotajiem paraugiem. Raudzēšanas laikā saharoze tiek pārveidota par pienskābi. Statistiski vērā ņemamas atšķirības pastāv gan pirms, gan pēc fermentācijas, kā arī kopumā starp dažādiem paraugu veidiem.



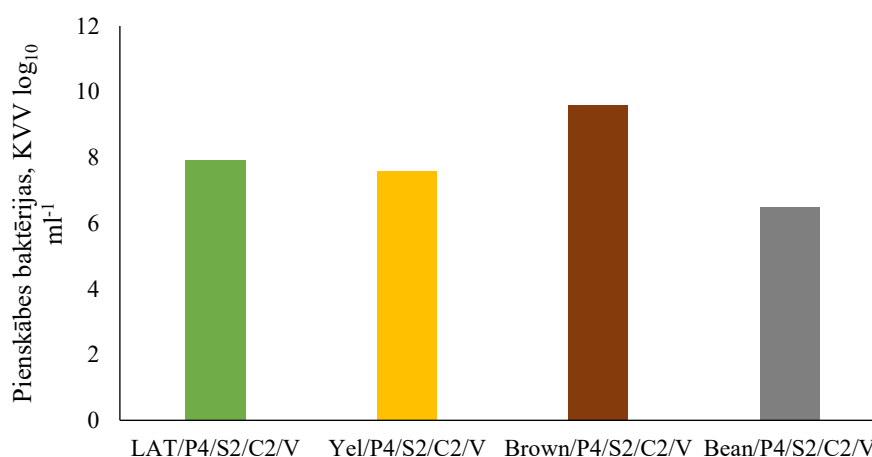
38. att. Šķīstošās sausas satura izmaiņas alternatīvajam jogurtam. Vērtības ar dažādiem burtiem norāda uz statistiski nozīmīgām atšķirībām ($p < 0.05$).

Iegūtajiem paraugiem tika noteikta plūstamība, kā arī mehāniskā struktūras noturība. Vērtējot paraugus organoleptiski (skat. 39. tab.) var secināt, ka visiem paraugiem ir viendabīga struktūra un novērojama minimāla noslāņošanās. Ir jūtama sīva garša, kas ir intensīvākā paraugam, kas satur dzelteno zirņu koncentrātu (Yel). Patīkamais paraugs pēc garšas un smaržas ir paraugs ar proteīna izolātu (LAT).

39.tabula

Jogurta alternatīvu organoleptiskās īpašības			
Paraugs	Laiks		Novērojums
	Pirms	Pēc	
Lat/P4/S2/C2/			Pirms fermentācijas viendabīgas struktūras šķīdums, kas saglabā struktūru arī pēc fermentācijas. Patīkama augļu garša, struktūras ziņā valgs.
Yel /P4/S2/C2/			Viendabīgs šķīdums pirms un pēc fermentācijas, jūtama izteikti rūgta garša un sīvums.
Brown/P4/S2/C2/			Viendabīgs šķīdums pirms un pēc fermentācijas. Rūgta, sīva garša.
Bean/P4/S2/C2/			Pēc raudzēšanas novērojama neliela ūdens fāzes atdalīšanās. Neliela rūgtuma piegarša. Neatbilstoša krāsa.

Pagatavotajiem paraugiem noteikts **pienskābes baktēriju KVV skaits** (skatīt 39. att.).

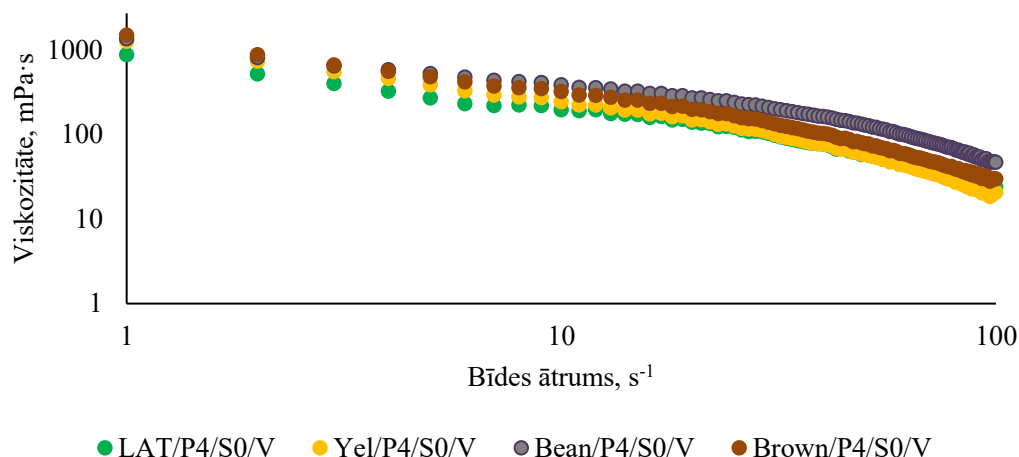


39. att. Pienkābes baktēriju skaits KVV log₁₀ mL⁻¹ jogurta alternatīvās. Vērtības ar dažādiem burtiem norāda uz statistiski nozīmīgām atšķirībām ($p < 0.05$).

Vērtējot proteīna avota ietekmi uz pienskābes baktēriju attīstību var izcelt Yellow un Brown paraugus - tika sasniegtas zemākās pH vērtības, savukārt lielāks baktēriju skaits bija vērojams Brown paraugiem, ko var skaidrot ar vēlamāko aminoskābju profilu. Līdzīgi pētījuma rezultāti bija

iegūti, pētot sojas pupiņu piena alternatīvas fermentāciju, kur tika iegūts pienskābes baktēriju skaits $1.98 \cdot 10^8$ KVV mL⁻¹ (Yi et al., 2020).

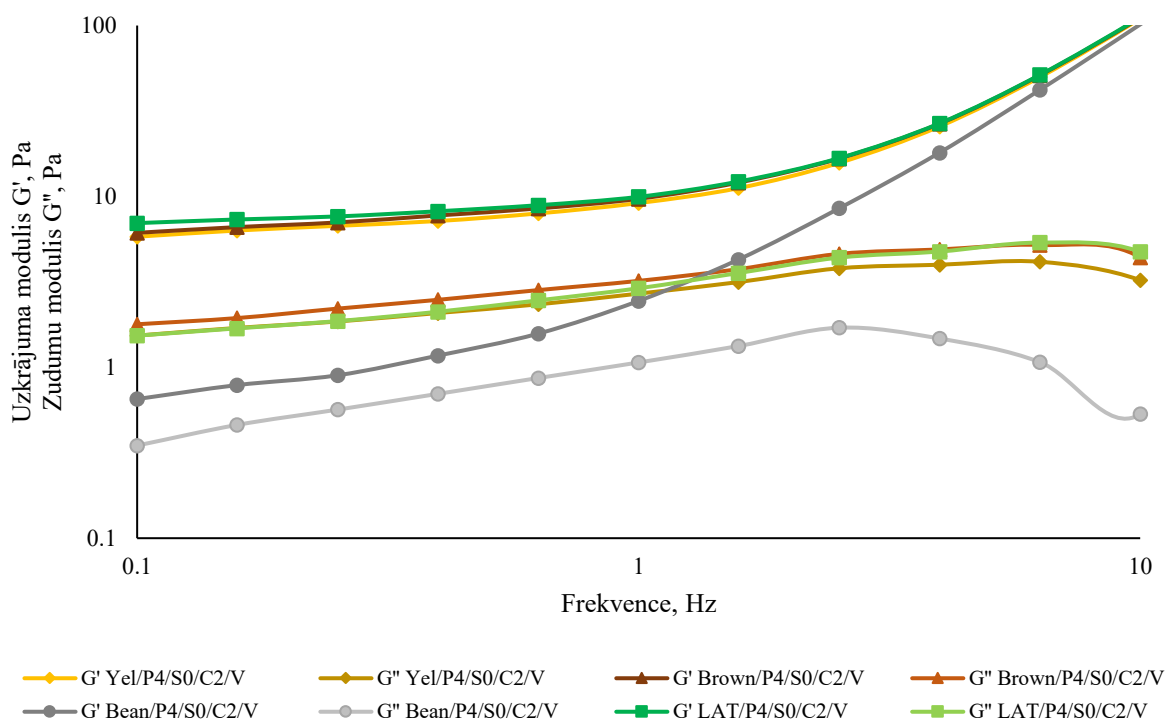
Iegūtajiem jogurta alternatīvas paraugiem tika noteikta **viskozitāte** (40. att.). Mainot bīdes ātrumu, var novērot viskozitātes izmaiņas. Tas ir skaidrojams ar to, ka, pieaugot bīdes ātrumam, starpmolekulārie spēki struktūrā samazinās, līdz ar to viskozitāte samazinās (Behnia et al., 2013).



40. att. Viskozitāte paraugiem ar pievienotu cieti.

Plūstamība ir svarīgs jogurta kvalitātes rādītājs, jo norāda uz struktūras izmaiņām produktu maisīšanas rezultātā. Pētījumā pagatavotajiem paraugiem viskozitāte samazinās, līdz ar to plūstamība pieaug, jo starpmolekulārie spēki sistēmā nav tik spēcīgi saistīti, lai noturētu sistēmu pie noteikta bīdes ātruma.

Paraugiem tika analizēti uzkrājuma un zudumu modulis (41. att.). Pēc iegūtajiem datiem, var secināt, ka paraugam ar lauka pupu proteīna koncentrātu (Bean), visvairāk tiks novērota noslāņošanās, jo pie mazas frekvences uzkrājuma moduļa vērtība ir tuva zudumu moduļa vērtībai. Savukārt pārējie paraugi ir stabilāki.



41. att. Reoloģisko īpašību analīze paraugiem ar pievienotu cieti.

Tika noteikts arī **histerēzes laukums un tecēšanas punkts**, kā arī viskozitāte pie bīdes ātruma 10 s^{-1} .

40.tabula

Reoloģiskie rādītāji paraugiem ar pievienotu cieti

Paraugi	Histerēzes laukums, Pa/s	Tecēšanas punkts τ_0 , Pa	Viskozitāte pie 10 s^{-1} , mPa·s
LAT/P4/S0/V	182.87	0.26	197.10
Yel/P4/S0/V	155.49	0.78	244.61
Bean/P4/S0/V	20.15	0.18	389.00
Brown/P4/S0/V	224.61	0.76	322.20

No iegūtajiem datiem varam secināt kādas ir parauga viskoelastības īpašības. Varam redzēt, ka izceļas paraugs ar lauka pupu proteīna koncentrātu (Bean). Tas ir mazāk stabils un ir plūstošāks, tam ir arī lielākais histerēzes laukums, kas norāda uz to, ka maisīšanas rezultātā izjauktā produkta struktūra neatjaunojas.

SECINĀJUMI

1. Izstrādāta optimāla jogurta alternatīvas receptūra: proteīna saturs – 4 g, saharozes saturs – 2 g uz 100 mL ūdens.
2. Raudzēšanas procesa nodrošināšanai ir piemēroti VEGE033 un YoFlex Acidifix ieraugi.
3. Par labāko olbaltumvielas avotu jogurta alternatīvas ražošanai tika atzīts zirņu proteīna izolāts.
4. Jogurta alternatīvas stabilizācijai par labāko atzīta kartupeļu ciete – 2 g 100 g⁻¹.

3.3.4. Siera alternatīvas ražošana un kvalitātes izvērtējums

PAMATOJUMS

Siera alternatīvu ražošanā visbiežāk izmanto soju, taču tai ir nepilnīgas organoleptiskās īpašības – tā neatspoguļo siera garšu, aromātu, kušanas spēju un citas īpašības. Viens no iespējamiem sojas ierobežojumiem ir bažas par augsto estrogēnu līmeni un to, ka tā ir izplatīts pārtikas alergēns (Short et al., 2021).

Pētniekiem, kas ir strādājuši ar augu valsts izcelsmes olbaltumvielām, ir izdevies izstrādāt fermentējamu substrātu no dzeltenajiem zirņiem ar sieram līdzīgu konsistenci. Lai iegūtu sieram līdzīgu konsistenci, ražotāji siera alternatīvas receptūrās izmanto lielu tauku daudzumu, piemēram, kokosriekstu eļļu. Tradicionālais siers iegūst vēlamu konsistenci, pateicoties olbaltumvielām, kas fermentācijas procesā veida recekli, kas ir Čedara, Mocarellas, Kamambēra un Brie siera garšas pamatā. Pētnieki izmanto dažādās koncentrācijās zirņu proteīnus, olīveļļu un pienskābes baktērijas, lai noteiktu optimālo to daudzumu un fermentācijas laiku, kad veidojas gēlveidīga masa. Olīveļļas pievienošana (10%) ir optimāla, lai nodrošinātu piemērotu tauku saturu, neizjaucot olbaltumvielu saites, kas veido elastīgu siera struktūru (Cheese from peas...).

41.tabula

Siera un to alternatīvu uzturvērtība 100 g produkta

Produkts	Enerģētiskā vērtība, kcal	Rādītājs						
		Tauki, g	t.sk. piesātinātās taukskābes, g	Ogļhidrāti, g	Olbaltumvielas, g	Šķiedrvielas, g	Sāls, g	Citas
<i>Cheddar</i>	408	34	19	2.4	23	0	0.65	Kalcijs 0.71 g, A vitamīns 316 µg, B12 vitamīns 1.1 µg
<i>Mozzarella</i>	298	20	12	4.4	24	0	0.7	Kalcijs 0.69 g, A vitamīns 203 µg, B12 vitamīns 1.7 µg
<i>Krēmsiers "Philadelphia"</i>	225	21	14	4.3	5.4	0.2	0.75	Avitamīns 100 µg
<i>Siers Mascarpone</i>	412	41.5	28.5	4.8	4.8	0	0.11	Kalcijs 0.20 g, A vitamīns 80 µg
<i>"Daiya" Medium cheddar style block</i>	286	21	16	25	4	0	0.82	Kalcijs 0.48 g
<i>"Follow your heart" dairy-free mozzarella</i>	286	29	5	7	4	4	0.34	-
<i>"Violife" Just like feta block</i>	321	29	25	11	0	0	0.68	B12 vitamīns 30% no ieteicamās dienas devas
<i>"Violife" Just like cream cheese original</i>	233	23	20	7	0	0	0.47	B12 vitamīns 30% no ieteicamās dienas devas
<i>"The fraumagerie" Botanic true blue</i>	440	36	4	12	16	4	0.26	Kalcijs 4% no ieteicamās dienas devas

Uzturvērtības četriem sieru un krēmsieru veidiem (Čedars, Mocarella, Philadelphia un Mascarpone) un piecām dažādām augu izcelsmes siera alternatīvām ir apkopotas 41. tabulā. No minētajiem produktiem vislielākais olbaltumvielu saturs ir Mocarellas sieram, salīdzinoši augsts olbaltumvielu saturs ($16 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$) ir siera alternatīvai, kas gatavota no Indijas riekstiem, bet siera alternatīvas Feta un krēmsiers, kas gatavoti no kokosriekstu eļļas nesatur olbaltumvielas. Divas no minētajām siera alternatīvām satur šķiedrvielas – $4 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$.

Siera alternatīvas ražošanas tehnoloģijas. Lai ražotu fermentētu sieru uz augu valsts izejvielu bāzes, ir jāizprot izvēlēto izejvielu savstarpējā mijiedarbība un konsistences īpašības izejvielām pirms fermentācijas. Augu valsts izcelsmes izejvielu apstrāde (termiska, ķīmiska, mikrobioloģiska) ietekmē olbaltumvielu fizikāli ķīmiskās īpašības un nosaka to spēju veidot gēlu un līdzīgas struktūras. Turklāt arī eļļas pievienošana ietekmē struktūras veidošanos un līdz ar to arī gēla noturību. Pamatojoties uz rezultātiem, optimālu zirņu proteīna matricu var iegūt ar 10% proteīna un 10% olīveļļas saturu, nepasliktinot gēla fizikālās īpašības (Masiá et al., 2022).

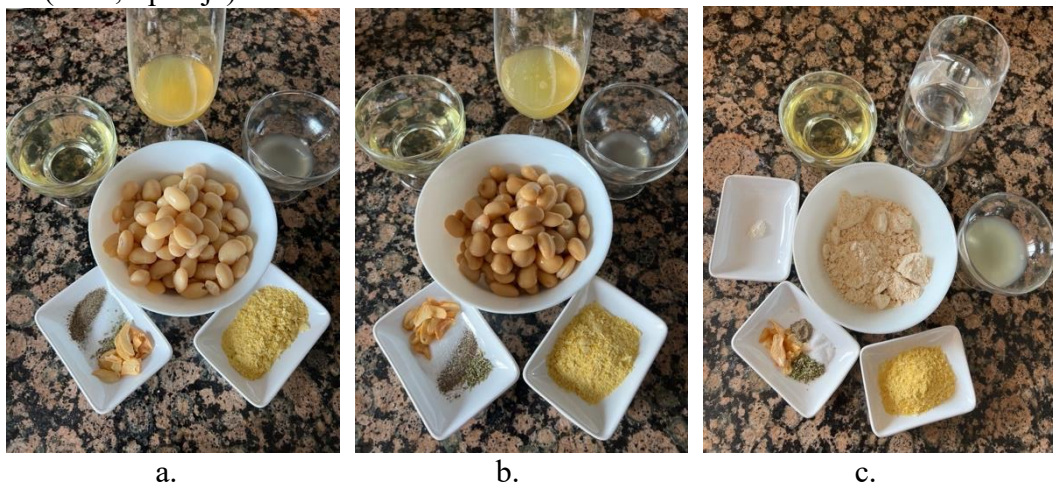
Siera alternatīvas ražošanai ir nepieciešama specifiska matrica ar augstu olbaltumvielu saturu, kas fermentācijas laikā spēj veidot olbaltumvielu gēlu. Tā kā tauki ir būtiska siera sastāvdaļa, augu izcelsmes siera alternatīvas matricām ir vēlama emulsija "eļļa ūdenī", nevis proteīnu suspensijas bez eļļas. Veidojot šo matricu, jāņem vērā divi galvenie aspekti: stabilitāte un gēla veidošanās spēja.

MATERIĀLI UN METODES

Pākšaugu krēmsiera alternatīvas gatavošanai tika izmantotas lielās baltās pupas (*Vicia faba* L.), kas audzētas Z/S "Zutiņi". "MEGA di cato" konservētas karaliskās pupiņas, kuru izcelsmes valsts norādīta Eiropas Savienība. SIA "ASNS Ingredient" dzelteno zirņu (*Pisum sativum*) proteīna izolāts.

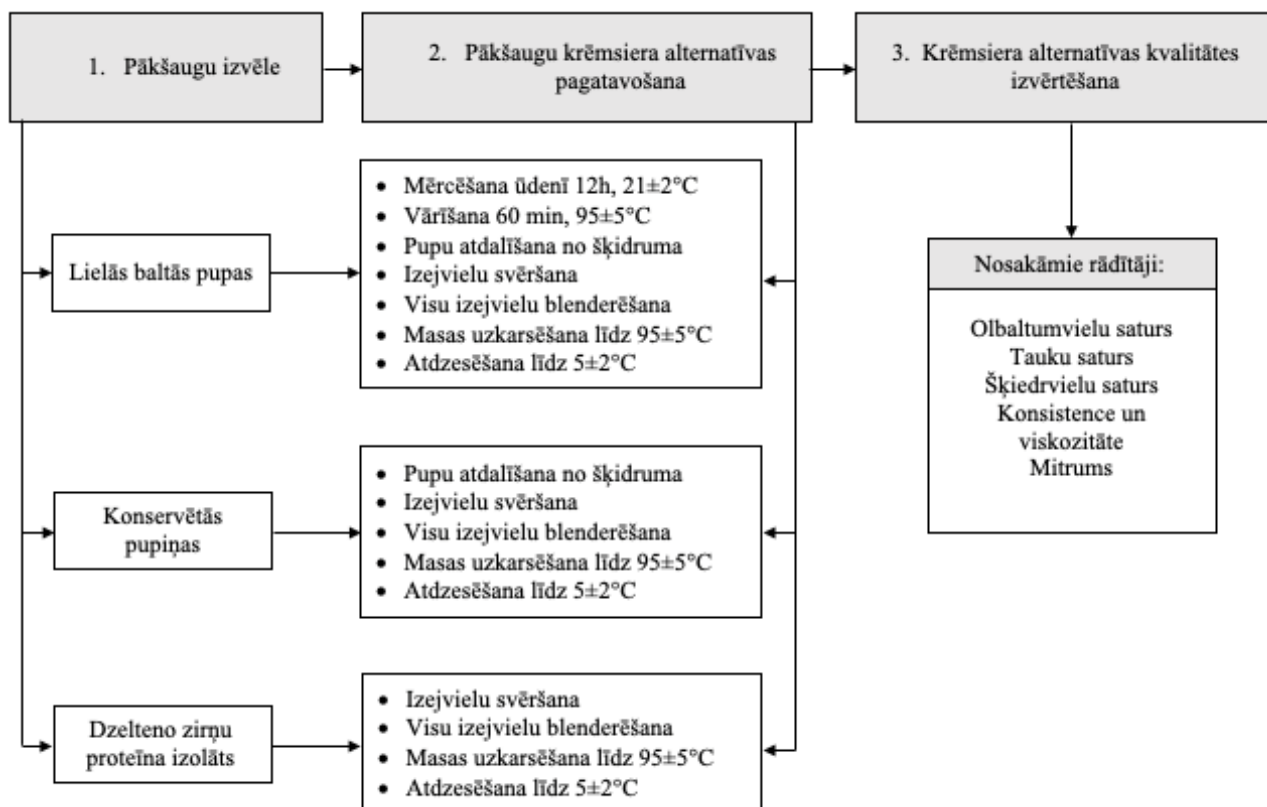
Pārējās sastāvdaļas:

- rapšu eļļa (Floriol, Polija); dzeramais ūdens; konservācijas šķidrums no pupiņām (MEGA di cato, Itālija); citronu sula (B&G Srl – Perugia, Itālija); sāls (SIA LSTK, Dānija); pipari (Santa Maria, Indija); kaltētas ķiploku pārslas (Alvo, Ķīna); oregano (Gemoss, Peru); rauga pārslas (MariGold, Lietuva); ksantāna sveķi E415 (Sosa, Spānija).



42. att. Izmantotās izejvielas krēmsieru alternatīvām: a – pupiņu krēmsieram; b – konservēto pupiņu krēmsieram; c – dzelteno zirņu proteīna izolāta krēmsieram

Pētījuma shēma atspoguļota 43. attēlā.



43. att. Pētījuma shēma.

Krēmsiera alternatīvas gatavošana

Pākšaugu krēmsiera alternatīvas gatavošanai tika izstrādāti trīs dažādi paraugi. Tehnoloģiskais process nedaudz atšķīrās katram paraugam (skat. 43. att.). No pupām gatavotajam produktam, vispirms bija nepieciešams iemērt pupas ūdenī (12 h), pēc tam tās vārīja 60 minūtes $95\pm 5^{\circ}\text{C}$ temperatūrā, tad tika nosvērtas pārējās izejvielas. Kad pupas bija gatavas, tās kopā ar pārējām izejvielām homogenizēja, masa tiek uzkarsēta līdz $95\pm 5^{\circ}\text{C}$ temperatūrai. Gatavo produktu pildīja trauciņā un atdzesēja līdz $5\pm 2^{\circ}\text{C}$ temperatūrai.

Produktam, kas gatavots no konservētām pupiņām, process atšķīrās ar to, ka pupiņas nebija jāmērcē un jāvārā. Savukārt produktam no dzelteno zirņu proteīna izolāta bija nepieciešams tikai sasvērt izejvielas un visu sablenderēt, uzkarsēt un gatavo produktu atdzesēt. Trīs krēmsiera alternatīvu receptūras parādītas 42. tabulā.

42.tabula

Krēmsiera alternatīvas receptūras

Sastāvdaļas	1	2	3
	Proporcija, %		
Vārītas pupiņas	57.58	-	
Konservētas pupiņas	-	64.00	
Dzelteno zirņu proteīna izolāts	-	-	11.68
Ūdens, kurā vārītas pupiņas/ auafaba	26.87	17.33	60.72
Rapšu eļļa	11.52	13.33	21.02
Citronu sula	1.34	1.87	3.27
Rauga pārslas	0.96	1.33	1.17
Sāls	0.78	0.81	0.93
Pipari	0.38	0.53	0.48
Kaltētas ķiploku pārslas	0.38	0.53	0.48
Oregano	0.19	0.27	0.23
Kopā	100	100	0.02

Pētījumā izmantoto metožu raksturojums

Kopējo **tauku** noteikšanai, tika izmantota SoxCap 2047 kombinācijā ar Soctec ekstrakcijas iekārtu.

Konsistences un viskozitātes noteikšana. Lai noteiktu paraugu konsistenci, tika izmantots struktūras analizators ar izkliedes platformu. Analīzei izmantoja TA-2A konusu. Rezultāti tiek apkopoti Texture Exponent 32 programmā. Pēc rezultātiem var noteikt produkta lipīgumu un stingrību.

Lai noteiktu **reoloģiskās īpašības** izmantoja Anton Paar reometru. Konstantu parauga temperatūru ($5.0\pm 0.1^{\circ}\text{C}$) nodrošina Peltjē elements. Atstarpe starp paralēlajām plāksnēm (PP 25) bija 1 mm. Katram paraugam veica 2 atkārtotus mērījumus.

Pirmo noteica vienmērīgas bīdes plūsmu, kas nosaka parauga smērējamību. Iekārta veica mērījumus 75 reizes ik pēc 150 sekundēm, palielinoties bīdes ātrumam no 1 s^{-1} līdz 75 s^{-1} .

Otro noteica dinamisko svārstību jeb oscilāciju. Veica mērījumus 16 reizes ik pēc 320 sekundēm. Visus paraugus mērīja kontroles bīdes sprieguma režīmā ar frekvenci no 100 Hz līdz 0.1 Hz. Izvēlētie parametri ir glabāšanas modulis (G') un zuduma modulis (G''). Ja glabāšanas modulis ir lielāks par zuduma moduli, tad paraugam piemīt viskoelastīgas īpašības.

Mitruma satura noteikšana. Žāvēšanas procesa pātrināšanai, iesvaru sajauc ar smiltīm, tās uzirdina produktu, rada lielāku iztvaikošanas virsmu, novērš nožuvuma kārtiņas rašanos.

Mitruma daudzumu aprēķina pēc formulas:

$$X = \frac{(m_1 - m_2) * 100}{m_1 - m_0}, \% \quad (2.5.)$$

kur: m_1 – sverglāzītes, stikla irbulīša, smilšu un parauga masas pirms žāvēšanas, g;
 m_2 – sverglāzītes, stikla irbulīša, smilšu un parauga masas pēc žāvēšanas, g;
 m_0 – sverglāzītes masa kopā ar smiltīm un stikla irbulīti, g.

REZULTĀTI

Krēmsiera alternatīvas receptūras izstrāde

Produkta izstrādei idejas tika meklētas, izvērtējot tirgū esošo līdzīgo produktu veidus un to pagatavošanai izmantotās sastāvdaļas – humoss, vegāno sieru alternatīvas no zirņiem vai pupām. Tika mēģināts un eksperimentēts ar dažādu izejvielu proporcijām, lai sasniegtu vislabāko produktu garšu, konsistenci un izskatu. Tika veidoti pieci paraugi ar dažādām pievienotajām sastāvdaļām garšas uzlabošanai – ceptiem kaltētiem sīpoliem, kaltētiem ķiplokiem, sarkano papriku, sausiem pētersīļiem, oregano. Visos paraugos tika pievienots sāls un pipari, līdz krēmsiers ieguva vēlamās sensorās īpašības. Katrs paraugs tika organoleptiski novērtēts – lai noteiktu izejvielu piemērotību siera alternatīvas ražošanai.

43.tabula

Krēmsiera alternatīvas receptūras

Sastāvdaļas	Izejvielu proporcijas, %				
	1	2	3	4	5
Vārītas pupas	57.6	57.6	57.6	57.6	57.6
Ūdens, kurā vārītas pupas	26.8	26.9	26.9	26.9	27.0
Rapšu eļļa	11.5	11.5	11.5	11.5	11.6
Citronu sula	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
Rauga pārslas	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Sāls	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Pipari	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Cepti kaltēti sīpoli	0.8	-	-	-	-
Kaltēti ķiploki	-	0.6	-	-	-
Sarkanā paprika	-	-	0.6	-	-
Sausi pētersīļi	-	-	-	0.6	-
Oregano	-	-	-	-	0.2
Kopā	100	100	100	100	100

Vislabākā krēmsiera garša bija produktam ar kaltētiem ķiplokiem, oregano un ceptiem kaltētiem sīpoliem. Paraugs ar kaltētiem ķiplokiem bija ar izteiksmīgāku garšu nekā ar ceptiem kaltētiem sīpoliem. Tāpēc turpmāk darbā nolemts apvienot kaltētos ķiplokus ar oregano piedevu krēmsiera alternatīvas receptūras izstrādē.

Krēmsiera alternatīvas ķīmiskais sastāvs

Nosakot olbaltumvielu saturu analizētajos produktos, visaugstākais olbaltumvielu saturs bija produktos no pupām un konservētām pupiņām, būtiska atšķirība starp paraugiem netika konstatēta, attiecīgi tas veidoja 15.62% un 15.32%. Olbaltumvielu saturs produktā, kas tika pagatavots no izolāta, bija 12.34%, kas bija būtiski mazāks ($p < 0.05$) nekā pārējiem diviem produktiem. Rezultāti skaidrojami ar to, ka krēmsiera alternatīvas pagatavošanai no izolāta izmantoja mazāku olbaltumvielas saturošo produktu proporciju.

Nemot vērā, ka tirgū pieejamie krēmsieri ir gatavoti gan no piena, gan arī citiem olbaltumvielu saturošiem produktiem, vidējais olbaltumvielu saturs tajos ir no 6 līdz 14 g

olbaltumvielu uz 100 g produkta (Ningtyas et. al., 2017, U.S. Department of agriculture, 2019). Tāpēc var secināt, ka visas šī darba ietvaros izstrādātās krēmsiera alternatīvas, ietilpst iepriekšminētajās robežās.

44.tabula

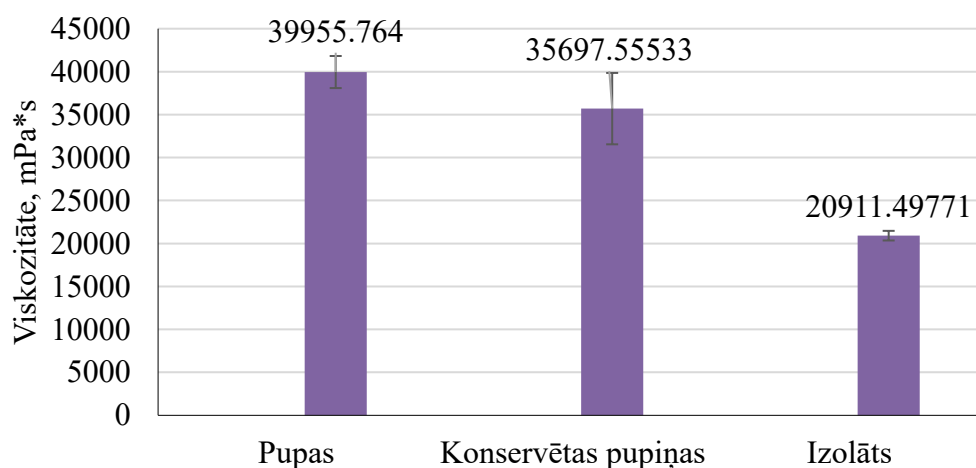
Krēmsiera alternatīvas ķīmiskais sastāvs			
Saturs, g 100 g	Pupiņas	Konservētās pupiņas	Izolāts
Olbaltumvielas	15.6	15.3	12.3
Šķiedrvielas (sausā produktā)	20.3	19.7	26.5
Tauki	12.7	14.3	20.1
Ūdens	20.3	19.7	33.6

Nosakot šķiedrvielu saturu siera alternatīvās, tika konstatēts, ka tas ir lielāks produktam no izolāta. Proteīna izolāts saskaņā ar produkta specifikāciju satur šķiedrvielas, tas ir koncentrēts, tādēļ produktam ir lielāks šķiedrvielu saturs.. Diennaktī ieteicamais šķiedrvielu daudzums ir 30 – 35 g. (SPKC, 2020)

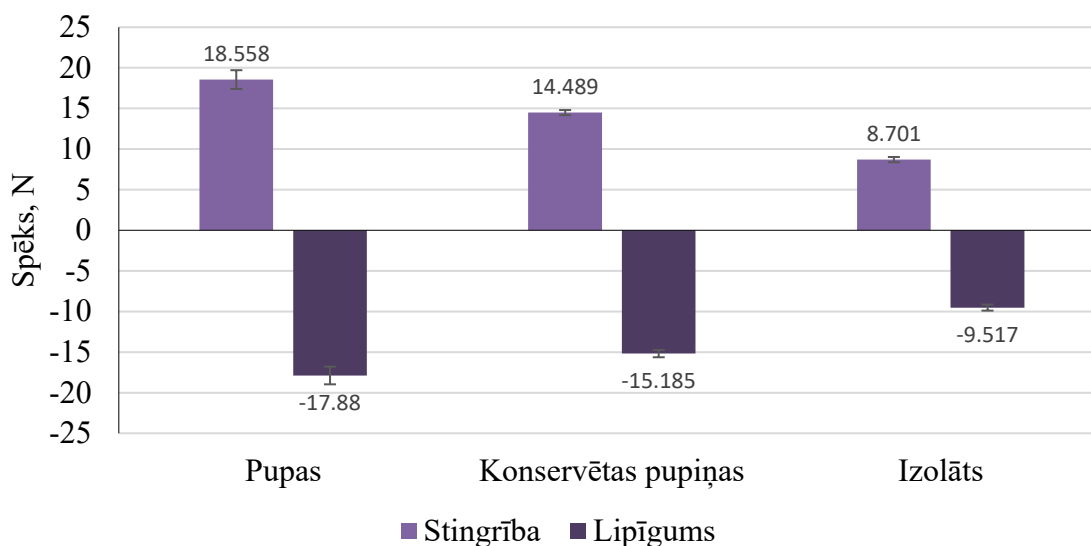
Nosakot tauku saturu, var secināt, ka tauku saturs produktiem būtiski atšķiras ($p < 0.05$). Tas ir izskaidrojams ar eļļas daudzumu produktā, kas tika pievienota gatavošanas procesā. Lielāks eļļas daudzums tika izmantots siera alternatīvas ražošanā no izolāta, kas arī izskaidro lielāku tauku saturu produktā.

Mitruma saturu noteica gatavajam produktam. Būtiski lielāks ($p < 0.05$) mitruma saturs analizētajos produktos tika noteikts produktā, kas tika gatavots no izolāta, kas skaidrojams ar izstrādāto produktu receptūru. Krēmsieros, kas gatavoti no piena, mitruma saturs ir ap 55%.

Krēmsiera kvalitāti raksturo arī reoloģiskās īpašības. Nosakot konsistenci un viskozitāti, var novērot, ka produktu viskozitāte pie lielākiem bīdes ātrumiem praktiski nemainās, bet pie mazākiem ātrumiem mainās. Vismazākā viskozitāte ir produktam no izolāta, bet vislielākā ir produktam no pupām. Tas skaidrojams ar produkta gaisīgu un vieglu struktūru. 44. attēlā var redzēt, ka testa frekvences diapazonā uzglabāšanas modulis (G') vienmēr ir lielāks par zudumu moduli (G''), kas norāda, ka produktam 5 °C temperatūrā piemīt vairāk cietas vielas, nekā šķidrās vielas īpašības.



44.att. Krēmsiera alternatīvu viskozitāte



45.att. Krēmsiera alternatīvu stingrība un lipīgums

Nosakot produktu stingrību un lipīgumu, konstatēts, ka visstingrākais un lipīgākais bija produkts no pupām, bet vismīkstākais, maigākais un vismazāk lipīgais bija produkts, kas gatavots no izolāta (skat. 43.att.). To varētu ietekmēt gan lielāks tauku saturs produktā, gan arī proteīna izolāts, kas ir sasmalcināts (praktiski pulverveidā) ļoti sīku daļiņu veidā, kas neveido produktam smagu un lipīgu konsistenci. Turklāt izolāts vieglāk sajaucas ar pārējām sastāvdaļām un veido viendabīgāku masu.

Latvijā veikalos plauktos var atrast dažādus krēmsierus (gatavotus no piena) un krēmsiera alternatīvas (gatavotas no sojas, riekstiem, pākšaugiem u.c.). Salīdzinot ar tirgū pieejamiem produktiem, pētījuma ietvaros izstrādātās krēmsiera alternatīvas ir vērtīgs produkts, kas gatavotas no vietējas izcelsmes izejvielām - pākšaugiem (pupām vai zirņu izolāta). Izstrādātie produkti ir vērtīgi, jo tiem ir augsts olbaltumvielu saturs, tas ir lielāks nekā līdzīgos produktos un pat krēmsierā, kas pagatavots no piena. Nepieciešams atzīmēt, ka produktu sastāvā ir šķiedrvielas, krēmsieros, kas ir gatavoti no piena, šķiedrvielu nav. Visiem trīs produktiem ir krēmīgas konsistences, patīkams aromāts un jūtama ķiploka garša. Kā arī produktu pamatizejviela ir Latvijā pieejami produkti – pupas gan svaigas, gan konservētas, kā arī dzelteno zirņu proteīna izolātu ražo Latvijā. Darbu turpinot nākotnē, var eksperimentēt ar citām izejvielām, kā zaļajiem, dzeltenajiem vai pelēkajiem zirņiem, citu pākšaugu izolātiem, piedevām un citām garšām.

3.3.5. Fermentētā krēma izstrādē un kvalitātes izvērtējums

MATERIĀLI UN METODES

Pētījumā izmantoto materiālu raksturojums

45.tabula

Izejvielu ķīmiskais sastāvs, 100 g

Ražotājs	Izejvielas	Olbaltumvielas, g	Ogļhidrāti, g	Tauki, g	Šķiedrvielas, g
SIA ALOJA-STAR KELSEN, Latvijas	Pelēko zirņu olbaltumvielu koncentrāts	50.0	20.4	3.8	10.0
SIA ALOJA- STARKELSEN, Latvija	Lauku pupu olbaltumvielu koncentrāts	59.0	12.0	1.7	11.3
SIA ALOJAS- STARKELSEN, Latvijas	Dzelteno zirņu olbaltumvielu koncentrāts	50.0	20.4	3.8	10.0
SIA ALOJAS- STARKELSEN, Latvijas	ALOMIX olbaltumvielas BPYP-D2	49.0	21.0	3.7	10.0

Papildu izejvielas pākšaugu krēma izstrādei: dateļu cukurs (MAYA GOLD TRADING, Nīderlande); kokosriekstu tauki (Koko, Lielbritānija); sāls (LSTK, Vācija).

Lai produkts būtu līdzīgs krēmsieram, ir nepieciešams ieraugs, tāpēc tika izvēlēti divi komerciāli pieejami ieraugi, 46. tabulā ir dota ieraugu specifikācija.

46.tabula

Ieraugu specifikācija

Nosaukums	Ražotājs	Baktērijas	Pielietojums
VEGE 033	DANISCO®, Vācija	<i>S. thermophilus</i> <i>L. delbrueckii subsp.bulgacius</i>	Augu izcelsmes produkti
F-DVS CHN-22	Chr.Hansen®A/S, Dānija	<i>L. lactic subsp. cremoris</i> <i>Leuc. pseudomesenteroides</i> <i>L. lactic subsp.lactis biovar</i> <i>diacetylactis</i> <i>L. lactic subsp.lactis</i> <i>Leuconostoc mesenteroides</i>	Raudzēti piena produkti

Pētījumā eksperimentālā daļā izmantotas iekārtas saraksts un apraksts ir dots 47. tabulā.

47.tabula

Iekārtas un metodes

Iekārta	Modelis	Ražotājs
Spektrofotometrs	Libra S70 PC	Biochrom Ltd., ASV
Centrifūga	CM-6MT	Elmi Ltd., Rīga, Latvija
Ultraskaņas vanna	YJ5120-1	Oubo Dental, St.Louis Mo, ASV
Gāzu hromatografs	Clarus 500 Gas Chromatograph	PerkinElmer, ASV
pH metrs	Mettler Toledo FiveGo	Mason Technology, Īrija
FoodScan™ ²	FoodScan™ Meat Analyser	Foss, Vācija
Žāvkapis	Universal Oven UF160	Memmert, Vācija
Termostāts	UN200	Memmert, Vācija

Lai iegūtu precīzus un ticamus analīžu rezultātus, ir svarīgi ievērot noteiktās metodes un standartus. Precīza šo metodoloģiju ievērošana nodrošina to rezultātu ticamību (skat. 48. tabulā).

48. tabula

Paraugu analīzēm izmantotie standarti un metodes

Nr.p.k.	Rādītāji	Standarti un metodes
1.	pH	GOST P 53359-2009
2.	Ķīmiskais sastāvs	Foodscan™2
3.	Aromāt veidojošie savienojumi	Gāzes hromatogrāfijas metode, GH
4.	Kopējais fenolu saturs (TPC)	Singleton et al., 1999; Tomsone et al., 2020
5.	Kopējais tanīnu saturs	Postuszezwska et al.,2004
6.	Antiradikālā aktivitāte DPPH	Yu et al.,2003; Kruma et al., 2016
7.	Reducēšanas spēja	Singhal et al., 2011

Fermentēta krēma ražošanas tehnoloģiskā shēma un pētījuma shēma

Sākotnējais procesa posms, kas ietver nepieciešamo izejvielu sagatavošanu. Alomix samaisīt ar pelēko zirņu koncentrātu attiecība 50:50 (1. maisījums), Alomix samaisīt ar dzelteno zirņu koncentrātu attiecība 50:50 (2.maisījums), Alomix samaisīt lauku pupas koncentrātu attiecība 50:50 (3. maisījums). Ieraugiem ir savas raudzēšanas temperatūras, kas atbilst to specifikācijām, ierauga F-DVS CHN22 darbības diapazons ir no 22 °C līdz 30 °C, ierauga DANISCO®VEGE033 diapazons ir no 37 °C līdz 40 °C. Pētījuma paraugu apzīmējumi apkopoti 49. tabulā.

49.tabula

Pētāmo paraugu apzīmējumi

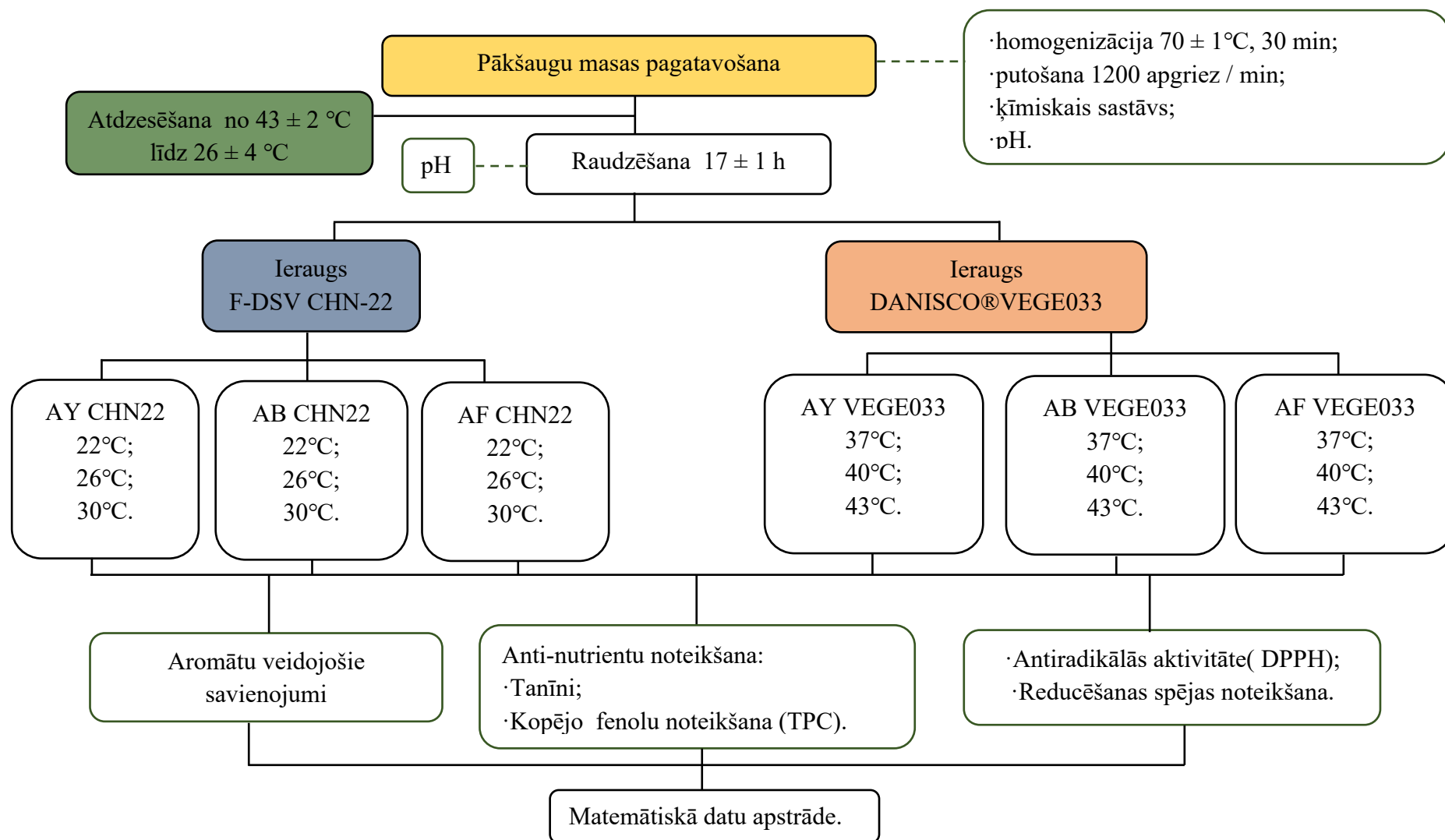
Apzīmējums	Apzīmējuma apraksts
YP	Dzelteno zirņu koncentrāts
BP	Pelēko zirņu koncentrāts
FB	Lauku pupas koncentrāts
AL	ALOMIX koncentrāts
AY	Alomix + dzelteno zirņu koncentrāts
AB	Alomix + pelēko zirņu koncentrāts
AF	Alomix + lauku pupas koncentrāts
AY/70	Alomix + dzelteno zirņu koncentrāts apstrādāts 70 °C
AB/70	Alomix + pelēko zirņu koncentrāts apstrādāts 70 °C
AF/70	Alomix + lauku pupas koncentrāts apstrādāts 70 °C
AY CHN22/ 22; 26; 30	Alomix + dzelteno zirņu koncentrāts raudzēts (ieraugs F-DVS CHN22) 22 °C; 26 °C; 30 °C (raudzēšanas temperatūras)
AB CHN22/ 22; 26; 30	Alomix + pelēko zirņu koncentrāts raudzēts (ieraugs F-DVS CHN22) 22 °C; 26 °C; 30 °C (raudzēšanas temperatūras)
AF CHN22/ 22; 26; 30	Alomix + lauku pupas koncentrāts raudzēts (ieraugs F-DVS CHN22) 22 °C; 26 °C; 30 °C (raudzēšanas temperatūras)
AY VEGE033/ 37; 40; 43	Alomix + dzelteno zirņu koncentrāts raudzēts (ieraugs DANISCO® VEGE033) 37 °C; 40 °C; 43 °C (raudzēšanas temperatūras)
AB VEGE033/ 37; 40; 43	Alomix + pelēko zirņu koncentrāts raudzēts (ieraugs DANISCO® VEGE033) 37 °C; 40 °C; 43 °C (raudzēšanas temperatūras)
AF VEGE033/ 37; 40; 43	Alomix + lauku pupas koncentrāts raudzēts (ieraugs DANISCO® VEGE033) 37°C; 40 °C; 43 °C (raudzēšanas temperatūra)

Pēc sajaukšanas masai pievienots ūdens. Iegūtais maisījums tiek homogenizēts līdz viendabīgam stāvoklim. Maisījumu pasterizēja 75 ± 1 °C temperatūrai 30 minūtes. Pēc uzkarsēšanas maisījumu atdzesē līdz temperatūrai, kas piemērota ierauga darbībai. Atdzesētajam

maisījumam pievieno ieraugu. Maisījumu raudzē 17 stundas. Atkarībā no ierauga tika izvēlētas dažādas raudzēšanas temperatūras, ieraugam **DANISCO®VEGE033**: 37°C, 40°C, 43°C; ieraugam **F-DSV CHN-22**: 22°C, 26°C, 30°C.

Pēdējais posms ir nepieciešamo piedevu pievienošana, tai skaitā kokosriekstu tauki, dateļu cukurs un sāls.

|



46. att. Pētījuma shēma.

Pētījumā izmantotās analīžu metodes

Pākšauga krēma **ķīmiskais sastāvs** tiek noteikts ar Foss Foodscan2 iekārtu. Process sākas ar parauga sagatavošanu, pākšaugu masu nosver aptuveni 100 g un ievieto īpašā mērglāzē (10 cm x 10 cm). Analīzes veikšanai paraugu pārvieto uz analizatora kameru, kur uz to tiek novirzīta infrasarkanā gaisma. FOSS FoodScan™2 tiek izmantota tuvās infrasarkanās spektroskopijas (NIR) tehnoloģija. Izmantojot detektorus, tiek reģistrēts pākšaugu krēmā gaismas absorbcijas spektrs, un dati tiek pārsūtīti uz analizatora programmatūru. Šī programmatūra salīdzina spektrus ar kalibrēšanas līknēm un datubāzēm, lai precīzi noteiktu galveno komponentu saturu.

Datu analīzē izmantota *Microsoft Excel* programma. Lai novērtētu statistiski nozīmīgas atšķirības starp datu grupām, tika izmantota dispersijas analīze (ANOVA). Papildus tika aprēķinātas vidējās vērtības un standartnovirze, kas ļāva vizuālāk attēlot rezultātus. Detalizētai grupu pāru salīdzināšanai tika izmantots Tukija tests.

Izmantojot **integrēto testu**, ir iespējams noteikt labāko no pākšaugu krēmiem. Tā mērķis ir veikt detalizētu sensorās īpašības - krāsu, aromātu, garšu, konsistenci un pēcgaršu novērtēšanu, lai noteiktu produkta vispārējo kvalitāti. Process palīdz izvēlēties labāko krēmu, kas ne tikai atbilst patērētāju vēlmēm, bet arī ir konkurētspējīgs tirgū. Rezultāti doti 50. tabulā.

50. tabula

Pākšaugu krēma sensorās īpašības integrētā testa aspekti

Pazīme	Sensorie kritēriji				
	1 (punkts)	2 (punkti)	3 (punkti)	4 (punkti)	5 (punkti)
Krāsa	Krāsa: nevienmērīga, plankumaina. Krāsa izskatās neglīta, ar acīmredzamiem defektiem un plankumiem	Krāsa: blāva, bez spilgtuma. Krāsa bāla vai blāva, bez spilgtuma	Krāsa: standarta, paredzamā krāsa	Krāsa: spilgta un patīkama	Krāsa: ir pilnīgi viendabīga un dziļa, atspoguļojot produkta izcilo kvalitāti un perfektu apstrādi
Aromāts	Aromāts: izteikts pākšaugu aromāts	Aromāts: pākšaugu	Aromāts: mērens, neitrāls. Aromāts atbilst gaidītajām standarta pākšaugu krēma notīm	Aromāts: patīkams	Aromāts: nav pākšaugu aromāt, vairāk piemīt pienskābs aromāts
Garša	Garša: ļoti izteikta pākšaugu garša, skāba	Vēl projām var sajūst pākšaugu garšu, bet nav tik spēcīga	Skābus un pākšaugu garša ir praktiski neitrāli	Garša ir vairāk pienskāba, praktiski nav sajūtama pākšaugu garša	Garša ir vienmērīga
Konsistence	Konsistence: Šķidra, ūdeņaina. Krēms ir pārāk šķidr, un tam trūkst nepieciešamās viskozitātes, tāpēc tas nav piemērots lielākajai daļai lietojumu, kam nepieciešama bieza tekstūra	Konsistence: viendabīga,	Konsistence: apmierinoša, bet ar nelielām nepilnībām. Konsistence ir tuvu ideālai, bet ir nelielas novirzes, piemēram, nedaudz biezāka vai mīkstāka konsistence, nekā nepieciešams	Konsistence: Gluda un krēmīga. Krēmam ir gluda, vienmērīga tekstūra	Konsistence: perfekti sabalansēta, īpaši krēmīga. Krēms ir perfekti gluds, krēmīgs, ideāli piemērots paredzētajam lietojumam
Pēcgarša	Pēcgarša: nepatīkama-pākšaugu. Krēms pēc norīšanas atstāj nepatīkamu pēcgaršu	Pēcgarša: pēc dažām sekundēm paradās pākšaugu pēcgarša	Pēcgarša: nav tik izteikta pākšaug pēcgarša	Pēcgarša: nav pākšaugu pēcgarša	Pēcgarša: izteikta pienskābes garša

Pamatojoties uz integrēto testu, ir iespējams novērtēt un izvēlēties labāko paraugu precīzai topošā produkta tehnoloģijai.

REZULTĀTI

Fermentēta krēma ķīmiskā sastāva izvērtējums

Pākšaugi ir bagāts olbaltumvielu un citu uzturvielu avots, tos plaši izmanto ēdienu gatavošanā, (Lippolis et al., 2023). Pākšaugu ķīmisko sastāvu nosaka vairāki faktori, tostarp šķirne, audzēšanas apstākļi un audzēšanas metodika. Turklāt uzturvielu saturu būtiski ietekmē nogatavošanās stadija, ražas novākšanas laiks, uzglabāšanas un sagatavošanas metodes. Rezultātā pākšaugu ķīmiskais sastāvs var atšķirties, ietekmējot to uzturvērtību un garšu (Margier et al., 2018). Šobrīd ir pieejami dažādi pākšaugu produkti, tai skaitā koncentrāti un izolāti.

51.tabula

Masas/krēma ķīmiskais sastāvs

Zirņu krēma masa	Saturš, g 100 g ⁻¹			
	Olbaltumvielas	Tauki	Šķiedrvielas	Pelni
AY	8.83 ± 0.09 ^b	1.41 ± 0.03 ^a	1.64 ± 0.019 ^a	1.83 ± 0.073 ^a
AB	9.10 ± 0.21 ^a	1.37 ± 0.031 ^a	1.66 ± 0.018 ^a	1.84 ± 0.069 ^a
AF	9.56 ± 0.36 ^a	1.34 ± 0.035 ^a	1.70 ± 0.036 ^a	1.77 ± 0.083 ^a
‘RASA’ krēmsiers klasiskais	5.70	22.00	-	n.i.
‘Exquisa’ krēmsiers	1.10	20.80	5.90	n.i.
n.i.- nav informācija				

*Pazīme: vērtības, kuras apzīmētas ar vienādiem burtiem nav būtiski atšķirīgas (p>0.05)

Visaugstākais olbaltumvielu saturs ir **AF** paraugā (9.56 g 100 g⁻¹). To var skaidrot ar izmantoto izejvielu ķīmisko sastāvu, lauku pupu koncentrātam ir visaugstākais olbaltumvielu saturs. Visaugstākais tauku saturs ir **AY** paraugā (1.41 g 100 g⁻¹). **AY** paraugam ir ievērojami zemāks olbaltumvielu saturs (p<0.05), nekā **AB** un **AF** paraugiem. Šķiedrvielu saturs visiem paraugiem ir līdzīgs, bez būtiskām atšķirībām. Šķiedrvielu saturs pētāmajiem paraugiem ir būtiski lielāks, salīdzinot ar krēmsieru, jo tā sastāvā nav šķiedrvielu.

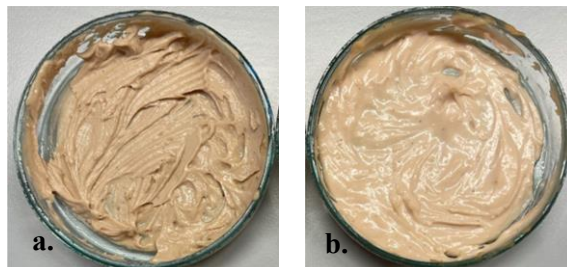
Salīdzinot jaunu produktu ar tirgū jau pieejamajiem produktiem, ir svarīgi ņemt vērā galvenos parametrus, kas ietekmē patērētāju izvēli. Salīdzināšanai tika izvēlēts Food Union zīmols ‘RASA’⁵ klasiskais krēmsiers. Pamatojoties uz veikto produkta izpēti, var izdarīt šādus secinājumus: olbaltumvielu saturs tradicionālajā produktā ir mazāks (5.70 g 100 g⁻¹) salīdzinājumā ar pētījuma ietvaros izstrādāto produktu, visaugstāko rezultātu uzrādīja paraugs **AF** (skat. 51. tabulu), viszemākais olbaltumvielu saturs bija **AY** paraugā (8.83 g 100 g⁻¹), bet neskatoties uz to, tas ir augstāks nekā tradicionālajā krēmsierā. Tauku saturs tradicionālajā produktā ir ievērojami lielāks (22.00 g 100 g⁻¹), visaugstākais tauku saturs no izstrādātajiem produktiem ir paraugam **AY** (1.41 g 100 g⁻¹). Konkurējošā produktā - krēmsiers ‘Exquisa’⁶, kas ražots no aunazirņiem, olbaltumvielu saturs bija būtiski zemāks (1.1 g 100 g⁻¹), salīdzinot ar izstrādātu produktu, bet tauku saturs ir lielāks (20.80 g 100 g⁻¹), savukārt šķiedrvielu saturs ir būtiski lielāks (5.90 g 100 g⁻¹), pētāmajiem paraugiem lielākais šķiedrvielu saturs ir paraugam **AF** (1.70 g 100 g⁻¹), kas ir mazāks salīdzinot ar tirgū pieejamo produktu par 71 %. Uzturvērtības ziņā pētījumā izstrādātam produktam ir stipras puses, viena no tām ir olbaltumvielu saturs, kas izceļ produktu, salīdzinot ar tirgū esošiem konkurentiem.

pH ir īpaši svarīgs parametrs krēmsiera ražošanas procesā (Ong et al., 2020), tas mainās raudzēšanas laikā, pievienojot produktam atbilstošu mikroorganisma koncentrātu un nodrošinot optimālu darbības temperatūru. Lai kontrolētu raudzēšanas procesu bija nepieciešams sasniegt attiecīgo pH, ka tradicionālam krēmsieram - 4.7 (Lucey, 2011). Bija novērojams, ka raudzēšanas

⁵ “Krēmsiers RASA 180 g”[tiešsaiste](skatīts 24.04.2024)Pieejams: <https://www.barbora.lv/produkti/kremsiers-rasa-klasiskais-180-g>

⁶ “Exquisa dabīgs krēmsiers, vegāns, 150 g” [tiešsaiste] (skatīts) Pieejams: https://www.delikatess.stockmann.lv/lv/produktiem/piena_produkta.%20siers.%20olas/siers/tofu_un%20veg%C4%81na is%20siers/exquisa-dabigs-kremsiers-vegans-150g/p/8924

process notika vienmērīgi un ilga 17 stundas, šajā laikā visi paraugi, neatkarīgi no receptūras un raudzēšanas temperatūras, sasniedza nepieciešamo pH > 4.7, kas ir līdzīgs tradicionālajam krēmsieram. Visas izvēlētās temperatūras (22 °C, 26 °C, 30°C) ir piemērotas pākšaugu krēma raudzēšanai. Vienlaicīgi mainoties pH vērtībai, mainās arī produkta garša un konsistence, jo pēc raudzēšanas krēmam bija viendabīga struktūra, ko atzīmēja arī citi autori (Lucey, 2011).



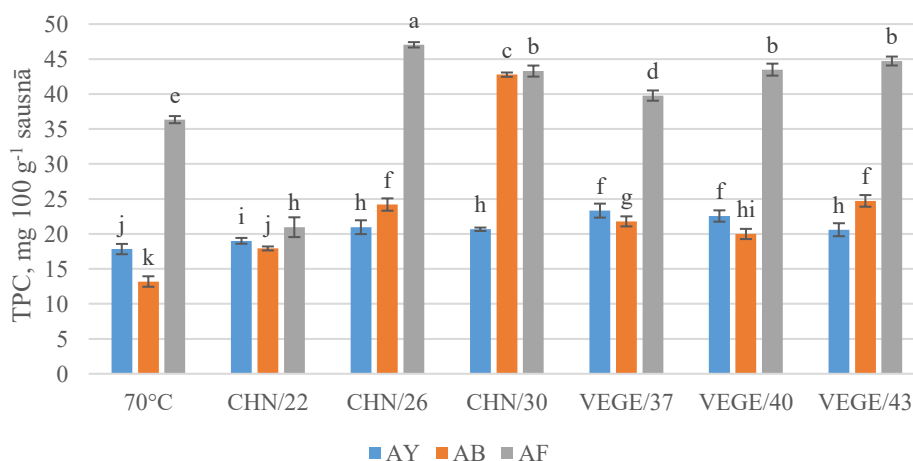
47.att. **a.** Paraugs AY CHN22/22; **b.** Paraugs AB CHN22/22

Tirgū ir pieejami dažādi ieraugi, ko iespējams izmantot piena alternatīvu produktu ražošanai. Pētījumā tika izmantots viens no tiem - DANISCO® VEGE033, atšķirība no CHN 22, šis mikroorganismu koncentrāts ir veidots uz termofilo pienskābes baktēriju bāzes: *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii subsp.bulgaricus*.

pH mērījumu rezultāti parādīja, ka abi ieraugi veiksmīgi nodrošināja krēma ražošanai nepieciešamo skābumu. Tas apstiprina abu ieraugu piemērotību pākšaugu krēma ražošanai. Starp paraugu pH vērtību intensitāti pētījuma laikā netika konstatētas būtiskas statistiskas atšķirības ($p>0.05$).

Kopējo fenolu saturs krēmā

Antinutrienti ir raksturīgi, bet nevēlami bioloģiski aktīvi komponenti pārtikas produktu sastāvā, tie kavē saistīšanos ar tādām uzturvielām kā aminoskābes un/vai minerālvielas, samazinot to pieejamību organismā (Cirkovic Velickovic & Stanic-Vucinic, 2018). No dažādiem antinutrientu veidiem ir zināmi tādi fenola savienojumi kā tanīni, saponīni un fitāti, kas veicina augu un pākšaugu izcelsmes olbaltumvielu nepatīkamā aromāta veidošanos, kā arī to relatīvo fizikālo stabilitāti pret dažādiem apstrādes veidiem (Tulbek et al., 2017). Kā viens no apstrādes veidiem antinutrientu satura samazināšanai dažādos avotos minēts raudzēšanas process.



48.att. Kopējo fenolu saturs olbaltumvielu koncentrātos un krēmos.

* Vērtības, kuras apzīmētas ar vienādiem burtiem nav būtiski atšķirīgas, ja $p<0.05$

Pirms raudzēšanas un termiskās apstrādes bija jānosaka sākotnējais kopējais fenolu saturs koncentrātos, kas tika apkopots 48. attēlā. Fenolu saturs paraugā **FB** ir visaugstākais (95.56 mg 100

g^{-1}), būtiski atšķiras paraugi **YP** ($28.64 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) un **BP** ($21.17 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), kuros bija būtiski zemākais ($p>0.05$) fenolu saturs. Salīdzinot lauku pupu olbaltumvielu koncentrātu (**FB**) ar lauku pupām, tas ir zemāks - $107.65 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ (Chaieb et al., 2011), bet pēc cita pētījuma datiem fenola saturs lauku pupu koncentrātā nav būtiski atšķirīgs - $90.89 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ (Karaman et al., 2022). Saskaņā ar literatūrā doto informāciju koncentrātā, kas ražots no dzelteniem zirņiem, fenolu saturs ir $40.75 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ (Ma et al., 2021), kas ir būtiski ($p<0.05$) lielāks nekā pētāmā **YP** koncentrātā. **BP** ir ražots no pelēko zirņu šķirnes, kur kopējais fenola saturs ir ļoti līdzīgs noteiktam pētījuma ietvaros - $25.89 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$, savukārt pēc ražotāja sniegtas informācijas pelēko zirņu koncentrātā kopējais fenolu saturs ir $19.15 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$, kas ir par $6,2 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ zemāks. **AL** ir zirņu koncentrāts ar zemāku olbaltumvielas saturu, bet kopējais fenolu saturs, salīdzinot ar citiem koncentrātiem, nav zemākais ($42.92 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$).

AL koncentrāts tika izvēlēts pākšaugu masas pagatavošanai, jo tas satur mazāk olbaltumvielu, padarot to par ideālu pamatu sajaukšanai ar citiem pākšaugu koncentrātiem. Tas dod iespēju nākotnē radīt alternatīvu produktu ar optimāli sabalansētu sastāvu. Pētot kopējo fenolu saturu neapstrādātiem koncentrātiem, tika novērots, ka pievienojot **AL** citiem pākšaugu koncentrātiem, fenolu saturs dažos maisījumos samazinās. Ir novērojama tendence, ka **AL** pievienošana **BP** koncentrātā, paraugā **AB** kopējais fenolu saturs samazinās ($35.89 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), salīdzinot ar **AL** paraugu, bet palielinās salīdzinot ar **BP**. Savukārt paraugā **AF** fenolu saturs samazinās ($44.64 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), salīdzinot ar **FB**. **AY** paraugā kopējais fenolu saturs samazinās, salīdzinot ar pamatsastāvdaļām gan **AL**, gan **YP**, kas var būt skaidrojams ar nepietiekami labi samaisītu paraugu ($25.75 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$).

Lai samazinātu antinurientu saturu pākšaugu masā, ir nepieciešams termiski apstrādāt produktu $70 \pm 1^\circ\text{C}$ 30 minūtes, kas pierādīts Wang & Daun (2004) pētījumā. Apkopti dati liecina par to, ka fenolu saturs **AY**, **AB**, **AF** paraugos samazinās, salīdzinot ar neapstrādātiem paraugiem, attiecīgi par 31%, 62%, 20%.

Raudzēšanas procesa ietekme uz fenola saturu pākšaugu krēmā (CHN22)

Raudzēšanas process ietekmē kopējo fenolu saturu dažādi. Būtiskas atšķirības ir novērojamas paraugā **AF** CHN22/22 ($19.63 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), kas ir par 80 % mazāk nekā termiski apstrādātā lauku pupas koncentrātā **AF/70** ($35.8 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), savukārt neapstrādātam paraugam **AF** kopējais fenolu saturs ir $44.64 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$. Paraugā **AB** CHN22 novērojama fenolu satura palielināšanās neatkarīgi no raudzēšanas temperatūras, pasterizēta parauga fenolu saturs ir $13.52 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$, bet raudzētajos paraugos fenolu saturs bija būtiski lielāks ($p<0.05$). Kopējo fenolu satura pieaugums ir skaidrojams ar bioloģiski aktīvo savienojumu izdalīšanos raudzēšanas laikā, izmantojot *Lactobacillus spp.* celmus (Adebo & Medina-Meza, 2020). Ierauga F-DSV CHN 22 sastāvā ir *Lactobacillus* ģints baktērijas, kas varētu sekmēt kopējo fenolu satura palielinājumu. Vērtējot fenolu saturu **AY** CHN22 paraugos, ir novērojama līdzīgā tendence, tas palielinās, palielinoties raudzēšanas temperatūrai, bet atšķirības nav būtiskās ($p>0.05$), salīdzinot ar termiski apstrādātu paraugu.

Paaugstinot raudzēšanas temperatūru (26°C un 30°C), fenolu saturs paraugos palielinājās. Pākšaugu **koncentrāts** var būtiski ietekmēt kopējo fenolu saturu raudzētajā produktā. Tā kā zirņi satur polifenolus, pievienojot dažādus pākšaugu koncentrātus, var mainīties šo savienojumu saturs gala produktā (Senanayake et al., 2023). Salīdzinot koncentrāta ietekmi un fenolu saturu gala produktā, zemākais fenolu saturs tika noteikts **AB** CHN22/30, kaut būtiska atšķirība starp **AF**, **AB** un **AY** paraugiem, raudzējot 22°C , netika konstatēta ($p<0.05$). Var secināt, ka koncentrātā nav būtiskas ietekmes un fenolu saturam, bet ir būtiska ietekme raudzēšanas temperatūrai.

Raudzēšanas procesa ietekme uz kopējo fenolu saturu pākšaugu krēmā (DANISCO® VEGE033)

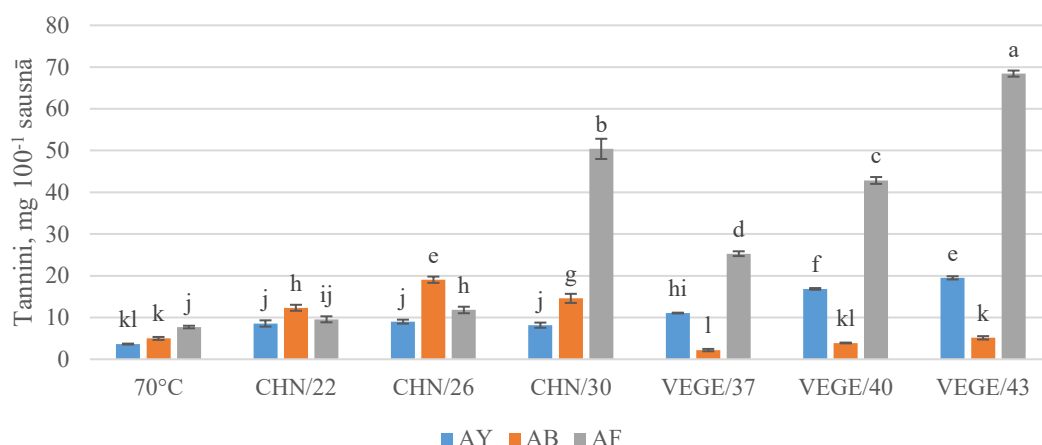
Raudzēšanas laikā, izmantojot ieraugu DANISCO® VEGE033, starp viena olbaltumvielu koncentrāta paraugiem nav vērojamas būtiskas fenolu satura izmaiņas ($p>0.05$), kā tas tika novērots ar ieraugu F-DVS CHN22. Salīdzinot ar termiski apstrādātu paraugu **AY/70** ($17.66 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), fenolu saturs **AY** VEGE033/37/40/43 paraugos palielinās, bet būtiskas atšķirības nav noteiktas.

($p>0.05$). **AF** VEGE033/37/40/43 paraugos kopējais fenolu saturs palielinājās, salīdzinot ar termiski apstrādātu paraugu, bet nedaudz samazinās, salīdzinot ar neapstrādātu **FB** paraugu. Vērtējot **AB** paraugu rezultātus, tendences ir līdzīgas, fenolu saturs ir būtiski lielāks raudzētos paraugos (vidēji par 55%), salīdzinot ar termiski apstrādātiem paraugiem, savukārt ir būtiski zemāks, salīdzinot ar neapstrādātu pākšaugu masu (vidēji par 66%).

Rezultātā ir konstatēts, ka temperatūra neietekmē būtiski ($p>0.05$) fenolu saturu **AB** paraugos. Savukārt **AY** paraugos fenolu saturs bija būtiski zemāks ($p<0.05$), raudzējot paraugu 43 °C temperatūrā - 19.82 mg 100 g⁻¹. Pretēja tendence novērota ar **AF** paraugiem, zemākais fenolu saturs tika konstatēts paraugā, kas tika raudzēts zemākā temperatūrā 37 °C - 38.75 mg 100 g⁻¹. Paaugstinot raudzēšanas temperatūru, fenolu saturs palielinājās, bet būtiskā atšķirība starp 40 °C un 43 °C raudzētajos paraugos netika konstatēta ($p>0.05$). Vērtējot olbaltumvielu **koncentrāta** ietekmi uz fenolu saturu pākšaugu krēmā, tika noteikts, ka lielāks fenolu saturs tika konstatēts **AF** paraugos, neatkarīgi no raudzēšanas temperatūras. Var secināt, ka koncentrātam ir būtiska ietekme uz fenolu saturu gala produktā, izmantojot ieraugu DANISCO® VEGE033, bet ir būtiska ietekme arī raudzēšanas temperatūrai, izmantojot **AY** un **AF** koncentrātus.

Kopējais tanīnu saturs pākšaugu krēmā

Tanīni ir plaši izplatīti sekundārie metabolīti augos: tās ir polimērizētu fenolu grupas ar savelkošām īpašībām. Tiek uzskatīts, ka tanīniem piemīt antinutrientu īpašības (Ojo, 2022). Augstākais tanīnu saturs bija **FB** paraugā (28.54 mg 100 g⁻¹), kurā bija arī vislielākais fenolu saturs. Zemākais tanīnu saturs tika noteikts **YP** (15.65 mg 100 g⁻¹) un **AL** (15.76 mg 100g⁻¹) paraugos, kas savā starpā nebija būtiski atšķirīgi ($p>0.05$).



49. att. Tanīnu saturs pākšaugu masā, mg 100 g⁻¹ sausnā.

* Vērtības, kuras apzīmētas ar vienādiem burtiem nav būtiski atšķirīgas, ja $p<0.05$

Saskaņā ar citiem pētījuma datiem termiskā apstrāde var ietekmēt tanīnu saturu pākšaugu koncentrātos (Hailu et al., 2015). Ir vērojams, ka parauga **AF/70** tanīnu saturs samazinās par 67%, salīdzinot ar paraugu **AF**. Paraugā **AY/70** (4.99 mg 100g⁻¹) arī novērojamas izmaiņas, termiskā apstrāde sekmēja tanīnu satura samazinājumu par 73%, salīdzinot ar neapstrādātu paraugu **YP**. **AB/70** paraugā tanīnu satura samazinājums veidoja 72%.

Raudzēšanas ietekme uz tanīnu saturu pākšauga krēmā (CHN22)

Raudzēšanai kompleksā veidā ir ietekme uz tanīnu saturu pākšaugu koncentrāta sastāvā. **AY** CHN22/22/26/30 paraugi savā starpā nav būtiski atšķirīgi, bet, salīdzinot ar apstrādātu paraugu **AY/70** ir ievērojama tanīnu satura palielināšana. Paraugos **AB** CHN22/22/26/30 arī konstatēts tanīna satura palielinājums, gan salīdzinot ar pākšaugu koncentrātiem, gan ar 70 °C apstrādātiem paraugiem. **AF** CHN22/22/26/30 paraugos būtiski paliēnas tanīnu saturs, paaugstinot raudzēšanas temperatūru.

F DVS CHN22 ierauga sastāvā ir *Leuconostoc mesenteorides subsp. cremoris*. *Leuconostoc mesenteroides* ir pazīstams ar savu lomu raudzēšanas uzsākšanā dažādos augu valsts izcelsmes substrātos. Tomēr tā, iespējams, neražo pietiekami daudz tanāzes vai citu fermentu, kas vajadzīgi, lai efektīvi sadalītu tanīnus. Tādēļ raudzēšanas laikā var pat palielināties tanīnu saturs. Šis palielinājums ir izskaidrojams ar saistīto tanīnu izdalīšanos no augu šūnu struktūrām, padarot tos vieglāk ekstrahējamus un pieejamākus galaproduktā (de Paula et al., 2015; Eom et al., 2008; Verni et al., 2017). Agrākos pētījumos noteikts, kā tanīnu satura palielināšanās raudzēšanas laikā bieži vien ir saistīta ar iepriekš saistītu vai mazāk pieejamu tanīnu formu izdalīšanos bioķīmisko izmaiņu rezultātā, ko izraisa fermentu aktivitāte un mainīgie vides apstākļi, piemēram, temperatūra (Wu et al., 2017).

Raudzēšanas temperatūra būtiski ietekmēja tanīnu saturu pākšaugu olbaltumvielu koncentrātā. Raudzēšanas sākumposmā, īpaši pirmajās piecās stundās, bieži novēro tanīnu satura palielināšanos (Çabuk et al., 2018a). Raudzējot pākšaugu masu ar ieraugu F-DVS CHN22 temperatūrās 22 °C, 26°C, 30 °C, ir konstatēts, ka tanīnu saturs palielinās salīdzinājumā ar termiski apstrādātiem paraugiem.

Tanīnu noārdīšanās zirņu koncentrātos ir konstatēta raudzēšanas procesā ar pienskābes baktēriju ieraugu, kas satur *Lb. bulgaricus* (Emkani et al., 2022b), kas ir ierauga DANISKO® VEGE033 sastāvā. Paraugiem **AB** VEGE033/37/40/43 ir konstatēta būtiska ($p < 0.05$) tanīnu satura samazināšanās raudzēšanas laikā, salīdzinot ar termiski apstrādātu paraugu **AB/70**.

Paraugam **AY** un **AF** VEGE/37/40/43 ir novērojams, ka palielinoties **raudzēšanas temperatūrai**, palielinās tanīnu saturs paraugos. Būtiskas atšķirības ir konstatētas **AF** VEGE033/37/40/43 paraugos, jo tanīnu saturs tajos palielinās attiecīgi 3.6, 6.3, un 9.7 reizes, salīdzinot ar termiski apstrādātu paraugu **AF/70**. Raudzētos paraugos **AY** VEGE033/37/40/43, palielinoties raudzēšanas temperatūrai, tanīnu saturs palielinās 3, 4.6, 5.4 reizes, salīdzinot ar termiski apstrādātu **AY** paraugu. Savukārt **AB** paraugā raudzēšanas process sekmēja tanīna saturu samazinājumu, paaugstinot raudzēšanas temperatūru, tanīnu saturs arī bija būtiski lielāks ($p < 0.05$).

Gaistošo savienojumu saturs pākšaugu krēmā

Pākšaugu olbaltumvielu nevēlamās sensorās īpašības ierobežo to izmantošanu inovatīvu pārtikas produktu izstrādē. Zirņu olbaltumvielu, tāpat kā daudzu citu pākšaugu olbaltumvielu garšas profila pilnīga izpēte joprojām ir neietiekama (Xiang et al., 2023). Nesen tika pierādīts (Arteaga et al., 2021), ka atšķirības starp zirņu šķirnēm ir ne tikai ķīmiskā sastāvā, bet arī lielā mērā ietekmē zirņu koncentrātu sensoro īpašību profilu.

Gan pākšaugu koncentrātos, gan termiski apstrādātās masās tika konstatēti tikai divi savienojumi: heksanāls, kas pieder pie alkāniem un 1-heksanols, kas ir raksturīgi pākšaugu produktiem.

Gaistošo savienojumu saturs raudzētā pākšaugu krēmā ar ieraugu F-DVS CHN22 ir dots tabulā.

52. tabula

Gaistošie savienojumi pākšaugu produktos

Gaistošie savienojumi	Saturš,%						Aromāts
	Koncentrāts			termiski apstrādāts koncentrāts			
	YP	BP	FB	AY/70	AB/70	AF/70	
heksanāls CAS NR. 66-25-1	83.64	78.31	71.77	90.95	73.84	67.00	zāļu, pākšaugu, asa
1-heksanols CAS NR. 111-27-3	16.36	21.69	28.23	9.05	26.16	33.00	citrons, zāle, zaļš

Gaistošie savienojumi raudzētā pākšaugu krēmā (F-DVS CHN22)

Gaistošais savienojums	Saturš, %									Aromāts
	AY CHN 22			AB CHN 22			AF CHN22			
	22°C	26°C	30°C	22°C	26°C	30°C	22°C	26°C	30°C	
etilacetāts CAS NR. 141-78-6	-	-	-	-	-	5.71	-	-	-	augļu, salda
etanols CAS NR. 64-17-5	-	20.16	21.17	19.04	21.62	22.77	17.01	26.88	20.86	asa
heksanāls CAS NR. 66-25-1	6.01	-	-	-	-	-	-	-	-	zāļu, pākšaugu, asa
2-butanons, 3- hidroksi CAS NR. 513-86-0	-	-	-	-	-	-	10.66	-	-	asa, sviestaina
1-heksanols CAS NR. 111-27-3	56.99	24.75	28.47	34.96	47.49	28.13	27.51	29.66	36.47	citrons, zāle, zaļš
etiķskābe CAS NR. 2363-89-5	27.25	43.99	31.95	33.48	25.41	43.39	37.04	38.06	37.72	skābs, etiķa
2,3-butenediols CAS NR. 25265-75-2	-	1.11	18.41	5.33	-	-	7.78	-	-	maigs, salds
3,5-oktadiēns CAS NR. 63597-41-1	-	-	-	-	-	-	-	-	3.47	pļavas, garšaugu, zāļu
1,2,3-propanetriols, diacetāts CAS NR. 25395-31-7	-	-	-	-	-	-	-	-	1.48	maigs, salds
triacetīns CAS NR. 102-76-1	9.75	-	-	7.19	5.78	-	-	-	-	medaudz salda smarža

Raudzētā produktā, izmantojot ieraugu F-DVSV CHN22, ir atrasti 10 gaistošie savienojumi, tai skaitā nelabvēlīgi savienojumi – heksnāls, kas tika konstatēts tikai vienā paraugā **AY CHN22/22**, un 1-heksanols. Pārējie savienojumi tikai uzlabo un pilnveido topošā krēma aromātu. Caille et al., 2023 pētījumā tika iegūti līdzīgi rezultāti. Pākšaugu krēmā un tradicionālajā krēmsierā kopīgie gaistošie savienojumi ir etanols, kas bija noteikts visos paraugos, izņemot **AY CHN22/22**, savukārt etiķskābe ir visos analizētajos paraugos, kas ir raudzēti ar ieraugu F-DVS CHN22.

Raudzētā krēmā ar ieraugu DANISCO® VEGE033, tika atrasti 12 gaistošie savienojumi. Raudzēšanas laikā veidojās tādi savienojumi, kā acetons, 2,3-butandedions, kas bija konstatēti **AF VEGE033/37** (20.31%), β-terpinilacetāta cikloheksanols 1-metil-4-(1-metiletilētil)- acetāts noteikts **AB VEGE033/43** (33.88%) paraugā, furāns, 2-pentils noteikts **AY VEGE033/40** (6.41%) paraugā, 2-oktenāls, benzaldehīds - **AY VEGE033**(7.43%), butānskābe - **AB VEGE033/43** (30.99%), salīdzinot ar F-DVS CHN22 ieraugu. Līdzības ar tradicionālo krēmsieru (Caille et al., 2023) ir atrastas raudzēta pākšauga krēmā, kur arī bija tādi gaistošie savienojumi kā acetons, furan 2-pentils, etiķskābe, benzaldehīds, butānskābe.

Iepriekšējos pētījumos ir noteikts, ka, lai samazinātu nevēlamo pākšaugu aromātu nepieciešams termiski apstrādāt produktu. Apstrādes laikā paraugam **AY/70** palielinās heksanāla saturs (Ferawati et al., 2021), pētījumi liecina, ka, sildot zirņu olbaltumvielas līdz 95 °C temperatūrai, lipīdu un olbaltumvielu noārdīšanās rezultātā palielinās gaistošo savienojumu, tostarp heksanāla, saturs. Pārējos paraugos termiskā apstrāde labvēlīgi ietekmē gaistošo savienojumu saturu un vērojama

heksnāla satura samazināšana. Tā kā 1-heksanols arī ir nevēlams gaistošais savienojums, apstrādes laikā un paraugā **AY/70** noteikta tā satura samazināšana. Pārējos paraugos ir novērojams to palielinājums, tāpēc būtu ieteicams kāds no pirmapstrādes veidiem: diedzēšana, mērcēšana, utt.

54.tabula

Gaistošie savienojumi pākšaugu krēmā (DANISKO® VEGE033)

Gaistošais savienojums	Saturš, %									Aromāts
	AY VEGE033			AB VEGE033			AF CHN22			
	37°C	40°C	43°C	37°C	40°C	43°C	37°C	40°C	43°C	
acetons CAS NR. 67-64-1						8.42	23.93	28.46	41.68	asa, salda
2,3-butanedions CAS NR. 431-03-8							20.31			sviestains, krēmīgs
heksanāls CAS NR. 66-25-1	43.06	63.68	51.57	59.16	43.36	4.77	11.14	19.42	19.32	zāļu, pākšaugu, asa
β-terpinilacetāta cikloheksanols, 1-metil-4-(1-metiletilētil)-, acetāts	-	-	-	-	-	33.88	-	-	-	garšaugu, priežu
furāns, 2-pentils CAS NR. 110-00-9	-	6.41	-	-	-	-	-	-	-	augļu, salds
1-heksanols CAS NR. 111-27-3	56.94	9.46	41.04	40.84	28.26	8.50	44.62	31.78	29.89	citrons, zāle, zaļš.
2-octenāls CAS NR. 2363-89-5	-	7.86	-	-	-	-	-	-	-	taukskābju , citrusaugļu
1-oktēn-3-ols CAS NR. 3391-86-4	-	5.06	-	-	-	-	-	-	-	sēnes, augsne
etiķskābe CAS NR. 64-19-7	-	-	7.25	-	12.24	6.71	-	10.34	9.12	skābs, etiķains
benzaldehīds CAS NR. 100-52-7	-	7.43	-	-	-	-	-	-	-	mandeļu, salds
butānskābe CAS NR. 107-92-6	-	-	-	-	-	30.99	-	-	-	sasmakusi, sieraina
triacetfīns CAS NR. 102-76-1	-	-	-	-	16.14	6.72	-	-	-	nedaudz salda smarža

* CAS NR.- CAS Common Chemistry⁷ datubāze

Pateicoties raudzēšanas procesam, izmantojot ieraugu F-DVS CHN22, izdevās atbrīvoties no nevēlamā heksanāla klātbūtnes krēmā, izņemot paraugu **AY** CHN22, kur tas tika konstatēts (6.01%). Salīdzinot ar neapstrādātu paraugu **YP** un apstrādātu **AY/70**, ir vērojama būtiska atšķirība ($p < 0.05$). Raudzēšanas laikā arī noteikts, ka **AY VEGE033/37/40/43**, **AB VEGE033/37/40/43** un **AF VEGE033/37/40/43** paraugos, 1-heksanola saturs samazinās.

AB VEGE033/43 paraugā raudzēšanas laikā samazinājās heksanāla un 1-heksanola saturs, kas arī ietekmēja produkta sensorās īpašības – pākšaugu krēmam nebija tik izteikts pākšaugu aromāts un garša. Raudzēšanas laikā **AY VEGE033/37/40/43** paraugiem ievērojami samazinās heksnāla saturs,

⁷ “CAS Common Chemistry” [tiešsaiste] (skatīts 20.05.2024) Pieejams: <https://commonchemistry.cas.org/>

salīdzinot ar neapstrādātu paraugu **AY**. Savukārt salīdzinot tos ar raudzētiem pākšaugu krēmiem, kuri raudzēti ar F-DVS CHN22, ieraugu rezultāti ir sliktāki, jo heksnāls nepazuda, kā tas notika CHN22 paraugos. Paraugiem **AF** VEGE033/37/40/43 arī ir novērojama nelabvēlīgo gaistošo savienojumu satura samazināšanās salīdzinājumā ar neapstrādātiem un termiski apstrādātiem paraugiem.

Rezultātu kopsavilkums

Lai noteiktu, kurš ieraugs un raudzēšanas temperatūra ir labākie un kuram pākšaugu koncentrātam dodama priekšroka, pamatojoties uz jau apkopotajiem datiem, bija jāveic datu salīdzinājums. Šis process ietver katra varianta novērtēšanu pēc galvenajiem parametriem: garša, uzturvērtība, fenola savienojumi, tanīni, gaistošo savienojumu saturs. Salīdzinājums (skat. 55.tabulā) ļaus noteikt vispiemērotākos variantus, kas nodrošinās topošā galaprodukta labākas īpašības.

55.tabula

Pākšauga masas un krēma kvalitātes izvērtējums

Rādītājs	Pākšaugu masa																	
	AY						AB						AF					
Uzturvērtība	3						4						5					
Kopējo fenolu saturs	5						3						2					
Tanīnu saturs	5						3						2					
Reducēšanas spēja	4						4						5					
DPPH	3						3						3					
Kopā	20						17						16					
Rādītājs	Ieraugs F-DVS CHN22									Ieraugs DANISKO®VEGE033								
	AY 22	AY 26	AY 30	AB 22	AB 26	AB 30	AF 22	AF 26	AF 30	AY 37	AY 40	AY 43	AB 37	AB 40	AB 43	AF 37	AF 40	AF 43
pH	4	4	4	4	5	4	3	3	3	2	4	4	5	3	2	2	3	4
Kopējo fenolu saturs	4	4	2	5	3	1	5	1	2	3	3	4	4	4	3	2	1	1
Tanīnu saturs	4	3	5	3	3	3	4	3	1	2	2	2	5	5	4	2	1	1
Reducēšanas spēja	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
DPPH	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4
Gaistošie savienojumi	3	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3
Sensorais novērtējums	2	2	2	5	4	4	1	2	2	3	2	3	5	3	3	2	3	2
Kopā	24	25	25	28	26	23	24	21	19	21	22	24	29	25	22	19	19	19

*Piezīme: 1- ļoti slikti; 2-slikti 3-apmierinošs-neitrāli; 4- labi; 5-lieliski

Pēc visu **pākšaugu** paraugu salīdzināšanas tika noteikts, līderis ar vislabākajiem rādītājiem ir **AY** paraugs, tas konkurentu vidū ieņem augstu pozīciju ar labākajiem rezultātiem: minimālā tanīnu un kopējo fenolu savienojumu saturā. **AF** un **AB** paraugiem noteiktas vislabākās īpašības, tāpēc tā ir vēlāmākā izvēle uzturvērtības ziņā. Reducēšanas spēja visos paraugos nav būtiski atšķirīga ($p>0.05$), starp visiem paraugiem **AF** paraugā reducēšanas spēja ir augstāka. Tādējādi katram no šiem paraugiem ir savas priekšrocības, padarot tos vispievilcīgākos noteiktos pākšaugu izmantošanas nolūkos.

Salīdzinot **ieraugus** topošā produkta izstrādē, katram ir gan trūkumi, gan priekšrocības. Pētījuma ietvaros tika izvēlēti divi dažādi ierauga veidi: F-DVS CHN22-tradicionālajiem piena produktiem un DANISCO®VEGE033 - alternatīvajiem produktiem. Šāda pieeja ļāva detalizēti

izpētīt un salīdzināt to darbību dažādās temperatūrās. Vēlamā pH vērtība visiem paraugiem bija sasniegta, kā tradicionālajam krēmsieram. Fenola savienojumu saturs visbūtiskāk ($p < 0.05$) samazinājās paraugā, kas raudzēts, izmantojot F-DVS CHN22 ieraugu. Tanīnu satura samazināšanās visizteiktākā ir, izmantojot DANISCO®VEGE033 ieraugu. Reducēšanas spēja un DPPH visiem paraugiem, kas raudzēti gan ar tradicionālu ieraugu, gan ar ieraugu, kas ir paredzēts alternatīvu produktu izstrādei nav būtiski atšķirīgi ($p > 0.05$). Svarīgi ir uzsvērt, ka reducēšanās spēja pākšaugu masās un raudzētos pākšaugu krēmos būtiski neatšķiras. Praktiski visiem paraugiem, izņemot **AY** CHN22/22, pazuda heksanāls, kam piemīt ‘zaļu, pākšaugu’ aromāts.

Sensorā novērtējumā piedalījās 4 cilvēki, lai savā lokā izvēlēties labāko pākšauga krēmu. Tiek izvēlēti divi paraugi - pākšaugu masa **AB** (alomix koncentrāts+ pelēko zirņu koncentrāts), kas raudzēti gan ar ieraugu F-DVS CHN22, gan DANISCO®VEGE033, bet dažādās temperatūrās **AB** CHN22/22 un **AB** VEGE033/37. Raudzēšanas laikā izmainās krēma konsistence, tā kļuva līdzīga tradicionāla krēmsiera konsistencei.

Raudzēšanas **temperatūras** ietekme ir būtiska topošā produkta izstrādē. Pētījums parādīja, ka dažādi ierauga veidi var būtiski ietekmēt produktu kvalitāti, īpaši fenolu savienojumu un gaistošo savienojumu saturu.

SECINĀJUMI

1. Analizējot pākšaugu masas ķīmisko sastāvu, augstāko olbaltumvielu saturu konstatēja paraugam **AF** ($9.56 \pm 0.36 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$). Savukārt **AY/70** un **AB/70** paraugos konstatēts būtiski mazāks kopējo tanīnu saturs, attiecīgi $3.64 \pm 0.10 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ un $4.99 \pm 0.12 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ sausnā, kas vērtējams pozitīvi.
2. Vērtējot kopējo fenolu saturu pākšaugu krēmā,
 - izmantojot ieraugu F-DVS CHN22, tika konstatēts, ka **AB** paraugā to saturs būtiski palielinājās ($p < 0.05$), **AY** paraugā palika nemainīgs, bet **AF** paraugā būtiski samazinājās ($p < 0.05$), raudzējot paraugu 22°C ;
 - izmantojot ieraugu DANISCO®VEGE033, tika konstatēts, ka **AF** un **AY** paraugos kopējo fenolu saturs palielinājās, bet būtiskas atšķirības starp termiski apstrādātu masu un krēmu netika konstatēta ($p > 0.05$), savukārt **AB** paraugos būtiski palielinājās kopējo fenolu saturs pēc raudzēšanas ($p < 0.05$).
3. Vērtējot kopējo tanīnu saturu pākšaugu krēmā,
 - izmantojot ieraugu F-DVS CHN22, tika konstatēts, ka **AF**, **AB** un **AY** paraugos kopējo tanīnu saturs būtiski palielinājās ($p < 0.05$) raudzēšanas laikā neatkarīgi no izmantotas raudzēšanas temperatūras;
 - izmantojot ieraugu DANISCO®VEGE033, tika konstatēts, ka **AF** un **AY** paraugos kopējo tanīnu saturs būtiski palielinājās ($p < 0.05$), bet **AB** krēmā samazinājās, raudzējot to 37°C , 40°C temperatūrā.
4. Vērtējot antiradikālo aktivitāti pākšaugu krēmā,
 - izmantojot ieraugu F-DVS CHN22, tika konstatēts, ka **AY** un **AB** paraugos, tā praktiski nemainījās raudzēšanas laikā, bet **AF** paraugos 26°C un 30°C , tā būtiski palielinājās ($p < 0.05$).
 - izmantojot ieraugu DANISCO®VEGE033, tika konstatēts, ka **AY**, **AB** un **AF** paraugos antiradikālā aktivitāte nebūtiski palielinājās ($p > 0.05$).
5. Pākšaugu krēmā,
 - izmantojot ieraugu F-DVS CHN22, nelabvēlīgs gaistošais savienojums - heksanāls pazuda, kas vērtējams pozitīvi, jo labvēlīgi ietekmē produkta sensoros rādītājus;
 - izmantojot ieraugu DANISCO®VEGE033, heksanāla saturs būtiski samazinās, bet ir konstatēts visos paraugos, savukārt gaistošo savienojumu spektrs **AB**, **AY** un **AF** paraugos bija daudz plašāks, kas bagātina produkta aromātu.

6. Pākšaugu krēma ražošanai būtu ieteicams izmantot pākšaugu masu “Alomix + pelēko zirņu koncentrāts” (paraugs AB) ieraugs DANISCO®VEGE033 raudzējot 37 °C temperatūrā.

3.3.6. Blakusproduktu izmantošana

PAMATOJUMS

Aquafaba ir šķidrums, kas iegūts no konservētiem pākšaugiem, no to novārījuma, visbiežāk to iegūst no turku zirņiem vai pupām. Vārds *aquafaba* ir divu latīņu vārdu apvienojums – *aqua*, kas nozīmē ūdens, un *faba* – pupa. *Aquafaba*, viskozs šķidrums, pēdējos gados ir ieguvis uzmanību kā augu izcelsmes olu aizstājēju. Tas satur ogļhidrātus, olbaltumvielas un šķīstošo šķiedrvielu maisījumu, kas veicina tā emulgēšanas, putošanas un saistīšanas īpašības. *Aquafaba* kļuva populāra ap 2015. gadu vegānu aprindās un ātri izplatījās tradicionālajā kulinārijā. Tā izmantošanas pieaugums ir izraisījis zinātniskus pētījumus par tā efektivitāti, jo īpaši kūku gatavošanā (He, 2021).

Atlikušais pēc vārīšanas ūdens ir potenciāls *aquafaba* avots. *Aquafabu* var iegūt arī no gatava produkta – konservējuma. Gatavojot *aquafabu*, pākšaugi tiek iemērkti ūdenī uz 6–8 stundām. Pēc mērcēšanas ūdenī samērcētās sēklas tiek vārītas karstā ūdenī vai gatavotas zem spiediena. Tiek pievienotas ūdenim piedevas, ja nepieciešams samazināt vārīšanas laiku vai pagarināt produkta uzglabāšanas laiku. Lai maksimāli optimizētu produkta iznākumu un funkcionalitāti, sēklas tiek vārītas ūdenī ar attiecību 1:1,75 vidēji 90 minūtes. Šī attiecība dod aptuveni 0,6 g novārījuma uz 1 gramu sausu pākšaugu. Izmantojot mazāk ūdens pākšaugu vārīšanai (1:1), un īsāku vārīšanas laiku (30 minūtes) 115–118 °C zem 70–80 kPa, iegūst 0,7–1,1 g novārījuma uz gramu pākšaugu ar augstāku funkcionalitāti (He, 2021).

Aquafaba pagatavošanu veido divi soļi: pākšaugu mērcēšana un vārīšana ūdenī. Pākšaugu vārīšana ūdenī ir svarīgs solis, lai iegūtu vārītu produktu.

Aquafaba spēja darboties kā olu baltuma aizstājējs tika pārbaudīta, mainot tā pH. *Aquafaba* un olu baltuma putas atšķiras, mainoties putu tilpumam un šķidruma attiecībai putās atkarībā no laika. Emulgējošo īpašību testi parāda, ka centrifugējot *aquafaba* radītas emulsijas ir stabilākas nekā emulsijas, kuru pamatā ir olu baltums (Silva & Rodrigues, 2022).

Pētījumi liecina, ka *aquafaba* izmantošana kā izejviela olu aizstāšanai ir piemērota. Lai gan fizikālās īpašības ir nedaudz zemākas *aquafaba* nekā olu baltumam, olu baltums satur vairāk šķiedrvielu, taču mazāk tauku un ogļhidrātu, un sensorās īpašības tiek novērtētas tikpat augstu gan *aquafaba*, gan olu baltumam (Silva & Rodrigues, 2022).

Aquafaba ķīmiskais sastāvs (1.2. tabula) mēdz atšķirties atkarībā no pākšaugu veida, šķirnes un pagatavošanas metodes. *Aquafaba* galvenokārt sastāv no ūdens (95%), ogļhidrātiem (cukuriem un šķiedrvielām) 3–4%, olbaltumvielām 1–2%, savukārt taukvielas netiek konstatētas. Tas satur minerālvielas, saponīnus un dažus Maijāra reakcijas produktus (Shim, 2018).

56.tabula

Aquafaba ķīmiskais sastāvs (Stasiak, 2023)

Pākšaugu veids	Turku zirņi	Dzeltenas sojas pupas	Pupas, lēcas, dzeltenie zirņi
Enerģētiskā vērtība, kJ 100g ⁻¹	72	-	-
Sausna, g 100g ⁻¹	5.1–7.9	5.59	3.3–4.7
Pēlnvielas, g 100g ⁻¹	0.4–0.6	0.78	0.4–0.8
Olbaltumvielas, g 100g ⁻¹	0.5–1.7	0.68	0.7–1.5
Tauki, g 100g ⁻¹	Zem noteikšanas robežas		
Ogļhidrāti, g 100g ⁻¹	2.6–3.6	4.12	1.8–2.7
Saponīns, mg g ⁻¹	4.5	6.4	4.7–14.0

Aquafaba, līdzīgi kā olu baltums, satur olbaltumvielas, kas darbojas kā virsmas aktīvas vielas. Olbaltumvielu attiecība šajos produktos ir 1,5% un 10,6% uz mitrās masas bāzes. Pētāmo pākšaugu *aquafaba* olbaltumvielas galvenokārt ir zemas molmasas, proti, tie ir albumīni –

olbaltumvielas ar labām putojošām īpašībām. Tādējādi tieši zemas molmasas olbaltumvielu un ogļhidrātu kombinācija nodrošina *aquafaba* izcilās putošanas un emulģējošās spējas (Mustafa & Reaney, 2018).

Olbaltumvielas pākšaugos sastāv galvenokārt no globulīniem, kas šķīst sāls šķīdumos, un albumīniem, kas šķīst ūdenī. Albumīni veido tikai 10–20% no kopējā olbaltumvielu daudzuma sēklās. Tiem ir raksturīga maza molmasa, taču tie ir visbarojošākie proteīni pākšaugu sēklās aminoskābju sastāva ziņā (Alsalman & Ramaswamy, 2021).

Aquafaba satur termoizturīgas olbaltumvielas. Šīm olbaltumvielām ir augsta termiskā stabilitāte, tās arī veicina *aquafaba* unikālās funkcionālās īpašības. Salīdzinot *aquafaba* ar olu baltumu, *aquafaba* ir iespējams atkārtoti sasaldēt, atkausēt, uzsildīt vai atdzesēt, nezaudējot tā īpašības. Savukārt olu baltums, uzsildot, neatgriezeniski sarec. Pateicoties šai īpašībai, *aquafaba* var darboties plašā temperatūras diapazonā, pētot jaunas pielietojuma iespējas, tostarp olu aizstāšanu dažādās receptēs, piemēram, olu nesaturošu pankūku maisījumos (Mustafa & Reaney, 2018).

Pākšaugi ir bagāti ne tikai ar olbaltumvielām, bet arī ar šķiedrvielām. Pākšaugos to saturs ir no 1,5 līdz 9,1 gramam 100 g produkta. Šķiedrvielas ir saliktie ogļhidrātu polisaharīdi un atšķirībā no citiem ogļhidrātiem, šķiedrvielas cilvēka organisms nevar sagremot. Polisaharīdu sastāvdaļas veido makromolekulas: celulozi, hemicelulozi, pektīnus, un rezistentu cieti.

Pektīnam ir augu augšanas, morfoloģijas, attīstības un augu aizsardzības funkcijas, un tas kalpo arī kā želejveida un stabilizējošs polimērs dažādos pārtikas produktos un speciālos produktos. Turklāt tam ir pozitīva ietekme uz cilvēka veselību (Mohnen, 2008). Pektīni ir dažādu polisaharīdu maisījums, un savā starpā tie ir kovalenti saistīti. Viena no pektīnu īpašībām ir piesaistīt un izvadīt no cilvēka organisma smagos metālus un kaitīgās vielas, kā arī alkoholu.

Pākšaugos sastopami ogļhidrāti, kuri ir lēni sagremojami un kurus organisms lēni uzsūc, piemēram, rezistentā ciete. Sakarā ar uzsūkšanas īpašībām tā ierobežo cukura līmeni asinīs (Strapcāne., 2022). Ciete sastāv galvenokārt no diviem komponentiem – amilozes un amilopektīna. Pākšaugu cietes izmantošana pārtikā ir savstarpēji saistīta ar to fizikāli ķīmiskajām un strukturālajām īpašībām. Ciete ir galvenā pupiņu sastāvdaļa – līdz 45%. Tās īpašības un reakcijas ar citiem pārtikas komponentiem pierāda, ka cietes īpašības var ievērojami ietekmēt produkta kvalitāti un tā saglabāšanas kvalitāti (Punia, 2019).

Amiloze un amilopektīns ir divas galvenās sastāvdaļas, kas atrodas cietes granulās. Amilozes saturs un ķēdes garuma sadalījums amilopektīnā ir kritiskas struktūras iezīmes, kas nosaka cietes funkcionalitāti un tās sagremojamību. Cietes šķīdība ir saistīta ar šķīstošo molekulu klātbūtni, kas parāda cietes cieto vielu spēju izšķīst ūdens šķīdumā. Pētot cietes morfoloģiskās īpašības, tās tika pārbaudītas zem mikroskopa, un secināts, ka cietes granulas bija ovālas, apaļas, eliptiskas un neregulāras formas un saturēja dobumus uz cietes virsmām (Punia, 2019).

Saponīni ir dabisko savienojumu grupa, ko veido no izoprenoīdiem atvasināts aglicons, apzīmēts kā genīns vai sapogenīns, kas kovalenti saistīts ar vienu vai vairākām cukura putām. Nosaukums ir atvasināts no latīņu vārda *sapo*, kas atspoguļo to plašo izplatīšanās spēju veidot stabilas ziepēm līdzīgas putas ūdens šķīdumos. Šo raksturīgo īpašību izraisa saponīnu amfifilisms, jo lipofīlais sapogenīns ir saistīts ar hidrofilām saharīdu sānu ķēdēm (Augustin, 2011). Kā arī *faba* pupiņās saponīna saturs ir 1,3–1,5 g uz 100 g produkta (Barakat, 2015). Taču tie ir sastopami arī dažādos dārzeņos, tostarp sparģeļos, spinātos, kartupeļos un tomātos, kā arī daudzos augu aizsardzības līdzekļos, piemēram, žeņšeņā vai lakricā. Dažu saponīnu nelabvēlīgās iedarbības (rūgta garša, savelkoša iedarbība) un kaitīgo īpašību (membrānolītiska, hemolītiska) dēļ līdz šim tie tika uzskatīti par antinutrientiem. Tomēr nesenie pētījumi liecina, ka diētas saponīni varētu radīt kādu veselībai labvēlīgu ietekmi, tostarp imunostimulācijas, hipoholesterinēmijas un pat vēža profilakses īpašības (Reim, 2015).

No vārtiem pākšaugiem iegūtais viskozais šķidrums *aquafaba* ir putojošs līdzeklis olu baltuma aizstāšanai, kas pankūku receptēs ticis uzskatīts par funkcionālu sastāvdaļu. Olu baltuma

unikālajām putošanas, emulgēšanas un koagulācijas īpašībām ir būtiska nozīme pārtikā. Turklāt ir pierādījumi, ka atrast piemērotu olu aizstājēju nav viegls uzdevums. Viegli pagatavojamās, vārošās pākšaugu sēklas – *aquafabam*, piemīt daudzas funkcionālas īpašības, piemēram, putošana, emulgēšana, saistīšana, sabiezīnāšana, padarot to par potenciālu olu baltuma aizstājēju. Šīs *aquafaba* īpašības mainās atkarībā no pupiņu ķīmiskā sastāva, vārīšanas temperatūras, spiediena, kurā tiek gatavots šķidrums, gatavošanas laika un genotipa.

Vairākos pētījumos skaidrots, ka *aquafaba* tiek izmantota meringu, majonēzes, kūku un pankūku gatavošanā, pateicoties tās putošanas spējam. *Aquafaba* proteīnus galvenokārt veido mazmolekulārie savienojumi, iespējamie albumīni, kas efektīvi veido stabilas putas. Tomēr *aquafaba* olbaltumvielu saturs ir relatīvi zems – aptuveni 1,5%, tāpēc mazmolekulāru olbaltumvielu un ogļhidrātu kombinācija piešķir *aquafaba* novērojamas putošanas īpašības (Koriyama, 2025).

Temperatūra būtiski ietekmē olbaltumvielu putošanas īpašības. Pētījumi liecina, ka putošana istabas temperatūrā vai ap 40 °C rada stabilākas putas, salīdzinot ar putošanu zemākā temperatūrā. Atšķirībā no olu baltumiem, kurus zemā temperatūrā parasti puto, lai uzlabotu putu stabilitāti, *aquafaba* uzrāda augstāku stabilitāti augstākā temperatūrā. Olu baltumiem putošanas process gūst labumu no paaugstinātas temperatūras, jo samazināta viskozitāte un virsmas spraigums veicina putu veidošanos, bet iegūtajām putām ir tendence vieglāk sabrukt novājināto olbaltumvielu struktūru dēļ. Tas galvenokārt saistāms ar ovoglobulīnu un ovomucīnu, kas zemas temperatūras apstākļos veido plānas, stabilizējošas plēves ap gaisa burbuļiem. Tomēr pētījumi liecina, ka *aquafaba* esošajām neproteīnu sastāvdaļām, piemēram, polisaharīdiem un pektīniem, var būt izšķiroša nozīme putu stabilizēšanā, palielinot viskozitāti un elastību, tādējādi novēršot gaisa pūslīšu sabrukšanu. Turklāt augu izcelsmes proteīni un virsmaktīvie savienojumi, piemēram, saponīni, kuru daudzums ir atkarīgs no pākšaugu šķirnes, varētu vēl vairāk uzlabot *aquafaba* putošanas īpašības, to ietekmi potenciāli optimizējot ap 40 °C. Šie konstatējumi norāda uz neproteīnu sastāvdaļu nozīmi *aquafaba* putošanas stabilitātē un būtisko temperatūras nozīmi to fizikāli ķīmisko īpašību modelēšanā (Koriyama, 2025).

Putošanas īpašību uzlabojumus var saistīt ar *aquafabas* komponentu strukturālajām izmaiņām, ko izraisa pārkaršana. Proteīnu denaturēšana pārkaršanas laikā pakļauj hidrofobos reģionus, palielinot virsmas aktivitāti un veicinot stabilu putu veidošanos. Polisaharīdi, kas pazīstami ar savu viskozitāti un gēla veidošanas spējam, var veicināt putu stabilitāti, mijiedarbojoties ar proteīniem un pastiprinot šīs sistēmas strukturālo integritāti. Proteīni, pektīns un ogļhidrāti ir būtiski *aquafaba* putošanas īpašībai, un jebkuras no šiem komponentiem sadalīšanās novērš putu veidošanos. Tomēr ar nelielu olbaltumvielu daudzumu *aquafabā* nepietiktu, lai patstāvīgi veidotu stabilas putas, jo putas sabruktu, pirms varētu veidoties plēve. Tas liecina par to, ka olbaltumvielu un polisaharīdu mijiedarbībai ir izšķiroša nozīme putu īpašību un putu stabilitātes uzlabošanā. Proteīni galvenokārt veicina putu veidošanos ar savu virsmas aktivitāti, bet polisaharīdi stabilizē putas, uzlabojot viskozitāti un stiprinot struktūru. Tādējādi *aquafaba* putošanas īpašības un stabilitāte ir atkarīgas no sinerģiskās mijiedarbības starp šīm sastāvdaļām (Koriyama, 2025).

Emulsijas sastāv no diviem nesajaucamiem šķidrumiem, parasti ūdens un eļļas, no kuriem viens ir izkliedēts kā nelieli pilieni otrā. Emulsiju iespējams veidot, izmantojot tīru eļļu un tīru ūdeni kopā, bet emulsijas ir termodinamiski nestabilas sistēmas un ūdens un eļļa ātri sadalās divās fāzēs. Šā iemesla dēļ, lai iegūtu emulsijas, kas ir stabilas laikā, ir jāizmanto stabilizētāji, piemēram, emulgātori. *Aquafaba*, ko izmanto kā olu aizstājēju vegānu produktos, ir vērtīgs blakusprodukts.

Pieaug pieprasījums pēc augu valsts izcelsmes un bezglutēna produktiem, ko veicina pieaugošās bažas par veselību un vidi. Tā kā patērētāji ir informēti par vispārējo labklājību un ilgtspējību, pieaug pieprasījums pēc funkcionāliem pārtikas produktiem, kas novērš uztura ierobežojumus. Tāpēc, lai atbildētu uz mūsdienu patērētāju prasībām, ir kļuvusi svarīga vegānu un bezglutēna funkcionālo produktu izstrāde. Ņemot vērā to, ka pasaulē ik gadu tiek apēstas vairāk

nekā 75 miljardi pankūku, tas liek pētīt pankūku sastāva izejvielas un meklēt alternatīvas. Pankūkas ir viens no izplatītākajiem brokastu ēdieniem vairākās valstīs, tās gatavotas no olām, miltiem un piena, un to var modificēt arī vegānu un bezglutēna diētām, izmantojot *aquafaba* un alternatīvos miltus (Tan, 2025).

Salīdzinot ar tādām alternatīvām kā linsēklu želeja un banānu biezenis, *aquafaba* olbaltumvielu profila dēļ rada aerāciju (gaisa pievienošanu maisījumam) un putu stabilitāti (ilgstoši mikroburbuļi), turklāt galaproduktam tas piešķir maz garšas. Tomēr *aquafaba* izmantošana pankūkās, jo īpaši bezglutēna/vegānu formulējumos, joprojām ir joma, kurā trūkst literatūras.

MATERIĀLI UN METODES

Pētījuma materiāli no turku zirņiem (*Cicer arietinum* L.) un baltām pupām (*Phaseolus* spp. L.) pagatavotais *aquafaba*, kā arī ar *aquafaba* pagatavotās pankūkas. Šādi pākšaugi tika izvēlēti, jo tos visvairāk izmanto kādu komerciālo produktu ražošanā.

Pankūku gatavošanai izmantotās izejvielas ir atspoguļotas 57. tabulā.

Vispirms tika pētīts *aquafaba* gatavošanas laiks, laiks, kurā tika vārīti pākšaugi. Iegūstot fizikāli – ķīmiskos rezultātus, tika izvēlēts *aquafaba*. Tad tika analizēta pankūku mīkla, kas pagatavota no *aquafaba*, kā arī kontrolparaugs - pankūku mīkla, kas tika pagatavota, izmantojot olu. Visbeidzot tika pētīti trīs pankūku paraugi: kontrolparaugs, kur mīklā tika izmantota ola; pankūka, kurā ola tika aizvietota ar turku zirņu novārījumu; pankūka, kurā tika aizvietota ola ar balto pupiņu novārījumu.

57.tabula

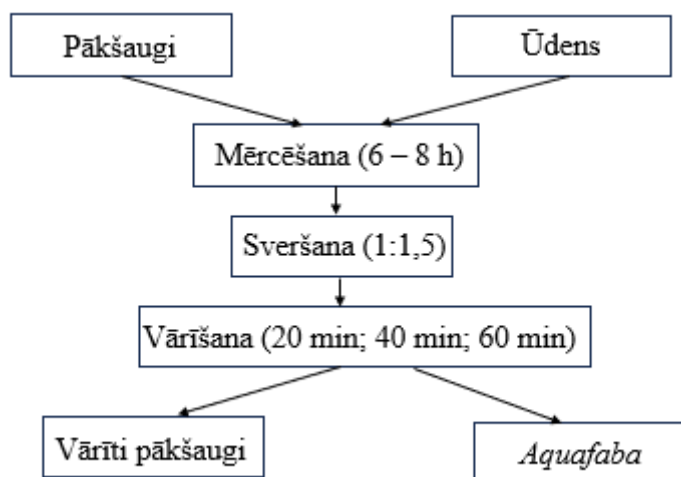
Pankūku gatavošanai izmantoto izejvielu raksturojums

N.p.k.	Izejviela	Ražotājs	Sastāvs, g 100g ⁻¹
1	Kviešu milti	AS "Dobeles dzirnavnieks", Latvija	Tauki – 1.1 g tostarp piesātinātās taukskābes –0.2 g ogļhidrāti –72.6 g tostarp cukuri –0.2 g olbaltumvielas –11 g sāls – 0 g
2	Cukurs	Nordic Sugar AS, Lietuva	Ogļhidrāti – 100 g
3	Sāls	LSTK SIA, Dānija	Smalkais galda sāls, NaCl min 99.5%
4	Turku zirņi	Planet, Turcija	Tauki – 6 g tostarp piesātinātās taukskābes – 0.6 g ogļhidrāti – 43.2 g tostarp cukuri – 10.7 g olbaltumvielas – 19.3 g sāls – 0.1 g
5	Lielās baltās pupiņas (<i>Vicia faba</i> L.)	zemnieku saimniecībā "Zutiņi", Latvija	---
6	Vistu olas	Balticovo A/S, Latvijā	Tauki – 9.40 g Piesātinātās taukskābes – 2.60 g Ogļhidrāti – 0.80 g Cukuri – 0.80 g Olbaltumvielas – 12.00 g Sāls – 0.30 g
7	Ūdens	Jelgavas ūdens SIA, Latvija	---

Aquafaba gatavošana

Pirmajā pētījuma posmā tika sagatavoti pākšaugu (turku zirņu un balto pupiņu) novārījumi, pārbaudot trīs dažādus gatavošanas režīmus.

Pākšaugi tika iemērcēti ūdenī ($t=20\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$) uz 6–8 stundām un pēc tam tika vārīti, izmantojot virtuves ātrvārāmo katlu ūdenī proporcijā (pākšaugi : ūdens) 1:1,5 20 minūtes, 40 minūtes un 60 minūtes (He Y. M., 2021). Eksperimentāli tika novērtētas pupiņu un zirņu *aquafaba* īpašības atšķirībā no vārīšanas laika ietekmes. Lai noteiktu piemērotāko pākšaugu gatavošanas laiku, tika vispusīgi izvērtēti to novārījumu fizikāli–ķīmiskie rādītāji.



50.att. *Aquafaba* tehnoloģiskā shēma.

Pankūku receptūras izstrāde

Otrajā pētījuma posmā tika izstrādātas 13 pankūku mīklu receptūras, kuras ir atspoguļotas 58. tabulā. Mīklu galvenā atšķirība bija pievienotā *aquafaba* daudzums.

58.tabula

Pankūku receptūra, g kg⁻¹

Izejviela	Daudzums, g												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Milti	0.452	0.452	0.452	0.452	0.452	0.452	0.452	0.452	0.452	0.452	0.452	0.452	0.452
Ola	0.009	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Cukurs	0.038	0.038	0.038	0.038	0.038	0.038	0.038	0.038	0.038	0.038	0.038	0.038	0.038
Sāls	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Balto pupiņu novārījums	---	0.102	---	0.153	---	0.204	---	0.305	---	0.407	---	0.509	---
Turku zirņu novārījums	---		0.102	---	0.153	---	0.204	---	0.305	---	0.407	---	0.509
Ūdens	0.500	0.407	0.407	0.356	0.356	0.305	0.305	0.204	0.204	0.102	0.102	0.000	0.000

Trešajā pētījuma posmā, balstoties uz mīklu reoloģiskajām īpašībām un fizikāli–ķīmiskajiem rādītājiem, tika atlasītas trīs pankūku receptes un tika pagatavoti trīs pankūku paraugi (izmantojot balto pupiņu *aquafaba* vai turku zirņu *aquafaba*, kā kontroli izmantoja pankūkas, kuru receptūrā bija ola *aquafabas* vietā). Izstrādātajām pankūkām tika noteikti fizikāli–ķīmiskie rādītāji un sensorās īpašības.

Paraugu (pankūku) gatavošanai tika izmantoti laboratorijas galda svāri SW-1LRS PLUS (CAS Corporation, Dienvidkoreja) un virtuves plīts LKG500013W (Electrolux, Zviedrija).

Kvalitātes parametru noteikšanas metodes

Cietības noteikšanas. Struktūras analīze tika veikta ceptām pankūkām ar struktūras analizatoru TA.HD.plus (Stable Micro Systems Ltd., Lielbritānija), kas tika aprīkots ar 5 kg slodzes elementu. Cilindriskā zonde (30 mm diametrā) tika iestatīta ar kustības ātrumu 1 mm s^{-1} cietības mērījumiem. Atgriešanās ātrums bija 1 mm s^{-1} , un atgriešanās pozīcija tika izvēlēta atkarībā no pankūkas augstuma (Bruttomesso, 2024).

Tauku satura noteikšanas. Tauku satura noteikšana veikta, izmantojot SoxCap 2047 (FOSS, Zviedrija) kombinācijā ar Soxtec ekstrakcijas iekārtu, atbilstoši ISO 6492 metodei. Tika novērtēti 1,0 g pankūku paraugi. Metode balstās uz iegūšanu ekstrakcijas procesā, kā šķīdinātāju izmantojot petrolejas ēteri.

Tauku satura (%) aprēķināšanas formula:

$$\text{Tauku saturs } \% = \frac{(W_3 - W_2)}{W_1}$$

kur: W_1 – parauga svārs, g;

W_2 – ekstrakcijas trauciņa svārs pirms karsēšanas, g;

W_3 – ekstrakcijas trauciņš ar atlikumu pēc karsēšanas, g.

Šķiedrvielu satura noteikšana. Šķiedrvielu satura noteikšanai tika izmantota kvantitatīvā analīzes fermentatīvā – gravimetriskā noteikšanas metode, kā arī Fibertec E System (FOSS, Zviedrija) iekārta. Tika vērtēti 1 g pankūku paraugi, kuriem tika pievienoti fermenti. Pie pH $6,0 \pm 0,2$ tika pievienots enzīms α -amilāze, pie pH $7,5 \pm 0,2$ tika pievienota proteāze un pie pH $4,0 - 4,6$ tika pievienota amiloglikozidāze. Pēc paraugu izturēšanas ūdens vannā temperatūrā 60°C , paraugi tika apstrādāti Fibertec E System (FOSS, Zviedrija) iekārtā. Pēc apstrādāšanas tie ievietoti mufelkrāsnī uz 24 ± 1 stundām temperatūrā $105 \pm 2^\circ \text{C}$, un iegūtas paraugu pelnvielas. Lai noteiktu šķiedrvielu saturu produktā, tika izmantoti dati par iepriekš iegūto olbaltumvielu saturu, kas noteikts ar Kjeldāla metodi.

Šķiedrvielu saturu ($\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$) aprēķina pēc formulas:

$$\text{Šķiedrvielu saturs } (\text{g } 100 \text{ g}^{-1}) = \left[\left(\frac{R_1 + R_2}{2} - \text{mg Proteīni} - \text{mg Pelnvielas} \div \left(\frac{M_1 + M_2}{2} \right) \right] \times 100 \right.$$

kur: R_1/R_2 – parauga svārs kopā ar trauciņu un *Celite*, mg;

M_1/M_2 – parauga svārs, mg.

Putošanas spējas noteikšana. Putošanas īpašības tika novērtētas, mērot *aquafaba* putošanas spēju. Putu ietilpība tika novērtēta kā pārsniegums, kas atspoguļo saputoto putu izplēšanās ātrumu, un tika aprēķināta, mērot putu tilpumu. *Aquafaba* paraugi (30 ml) tika ņemti temperatūrā $4 \pm 1^\circ \text{C}$, atdzesējot tos ledusskapī, un $22 \pm 1^\circ \text{C}$ (istabas temperatūrā), ielejot vārglāzē (100 ml), lai pēc saputošanas noteiktu putu tilpumu. Tāpat tika ņemts olas paraugs $4 \pm 1^\circ \text{C}$ temperatūrā. Pēc tam paraugus saputoja 2 minūtes ar pārtikas rokas mikseri MS 3089 (CLATRONIC, Vācija). Putošanas procesā temperatūra netika aktīvi kontrolēta. Putu izplēšanās procentuālā daļa tika aprēķināta, izmantojot šādu vienādojumu, ko veica pēc (Echeverria-jaramillo, 2021) pētījuma:

$$\text{Putu pārpilde } (\%) = (V_{\text{putas}} - V_{\text{šķīd}}) \div V_{\text{šķīd}} \times 100,$$

kur: $V_{\text{šķīd}}$ ir *aquafabas* sākotnējais tilpums pirms saputošanas,

V_{putas} ir saputoto putu tilpums, kas mērīts 100 ml vārglāzē pēc saputošanas (Koriyama, Optimizing Chickpea Cooking Water (Aquafaba): Enhancing Superior Foaming and Emulsifying Properties Through Concentration Protocols. , 2025).

Aquafaba emulsijas veidošanas spējas noteikšana. Emulgējošās īpašības tika novērtētas pēc (Mustafa R. H., 2018) metodikas. Emulsijas tika pagatavotas 1 minūti, sajaucot vārglāzē 15 ml *aquafaba* un 15 ml rapša eļļu, maisot ar pārtikas roku mikseri MS 3089 (CLATRONIC, Vācija). Pēc tam emulsiju uzglabāja 22 ± 1 °C (istabas temperatūrā). Emulsijas stabilitāte tika novērtēta, mērot šķidruma daudzumu, kas atdalījās no emulsijas pēc 7 dienām. Rezultāti atspoguļo trīs neatkarīgu atkārtojumu vidējos rādītājus.

Emulgēšanas spēja tika aprēķināta, izmantojot (6) vienādojumu:

$$\text{Emulgēšanas spēja (\%)} = V_{et} \div V_{e0} \times 100,$$

kur V_{e0} ir emulsijas tilpums brīdī 0 un V_{et} ir emulsijas tilpums pēc laika t .

Salīdzināšanas nolūkos tika noskaidrota arī olas emulgācijas spēja 4 ± 1 °C temperatūrā, ņemot vērā tās plašo izmantošanu emulsijās, piemēram, majonēzēs (Koriyama, Optimizing Chickpea Cooking Water (Aquafaba): Enhancing Superior Foaming and Emulsifying Properties Through Concentration Protocols. , 2025).

Pankūku sensoro īpašību noteikšana. Sensorā vērtēšana tika veikta pankūkām, kas pagatavotas no olām, pankūkām, kas pagatavotas no balto pupiņu novārījuma un pankūkām, kas pagatavotas no turku zirņu novārījuma. Sensorajai vērtēšanai tika izmantota emocionālā jeb patērētāju metode – 7 punktu hedoniskā skala (ISO 4121:2003), lai noskaidrotu trīs paraugu patikšanas pakāpi. 7 punktu hedoniskajā skalā 1 ir ļoti nepatīk, 4 – nepatīk, 7 – ļoti patīk. Vērtēšanā piedalījās 20 apmācīti vērtētāji, no kuriem 15 bija sievietes un 5 vīrieši. Pirms vērtēšanas vērtētāji tika iepazīstināti ar produktu, kuru nepieciešams novērtēt.

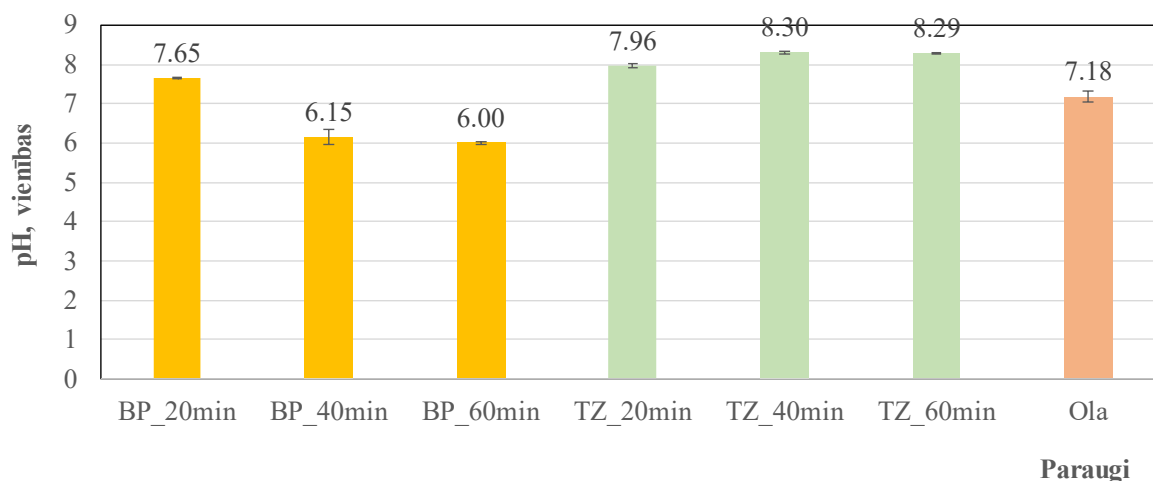
Pankūkas tika pagatavotas iepriekšējā dienā pirms vērtēšanas. Vispirms tika iemaisīta mīkla, tad pankūkas tika izceptas. Pēc tam tās ielika ātrā saldēšanas kamerā. Vērtēšanas dienā pankūkas tika atlaidinātas un sasildītas uz pannas tieši pirms pasniegšanas vērtēšanai. Pankūkas tika pasniegtas vērtētājiem šifrētos traukos.

REZULTĀTI

Pākšaugu novārījuma ieguves optimālā laika notikšana

Lai noteiktu optimālo pākšaugu novārījumu ieguves laiku, eksperimentos veikts vispusīgs no baltām pupiņām un turku zirņiem dažādos apstrādes laikos iegūto novārījumu kvalitātes parametru izvērtējums. Kā kontrole tika izmantota vistas ola. Pākšaugu vārīšanas laiks spiediena katlā 60 minūtes, pupiņas un turku zirņu vārot vairāk par 60 minūtēm, tie sāka intensīvi sadalīties, to saturam pārejot šķīdumā, kas nebija pieņemams.

Aquafaba pH vērtības noteikšana ir svarīga, jo tā ietekmē produkta stabilitāti un putošanas īpašības. Neitrāls vai nedaudz sārmais pH (6–8) ir vide, kurā olbaltumvielu struktūra ir optimāla. Pārāk zems pH (<6) var izraisīt putu sabrukšanu, jo olbaltumvielas koagulējas. Pārāk augsts pH (>9) vai pārāk zems (<4) var ietekmēt mikroorganismu augšanu, kā arī skābā vide var radīt nepatīkamu garšu. Optimāla *aquafaba* pH vērtība ir 6,0–7,5. Neatbilstoša pH vērtība var ietekmēt pagatavoto produktu garšu un krāsu (Buhl, 2019).

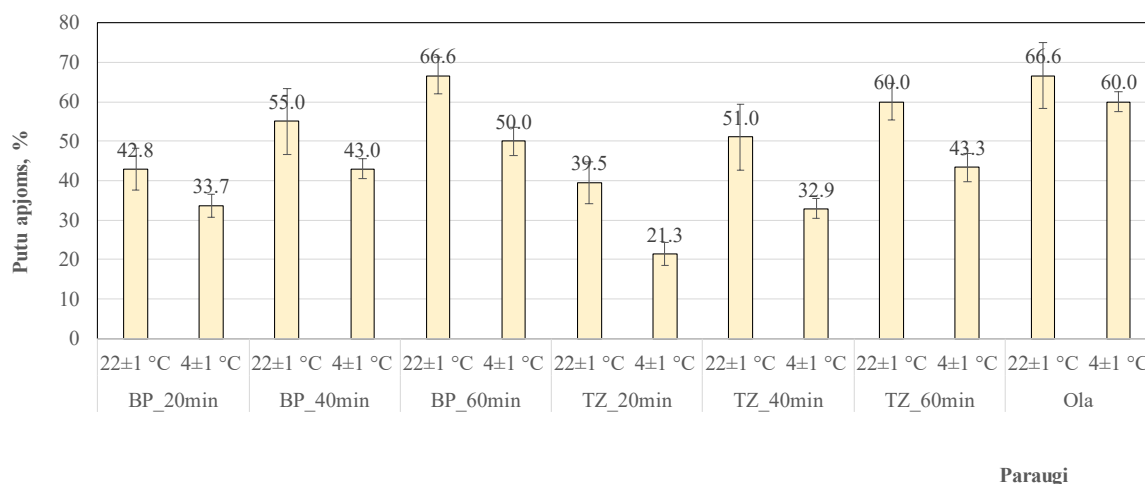


51. att. *Aquafaba* novārījumu un olas pH vērtība.

Eksperimentāli ir iegūts, ka balto pupiņu vārīšanas laikā iegūtā novārījuma pH būtiski ($p < 0.05$) samazinās. Savukārt turku zirņu vārīšanas laikā iegūtā novārījuma pH būtiski nemainās ($p > 0.05$). Olai līdzīgs pH ir iegūts balto pupiņu novārījumam, kas tika iegūts 20 minūšu vārīšanas laikā pH.

Citos pētījumos atspoguļotā *aquafaba* pH vērtība ir 6,38. Savukārt vidēji *aquafaba* pH vērtība ir 6, neliels skābums ir saistīts ar tās sastāvu, jo pākšaugu *aquafaba* sastāv no neliela daudzuma organisko skābju, piemēram, etiķskābes, pienskābes, citronskābes, dzintarskābes un ābolskābes (Grossi Bovi Karatay, 2022).

Pākšaugu novārījumu un olas **putu veidošanas spēja**. Putošanas spējas būtiski ietekmē galaproduktu pagatavošanu (deserti, kūksi). No putām atkarīgs, vai produkts nesabruks, piemēram, cepšanas laikā. Putošana piešķir produktam gaisīgu tekstūru (Minh Nguyet, 2021).



52.att. *Aquafaba* novārījumu un olas putu apjoms.

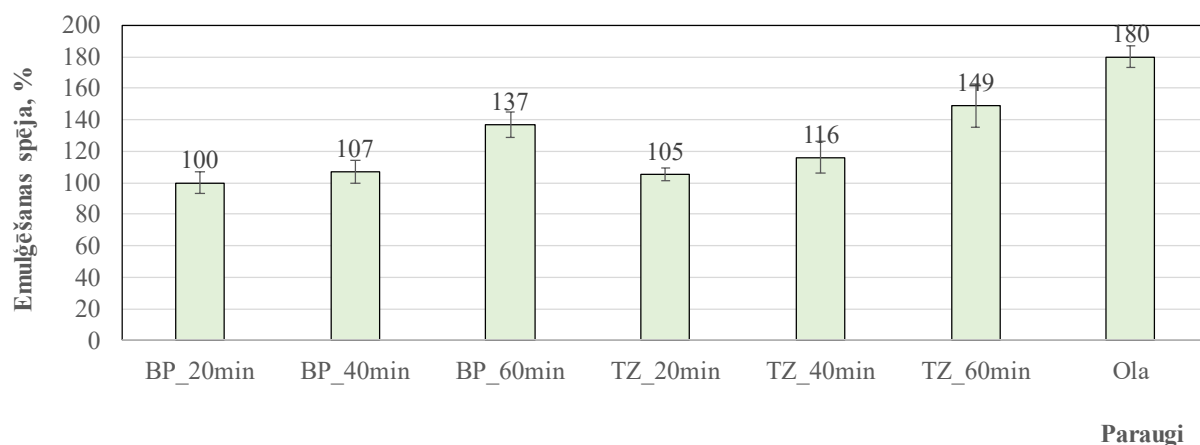
Vājākas emulģēšanas spējas novērojamas pākšaugu novārījumiem, kuri tika iegūti pēc 20 apstrādes minūtēm. Savukārt starp pākšaugu novārījumiem augstākās emulģēšanas spējas ir tiem, kuri tika iegūti pēc 60 minūtēm. Augstākās emulģēšanas spējas ir olu paraugam. Līdzīgas olai putošanas spējas ir putu veidošanas spējas balto pupiņu novārījumam pēc 60 minūtēm temperatūrā 20±1 °C.

Pētāmajos paraugos, tos uzglabājot, istabas temperatūrā, izveidotā putu apjoma līmenis ir ievērojami augstāks nekā paraugos, kas uzglabāti 4±1 °C. Balto pupiņu novārījuma putu apjoms ir augstāks jebkurā novārīšanas laikā, savukārt turku zirņi uzrāda mazāku putu pārpildi gan 20

minūšu, gan 40 minūšu, gan 60 minūšu novārījumā. Savukārt *aquafaba*, kas tika iegūtas pēc 60 minūtēm, pierāda augstāku rezultātu. No visiem paraugiem olu putas atspoguļo visaugstāko rezultātu, un ola nav tik jūtīga pret temperatūras izmaiņām. Olai temperatūras ietekme izmainīja putu apjomu tikai par 6%, bet pākšaugu novārījumu putu apjoms mainījās par 16,5%, kas ir būtiski ($p < 0,05$).

Zinātniskajā literatūrā ir minēts, ka sausi pākšaugi satur ievērojamu daudzumu albumīna (8–12%) un globulīna (53–60%), kas ir atbildīgi par putu veidošanos. Ir pierādīts, ka turku zirņi un baltās pupiņas satur saponīnu, kas tiek uzskatīts par svarīgu putu veidošanā. Šie savienojumi vārīšanas laikā tiek ekstrahēti un izkliedēti, kas uzlabo *aquafaba* putu veidošanos un stabilitāti (Minh Nguyet, Evaluation of textural and microstructural properties of vegan aquafaba whipped cream from chickpeas. , 2021).

Pākšaugu novārījumu un olas **emulsijas veidošanas spēja**. *Aquafaba* emulģēšanas spējas ir svarīgas, jo tās nosaka, cik labi pākšaugu novārījums var vienmērīgi sajaukt ar eļļu vai ūdeni, veidojot stabilu emulsiju. Emulģēšanas spējas palīdz, pagatavotiem no *aquafaba* produktiem, saglabāt vienmērīgu struktūru. Ja emulģēšanas spējas būtu vājas, produkts (piemēram, majonēze) kļūtu graudains vai ūdeņains. Ar *aquafaba* emulsijām ražoto kūku īpatnējā tilpummasa ir manāmi lielāka (Grossi Bovi Karatay, 2022).

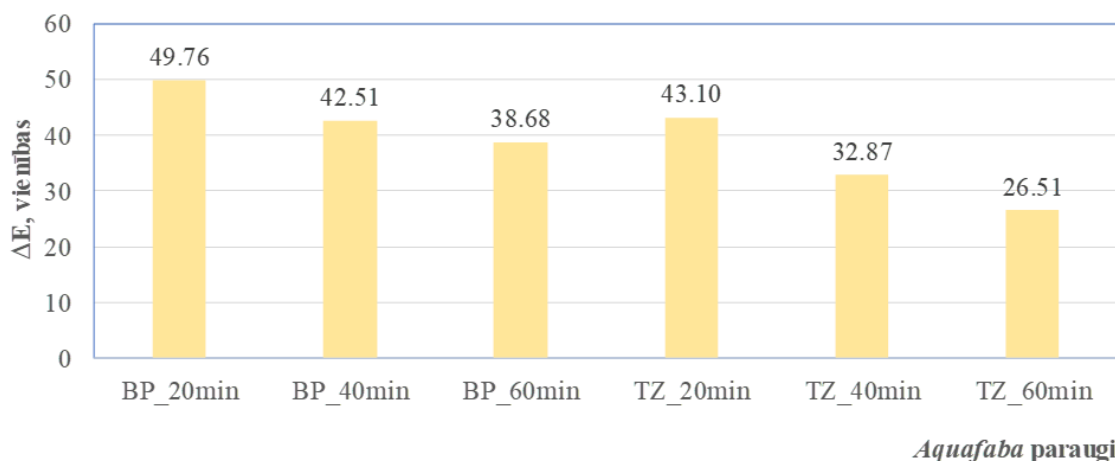


53.att. Pētāmo paraugu emulģēšanas spēja.

Vājākas emulģēšanas spējas novērojamas pākšaugu novārījumiem, kuri tika iegūti pēc 20 minūtēm. Savukārt starp pākšaugu novārījumiem aukstākā ($p < 0,05$) emulģēšanas spēja ir tiem, kuri tika vārīti 60 minūtes. Visaugstākā, t.i. vidēji par 57%, emulģēšanas spēja ir olu paraugam. Pētījumi pierāda, ka emulģēšanas spējas ietekmē produkta pH vērtību. Vislabākā emulģēšanas spēja ir, ja $pH \geq 6$, kā arī tika pierādīts, ka emulģēšana neietekmē produkta krāsu (Grossi Bovi Karatay, 2022).

Pākšaugu novārījumu un olas **krāsas intensitāte**. *Aquafaba* krāsa būtiski ietekmē ēdienu izskatu, jo *aquafaba* krāsa ir brūngana, ēdiens var kļūt pelēks vai brūns. Savukārt dzidra *aquafaba* krāsa ir piemērota bezē gatavošanai (Minh Nguyet, Evaluation of textural and microstructural properties of vegan aquafaba whipped cream from chickpeas. , 2021).

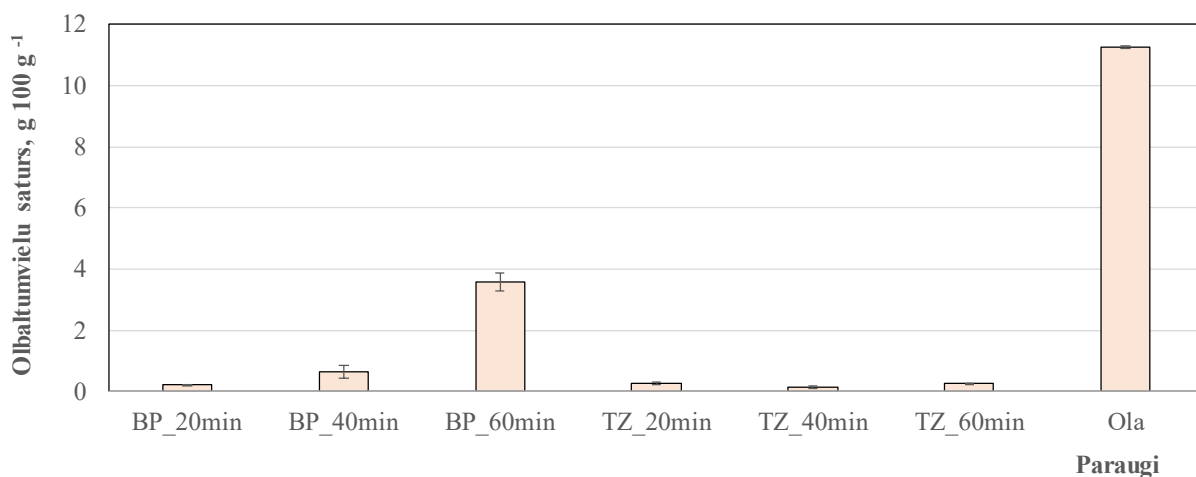
Eksperimentos nav atrastās būtiskās L^* krāsas komponentes atšķirības ($p > 0,05$), starp pētāmajiem paraugiem, kas liecina par to, ka tie bija vienādi gaiši, jo L^* krāsas komponentes vērtība ir tuvu 100, kas liecina par paraugu gaišo toni. Analizējot a^* krāsas komponentes vērtību, atrasts, ka tā ir būtiski zemākā ($p < 0,05$) visiem iegūtajiem *aquafaba* paraugiem, salīdzinot ar olu. Tas skaidrojams ar esošā hlorofila zudumiem pākšaugu vārīšanas laikā, to pāreju *aquafaba* (Shim Y. Y., 2021). Samazinātā a^* krāsas komponentes vērtība liecina par to, ka pākšaugu novārījumi bija vairāk zaļgani, nekā ola. Analizējot b^* krāsas komponentes vērtību noskaidrots, ka starp analizējamiem paraugiem pastāv būtiskās atšķirības ($p < 0,05$), *aquafaba* paraugi bija mazāk dzeltenīgi nekā ola, tie vairāk bija pelēcīgāki nekā kontroles paraugs.



54.att. Paraugu ΔE krāsas analīze.

ΔE raksturo kopējās krāsas atšķirību starp pētāmajiem paraugiem. Pamatā, analizējot ΔE vērtības, ir jāņem vērā, ka: ja $\Delta E = 1.0$, tad krāsas atšķirības cilvēka acs neuztver, $\Delta E = 1 - 2$, tad krāsas atšķirības ir uztveramas, uzmanīgi vērojot, ja $\Delta E = 2 - 10$, tad krāsa atšķirības uztverams ar skatienu, ja $\Delta E = 11 - 49$, tad krāsas ir līdzīgākas nekā pretējās, savukārt, ja $\Delta E = 100$, tad krāsas ir tieši pretējas.⁸ Tāpēc, izvērtējot ΔE vērtību pētāmajiem paraugiem var secināt, ka iegūto pākšaugu novārījumu krāsa ir vairāk līdzīga ar olu krāsu, nekā pretēja.

Pākšaugu novārījumu un olas **olbaltumvielu saturs**. *Aquafaba* olbaltumvielu satura noteikšana ir svarīga, jo pākšaugu novārījumu bieži izmanto kā olu aizstājēju vegānu ēdienos. Olbaltumvielu saturs ir būtisks, lai aizvietotu olu, novēršot uzturvērtības svārstības, un ēdieni, pagatavoti no pākšaugu novārījuma, būtu tikpat bagāti ar proteīnu, lai nebūtu pamanāma starpība starp olu un *aquafaba* (Buhl, Aquafaba as an egg white substitute in food foams and emulsions: Protein composition and functional behavior. , 2019).



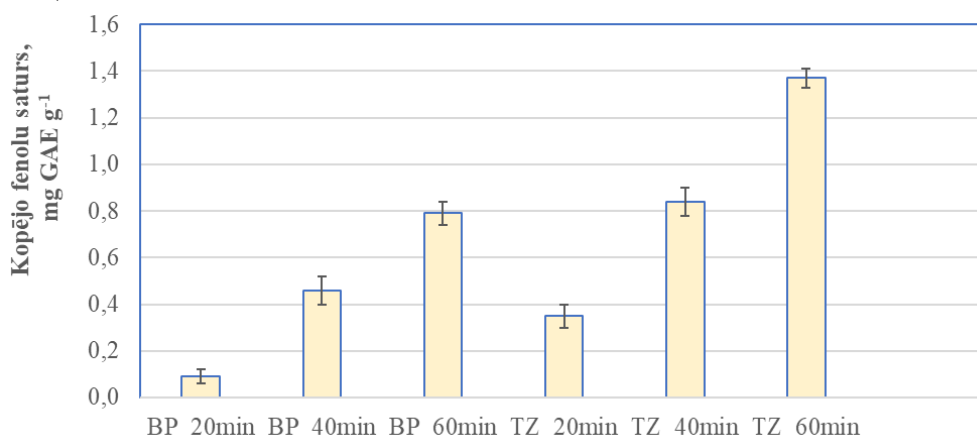
55.att. Pākšaugu novārījumu un olas olbaltumvielu saturs.

Pēc iegūtajiem rezultātiem var secināt, ka balto pupiņu novārījums, kurš tika vārīts vismazāko laiku (20 minūtes), satur vismazāko olbaltumvielu saturu. Līdzīgi turku zirņu novārījums, kurš tika iegūts pēc 20 un 40 vārīšanas minūtēm, satur vismazāk olbaltumvielu. Savukārt baltu pupiņu vārīšana 60 minūtes novārījumā nodrošina augstāku ($p < 0.05$)

⁸ What is Delta E? And Why Is It Important for Color Accuracy? [tiešsaiste] (skatīts 01.05.2025.) Pieejams: <https://www.viewsonic.com/library/creative-work/what-is-delta-e-and-why-is-it-important-for-color-accuracy/>

olbaltumvielu saturu nekā iepriekšējos paraugos. Savukārt olu olbaltumvielu saturs ir būtiski augstāks ($p < 0.05$) nekā visos pētāmajos paraugos. Tas ļauj secināt, ka ar novārījumu olbaltumvielu saturu iespējamajos produktos palielināt nevarēs, aizstājot olas. Salīdzinājumā ar citiem pētījumiem olbaltumvielu saturs *aqua faba* svārstās no 0,5 līdz 3 g uz 100g⁻¹, kas ir atkarīgs no pākšaugu šķirnes (Stasiak, 2023) (de Barros Miranda, 2024).

Pākšaugu novārījumu un olas **kopējo fenolu saturs**. Kopējo fenolu saturu noteikšana dod iespēju pilnīgāk izprast *aqua faba* potenciālu kā funkcionālu pārtikas sastāvdaļu. Fenolu savienojumi ir spēcīgi antioksidanti, un šī īpašība ir svarīga produktu uzturvērtībai, kā arī ietekmē produkta antimikrobiālās īpašības. Fenolu saturs ietekmē *aqua faba* fizikāli – ķīmiskās īpašības, piemēram, emulgēšanas un putošanas spējas. Tas ir būtiski, izmantojot *aqua faba* pārtikas rūpniecībā. Fenoli piešķir rūgtu garšu, tādējādi ietekmējot izmantoto produktu sensorās īpašības (Büyüç, 2024).

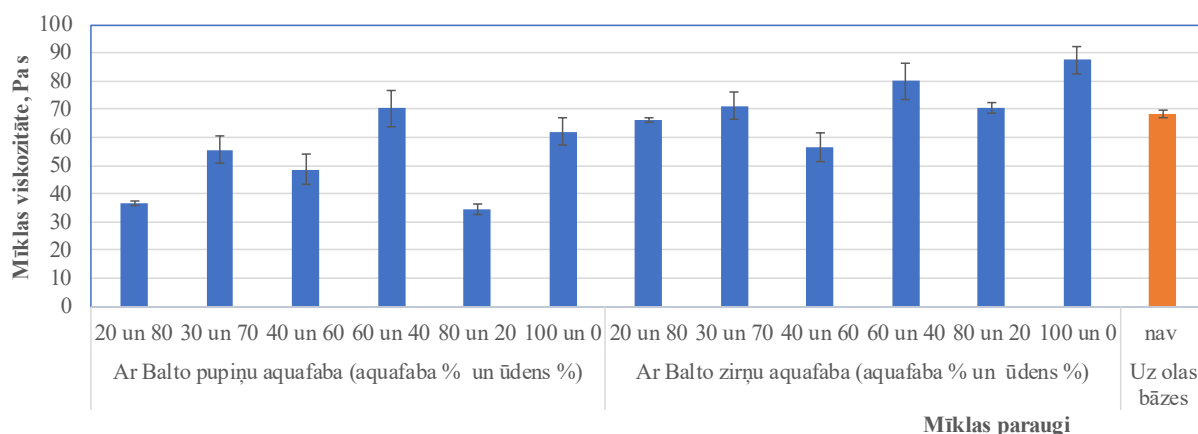


56.att. Pākšaugu novārījumu kopējo fenolu saturs.

Kopējais fenolu saturs pākšaugu novārījumos palielinās proporcionāli novārījumu vārīšanas laikam, jo ilgāk novārījumi tika vārīti, jo lielāks kopējais fenolu saturs ir iegūts novārījumā. Taču turku zirņu novārījumā fenolu saturs ir vislielākais. Turku zirņu novārījumā, kurš tika vārīts 40 minūtes, ir lielāks fenolu saturs nekā balto pupiņu novārījumā, kurš tika vārīts 40 minūtes. Līdzīgi rezultāti iegūti arī citos pētījumos, proti, ka pākšaugu novārījumos kopējais fenolu saturs ir no 0.25 līdz 0.30 g GAE 100 g⁻¹ (Colucci Cante, 2025).

Pankūku mīklas fizikāli–ķīmiskie rādītāji

Mīklas **viskozitātes** noteikšana ir kritiska kvalitātes kontroles daļa pankūku izstrādājumu ražošanā, jo viskozitāte ietekmē gan tehnoloģisko procesu norisi, gan gatavā produkta īpašības. Mīklas viskozitāte ietekmē produkta struktūru, porainību, cepšanas laiku, kā arī ietekmē pankūku sensorās īpašības. Labi sabalansēta viskozitāte nodrošina vienmērīgu garšu, pankūku ārējais izskats būs atbilstošs, nevis, piemēram, ja viskozitāte ir zema, tad pankūkas mēdz plīst (Uthayakumaran, 2000).



57. att. Pankūku mīklas viskozitāte.

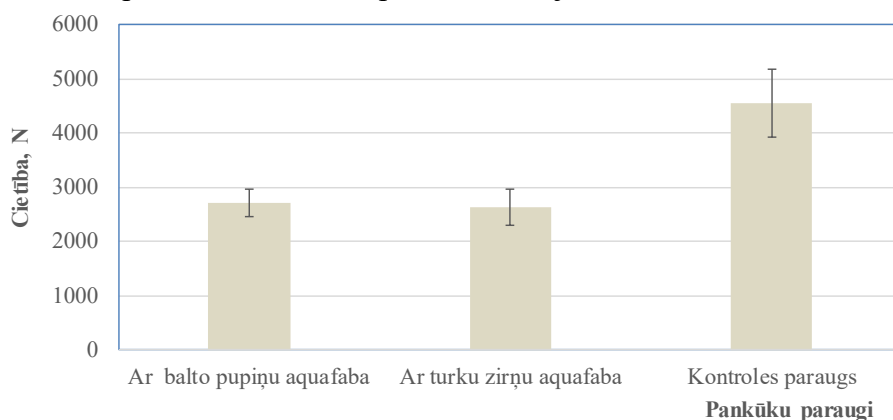
Viskozitātes vidējā vērtība svārstās no 36 Pa s līdz 87 Pa s. Pēc viskozitātes rezultātiem var secināt, ka mīkla, kas pagatavota, izmantojot turku zirņu *aquafaba*, ir viskozāka, salīdzinot ar mīklu, kas pagatavota izmantojot balto pupiņu *aquafaba*. Taču mīkla, kas pagatavota, izmantojot 100% balto pupiņu *aquafaba*, ir līdzīgas viskozitātes mīklai, kuras receptūrā izmantotas olas (kontrols paraugs). Savukārt, salīdzinot mīklu, kuras gatavošanā izmantota turku zirņu *aquafaba*, un mīklu, kuras receptūrā izmantota balto pupiņu *aquafaba*, mīkla ar turku zirņu *aquafaba* ir viskozāka.

Literatūrā ir minēts, ka līdzīgu produktu mīklas viskozitāte svārstās no 14.45 Pas līdz 15.79 Pas, kas ir bez būtiskām atšķirībām ($p < 0.05$). Turklāt mīklas pH vērtība šajā brīdī ir no 6,5 līdz 7,7 (Madhavi, 2025).

Pankūku kvalitātes parametru izvērtējums

Zinātniskajā literatūrā ir minēts, ka līdzīgi, pankūkas, gatavotas uz *aquafaba* bāzes, cepšanas procesā saglabāja savu formu, nesabruka, neizjuka (Kruma, 2014). Salīdzinājumā ar literatūrā esošajiem pētījumiem (Bruttomesso, 2024), pankūku paraugi ar dažādiem *aquafaba* aizstāšanas daudzumiem būtiski atšķiras no kontroles parauga, kurā tika izmantotas olas. Sakošļājamības un kohēzijas parametri, salīdzinājumā ar kontroles paraugu, samazinājās divreiz, proti, pankūkas kļuva mīkstākas.

Eksperimentāli ir noteikts, ka starp pankūku **cietību**, kur receptūrā izmantoja turku zirņu vai balto pupiņu *aquafaba*, būtiskas atšķirības nepastāv ($p > 0,05$). Pankūkas no *aquafaba* ir divas reizes mīkstākas, nekā pankūkas, kuru receptūrā izmantoja olas.



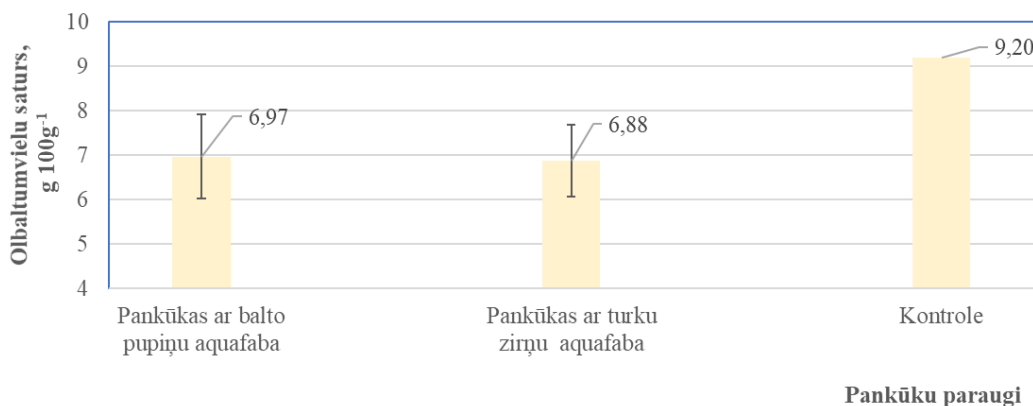
58.att. Pankūku cietība.

Literatūras avoti (Bruttomesso, 2024) liecina, ka paaugstināta cietība kontroles paraugam ir saistīta ar to, ka kontroles pankūkās ir augstāks olbaltumvielu saturs. Kā arī, *aquafaba* ir šķidrāks

produkts, kurš atšķaida lipekļa matricu, kuru veido kviešu milti. Lipekļa struktūra ir būtiska, jo ietekmē pankūku elastības un struktūrīpašības (Bruttomesso, 2024).

Pankūku olbaltumvielu, tauku un šķiedrvielu saturs

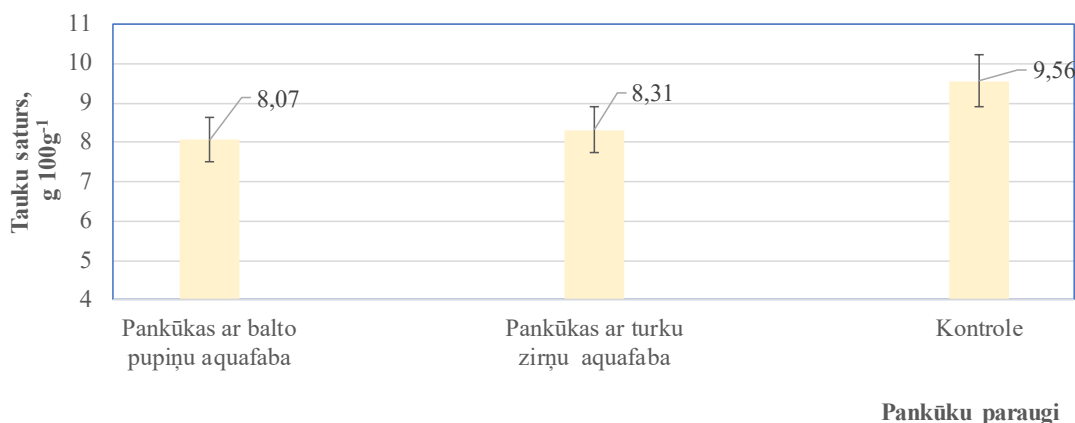
Olbaltumvielu saturs ir tas rādītājs, kurš pierāda, vai pankūkas, pagatavotas no pākšaugu novārījuma, mēdz būt alternatīva pankūkām, pagatavotām ar olām. Tāpat olbaltumvielas ir būtiskas cilvēku uzturā (Mustafa R. H., Aquafaba, wastewater from chickpea canning, functions as an egg replacer in sponge cake. , 2018).



59. att. Olbaltumvielu saturs pankūkās.

Olbaltumvielu satura noteikšanas analīzes pierāda, ka pankūkās, kuras pagatavotas ar *aquafaba*, olbaltumvielu saturs ir par 24% zemāks, nekā kontroles pankūkās, kas ir skaidrojams ar to, ka olbaltumvielas, kas atrodas turku zirņos un baltās pupiņās paliek sēklās, nevis tiek pārnestas *aquafaba* (Guillaume, 2010).

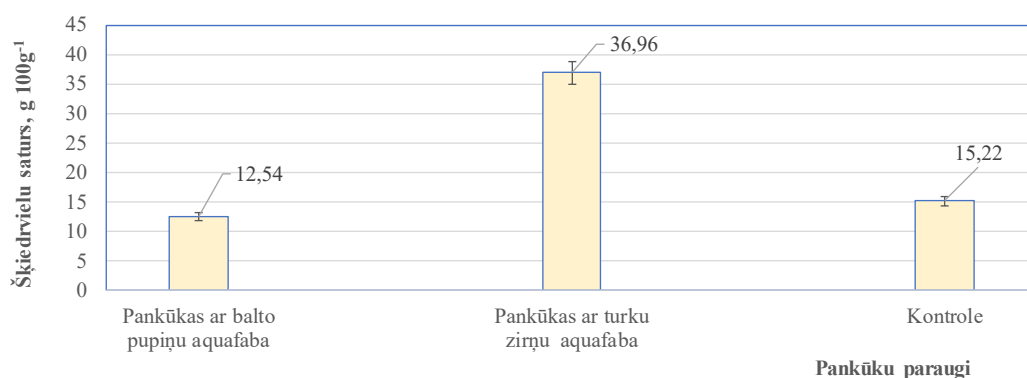
Tauku satura noteikšana pankūkās ir svarīga, jo, zinot tauku saturu, var precīzāk kontrolēt dienas kaloriju patēriņu, kas būtisks svara zaudēšanai vai uztura optimizēšanai. Tauki piešķir pankūkām maigumu un sulīgumu. Zinot to daudzumu, var regulēt recepti, lai sasniegtu vēlamo produkta kvalitāti (Clegg, 2011).



60.att. Tauku saturs pankūkās.

Pētījumā ir iegūts, ka tauku saturs pētāmajās pankūkās būtiski neatšķiras ($p > 0,05$) un ir ļoti līdzīgs.

Pankūkās **šķiedrvielu** saturu veido gan pākšaugu novārījumi, jo pākšaugi ir šķiedrvielu avots, gan izmantotie milti, jo graudi arī ir šķiedrvielu avots it īpaši pilngraudu milti, kas satur daudz šķiedrvielu. Taču $\geq 90\%$ šķiedrvielas satur pākšaugu miziņas, kuras netiek izmantotas pankūku mīklas gatavošanā, tiek izmantots tikai *aquafaba* (Nalbandian, 2025).



61.att. Kopējo diētisko šķiedrvielu saturs pankūkās.

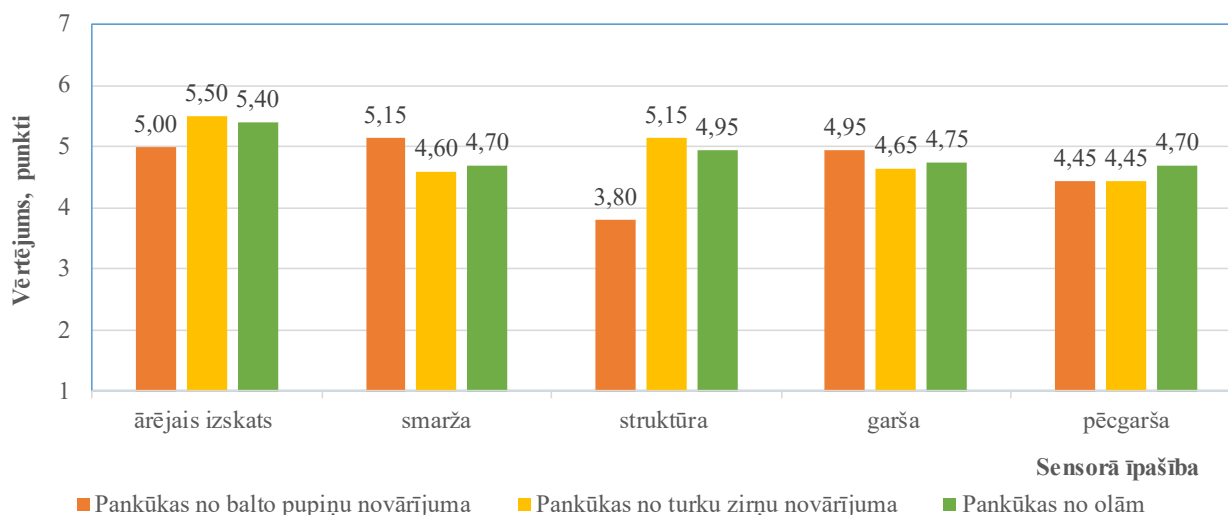
Salīdzinājumā ar rezultātiem, kuri ir publicēti literatūrā, šķiedrvielu daudzums 100 g izstrādātā produkta (pankūkas bez glutēna) ir 2,7–3,0 g, kas ir 3 reizes vairāk, salīdzinājumā ar tradicionālajām pankūkām (pagatavotām no kviešu miltiem) (Kiprushkina, 2020).

Eksperimentos ir iegūtas būtiskas ($p < 0,05$) šķiedrvielu satura atšķirības starp visiem pētāmajiem paraugiem. Visaugstākais šķiedrvielu saturs, vidēji divas reizes augstāks, tika konstatēts pankūkās, kuru receptūrā izmantoja turku zirņu *aquafaba*. Tas var būt skaidrojams ar to, ka turku zirņu sēklās ir lielāks šķiedrvielu saturs (Stasiak, 2023). Savukārt viszemākais šķiedrvielu saturs konstatēts pankūkās, kuru receptūrā izmantoja balto pupiņu *aquafaba*.

Pankūku sensorie rādītāji

Pankūkām, kas pagatavotas no turku zirņu *aquafaba*, no balto pupiņu *aquafaba* un no olām, tika veikta sensorā vērtēšana. Sensorā vērtēšanā piedalījās 20 vērtētāji.

Pankūku paraugi tika vērtēti, izmantojot hēdonisko skalu, kur ar 1 tika vērtēts, kas ļoti nepatīk, un ar 7, kas ļoti patīk. Tika vērtēti pankūku parametri: ārējais izskats, smarža, struktūra, garša, un pēcgarša.



62.att. Pankūku sensorās vērtēšanas rezultāti.

Eksperimentos ir iegūts, ka ārējais izskats pankūku paraugiem tika novērtēts uz 5–5.5, kas neliecina par būtisku atšķirību ($p < 0,05$) starp paraugiem. Smarža augstāk tika novērtēta pankūkām pagatavotām izmantojot balto pupiņu novārījumu (5.15). Savukārt pankūku smaržu, kuras tika pagatavotas no turku zirņu novārījuma un no olām, novērtēja ar 4.6 un 4.7, kas nozīmē, ka vērtētājiem ne nepatika un ne patika šī īpašība. Viszemāko struktūras vērtējumu ieguva pankūkas, kuras tika gatavotas receptūrā izmantojot balto pupiņu novārījumu, taču augstāko

vērtējumu ieguva pankūkas, kuras pagatavotas izmantojot turku zirņu novārījumu. Garšas novērtējums ir līdzīgs visiem trim paraugiem, tos vērtē ar 4.95; 4.65 un 4.75, kas liecina par to, ka pankūku garša būtiski neatšķiras ($p < 0.05$). Kā arī pēcgarša pētāmajiem paraugiem ir novērtētā kā līdzīga.

Vērtētāji izteica savu kopējo viedokli par pankūkām, kuras tika vērtētas. Vērtētājiem patika pankūku garša, taču izveidojās dažāds viedoklis par pankūku struktūru. Nepatika eļļas piegārša, bija ieteikumi sildīt pankūkas uz sviesta. Dažas atbildes no vērtētājiem:

“Laba garša, atbilstošs cukura daudzums. Varētu būt mīkstāka.” – Pankūkas ar balto pupiņu novārījumu.

“Ļoti patīk ārējais izskats. Patika smarža. Struktūra, manuprāt, ir laba, bet bija grūti iekosties. Garša bija salda, ļoti laba.” – Pankūkas ar balto pupiņu novārījumu.

“Struktūra mīksta, garša ir pietiekami laba, prasās nedaudz saldāka, pēcgarša ir jūtama, patīkama.” – Pankūkas ar turku zirņu novārījumu.

“Ārējais izskats un struktūra ir laba. Garša un pēcgarša nepatīk.” – Pankūkas ar olām.

“Struktūra ir mīksta un gumijota, garša laba, bet pēcgarša nedaudz rūgta.” – Pankūkas ar olām.

“Viss labi, šķiet rūgtāka pēcgarša. Varbūt par daudz eļļas.” – Pankūkas ar balto pupiņu novārījumu.

SECINĀJUMI

1. Eksperimentos ir iegūts, ka balto pupiņu/turku zirņu maksimālais gatavošanas laiks novārījuma ieguvei ir 60 minūtes, pākšaugus vārot ātrvārāmā katlā, ievērojot pākšaugu un ūdens proporciju 1,75.
2. Balto pupiņu novārījumam putošanas spējas ir līdzīgas vistu olām.
3. Pankūku mīkla, kas pagatavota, izmantojot turku zirņu novārījumu, ir viskozāka, salīdzinot ar mīklu, kas pagatavota izmantojot balto pupiņu novārījumu vai vistu olas (kontroles paraugs).
4. Pankūkas, kuru receptūrā izmantoja pākšaugu novārījumu, ir divas reizes mīkstākas un olbaltumvielu saturs ir par 24% zemāks, nekā pankūkas, kuru receptūrā izmantoja vistu olas.
5. Sensorās vērtēšanas rezultāti, izmantojot 7 punktu hedonisko skalu, parāda, ka izstrādāto pankūku, kuru pagatavošanā izmantojot balto pupiņu novārījumu, gan smarža (5.15), gan garša (4.95) tika novērtēti augstāk nekā kontroles paraugam (4.70 un 4.75, attiecīgi). Savukārt augstāko struktūras (5.15) un ārēja izskata (5.5) vērtējumu ieguva pankūkas, kuru pagatavošanā izmantoja turku zirņu novārījumu.
6. Ir pierādīts, ka olas pankūku receptūrā var aizstāt ar pākšaugu novārījumu, iegūstot kvalitatīvo produktu, kā alternatīvu tradicionālām pankūkām.

LITERATŪRAS SARAKSTS

1. Adebo, O. A., & Medina-Meza, I. G. (2020). Impact of Fermentation on the Phenolic Compounds and Antioxidant Activity of Whole Cereal Grains: A Mini Review. *Molecules* 2020, Vol. 25, Page 927, 25(4), 927. <https://doi.org/10.3390/MOLECULES25040927>
2. Agati, G., Azzarello, E., Pollastri, S., & Tattini, M. (2012). Flavonoids as antioxidants in plants: Location and functional significance. *Plant Science*, 196, 67–76. DOI: 10.1016/j.plantsci.2012.07.014
3. Arteaga, V. G., Kraus, S., Schott, M., Muranyi, I., Schweiggert-Weisz, U., & Eisner, P. (2021). Screening of Twelve Pea (*Pisum sativum* L.) Cultivars and Their Isolates Focusing on the Protein Characterization, Functionality, and Sensory Profiles. *Foods* 2021, Vol. 10, Page 758, 10(4), 758. <https://doi.org/10.3390/FOODS10040758>
4. Azarina S., Boye J. I., Warkentin T., Malcolmson L. (2011). Changes in volatile flavor compounds in field pea cultivars as affected by storage conditions. *International Journal of Food Science and Technology*. Vol 46, p. 2408 – 2419.
5. Baglio, E. (2014). The Industry of Yoghurt: Formulations and Food Additives, 33–57. DOI: 10.1007/978-3-319-07377-4_3
6. Barac M. B., Carbilo S., Pesic M., Ristic N. (2010). Profile and functional properties of seed proteins from six pea (*Pisum sativum*) genotypes. *International Journal of Molecules Sciences*. Vol. 11, issue 12, p. 4973 – 4990.
7. Baskar, N., Varadharajan, S., Rameshbabu, M., Ayyasamy, S., & Velusamy, S. (2022). Development of plant-based yogurt. *Foods and Raw Materials*, 10(2), 274–282. DOI: 10.21603/2308-4057-2022-2-537
8. Behnia, A., Karazhiyan, H., Niazmand, R., & Mohammadi Nafchi, A. R. (2013). Rheological properties of low fat yogurt containing cress seed gum. *Agricultural Sciences*, 04(09), 29–32. DOI: 10.4236/as.2013.49b005
9. Bewley J. D., Black M. (2000). Physiology of development and germination. *Journal of Plenum press*, p 445.
10. Bocker R., Silva E. K. (2021). Innovative technologies for manufacturing plant-based non-dairy alternative milk and their impact on nutritional, sensory and safety aspects. *Future Food*, Vol. 5, p.1-12. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2021.100098>
11. Bonke A., Sieuwerts S., Petersen I. L. (2020). Amino Acid Composition of Novel Plant Drinks from Oat, Lentil and Pea. *Foods*, Vol.9, p.13. <https://doi.org/10.3390/foods9040429>
12. Borse LB., Borse SL., Gujarathi NA. (2016). Natural toxins and antinutrients in plants and fungi: ecological biochemistry of food. In: D Bagchi, A Swarrop, editors. *Food toxicology*. Florida: CRC press. p 263 – 73.
13. Bott L., Chambers E. (2006). Sensory characteristics of combinations of chemicals potentially associated with beany aroma in foods. *Journal of Sensory Studies*. Vol. 21, p 308 – 321.
14. Boye J., Zare F., Pletch A. (2010). Pulse: proteins: Processing characterization, functional properties and applications in food and feed. *Food Research International*. Vol 43, 414 – 431. doi: 10.1016/j.fooders.2009.09.003.
15. Çabuk, B., Nosworthy, M. G., Stone, A. K., Korber, D. R., Tanaka, T., House, J. D., & Nickerson, M. T. (2018a). Effect of Fermentation on the Protein Digestibility and Levels of Non-Nutritive Compounds of Pea Protein Concentrate. *Food Technology and Biotechnology*, 56(2), 257–264. <https://doi.org/10.17113/FTB.56.02.18.5450>
16. Caille, C., Boukraâ, M., Rannou, C., Villière, A., Catanéo, C., Lethuaut, L., Lagadec-Marquez, A., Bechaux, J., & Prost, C. (2023). Analysis of Volatile Compounds in Processed Cream Cheese Models for the Prediction of “Fresh Cream” Aroma Perception. *Molecules* 2023, Vol. 28, Page 7224, 28(20), 7224. <https://doi.org/10.3390/MOLECULES28207224>
17. Canon, F., Maillard, M. B., Famelart, M. H., Thierry, A., & Gagnaire, V. (2022). Mixed dairy

- and plant-based yogurt alternatives: Improving their physical and sensorial properties through formulation and lactic acid bacteria cocultures. *Current Research in Food Science*, 5(April), 665–676. DOI: 10.1016/j.crfs.2022.03.011
18. Chaieb, N., González, J. L., López-Mesas, M., Bouslama, M., & Valiente, M. (2011). Polyphenols content and antioxidant capacity of thirteen faba bean (*Vicia faba* L.) genotypes cultivated in Tunisia. *Food Research International*, 44(4), 970–977. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2011.02.026>
 19. Chalupa-Krebsdak S., Long C. J., Bohrer B. M. (2018). Nutrient density and nutritional value of milk and plant-based milk alternatives. *International Dairy Journal*, Vol. 87, p. 84-92. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2018.07.018>
 20. Cheng Y., Qingzhong X., Jing L., Changsheng Z., Fumin X., Yuzhong Z. (2014). Decomposition of five phenolic compounds in high temperature water. *Journal of Brazilian Chemical Society*. Vol. 25, issue p. 11.
 21. Cirkovic Velickovic, T. D., & Stanic-Vucinic, D. J. (2018). The Role of Dietary Phenolic Compounds in Protein Digestion and Processing Technologies to Improve Their Antinutritive Properties. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 17(1), 82–103. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12320>
 22. Cui H., Jia Ch., Hayat K., Yu J., Karangwa E., Duhoranimana E., Xia S. Zhang X. (2017). Controlled formation of flavor compounds by preparation and application of Maillard reaction intermediate (MRI) derived from xylose and phenylalanine. *Journal of Food Science and Technology*. Vol. 7, p. 45443 – 45451.
 23. de Paula, A. T., Jeronymo-Ceneviva, A. B., Silva, L. F., Todorov, S. D., Franco, B. D. G. M., & Penna, A. L. B. (2015). *Leuconostoc mesenteroides* SJRP55: a potential probiotic strain isolated from Brazilian water buffalo mozzarella cheese. *Annals of Microbiology*, 65(2), 899–910. <https://doi.org/10.1007/S13213-014-0933-9/FIGURES/5>
 24. Demirdoven A., Baysal T. (2007). Lipoxxygenase in fruits and vegetables. *Enzyme and Microbial Technology*. Vol. 40, p. 491 – 496.
 25. Denkova Z., Denkova R., Yanakieva V., Dobrev I., Kodinova S. (2013). Examining the possibilities for application of pea milk in obtaining fermented probiotic foods. *Journal of Food Science*. Vol. 52, issue 10, p. 1 – 35.
 26. Diko M. H., Gruppen H., Zouzouho O. C., Traore A. S. (2006). Effect of germination on the activities of amylases and phenolic enzymes in sorghum varieties grouped according to food end – use properties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. Vol. 86, issue 6, p. 953 – 963. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2443>
 27. Drulyte D., Online V. (2019). The effect of processing on digestion of legume proteins. *Journal of Foods*. 8 (6): 224 <https://doi.org/10.3390/foods8060224>
 28. Dumoulin, L., Jacquet, N., Malumba, P., Richel, A., & Blecker, C. (2021). Dry and wet fractionation of plant proteins: How a hybrid process increases yield and impacts nutritional value of faba beans proteins. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 72, 102747. <https://doi.org/10.1016/J.IFSET.2021.102747>
 29. Egounlety M., Aworh OC. (2003). Effect of soaking, deshelling, cooking and fermentation with *Rhizopus oligosporus* on the oligosaccharides, trypsin inhibitor, phytic acid and tannins of soybean (*Glycine max* Merr.), cowpea (*Vigna unguiculata* L.) and groundbean (*Macrotyloma geocarpa* Harms). *Journal of Food Engineering* 56 (2): 249 – 54.
 30. EP Regula (ES) Nr.1169/2011 (2011. gada 25. oktobris) par pārtikas produktu informācijas sniegšanu patērētājiem [tiešsaiste] (skatīts 06.05.2022) Pieejams: <https://eur-lex.europa.eu/legalcontent/LV/TXT/HTML/?uri=CELEX:02011R11620140219&qid=1442407657390&from=LV>

31. Emkani, M., Oliete, B., & Saurel, R. (2022a). Effect of Lactic Acid Fermentation on Legume Protein Properties, a Review. *Fermentation* 2022, Vol. 8, Page 244, 8(6), 244. <https://doi.org/10.3390/FERMENTATION8060244>
32. Eom, H. J., Park, J. M., Seo, M. J., Kim, M. D., & Han, N. S. (2008). Monitoring of *Leuconostoc mesenteroides* DRC starter in fermented vegetable by random integration of chloramphenicol acetyltransferase gene. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 35(9), 953–959. <https://doi.org/10.1007/S10295-008-0369-Y>
33. FAOSTAT (2020). “FAOSTAT” [tiesasaistē] (skatīts 17.02.2022) Pieejams: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/>
34. Ferawati, F., Zahari, I., Barman, M., Hefni, M., Ahlström, C., Withhöft, C., & Östbring, K. (2021). High-Moisture Meat Analogues Produced from Yellow Pea and Faba Bean Protein Isolates/Concentrate: Effect of Raw Material Composition and Extrusion Parameters on Texture Properties. *Foods* 2021, Vol. 10, Page 843, 10(4), 843. <https://doi.org/10.3390/FOODS10040843>
35. Gaxiola S., Hernandez C., Saldivar O. (2017). Inactivation methods of trypsin inhibitor in legumes: a review. *Journal of Food Science*. Vol 83, issue 1, p. 17 – 29. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13985>
36. Gorissen S. H. M., Crombag J. J. R., Senden J. M. G., Waterval W. A. H., Bierau J., Verdijk L. B., Loon L. J. C. (2018). Protein content and amino acid composition of commercially available plant – based protein isolates. *National Center for Biotechnology Information*. Vol. 50, issue 12, p. 1685 – 1695.
37. Grasso, N., Alonso-Miravalles, L., & O’Mahony, J. A. (2020). Composition, physicochemical and sensorial properties of commercial plant-based yogurts. *Foods*, 9(3). DOI: 10.3390/foods9030252
38. Guillin F. M., Gaudichon C., Guérin-Deremaux L., Lefranc-Millot C., Gheorghe A., Khodorova N., Benamouzig R., Pomport P. H., Martin J., Calvez J. (2021). Real ileal amino acid digestibility of pea protein compared to casein in healthy humans: a randomized trial. *The American Journal of Clinical Nutrition*, Vol. 115, p. 353-363. <https://doi.org/10.1093/ajcn/nqab354>
39. Gupta, M. K., Torrico, D. D., Ong, L., Gras, S. L., Dunshea, F. R., & Cottrell, J. J. (2022). Plant and Dairy-Based Yogurts: A Comparison of Consumer Sensory Acceptability Linked to Textural Analysis. *Foods*, 11(3). DOI: 10.3390/foods11030463
40. Hailu, D., Abera, S., & Abera Teka, T. (2015). *Effects of Processing on Nutritional Composition and Anti-Nutritional Factors of Grass pea (Lathyrus Sativus L): A Review*. 36. www.iiste.org
41. Harmanakaya M., Ozcan M., Karadas S., Ceyahan E. (2010). Protein and mineral contents of pea (*Pisum sativum L.*) genotypes grown in central Anatolian region of Turkey. *South Western Journal of Horticulture, Biology and Environment*. Vol. 1, issue 2, p. 159 – 165.
42. Harper, A. R., Dobson, R. C. J., Morris, V. K., & Moggré, G. J. (2022). Fermentation of plant-based dairy alternatives by lactic acid bacteria. *Microbial Biotechnology*, 15(5), 1404–1421. DOI: 10.1111/1751-7915.14008
43. Igbasan F. A., Guenter W., Slominski B. A. (2010). Chemical composition and energy and amino acid availabilities for poultry. *Department of Animal Science*. Vol. 21, issue 12 p. 1 – 8.
44. Karaman, K., Bekiroglu, H., Kaplan, M., Çiftci, B., Yürürdurmaz, C., & Sagdic, O. (2022). A detailed comparative investigation on structural, technofunctional and bioactive characteristics of protein concentrates from different common bean genotypes. *International Journal of Biological Macromolecules*, 200, 458–469. <https://doi.org/10.1016/J.IJBIOMAC.2021.12.170>

45. Kassegn H. H., Atsbha T. W., Weldeabezgi L. T. (2018). Effect of germination process on nutrients and phytochemical contents of faba bean (*Vicia faba* L.) for weaning food preparation. *Cogent Food and Agriculture*. Vol. 4, 1545738. doi/pdf/10.1080/23311932.2018.1545738
46. Kokare A. (2017). Atbalsts selekcijas materiāla novērtēšanai integrēto un bioloģisko lauksaimniecības kultūraugu audzēšanas tehnoloģiju ieviešanai Zirņu selekcijas materiāla izvērtēšanai. *AREI, Priekuļu pētniecības centrs*.
47. Lippolis, A., Roland, W. S. U., Bocova, O., Pouvreau, L., & Trindade, L. M. (2023). The challenge of breeding for reduced off-flavor in faba bean ingredients. *Frontiers in Plant Science*, 14. <https://doi.org/10.3389/FPLS.2023.1286803>
48. Lucey, J. A. (2011). Cheese | Acid- and Acid/Heat Coagulated Cheese. *Encyclopedia of Dairy Sciences: Second Edition*, 698–705. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374407-4.00083-2>
49. Maghsoudlou Y., Alami M., Mashkour M., Shahraki M. H. (2016). Optimization of ultrasound-assisted stabilization and formulation of almond milk. *Journal of Food Processing and Preservation*, Vol. 40, p.-828-839. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12661>
50. Margier, M., Georgé, S., Hafnaoui, N., Remond, D., Nowicki, M., Du Chaffaut, L., Amiot, M. J., & Reboul, E. (2018). Nutritional Composition and Bioactive Content of Legumes: Characterization of Pulses Frequently Consumed in France and Effect of the Cooking Method. *Nutrients* 2018, Vol. 10, Page 1668, 10(11), 1668. <https://doi.org/10.3390/NU10111668>
51. Masiá, C., Fernández-Varela, R., Jensen, P. E., & Rahimi Yazdi, S. (2023). The impact of different bacterial blends on texture and flavour development in plant-based cheese. *Future Foods*, 8, 100250. <https://doi.org/10.1016/J.FUFO.2023.100250>
52. Masiá, C., Jensen, P. E., Petersen, I. L., & Buldo, P. (2022). Design of a Functional Pea Protein Matrix for Fermented Plant-Based Cheese. *Foods* 2022, Vol. 11, Page 178, 11(2), 178. <https://doi.org/10.3390/FOODS11020178>
53. Mater, D. D. G., Bretigny, L., Firmesse, O., Flores, M. J., Mogenet, A., Bresson, J. L., & Corthier, G. (2005). *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* survive gastrointestinal transit of healthy volunteers consuming yogurt. *FEMS Microbiology Letters*, 250(2), 185–187. <https://doi.org/10.1016/J.FEMSLE.2005.07.006>
54. Michaels T.E. (2016). Grain Legumes and Their Dietary Impact: Overview. *Encyclopedia of Food Grains (Second Edition)*, Vol. 1–4, p. 265–273. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394437-5.00040-1>
55. Mistry, K., Sardar, S. D., Alim, H., Patel, N., Thakur, M., Jabborova, D., & Ali, A. (2022). Plant Based Proteins: Sustainable Alternatives. *Plant Science Today*, 9(4), 820–828. <https://doi.org/10.14719/PST.1652>
56. Monga, A., Dev, M. J., & Singhal, R. S. (2022). Cottage cheese from blends of fresh green peas (*Pisum sativum* L.) and dairy milk (pEaneer): Preparation, characterization, and sensory evaluation. *LWT*, 160, 113263. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2022.113263>
57. Montemurro, M., Pontonio, E., Coda, R., & Rizzello, C. G. (2021). Plant-based alternatives to yogurt: State-of-the-art and perspectives of new biotechnological challenges. *Foods*, 10(2), 1–21. DOI: 10.3390/foods10020316
58. Morr, C. V, & Ha, E. Y. W. (1993). Critical Reviews in Food Science and Nutrition Whey protein concentrates and isolates: Processing and functional properties Whey Protein Concentrates and Isolates: Processing and Functional Properties. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 33(6), 431–76.
59. Mudgil, D., Barak, S., & Khatkar, B. S. (2014). Guar gum: Processing, properties and food applications - A Review. *Journal of Food Science and Technology*, 51(3), 409–418. DOI: 10.1007/s13197-011-0522-x
60. Munekata P.E.S., Domínguez R., Budaraju S., Roselló-Soto E., Barba F. J., Mallikarjunan K., Roohinejad S., Lorenzo J. M. (2020.) Effect of Innovative Food Processing Technologies on

- the Physicochemical and Nutritional Properties and Quality of Non-Dairy Plant-Based Beverages. *Foods*, Vol. 9, p. 288. <https://doi.org/10.3390/foods9030288>
61. Narish Y. H. (2012). The study of germination and soaking time to improve nutritional quality of sorghum seed. *International Food Research Journal*. Vol. 50, p. 210 – 220.
 62. Ngozi, O.-O. P., & Nkiru, O.-A. (2014). Obiakor-Okeke Philomena Ngozi, Oly-Alawuba Nkiru. Evaluation of Tannin, Phytate and Mineral Composition of Different Indigenous Dishes Based on Pumpkin (Cucurbita Pepo). *International Journal of Nutrition and Food Sciences*, 3(6), 493–496. <https://doi.org/10.11648/j.ijnfs.20140306.11>
 63. Nguyen, P. T. M., Bhandari, B., & Prakash, S. (2016). Tribological method to measure lubricating properties of dairy products. *Journal of Food Engineering*, 168, 27–34. <https://doi.org/10.1016/J.JFOODENG.2015.07.011>
 64. Ojo, M. A. (2022). Tannins in Foods: Nutritional Implications and Processing Effects of Hydrothermal Techniques on Underutilized Hard-to-Cook Legume Seeds—A Review. *Preventive Nutrition and Food Science*, 27(1), 14. <https://doi.org/10.3746/PNF.2022.27.1.14>
 65. Okshevsky M. & Let's Talk Science (2020). “Cows, Methane, and Climate Change” [tiešsaiste] (skatīts 02.02.2022.) Pieejams: <https://letstalkscience.ca/educational-resources/stem-in-context/cows-methane-and-climate-change>
 66. Ong, L., Pax, A. P., Ong, A., Vongsvivut, J., Tobin, M. J., Kentish, S. E., & Gras, S. L. (2020). The effect of pH on the fat and protein within cream cheese and their influence on textural and rheological properties. *Food Chemistry*, 332, 127327. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2020.127327>
 67. Ozola L., Ciproviča I. (2002). *Piena pārstrādes tehnoloģija*. Jelgava: LLU, PTF. 6.lpp
 68. Pasko P., Barton H., Zagrodzki P., Gorinsten S., Folta M., Zachwieja Z. (2009) Anthocyanins, total polyphenols and antioxidant activity in amaranth and quinoa seeds and sprouts during their growth. *Journal of Food Chemistry*. Vol 115, 994 – 998.
 69. Pastuszewska B., Vitjazakova M., Swiech E., Taciak M. (2004). Composition and in vitro digestibility of raw versus cooked white and color flowered peas. Vol. 48, 221 – 5.
 70. Rakcejeva T. (2006). Biologically activated grain in wheat bread technology. *Resume of the Ph.D. thesis*. Jelgava, LLU, PTF, p 18.
 71. Rasskazova I., Kirse-Ozolins A. (2020). Field pea pisum sativum l. As a perspective ingredient for vegan foods. *Food science*, Vol.35. p. 125-131.
 72. Rusydi M., Azlan A. (2012). Effect of germination on total phenolic, tannin and phytic acid contents in soybean and peanut. *International Food Research Journal*. Vol. 19, issue 2, p. 673 – 677.
 73. Saha A., Mandal S. (2019). Nutritional benefit of soybean and its advancement in research. *Journal of Sustainable Food Production*. Vol. 5, p. 6 – 16. <https://doi.org/10.18052/www.scipress.com/SFP.5.6>
 74. Saxena D. C., Sharma S., Riar C. S. (2016). Analyzing the effect of germination on phenolic, dietary fibers, minerals and γ – amino butyric acid contents of barnyard millet (*Echinochloa frumentacea*). *Food Bioscience*. Vol. 13, issue 1, p. 60 – 68.
 75. Segliņa D., Krasnova I., Olšteine A., Feldmane D. (2015). Kopējais fenolu, antociānīnu un tanīnu saturs skābo ķiršu augļos un spiedpaliekās. Latvijas valsts augļkopības institūts. *Zinātniski praktiskā konference “Līdzsvarota lauksaimniecība”*.
 76. Shim, Y. Y. (2018). Composition and Properties of Aquafaba: Water Recovered from Commercially Canned Chickpeas. *Journal of Visualized Experiments* 2018 Feb 10;(132):56305. doi: 10.3791/56305. PMID: 29553544; PMCID: PMC5912395..
 77. Shim, Y. Y. (2021). Aquafaba from Korean Soybean I: A Functional Vegan Food Additive. .
 78. Short E. C., Kinchla A. J., Nolden A. A. (2021). Plant-Based Cheeses: A Systematic Review of Sensory Evaluation Studies and Strategies to Increase Consumer Acceptance. *Foods*, Vol. 10,10 (4) p.725. <https://doi.org/10.3390/foods10040725>

79. Silva, P. G., & Rodrigues, A. C. (2022). Aquafaba powder, lentil protein and citric acid as egg replacer in gluten-free cake: A model approach. *Applied Food Research*, Vol. 2, (2), <https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100188>.
80. Singleton, V. L.-R. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. . *Methods in Enzymology*, Academic Press, Vol. 299, 1999, pp. 152-178, [https://doi.org/10.1016/S0076-6879\(99\)99017-1](https://doi.org/10.1016/S0076-6879(99)99017-1).
81. Senanayake, D., Torley, P. J., Chandrapala, J., & Terefe, N. S. (2023). Microbial Fermentation for Improving the Sensory, Nutritional and Functional Attributes of Legumes. *Fermentation* 2023, Vol. 9, Page 635, 9(7), 635. <https://doi.org/10.3390/FERMENTATION9070635>
82. Silva A.R., Silva M.N., Barnardo D. R. (2020). Health issues and technological aspects of plant-based alternative milk. *Food Research International*, Vol.131, p. 2-3. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108972>
83. Sinck M., Bilgili U., Uzun A., Acikgoz E. (2004). Effect of low temperatures on the germination different field pea genotypes. *Journal of Seed Science Technology*. Vol. 29, p. 599 – 608.
84. Stasiak, J. S. (2023). The Potential of Aquafaba as a Structure-Shaping Additive in Plant-Derived Food Technology. . *Applied Sciences* 2023, Vol. 13, Page 4122 (7), <https://doi.org/>.
85. Strapcāne., I. (2022). Pākšaugi - alternatīva taukvielām bagātiem produktiem. <https://lais.llu.lv/pls/pub/luj.fprnt>.
86. Suhaibani M., Ahmed M. A., Osman M. A. (2020). Study of germination, soaking and cooking effects on the nutritional quality of goat pea (*Securigera securidaca L.*). *Journal of King Saud University – Science*. Vol. 32, issue 3, p. 2029 – 2033.
87. Tan, G. O. (2025). Effect of Aquafaba and Almond Milk on the Quality of Gluten-Free Vegan Pancakes: Nutritional and Sensory Evaluation. *Plant Foods for Human Nutrition*, Vol 1, 1–7. <https://doi>.
88. Tang D., Dong Y., Guo N., Li N., Ren H. (2014). Metabolomics analysis of the polyphenols in germinating mung beans (*Vigna radiate*) seeds and sprouts. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. Vol. 94, p. 1639 – 1647.
89. Tarasevičiene Ž., Viršile A., Danilčenko H., Duchovskis P., Palauskiene A., Gajewski M. (2018). Effects of germination time on the antioxidant properties of edible seeds.
90. Thanos A. J. (2018). Water changes in canned dry peas and peas and beans during heat processing. *International Journal of Food Science and Technology*. Vol. 33, issue 6, 539 – 545.
91. Tulbek, M. C., Lam, R. S. H., Wang, Y. C., Asavajaru, P., & Lam, A. (2017). Pea: A Sustainable Vegetable Protein Crop. *Sustainable Protein Sources*, 145–164. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802778-3.00009-3>
92. Verni, M., Verardo, V., & Rizzello, C. G. (2019). How Fermentation Affects the Antioxidant Properties of Cereals and Legumes. *Foods* 2019, Vol. 8, Page 362, 8(9), 362. <https://doi.org/10.3390/FOODS8090362>
93. Verni, M., Wang, C., Montemurro, M., De Angelis, M., Katina, K., Rizzello, C. G., & Coda, R. (2017). Exploring the microbiota of faba bean: Functional characterization of lactic acid bacteria. *Frontiers in Microbiology*, 8(DEC), 286825. <https://doi.org/10.3389/FMICB.2017.02461/BIBTEX>
94. Wang, N., & Daun, J. K. (2004). Effect of variety and crude protein content on nutrients and certain antinutrients in field peas (*Pisum sativum*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84(9), 1021–1029. <https://doi.org/10.1002/JSFA.1742>
95. Wei X., Wanasundara J., Shand P. (2022). Short – term germination of faba bean (*Vicia faba L.*) and the effect on selected chemical constituents. *Journal of Science Direct*. Vol. 2, issue 1. 100030.

96. Wu, T., Taylor, C., Nebl, T., Ng, K., & Bennett, L. E. (2017). Effects of chemical composition and baking on in vitro digestibility of proteins in breads made from selected gluten-containing and gluten-free flours. *Food Chemistry*, 233, 514–524. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2017.04.158>
97. Xiang, L., Zhu, W., Jiang, B., Chen, J., Zhou, L., & Zhong, F. (2023). Volatile compounds analysis and biodegradation strategy of beany flavor in pea protein. *Food Chemistry*, 402, 134275. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2022.134275>
- Xing Y., Ma J., Yao Q., Zhang J., Zhao G. (2022). The change in the structure and functionality of ferritin during the production of pea seed milk. *Journal of Foods*. Vol. 11, p. 557.
98. Xu M. J., Dong J. F., Zhu M. Y. (2012). Effects of germination conditions on ascorbic acid level and yield of soybean sprouts. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. Vol. 85, p. 943 – 947
99. Xu, F., Zhang, L., Liu, W., Liu, Q., Wang, F., Zhang, H., ... Blecker, C. (2021). Physicochemical and structural characterization of potato starch with different degrees of gelatinization. *Foods*, 10(5), 1–15. DOI: 10.3390/foods1005110
100. Yang, M., Li, N., Tong, L., Fan, B., Wang, L., Wang, F., & Liu, L. (2021). Comparison of physicochemical properties and volatile flavor compounds of pea protein and mung bean protein-based yogurt. *Lwt*, 152(August), 112390. DOI: 10.1016/j.lwt.2021.11239
101. Yi, R., Tan, F., & Zhao, X. (2020). Physicochemical and functional properties of lactobacillus fermented soybean milk. *E3S Web of Conferences*, 145, 8–11. DOI: 10.1051/e3sconf/20201450103
102. Zha F., Dong S., Rao J., Cheen B. (2019). The structural modification of pea protein concentrate with gum Arabic by controlled Maillard reaction enhances its functional properties flavor attributes. *Food Hydrocolloids*. Vol. 92, 30 – 40. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.01.046>
103. Zhang C., Hua Y., Li X., Kong Y. (2020). Key volatile off – flavor compounds in peas (*Pisum sativum L.*) and their relations with the endogenous precursors and enzymes using soybean (*Glycine max*) as a reference. *Journal of Food Chemistry*. Vol 333 p. 127469
104. Zhang K., Dong R., Hu X., Ren Ch. (2021). Oat – based foods: chemical constituents, glycemic index, and the effect of processing. *Journal of Food Engineering and Nutrient science*. Vol. 10, issue 6. <https://doi.org/10.3390/foods10061304>
105. Zhang K., Zhang C., Zhuang H., Liu Y., Feng T., Nie B. (2021). Characterization of volatile component changes in peas under different treatments by GC – IMS and GC – MS. *Journal of Food Quality*. Vol. 2. <https://doi.org/10.1155/2021/6533083>
106. Zhang, H., Önning, G., Triantafyllou, A. Ö., & Öste, R. (2007). Nutritional properties of oat-based beverages as affected by processing and storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87(12), 2294–2301. <https://doi.org/10.1002/JSFA.2987>