

Latvijas Lauksaimniecības universitāte
Latvia University of Life Sciences and Technologies

Pārtikas tehnoloģijas fakultāte

Faculty of Food Technology



Mg.sc.ing. **Liene Ozola**

**ĪPAŠIEM MEDICĪNISKIEM NOLŪKIEM
PAREDZĒTAS PĀRTIKAS IZSTRĀDE**

***DEVELOPMENT OF FOOD PRODUCTS
FOR SPECIAL MEDICAL PURPOSES***

Promocijas darba KOPSAVILKUMS
zinātniskā doktora grāda zinātnes doktors (Ph.D.)
pārtikas un dzērienu tehnoloģijās iegūšanai

SUMMARY
of the Doctoral thesis for acquiring a Doctor of Science (Ph.D)
in Food and Beverage Technologies

Jelgava
2021

Promocijas darba vadītājs / Scientific supervisor:
LLU docente, vadošā pētniece Dr.sc.ing. **Solvita Kampuse.**

Darba recenzenti / Official reviewers:

Latvijas Zinātņu akadēmijas korespondētājocekle / Corresponding member of the Latvian Academy of Sciences; Vadošā pētniece / Leading researcher, Dr.sc.ing. **Dalija Segliņa** – Dārzkopības institūts / Institute of Horticulture;

Profesore, vadošā pētniece / Professor, leading researcher, Dr.sc.ing. **Ilze Beitāne** – Lavijas Lauksaimniecības universitāte / Latvia University of Life Sciences and Technologies;

Pētnieks / Researcher, Dr.sc.ing. **Vitālijs Radenkovs** – Dārzkopības institūts / Institute of Horticulture.

Promocijas darba aizstāvēšana notiks Latvijas Lauksaimniecības universitātes Pārtikas un dzērienu tehnoloģijas nozares promocijas padomes atklātajā sēdē 2021. gada 27. augustā Pārtikas tehnoloģijas fakultātes 216. auditorijā, Rīgas ielā 22a, Jelgavā.

The defence of dissertation in an open session of the Promotion Board of the Food and Beverage Technology of Latvia University of Life Sciences and Technologies will be held on August 27, 2021 in auditorium 216 at Faculty of Food Technology Riga Street 22a, Jelgava.

Ar promocijas darbu un tā kopsavilkumu var iepazīties LLU Fundamentālajā bibliotēkā, Lielā iela 2, Jelgavā un internetā (pieejams: www.kopkatalogs.lv). Atsauksmes sūtīt Pārtikas un dzērienu tehnoloģijas nozares promocijas padomes sekretārei, profesorei Dr.sc.ing. **I. Beitānei** (Rīgas iela 22a, Jelgava LV-3004, e-pasts: ilze.beitane@llu.lv).

The dissertation is available at the Fundamental Library of the Latvia University of Life Sciences and Technologies, Liela Street 2, Jelgava, and on the internet: <http://www.kopkatalogs.lv> **References should be sent to professor Dr.sc.ing. I. Beitane, the Secretary of the Promotion Board of Food and Beverage Technology at the Faculty of Food Technology, Riga Street 22a, Jelgava LV-3004, Latvia or e-mail:** ilze.beitane@llu.lv.

SATURS

PĒTĪJUMA AKTUALITĀTE	4
ZINĀTNISKĀ DARBA APROBĀCIJA	6
MATERIĀLI UN METODES	9
REZULTĀTI UN DISKUSIJA.....	22
1. CAUR ZONDI LIETOJAMU PRODUKTU GATAVOŠANAS TEHNOLOGIJU IZSTRĀDE UN IZVĒRTĒJUMS.....	22
2. CAUR ZONDI LIETOJAMO PRODUKTU UZTURVIELU IZVĒRTĒJUMS	26
3. MODIFICĒTAS STRUKTŪRAS PRODUKTU IZSTRĀDE LABORATORIJAS APSTĀKĻOS ...	28
4. INDUSTRIĀLI RAŽOTU MODIFICĒTAS STRUKTŪRAS PRODUKTU IZVĒRTĒJUMS	31
SECINĀJUMI.....	34

CONTENT

TOPICALITY OF THE RESEARCH.....	36
APPROBATION OF THE RESEARCH.....	38
MATERIALS AND METHODS	39
RESULTS ANS DISCUSSION.....	42
1. DEVELOPMENT AND EVALUATION OF ENTERAL TUBE FEED PRODUCT PREPARATION TECHNOLOGIES	42
2. EVALUATION OF NUTRIENT CONTENT IN ENTERAL TUBE FEED PRODUCTS	44
3. DEVELOPMENT OF TEXTURE MODIFIED PRODUCTS UNDER LABORATORY CONDITIONS.....	45
4. EVALUATION OF INDUSTRIALLY PRODUCED TEXTURE MODIFIED PRODUCTS	46
CONCLUSIONS.....	47

PĒTĪJUMA AKTUALITĀTE

Atbilstošam un pietiekamam uzturam cilvēka dzīvē ir būtiska nozīme, tā galvenais uzdevums ir nodrošināt cilvēka organismu ar uzturvielām, kas nepieciešamas ķermeņa funkciju normālai darbībai, lai pasargātu mūs no dažādām saslimšanām un kopumā nodrošinātu atbilstošu dzīves kvalitāti (Cilla et al., 2018b).

Gadījumos, kad cilvēks psiholoģisku vai fizioloģisku iemeslu dēļ nespēj uzņemt nepieciešamās uzturvielas vai uzņemšanas veids ir neefektīvs, nepieciešama medicīniska rekomendācija par parenterālās vai enterālās barošanas uzsākšanu.

Parenterālajā barošanā uzturvielas pacientiem tiek nodotas šķidruma formā, kas organismā tiek ievadītas izmantojot perifēro vēnu, tās tieši ievadot asinsritē, tādējādi apejot gremošanas sistēmu un uzturvielu pārstrādi uzsākot aknās (Jones et al., 2011; Rozenbergs, 2011). Savukārt enterālā barošana ir daudzkārt vienkāršāks process, kas ietver orāli lietojamus speciālus uztura produktus un produktus barošanai caur zondi (Weimann et al., 2006). Īpašas diētas pārtikas produkti ir šī pētījuma galvenais objekts un darbā padziļināti tiks apskatīta jaunu produktu barošanai caur zondi (šķidrie maisījumi) un modificētas struktūras produktu, kas paredzēti disfāgijas pacientiem, izstrāde.

Nepieciešamībai pēc speciālā uztura var būt dažādi cēloņi, taču kā vienu no galvenajiem min malnutrīciju vai potenciālu malnutrīcijas attīstībai. Atsevišķas medicīniska rakstura publikācijas arī norāda, ka šādas enterālā uztura terapijas tiek rekomendētas cilvēkiem pirms un pēc operāciju periodos, pēc dažādām fiziskām traumām, kas tieši apgrūtina uztura „normālu” uzņemšanu, kā arī onkoloģijas pacientiem, cilvēkiem pēc triekām, kas var izraisīt īslaicīgus vai ilgstošus rīšanas traucējumus – disfāgiju.

Eiropas rīšanas traucējumu biedrība kopā ar ES Geriatriiskās medicīnās biedrību 2016. gadā izveidoja ziņojumu par orofarengiālo disfāgiju kā geriatriisko (vecāka gada gājuma cilvēku aprūpe) sindromu. Viņu apkopotajā informācijā izkristalizējās, ka rīšanas traucējumi ir ļoti izplatīti vecāka gada gājuma cilvēkiem, un tas ir saistīts ne tikai ar ķermeņa novecošanos, bet arī ar citām medicīniskām problēmām, neiroloģiskām saslimšanām un neirodegeneratīvām slimībām (trieku, Parkinsona slimību, Alcheimera slimību un visām demences formām, sirds mazspēju, reimatismu, artrītu u.c.), kā arī vispārēju vājumu un sarkopēniju. Pēc Baijens et al. (2016) apkopotās informācijas disfāgija Eiropā novērojama vismaz 23% vecāka gada gājuma cilvēku, kas dzīvo patstāvīgi, līdz 51% stacionāros dzīvojošiem ļaudīm un pat 84% no tiem, kas slimī ar kādu no demences formām vai neirodegeneratīvām slimībām.

Latvijā komerciāli pieejamais īpašiem medicīniskiem nolūkiem paredzētais uzturs ir visai vienveidīgs un tā klāsts nav plašs, jo vietējais tirgus ir neliens.

Komerciāli piedāvātie produkti ir neatņemama uztura terapijas daļa, taču pēdējo gadu laikā medicīnas personālam, kā arī plašākai sabiedrībai ir radušas bažas par to, cik efektīva ir sintētisko uztura elementu lietošana salīdzinājumā ar to dabīgajiem avotiem. Jāvērš uzmanība, ka būtiski lielākā daļa šo gatavo uztura formulu satur sintētiskos vitamīnus un minerālvielas un praktiski nesatur šķiedrvielas, kam ir liela nozīme pareizai zarnu darbībai.

Kvalitatīvu un uzturvielām bagātu pārtikas produktu uzņemšanai ir būtiska loma cilvēku atveseļošanās procesā, jo sniedz organismam visu nepieciešamo optimālai funkciju nodrošināšanai. Šādu produktu izveide ir atbildīgs process, jo tam ir jāsasniedz vēlamais efekts. Taču paredzēt, kādā mērogā lietotais uzturs spēs nodrošināt ar nepieciešamo, ir diskutabls jautājums pat cilvēkam bez nopietniem veselības traucējumiem. Katra cilvēka gremošanas sistēma un organisma spēja izmantot uzņemtās uzturvielas ir unikāls process un tā darbību ietekmē visdažādākie faktori. Tas ir viens no būtiskiem jautājumiem veselības aprūpes jomā, kas sarežģī ne tikai aprūpes personāla darbu, bet var radīt nopietras komplikācijas pacientu atveseļošanās procesā.

Promocijas darba **hipotēze**: izmantojot dabīgas izcelesmes augu un dzīvnieku valsts izejvielas, ir iespējams izveidot produktus, kas nodrošina rekomendētās uzturvielas īpašas diētas produktos.

Pētījuma hipotēze aizstāvama ar sekojošām **tēzēm**.

1. No dabīgām augu un dzīvnieku valsts izejvielām ir iespējams izveidot caur zondi lietojamus enterālos produktus un modificētas struktūras produktus, kas nodrošinātu pacientiem rekomendēto uzturvielu daudzumu.
2. Produktu apstrāde, izmantojot vakuumu un angstspiediena metodes, pozitīvi ietekmē bioaktīvo savienojumu saglabāšanos, samazinot to noārdīšanās pakāpi un ātrumu.
3. Izstrādāto modificētas struktūras produktu sagremojamība *in vitro* apstākļos pierāda organisma potenciālo spēju uzņemt nepieciešamās uzturvielas.

Promocijas darba **mērķis** ir izstrādāt pārtikas produktus no augu un dzīvnieku valsts izejvielām cilvēkiem ar īpašas diētas nepieciešamību.

Darba mērķa sasniegšanai izvirzīti šādi **uzdevumi**:

1. izstrādāt caur zondi lietojamu enterālu produktu receptūras no augu un dzīvnieku valsts izejvielām;
2. izstrādāt modificētas struktūras produktu receptūras no augu un dzīvnieku valsts izejvielām;
3. izstrādāt jaunizveidoto produktu ražošanas tehnoloģijas, kas maksimāli nodrošinātu to uzturvērtības saglabāšanos;
4. pārbaudīt un izvērtēt izvēlēto tehnoloģiju ietekmi uz produktu kvalitāti un uzglabāšanas laiku;
5. izvērtēt izstrādāto modificētas struktūras produktu sagremojamību *in vitro* apstākļos.

Promocijas darba novitāte:

- pirmo reizi Latvijā ir veikti pētījumi par caur zondi lietojamu enterālo produktu izstrādi uz augu un dzīvnieku valsts izejvielu bāzes;
- pirmo reizi Latvijā veikti pētījumi par modifīcētas struktūras produktu izstrādi uz augu un dzīvnieku valsts izejvielu bāzes un šo produktu pārnesi pārtikas ražotnē.

Promocijas darba tautsaimnieciskā nozīme:

- īpašiem medicīniškiem nolūkiem paredzētu produktu izstrāde Latvijā varētu palīdzēt attīstīt pārstrādes rūpniecību un lauksaimniecību, nodrošinot jaunas darba vietas un stimulējot ekonomiku;
- palīdzētu atvieglot situāciju valstī saistībā ar medicīnas un aprūpējošā personāla trūkumu un speciālās ēdināšanas nodrošinājumu medicīnas un aprūpes iestādēs;
- paplašinātu Latvijas tirgum pieejamo produktu klāstu ar reģionāli pazīstamām garšām, tādējādi arī uzlabojot pacientu dzīves kvalitāti.

Promocijas darba izstrāde līdzfinansēta no šādiem projektiem:

- Pētniecības programmas „Zinātniskās kapacitātes stiprināšana LLU”, projekta numurs: A05 – 06, „Īpašas diētas pārtikas produktu ar paaugstinātu biopieejamību izstrāde”;
- Projekta Nr.18-00-A01612-000006 „Inovatīvas ārstnieciskas pārtikas izstrāde malnutrīcijas/disfāgijas slimniekiem, radot jaunu, nacionāli nozīmīgu produktu ar augstu pievienoto vērtību”.

ZINĀTNISKĀ DARBA APROBĀCIJA

Pētījumu rezultāti apkopoti un publicēti 7 zinātniskajos izdevumos, ieskaitot 5 publikācijas, kas indeksētas starptautiskās cītēšanas datubāzēs SCOPUS un Web of Science, un par tiem ziņots 12 starptautiskajās konferencēs. / *The research results have been summarised and published in 7 scientific journals, including 5 publications indexed in the international citation databases SCOPUS and Web of Science, and reported at 12 international conferences.*

Publikācijas, kas indeksētas starptautiskajā datu bāzē SCOPUS vai Web of Science / Publications indexed in international citation database SCOPUS or Web of Science.

1. Ozola L., Kampuse S. (2019) Mineral and bioactive compound content in plant-based protein-enriched purees. *Proceedings of 13th Baltic conference on food science and technology „Food. Nutrition. Well-Being” and NEEFOOD 2019 5th North and East European Congress on Food*, Jelgava: LLU, p. 149–153. DOI: 10.22616/FoodBalt.2019.020
2. Kampuse S., Kruma Z., Klava D., Ozola L., Galoburda R., Straumite E. (2019) The evaluation of organically grown apple cultivars for special diet puree production. *Proceedings of 13th Baltic conference on food science and technology*

- „Food. Nutrition. Well-Being” and NEEFOOD 2019 5th North and East European Congress on Food, Jelgava: LLU, p. 143–148. DOI: 10.22616/FoodBalt.2019.014
3. Kampuse S., Tomsone, L., Klava D., **Ozola L.**, Galoburda R. (2019) The influence of processing and storage conditions on quality parameters of pumpkin puree. *Proceedings of 13th Baltic conference on food science and technology „Food. Nutrition. Well-Being” and NEEFOOD 2019 5th North and East European Congress on Food*, Jelgava: LLU, p. 137–142. DOI: 10.22616/FoodBalt.2019.013
 4. **Ozola L.**, Kampuse S. (2017) The effect of vacuum cooking on enteral food made from fresh and semi-finished ingredients. *Research for Rural Development 2017: annual 23rd international scientific conference proceedings*, Latvija, Jelgava, Vol. 1, p. 208–214.
 5. **Ozola L.**, Kampuse S., Galoburda R. (2017) The effect of high-pressure processing on enteral food made from fresh and semi-finished ingredients. *FoodBalt 2017: 11th Baltic conference on food science and technology „Food Science and Technology in a Changing World”*, Latvija, Jelgava: LLU, p. 80–85. DOI:1022616/foodbalt.2017.008
- Publikācijas recenzētos zinātniskajos izdevumos / Publications in peer reviewed scientific issues:**
1. **Ozola L.**, Kampuse S. (2021) Content of bioactive and mineral compounds in enteral tube feed products made from plant-based ingredients. *Proceedings of Latvian Academy of Sciences, Section B*. (Iesniegts/ Submitted).
 2. Kampuse S., **Ozola L.**, Kruma Z., Klava D., Galoburda R., Straumite E., Siksna I. (2020) Nutritional composition of plant-based texture-modified foods for dysphagia patients. *Proceedings of Latvian Academy of Sciences, Section B*. (Iesniegts/ Submitted).
- Par rezultātiem ziņots** 12 starptautiskajās zinātniskajās konferencēs Latvijā, Lietuvā, Nīderlandē un Ungārijā, kā arī starptautiskajā pārtikas izstādē “Riga Food” 2017., 2018., 2019. un 2020. gadā, starptautiskajā medicīnas izstādē “Medbaltica” 2018. gadā. / *The results of the research work have been presented at 12 international scientific conferences in Latvia, Lithuania, the Netherlands and Hungary, as well as in the international food industry fair “Riga Food” in 2017, 2018, 2019, and 2020, international medical fair “Medbaltica” in 2018.*
1. **Ozola L.**, Kampuse S. (2020) Content of bioactive and mineral compounds in enteral tube feed products made from plant-based ingredients. *3rd International Conference “Nutrition and Health”*, Latvija, Rīga, 9.–11. decembris, 2020. (Mutisks referāts / Oral presentation), abstraktu krājums: Latvijas Universitātes Akadēmiskais apgāds, 2020. 69. lpp.
 2. Kampuse S., **Ozola L.**, Kruma Z., Klava D., Galoburda R., Straumite E. (2020) Evaluation of plant-based texture-modified foods for dysphagia *3rd International Conference “Nutrition and Health”*, Latvija, Rīga, 9.–11. decembris, 2020. (Mutisks referāts / Oral presentation), abstraktu krājums: Latvijas Universitātes Akadēmiskais apgāds, 2020. 68. lpp.
 3. Shengjuler D., Galoburda R., **Ozola L.**, Kampuse S. (2019) Rheological properties of protein improved plant-based purees for oro-pharyngeal dysphagia

- consumption. *EFFoST International conference “Sustainable Food Systems – Performing by Connecting”*, Roterdama, Niderlande, 12.–14. novembris, 2019. (Stenda referāts / Poster presentation)
4. Ozola L., Kampuse S. (2019) Mineral and bioactive compound content in plant-based protein-enriched purees. *Proceedings of 13th Baltic conference on food science and technology „Food. Nutrition. Well-Being” and NEEFOOD 2019 5th North and East European Congress on Food*, Latvija, Jelgava, 2.–3. maijs, 2019. (Mutisks referāts / Oral presentation), abstraktu krājums: Latvijas Lauksaimniecības universitāte, Pārtikas tehnoloģijas fakultāte, Jelgava, 2019. 38. lpp.
 5. Kampuse S., Tomsone L., Klava D., Ozola L., Galoburda R. (2019) The influence of processing and storage conditions on quality parameters of pumpkin puree *Proceedings of 13th Baltic conference on food science and technology „Food. Nutrition. Well-Being” and NEEFOOD 2019 5th North and East European Congress on Food*, Latvija, Jelgava, 2.–3. maijs, 2019. (Stenda referāts / Poster presentation), abstraktu krājums: Latvijas Lauksaimniecības universitāte, Pārtikas tehnoloģijas fakultāte, Jelgava, 2019. 87. lpp.
 6. Kampuse S., Kruma Z., Klava D., Ozola L., Galoburda R., Straumite E. (2019) The evaluation of organically grown apple cultivars for special diet puree production *Proceedings of 13th Baltic conference on food science and technology „Food. Nutrition. Well-Being” and NEEFOOD 2019 5th North and East European Congress on Food*, Latvija, Jelgava, 2.–3. maijs, 2019. (Stenda referāts / Poster presentation), abstraktu krājums: Latvijas Lauksaimniecības universitāte, Pārtikas tehnoloģijas fakultāte, Jelgava, 2019. 88. lpp.
 7. Ozola L., Kampuse S. (2018) The influence of thermal processing technologies on enteral food shelf-life. *International conference of young scientists „Young Scientists for Advance of Agriculture” Division of agricultural and forestry sciences of the Lithuanian Academy of Sciences*, Lietuva, Vilnius, 15. novembris, 2018. (Mutisks referāts / Oral presentation), abstraktu krājums: Division of agricultural and forestry sciences of the Lithuania Academy of Sciences, Vilnius, 2018. 43. lpp.
 8. Ozola L., Kampuse S. (2017) The effect of vacuum cooking on enteral food made from fresh and semi-finished ingredients. *Research for Rural Development 2017: annual 23rd international scientific conference proceedings*, Latvija, Jelgava, 17.–19. maijs, 2017. (Mutisks referāts / Oral presentation), abstraktu krājums: Latvijas Lauksaimniecības universitāte, Jelgava, 2017. Vol.1, 208–214. lpp.
 9. Ozola L., Kampuse S. (2017) Vacuum cooking (cook-vide) as a potential food processing method for obtaining microbiologically safe products. *International conference of young scientists „Young Scientists for Advance of Agriculture” Division of agricultural and forestry sciences of the Lithuanian Academy of Sciences*, Lietuva, Vilnius, 16. novembris, 2017. (Mutisks referāts/ Oral presentation), abstraktu krājums: Lithuanian Academy of Sciences, Division of Agricultural and Forestry Sciences, Vilnius, 2017. 30. lpp.
 10. Ozola L., Kampuse S., Galoburda R. (2017) The effect of high-pressure processing on enteral food made from fresh and semi-finished ingredients. *FoodBalt 2017: 11th Baltic conference on food science and technology „Food*

Science and Technology in a Changing World”, Latvija, Jelgava, 27.–28. aprīlis, 2017 (Mutisks referāts / Oral presentation), abstraktu krājums: Latvijas Lauksaimniecības universitāte, Pārtikas tehnoloģijas fakultāte, Jelgava, 2017. 46.lpp.

11. Ozola L., Kampuse S. (2017) The evaluation of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) puree (preliminary research) *EuroFoodChem XIX conference*, Budapest, Hungary, 4.-6. oktobris 2017. (Stenda referāts / Poster presentation), abstraktu krājums: European Association for Chemical and Molecular Sciences, Division of Food Chemistry, Budapest, 2017. 221. lpp.
12. Ozola L., Kampuse S., Tomsone L. (2017) The content of bioactive compounds in pumpkin purée prepared with different production technologies *4th North and East European Congress on Food*, Kauna, Lietuva, 10-13. septembris, 2017. (Stenda referāts / Poster presentation), abstraktu krājums: Kaunas University of Technology Science, Technology and Business Centre, 2017. 96. lpp.

MATERIĀLI UN METODES

Pētījumu laiks un vieta

Eksperimentālais darbs izstrādāts laika posmā no 2016. gada septembra līdz 2021. gada martam Latvijas Lauksaimniecības universitātes Pārtikas tehnoloģijas fakultātes laboratorijās, Dabīgas pārtikas ražotāja SIA „KEEFA” ražošanas telpās, uzņēmuma SIA „FANEKS” laboratorijās, Latvijas Universitātes Bioloģijas institūtā un Pārtikas drošības, dzīvnieku veselības un vides zinātniskajā institūtā BIOR.

Materiālu raksturojums

Pētījuma objekti ir laboratorijas apstākļos izveidoti caur zondi lietojami enterālie produkti un modifīcētas struktūras produkti disfagijas pacientiem ar palielinātu olbaltumvielu saturu. Produktu izveidē izmantotas dažadas augu un dzīvnieku izceļsmes izejvielas:

- laboratorijas apstākļos iegūtās svaigas sulas (upeņu, biešu, ķirbju, kāpostu, topinambūru);
- SIA „KEEFA” ražoti pusfabrikāti – sulas, biezsulas un biezeni (upeņu biezsula, biešu sula un biezenis, ķirbju sula un biezenis, kāpostu sula, topinambūru sula un biezenis, aroniju biezsula, burkānu sula un biezenis, ābolu sula un biezenis, smiltsērkšķu biezsula, brūkleņu biezsula, zemeņu biezsula, aveņu biezsula, dzērveņu biezsula);
- papildus piedevas, kas izmantotas gan laboratorisko paraugu sagatavošanai, gan industriālai produktu ražošanai – kartupeļi, zirņi, ķiploki, cukurs, sāls, jodētā sāls, mencu aknu eļļa – Mollers (SIA “Orkla Care”, Latvija), rafinēta rapsu eļļa (SIA “Iecavnieks & Co”, Latvija), 35% saldais krējums un kausētais siers (a/s “Smiltenes piens”, Latvija), BIO kaņepju proteīns – 50%

- olbaltumvielas un 20% šķiedrvielas (SIA “Ramans”, Latvija), dažādas garšvielas no vietējā mazumtirdzniecības tīkla;
- papildus piedevas laboratoriski gatavotiem produktiem – sausais sūkalu izolāts - ESN Iso-Whey Hardcore un sausais sojas olbaltumvielu izolāts ESN Soy-Pro sojas, L-arginīna HCl (Fitmart GmbH & Co. KG, Vācija), L-askorbīnskābe (Chempur, Polija);
 - papildus piedevas industriāli ražotiem produktiem – sausais sūkalu izolāts - NUTRI Whey Isolate (Friesland Campina DMV B.V., Nīderlande), L-arginīns (Cambridge Commodities Ltd., Lielbritānija), vitamīnu un minerālvielu sausais pulvera komplekss (SternVitamin GmbG & Co. KG, Vācija).

1. tabula / *Table 1*

**Darbā lietoto paraugu saīsinājumu apraksts /
List of sample abbreviations used in the research**

Saīsināums / Abbreviation	Apraksts /Description
AP_1	Augstspiedienā 400 MPa apstrādāts paraugs, kas izgatavots no pusfabrikātiem. / <i>High pressure processed sample at 400 MPa, made from semi-finished ingredients.</i>
AP_2	Augstspiedienā 500 MPa apstrādāts paraugs, kas izgatavots no pusfabrikātiem. / <i>High pressure processed sample at 500 MPa, made from semi-finished ingredients.</i>
AP_3	Augstspiedienā 600 MPa apstrādāts paraugs, kas izgatavots no pusfabrikātiem. / <i>High pressure processed sample at 600 MPa, made from semi-finished ingredients.</i>
AS_1	Augstspiedienā 400 MPa apstrādāts paraugs, kas izgatavots no svaigām sulām. / <i>High pressure processed sample at 400 MPa, made from fresh juices.</i>
AS_2	Augstspiedienā 500 MPa apstrādāts paraugs, kas izgatavots no svaigām sulām. / <i>High pressure processed sample at 500 MPa, made from fresh juices.</i>
AS_3	Augstspiedienā 600 MPa apstrādāts paraugs, kas izgatavots no svaigām sulām. / <i>High pressure processed sample at 600 MPa, made from fresh juices.</i>
D (cipars 1–5)/ (number 1–5)	Modificētas struktūras deserta produkta receptūra. / <i>Dessert recipe of texture modified products.</i>
K	Kontrole, bez produkta atkārtotas termiskās apstrādes. / <i>Control, without additional thermal treatment of the sample.</i>
KP	Kontroles paraugs izgatavots no pusfabrikātiem. / <i>Control sample prepared from semi-finished ingredients.</i>
KS	Kontroles paraugs izgatavots no svaigām sulām. / <i>Control sample prepared from fresh juices.</i>
P1	Pasterizācija 95±2 °C, 5 min. / <i>Pasteurisation 95±2 °C, 5 min.</i>

1. tabulas turpinājums / Continuation of Table 1

Saīsināums / Abbreviation	Apraksts /Description
P2	Pasterizācija 95 ± 2 °C, 20 min. / Pasteurisation 95 ± 2 °C, 20 min.
S (cipars 6-9)/ (number 6-9)	Modificētas struktūras zupas produkta receptūra. / <i>Soup recipe of texture modified products.</i>
S1	Sterilizācija 105 °C, 20 min. / Sterilisation 105 °C, 20 min.
S2	Sterilizācija 120 °C, 5 min. / Sterilisation 120 °C, 5 min.
Sp (cipars 1-3)/ (number 1-3)	Biezeņa ar paaugstinātu olbaltumvielu saturu receptūra. / <i>Protein enriched product recipe.</i>
VP_1	Vakuumā apstrādāts (67 ± 2 °C, 0.02 MPa, 15 min) paraugs, kas izgatavots no pusfabrikātiem. / Vacuum cooked (67 ± 2 °C, 0.02 MPa, 15 min) sample, made from semi-finished products.
VP_2	Vakuumā apstrādāts (79 ± 2 °C, 0.06 MPa, 15 min) paraugs, kas izgatavots no pusfabrikātiem. / Vacuum cooked (79 ± 2 °C, 0.06 MPa, 15 min) sample, made from semi-finished products.
VS_1	Vakuumā apstrādāts (67 ± 2 °C, 0.02 MPa, 15 min) paraugs, kas izgatavots no svaigām sulām. / Vacuum cooked (67 ± 2 °C, 0.02 MPa, 15 min) sample, made from fresh juices.
VS_2	Vakuumā apstrādāts (79 ± 2 °C, 0.06 MPa, 15 min) paraugs, kas izgatavots no svaigām sulām. / Vacuum cooked (79 ± 2 °C, 0.06 MPa, 15 min) sample, made from fresh ingredients.
Z (cipars 1-5)/ (number 1-5)	Caur zondi lietojamo produktu receptūra. / <i>Enteral tube feed product recipe.</i>

Citi apzīmējumi, kas izmantoti nodaļā Rezultāti un diskusija / Other abbreviations used in the chapter Results and Discussion.

- ¹ Informācija atbilstoši Komisijas deleģētajai regulai (ES) 2016/128. / Data according to Commission delegated regulation (EU) 2016/128.
- ² 0.5 g polinepieātināto taukskābju, izteiktu kā linoleīnskābe, bet nekādā gadījumā mazāk par 0.5 mg uz 100 kcal. / 0.5 g of polyunsaturated fatty acid expressed as linoleic acid but in no case less than 0.5 mg per 100 available kcal.
- ³ Produktiem, kas paredzēti bērniem no 1 līdz 10 gadu vecumam. / For products intended for children of 1 to 10 years of age.
- ↓ Norāda, ka noteiktais saturs nav sasniedzis minimālo rekomendēto devu. / Shows that the minimum level of recommended value has not been reached.
- ↑ Norāda, ka noteiktais saturs pārsniedz rekomendēto devu. / Shows that the maximum level of recommended value has been exceeded.

Pētījuma struktūra

Pētījumi veikti divās daļās:

- enterālo produktu lietošanai caur zondi izstrāde;
- modificētas struktūras produktu, lietošanai disfagijas gadījumā, izstrāde.

Sākotnēji iegūts izejmateriāls jauno produktu izveidei, pēc tā uzsākta jauno produktu teorētiskā un eksperimentālā izveide.

Pētnieciskajā darbā teorētiskās receptūras izstrādātas, izmantojot uzturvērtību datubāzēs atrodamo informāciju par izmantoto augļu, ogu un dārzeņu kopējo uzturvērtību, kā arī vitamīnu un minerālvielu sastāvu. Papildus izejvielām, kas izmantotas produktu sagatavošanai, aprēķiniem lietota informācija, kas norādīta uz produkta iepakojuma vai ražotāja specifikācijā. Visas receptūras izstrādātas uz 100 kcal, un nepieciešamais vitamīnu un minerālvielu saturs balstīts uz 2015. gada ES komisijas deleģētajā regulā 2016/128 norādītajām prasībām „Vitamīnu un minerālvielu vērtības īpašiem medicīnikiem nolūkiem paredzētā pārtikā, kas nav zīdaiņu uztura vajadzību apmierināšanai izstrādāta pārtika”.

Informācija par izejvielām kārtota speciāli izveidotā Microsoft Excel matricā, kurā automātiski tiek aprēķināts prognozējamais uzturvielu apjoms, kurš pēc nepieciešamības tika koriģēts, veicot labojumus receptūrā, lai sasniegtu tuvāko teorētisko enerģētisko vērtību un ES regulas 2016/128 norādēm atbilstošos vitamīnu un minerālvielu daudzumus.

Caur zondi lietojamo enterālo produktu izstrāde noritēja trīs posmos.

Pirmajā posmā izvērtēta augstspiediena un vakuuma vārīšanas (*cook-vide*) režīmu ietekme uz viena produkta lietošanai caur zondi Z1 kvalitātes rādītājiem un uzglabāšanas laiku atkarībā no izmantotā izejvielu veida (svaigas sulas vai pusfabrikāti) (1. att.).

Otrajā posmā izvērtēta pasterizācijas un sterilizācijas kā sekundāro apstrādes režīmu ietekme uz divu produkta lietošanai caur zondi Z1 un Z2 kvalitātes rādītājiem un uzglabāšanas laiku (2. att.).

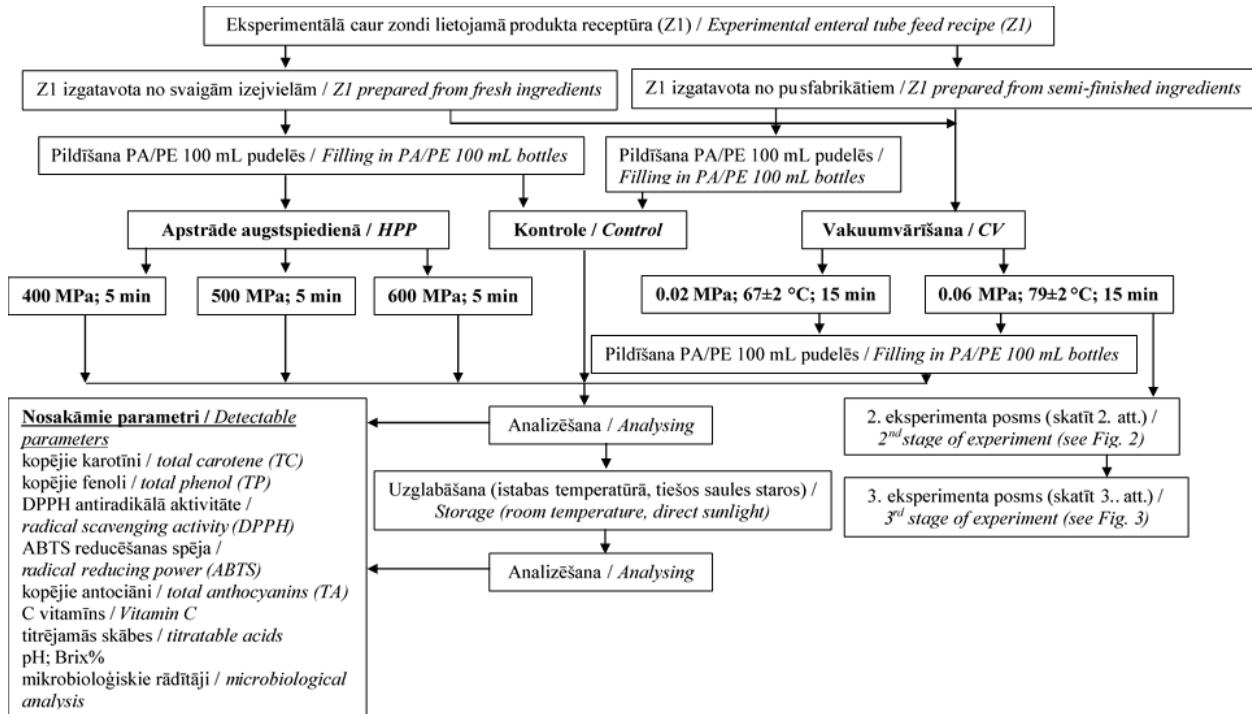
Trešajā posmā veikts caur zondi lietojamo produktu izgatavošanas eksperimentu 2. posma atkārtojums, kur produkta vārīšana veikta industriālos apstākļos uzņēmumā SIA „KEEFA” (3. att.). Eksperimentālajai receptūrai veiktas papildinošas izmaiņas. Izstrādāto enterālo caur zondi lietojamo produktu gala receptūras apskatāmas 2. tabulā.

Paralēli caur zondi lietojamo produktu paraugu Z1 un Z2 daļējai eksperimentālai sagatavošanai ražošanas apstākļos, analogi 1. eksperimenta posmam sastādītas receptūras Z3, Z4 un Z5, kas sagatavotas un novērtētas laboratorijas apstākļos (4. att.).

2. tabula / Table 2

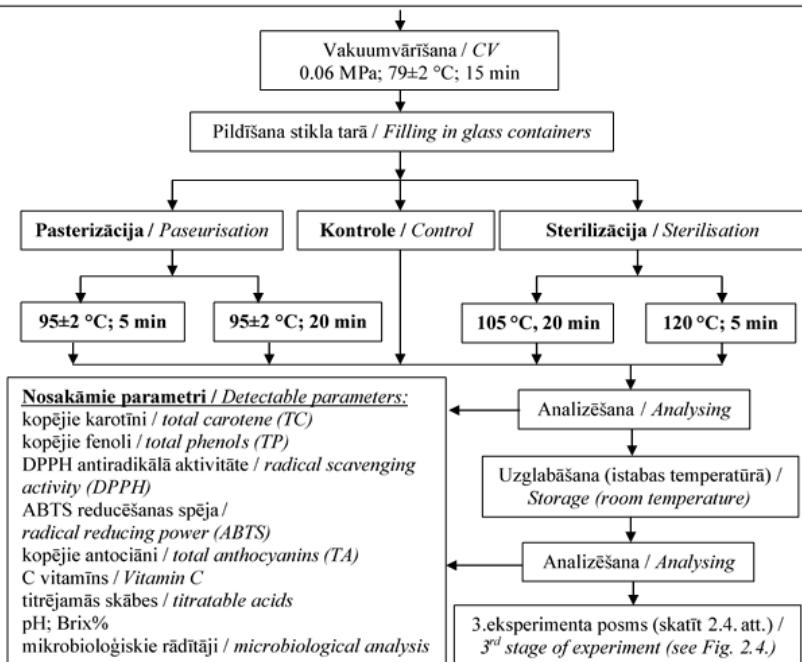
Eksperimentālo caur zondi lietojamo produktu receptūras /
Experimental enteral tube feed product recipes

Izejviela / Ingredient	Receptūras šifrs un izejvielas ielikums katrā receptūrā / Recepie code and amount of added ingredient per recipe				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5
Upeņu biezsula / <i>Blackcurrant pulp juice</i>	10.00	-	-	-	-
Biešu sula / <i>Beetroot juice</i>	51.50	50.00	50.00	50.00	50.00
Ķirbju sula / <i>Pumpkin juice</i>	48.00	41.00	-	41.00	30.00
Kāpostu sula / <i>Cabbage juice</i>	26.00	25.00	30.00	30.00	30.00
Topinambūru sula / <i>Jerusalem artichoke juice</i>	30.00	25.00	-	27.30	-
Smiltsērkšķu biezsula/ <i>Sea buckthorn pulp juice</i>	-	10.00	-	6.00	-
Ābolu sula / <i>Apple juice</i>	-	20.00	30.10	-	35.00
Aroniju biezsula / <i>Chokeberry pulp juice</i>	-	-	17.00	-	-
Burkānu sula / <i>Carrot juice</i>	-	-	40.00	-	35.00
Brūkleļu biezsula/ <i>Lingonberry pulp juice</i>	-	-	-	12.00	-
Zemeņu biezsula/ <i>Strawberry pulp juice</i>	-	-	-	-	19.00
Piena sūkalu olbaltumvielas / <i>Whey protein</i>	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80
Rapšu eļļa / <i>Rapeseed oil</i>	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
Mencu aknu eļļa / <i>Cod liver oil</i>	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
Jodsāls/ <i>Iodine salt</i>	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
Askorbīnskābe / <i>Ascorbic acid</i>	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Kopējais produkta apjoms, g/ Total product volume	169.32	174.82	170.92	170.12	202.82
Apjoma enerģētiskā vērtība (aprēķināta), kcal / Energy value of the volume (calculated), kcal	100.09	100.12	100.01	100.08	100.14

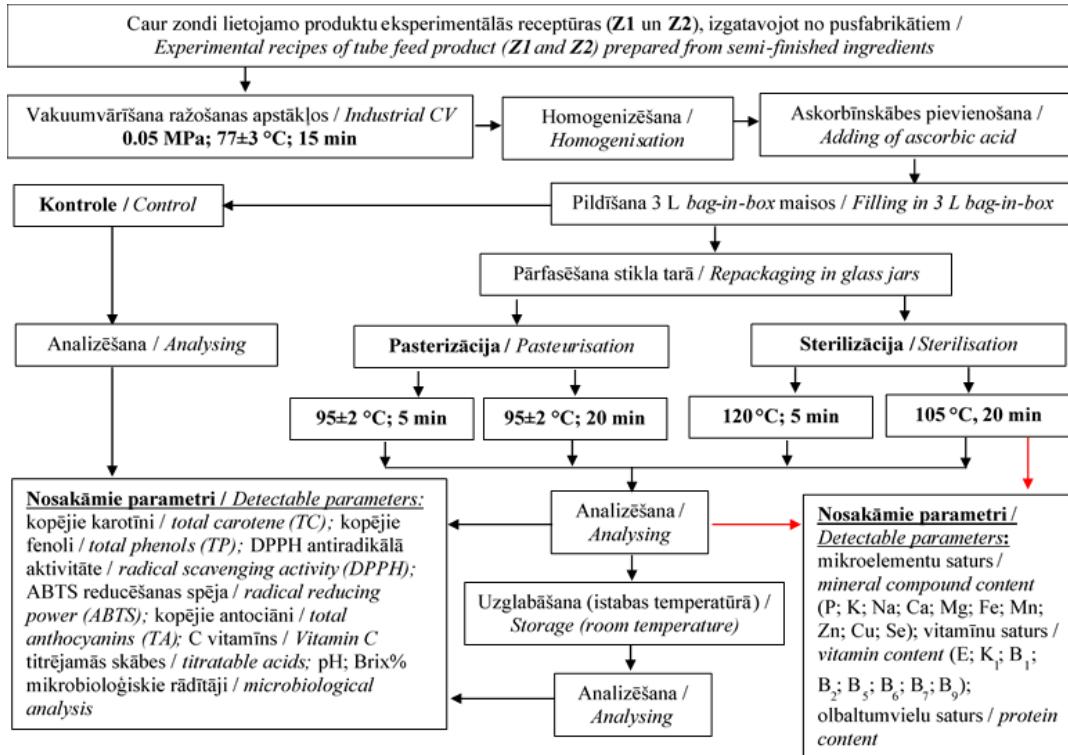


1. att. Caur zondi lietojamo produkta izstrādes 1. posma shēma /
Fig. 1. The 1st stage for enteral tube feed product development

Caur zondi lietojamo produkta eksperimentālās receptūras (Z1 un Z2), gatavojot no pusfabrikātiem /
Experimental enteral tube feed recipes (Z1 and Z2) using semi-finished ingredients

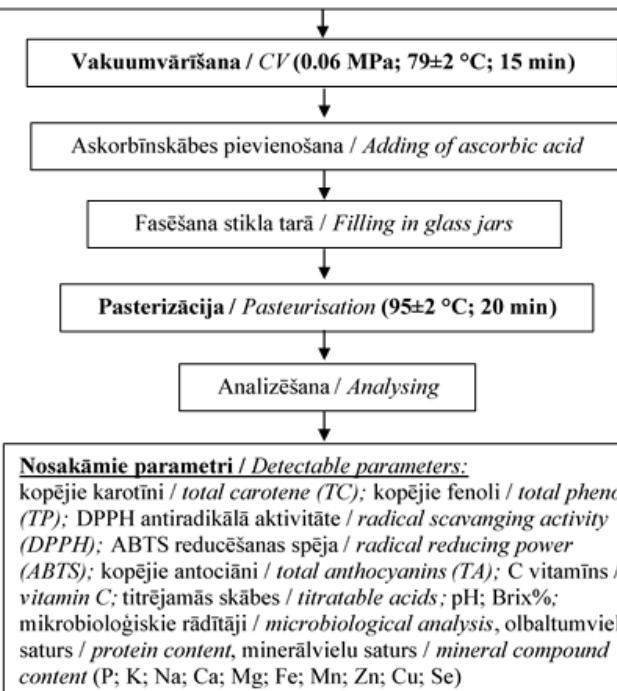


2. att. Caur zondi lietojamo produkta izstrādes 2. posma shēma /
Fig. 2. The 2nd stage for enteral tube feed product development



3. att. Caur zondi lietojamo produkta izstrādes 3.(a) posma shēma /
Fig. 3. The 3rd(a) stage for enteral tube feed product development

Eksperimentālās caur zondi lietojamo produktu receptūras (**Z3; Z4; Z5**), izgatavojot no pusfabrikātiem / *Experimental recipes of enteral tube feed product (Z3; Z4; Z5) prepared from semi-finished ingredients*



4. att. **Caur zondi lietojamo produktu izstrādes 3.(b) posma shēma / Fig. 4. The 3rd(b) stage for enteral tube feed product development**

Otrā pētījuma daļa veltīta jaunu modificētas struktūras produktu izstrādei. Šo produktu izstrāde uzsākta ar receptūru izveidi, kas veikta primāri ņemot vērā tādus sensoros rādītājus kā produktu garšu+smaržu, krāsu un konsistenci. Rādītāju izvērtēšanu veica pieredzējuši eksperti no projekta Nr.18-00-A01612-000006 LLU darba grupas un citi eksperti no projektā iesaistītajiem sadarbības partneriem. Produktu receptūras veidotas uz 100 g produkta, taču analogi eksperimentālajiem produktiem lietošanai caur zondi arī modificētas struktūras produktu receptūru sastāvs kontrolēts, balstoties uz ES regulā 2016/128 norādītajām prasībām „Vitamīnu un minerālvielu vērtības īpašiem medicīniskiem nolūkiem paredzētā pārtikā, kas nav zīdaiņu uztura vajadzību apmierināšanai izstrādāta pārtika”. Receptūras sastādītas analogā matricā kā caur zondi lietojamo produktu izstrādē.

Pēc literatūrā norādītās informācijas un tirgū pieejamo produktu izpētes eksperimentālie modificētas struktūras biezeņi ir produkti ar palielinātu olbaltumvielu saturu. Izstrādāto biezeņu ar paaugstinātu olbaltumvielu saturu

primārā termiskā apstrāde veikta līdzīgi iepriekšējiem eksperimentiem ar enterālajiem produktiem lietošanai caur zondi, un produktu termiskajai apstrādei izvēlēts viens pasterizācijas režīms 95 ± 2 °C, izturot 20 min. Sagatavoto produktu receptūras aplūkojamas 3. tabulā. Šī pētījuma posma galvenais mērķis bija noskaidrot, vai iespējams izveidot sensori patīkamus un piemērotas konsistences produktus ar augstu olbaltumvielu saturu, kā arī noskaidrot produktu reālo minerālvielu fonu.

3. tabula / *Table 3*

**Biezenū ar paaugstinātu olbaltumvielu saturu receptūras /
Protein enriched puree recipes**

Izejviela / Ingredients	Receptūras šifrs un ielikums / Recipe code and amount		
	Sp1	Sp2	Sp3
Smiltsērkšķu biezsula / Sea buckthorn pulp juice	5.00	-	-
Ābolu biezenis / Apple puree	25.50	12.00	24.50
Burkānu biezenis / Carrot puree	15.00	19.00	-
Zemeņu biezsula / Strawberry pulp juice	13.00	-	13.00
Topinambūru biezenis / Jerusalem artichoke puree	34.00	-	-
Brūkleļu biezsula / Lingonberry juice	-	16.50	-
Ābolu sula / Apple juice	-	20.00	-
Biešu biezenis / Beetroot puree	-	25.00	-
Biešu sula / Beetroot juice	-	-	12.00
Kirbju biezenis / Pumpkin puree	-	-	28.00
Aveņu biezsula / Raspberry pulp juice	-	-	16.00
Sūkalu olbaltumvielu izolāts / Whey protein isolate	6.00	6.00	6.00
Mencu aknu eļļa / Cod liver oil	0.50	0.50	0.50
Cukurs / Sugar	1.00	1.00	-
Kopējais produkta apjoms, g / Total product volume, g	100	100	100
Apjoma enerģētiskā vērtība (aprēķināta), kcal / Energy value of the volume (calculated), kcal	78.72	75.64	59.82

Pēc iegūtajiem rezultātiem tika veiktas izmaiņas produktu receptūrās un izstrādāti vēl papildus produkti. Kopā šai pētījuma daļai izveidotas 9 receptūras – 5 deserti (D1 līdz D5) un 4 pamatēdiņi jeb zupas (S6 līdz S9), receptūras aplūkojamas 4. tabulā. Produktu sagatavošanas un analizēšanas shēma redzama 5. att. Sākotnēji produkti sagatavoti laboratorijā, apstrādes režīmi izvēlēti balstoties uz pirmā pētījuma daļā iegūto informāciju par caur zondi lietojamu produktu apstrādi.

Pēc produktu sagatavošanas laboratorijā un datu ieguvēs veiktas izmaiņas produktu receptūrās, lai papildus pievienotu vitamīnu un minerālvielu kompleksu, kas nepieciešams produktu sastāva uzlabošanai. Šie produkti sagatavoti industriālos apstākļos, skatīt 5. att., un tiem veikts kvalitātes izvērtējums, noteikts vitamīnu un minerālvielu sastāvs. Šiem produktu paraugiem veikts *in vitro* izvērtējums un noteikts kopējais šķiedrvielu, olbaltumvielu, tauku saturus un aprēķināts oglhidrātu saturus, kā arī atbilstoši iegūtajiem datiem aprēķināta katras produkta enerģētiskā vērtība. Analizētas

produkta izmaiņas uzglabāšanas laikā. Produkti uzglabāti istabas temperatūrā un analīzēšana veikta reizi 4 nedēļās.

*Dažādu izejvielu piemērotības izvērtējums modificētas struktūras produktu izstrādei /
Evaluation of different raw ingredient suitability for preparation of texture modified foods

Trīs biezeņu ar palielinātu olbaltumvielu saturu (**Sp1, Sp2 un Sp3**) teorētiska un praktiska izveide un kvalitātes izvērtējums / *Theoretical and practical development and quality evaluation of three types of protein enriched puree (Sp1, Sp2 and Sp3)*

*Atšķirīgu veidu olbaltumvielu pulvera un to koncentrācijas piemērotības izvērtējums modificētas struktūras produktu izveidei / *Evaluation of different types of protein powder and their concentration suitability for the development of texture modified foods*

Devīju jaunu modificētas struktūras produktu izveide (**D1–D5 un S6–S9**) un kvalitātes parametru izvērtējums / *Development of nine new texture modified products (D1–D5 and S6–S9) and their quality evaluation*

Jauno modificētas struktūras produktu receptūru modifikācija un industriālā sagatavošana. Kvalitātes parametru izvērtējums un derīguma termiņa noteikšana / *Modification of recipes and industrial preparation of new texture modified products. Evaluation of quality parameters and determination of shelf life*

In vitro analīze / In vitro analysis

*Iegūtie dati promocijas darbā netiek atspoguļoti / *The obtained data are not reflected in the doctoral thesis*

5. att. **Vispārēja eksperimentu shēma modificētas struktūras produktu izstrādei** / Fig. 5. *Overall experimental scheme of the texture modified product development*

Pētījuma ietvaros veikts arī vairāku izejvielu piemērotības modificētas struktūras produktu izstrādei izvērtējums. Precīzi dati par iegūtajiem rādītājiem promocijas darbā netiek atspoguļoti. Izvērtēta arī dažādu olbaltumvielu pulvera un to koncentrāciju piemērotība modificētas struktūras produktu izstrādei, iegūtā informācija apkopota *D.Sangjuler* magistra darbā ‘Disfāgijas pacientiem paredzētu ar proteīnu bagātinātu augu valsts izcelsmes biezeņu reoloģiskās īpašības’, kas aizstāvēts 2020. gadā. Šie posmi 5. att. iezīmēti ar atšķirīgu shēmas krāsojumu, pārējā informācija, kas attēlota eksperimentu shēmā izklāstīta un apkopota sekojošās nodaļās.

4. tabula / Table 4

Modificētas struktūras produktu receptūras / Recipes of texture modified products

Izejvielas / Ingredients	Izejvielu daudzums katrā receptūrā, % / Ingredient content per recipe, %								
	D1	D2	D3	D4	D5	S6	S7	S8	S9
Aroniju biezsula / Chokeberry pulp juice	-	-	-	-	10.00	-	-	-	-
Aveņu biezsula / Raspberry pulp juice	-	-	-	17.00	-	-	-	-	-
Ābolu biezenis / Apple puree	12.00	15.00	-	7.00	16.66	-	3.00	-	-
Ābolu sula / Apple juice	-	10.00	28.00	15.00	23.00	-	-	-	-
Biešu biezenis / Beetroot puree	15.00	-	6.00	4.00	-	-	20.00	-	-
Biešu sula / Beetroot juice	-	-	8.00	-	-	-	19.70	-	-
Brūklenu biezsula / Lingonberry pulp juice	-	-	10.00	-	-	-	-	-	-
Burkānu biezenis / Carrot puree	-	11.00	-	18.00	-	-	3.75	12.00	-
Burkānu sula / Carrot juice	-	-	-	-	-	8.40	-	-	15.00
Kartupeļi / Potatoes	-	-	-	-	-	25.00	10.50	15.00	10.66
Kāpostu sula / Cabbage juice	-	-	-	-	-	27.86	25.74	46.06	-
Krūmcidoniju biezenis / Japanese quince puree	5.00	-	-	-	-	-	-	-	-
Kirbju biezenis / Pumpkin puree	-	-	29.86	-	20.00	-	-	-	-
Kirbju sula / Pumpkin juice	-	-	-	-	-	19.00	-	-	40.53
Smiltsērkšķu biezsula / Sea buckthorn pulp juice	-	8.00	5.00	-	-	-	-	-	-
Topinambūru biezenis / Jerusalem artichoke puree	19.86	26.86	-	24.86	-	-	-	-	-
Topinambūru sula / Jerusalem artichoke juice	20.00	-	-	-	-	-	-	-	-
Upēņu biezsula / Blackcurrant pulp juice	13.00	-	-	-	-	-	-	-	-
Zemeņu biezsula / Strawberry pulp juice	-	15.00	-	-	-	-	-	-	-
Zirņi / Peas	-	-	-	-	-	4.00	-	-	-
Citas izejvielas / Other ingredients	15.14	14.14	13.14	14.14	30.34	16.60	17.31	26.94	33.81

Pētījumā veikto analīžu metodes

Noteikto rādītāju analīžu metodes apkopotas 5. tabulā. Modificētas struktūras produktiem analizētas arī reoloģiskās īpašības kā stingrība (N), lipīgums (N), konsistence (N s) un viskozitāte (Pa s).

5. tabula / Table 5

Produktu un izejvielu analizēšanā izmantotās metodes un standarti / Methods and standards used for the analysis of products and raw materials

Nr. / No	Rādītāji / Indices	Metodes un standarti / Methods and Standards
Ķimiskie rādītāji / Chemical parameters		
1.	Kopējie karotīni / Total carotene	(Полюдек-Фабини и Бейрих, 1981)
2.	Kopējie fenoli / Total phenols	(Singleton et al., 1999)
3.	Antiradikālā aktivitāte (DPPH) / Antiradical activity (DPPH)	(Yu et al., 2003)
4.	Reducēšanas spēja (ABTS) / Antiradical activity (ABTS)	(Re et al., 1999)
5.	Kopējie antociāni / Total anthocyanins	(Fuleki and Francis, 1968)
6.	C vitamīns / Vitamin C	(Segliņa, 2007)
7.	Titrējamās skābes / Titratable acids	ISO 750:1998
8.	Taukos šķistošie vitamīni D ₂ ; E; K ₁ / Fat soluble vitamins D ₂ ; E; K ₁	metode taukos šķistošo vitamīnu noteikšanai / UPLC method for fat soluble vitamins
9.	B grupas vitamīni - folskābe; pantotēnskābe; B ₁ ; B ₂ ; B ₆ ; B ₇ / B complex vitamins folic acid, panthothenic acid B ₁ ; B ₂ ; B ₆ ; B ₇	metode ūdenī šķistošo vitamīnu noteikšanai / UPLC method for water soluble vitamins
10.	A, D vitamīni / Vitamins A, D	LC-DAD šķidruma hromatogrāfija / LC-DAD liquid chromatography
11.	B ₁ , B ₂ , B ₆ , D ₃ , E vitamīni / Vitamins B ₁ , B ₂ , B ₆ , D ₃ , E	LC-FLD šķidruma hromatogrāfija / LC-FLD liquid chromatography
12.	B ₉ vitamīns / Vitamin B ₉	Nefelometrija / Nephelometry
13.	Minerālvielas Zn, Fe, Cr, I, Ca, K, Mg, Mn, Mo, Na, Cu, Se, Cd / Mineral compounds Zn, Fe, Cr, I, Ca, K, Mg, Mn, Mo, Na, Cu, Se, Cd	Induktīvi saistītās plazmas masas spektrofotometrija / Inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS)
14.	Minerālvielas Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu / Mineral compounds Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu	Atomabsorbēcijas spektrofotometrs / Atomic absorption spectrophotometry
15.	Minerālvielas K, Na / Mineral compounds K, Na	Liesmas fotometrija / Flame photometry
16.	Minerāviena P / Mineral compound P	Kalorimetriski ar amoniju molibdātu / Calorimetrically with ammonium molybdate
17.	Minerāviena Se /Mineral compound Se	BIOR-T-012-148-2013
18.	Kopējās šķiedrvielas /Total dietary fibre	AOAC 985.29
19.	Kopējās olbaltumvielas / Total proteins	ISO 20483:2013
20.	Kopējie tauki / Total fat	AOAC 920.39

5. tabulas turpinājums / Continuation of Table 5

Nr./ No	Rādītāji / Indices	Metodes un standarti / Methods and Standards
Fizikālie rādītāji / Physical parameters		
21.	Mitrums / Moisture	ISO 6496:1999 ISO 1442:1973
22.	pH	ISO 2917:1999
23.	Šķistošā sausna / Soluble solids, Brix%	ISO 2173:2003
Mikrobioloģiskie rādītāji / Microbiological parameters		
24.	Analizējamo paraugu, suspensiju un atšķaidījumu sagatavošana / Preparation of test samples, suspensions and dilutions	ISO 6887-4:2003
25.	Mikroorganismu kopskaits (MAFAm) / Total plate count	ISO 4833-1:2013
26.	Raugi un pelējumi / Yeasts and moulds	ISO 21527-1:2008
27.	Pienskābes baktērijas / Lactic acid bacteria	ISO 15214:1998
28.	<i>Escherichia coli</i> klātbūtne / Presence of <i>Escherichia coli</i>	ISO 7251:2005
Sagremojamības izvērtēšana / Evaluation of digestability		
29.	Analizēšana <i>in-vitro</i> apstākļos (KZT) / <i>in-vitro</i> analysis	(Minekus et al., 2014)

Datu matemātiskā apstrāde

Datu matemātiskā apstrāde veikta, aprēķinot šādus rādītājus: vidējais aritmētiskais, standartnovirze. Datu interpretācijai izmantota vienfaktora un divfaktoru dispersijas analīze (ANOVA), veikts Tjūkija-Krāmera tests, t-tests. Ja starp faktoriem konstatē mijiedarbības ietekmi ($p < \alpha_{0.05}$), tad var secināt, ka pie 95% ticamības pastāv pētāmo faktoru noteiktu lielumu mijiedarbība.

Darba pētnieciskajā daļā attēli un tabulas izveidotas un aprēķini veikti ar MS Excel Windows 2016 programmu.

REZULTĀTI UN DISKUSIJA

1. Caur zondi lietojamu produktu gatavošanas tehnoloģiju izstrāde un izvērtējums

Par promocijas darba mērķi tika izvirzīts izstrādāt pārtikas produktus no augu un dzīvnieku valsts izejvielām cilvēkiem ar īpašas diētas nepieciešamību. Izstrādājot šādus produktus, ir būtiski ne tikai nodrošināt to nekaitīgumu cilvēku veselībai, bet arī izveidot uzturvielām bagātu sastāvu. Augļi, ogas un dārzeni bagātīgi satur visdažādākās uzturvielas, taču pārstrādes laikā veidojas lieli zudumi. Kā viens no iespējamajiem risinājumiem būtu saudzējošu tehnoloģiju izmantošana šo produktu gatavošanā.

Enterālie produkti lietošanai caur zondi nav paredzēti lietošanai caur muti, tādēļ, izstrādājot šos produktus, tādas sensorās īpašības kā garša nav būtiskas. Produktu izveide uzsākta ar receptūru izstrādi, kas balstīta uz *Komisijas deleģētajā regulā (ES) 2016/128* (2015) norādīto informāciju par nepieciešamo vitamīnu un minerālvielu saturu īpašiem medicīnikiem nolūkiem paredzētiem produktiem, kas nav paredzēti zīdaiņu uzturam.

Veicot primāro datu ieguvi, tika izvērtēta augstspiediena un vakuma vārīšanas piemērotība produktu sagatavošanai, līdztekus analizējot divu veidu izejvielu piemērotību šo produktu izstrādei (svaigi spiestas sulas un industriāli sagatavoti pusfabrikāti).

Sagatavoto produktu mikrobioloģiskā kvalitāte izvērtēta, anailzējot MAFAm, raugu un pelējuma šūnu kopskaitu un *E. coli* klātbūtni. Apstrāde augstspiedienā un vakuma vārīšana (*cook-vide*) kā apstrādes metodes ir efektīvas mikrobioloģiskā piesārņojuma samazināšanai. Caur zondi lietojamie produkti, kas izgatavoti no pusfabrikātiem, izmantojot augstspiediena apstrādi, nepārsniedza analizēto mikroorganismu pieļaujamās robežvērtības un bija piemēroti lietošanai uzturā 4 nedēļas pēc to izgatavošanas un uzglabāšanas istabas temperatūrā, tiešā saules gaismā. Taču paraugi, kas izgatavoti no svaigām sulām, saglabāja savu mikrobioloģisko nekaitīgumu tikai vienu nedēļu (6. tabula).

6. tabula / Table 6

MAFAm un raugu šūnu kopskaita caur zondi lietojamo produktu paraugos, KVV g⁻¹ parauga / Total plate count and yeast cell count in enteral tube feed samples, CFU g⁻¹ of sample

Paraugs/ Sample	Uzglabāšanas laiks, dienas / Storage time, days				
	1	7	14	21	28
MAFAm kopskaita / Total plate count					
KS	$3.3 \cdot 10^2$	-	-	-	-
AS_1	<10	62	$1.1 \cdot 10^2$	-	-
AS_2	<10	59	95	-	-
AS_3	<10	36	$1.02 \cdot 10^2$	-	-
KP	<10	-	-	-	-
AP_1	<10	<10	<10	<10	<10
AP_2	<10	<10	<10	<10	<10
AP_3	<10	<10	<10	<10	<10
Raugu šūnu kopskaita / Yeast cell count					
KS	$8.4 \cdot 10^2$	-	-	-	-
AS_1	<10	39	$1.09 \cdot 10^2$	-	-
AS_2	<10	37.5	95	-	-
AS_3	<10	36	98.5	-	-
KP	<10	-	-	-	-
AP_1	<10	<10	<10	<10	<10
AP_2	<10	<10	<10	<10	<10
AP_3	<10	<10	<10	<10	<10

Paraugi, kas izgatavoti no svaigām sulām, uzrādīja lielāku bioloģiski aktīvo savienojumu saturu samazināšanos, bet, līdzīgi kā paraugos, kas izgatavoti no pusfabrikātiem, netika novērotas būtiskas izmaiņas atkarībā no pielietotā spiediena. Tika novērots, ka C vitamīna, kopējais karotīnu un kopējais fenolu saturs caur zondi lietojamos produktos, kas izgatavoti no pusfabrikātiem, nedaudz palielinājās, palielinoties apstrādes spiedienam. Sākotnējie rezultāti liecina, ka pēc augstspiediena apstrādes pielietošanas 400 MPa, 500 MPa un 600 MPa ir iespējams iegūt mikrobioloģiski pieņemamus produktus (7. tabula).

7. tabula / Table 7

**Kopējais karotīnu un fenolu saturs caur zondi lietojamos produktos /
Total carotene and phenol content in enteral tube feed products**

Paraugs/ Sample	Uzglabāšanas laiks, dienas / Storage time, days				
	1	7	14	21	28
Kopējais karotīnu saturs / Total carotene, mg 100 g⁻¹					
KS	0.44±0.00 a	-	-	-	-
AS_1	0.15±0.01 d	0.20±0.03 d	0.16±0.02 b	-	-
AS_2	0.18±0.04 cd	0.16±0.01 de	0.19±0.02 b	-	-
AS_3	0.21±0.02 c	0.13±0.00 e	0.16±0.02 b	-	-
KP	0.44±0.02 a	-	-	-	-
AP_1	0.42±0.02 a	0.44±0.01 a	0.37±0.01 a	0.37±0.02	0.24±0.01 b
AP_2	0.25±0.01 c	0.38±0.03 b	0.35±0.01 a	0.38±0.01	0.32±0.04 a
AP_3	0.35±0.00 b	0.32±0.00 c	0.34±0.01 a	0.37±0.00	0.33±0.00 a
Kopējais fenolu saturs / Total phenol content, GAE·mg 100 g⁻¹					
KS	52.2±4.2 a	-	-	-	-
AS_1	36.1±6.4 b	48.6±7.4	38.9±3.5 b	-	-
AS_2	34.6±5.2 b	50.8±7.0	47.3±1.0 a	-	-
AS_3	33.5±4.3 b	-	-	-	-
KP	49.6±3.2 a	-	-	-	-
AP_1	49.2±2.3 a	56.0±4.5	39.9±4.0 b	36.6±2.5	31.1±3.5
AP_2	46.0±2.9 a	54.1±4.1	48.7±3.5 a	33.0±3.9	28.1±3.2
AP_3	46.5±2.3 a	51.3±4.3	47.6±4.9 a	32.8±3.9	28.6±3.9

* Vērtības, kas apzīmētas ar vienu un to pašu burtu, katras kolonnas ietvaros, parāda, ka nepastāv būtiskas atšķirības starp rādītājiem $p > 0.05$. / Values denoted by the same letter, within each column, show that there are no significant differences between samples $p > 0.05$

Iegūtie dati par vakuumma vārīšanas (*cook-vide*) ietekmi uz izstrādāto caur zondi lietojamo enterālo produktu neuzrādīja būtiskas atšķirības kopējo fenolu saturā un antiradikālajā aktivitātē atkarībā no izejvielas veida, kas izvēlēta paraugu sagatavošanai (svaigas sulas vai pusfabrikāti), bet caur zondi lietojamos produktos labāk saglabājās karotīni un antociāni, ja tie tika izgatavoti no pusfabrikātiem (8. tabula).

Vakuumma vārīšana ar tai sekojošu karsto pildīšanu nebija pietiekama, lai sasniegtu mikrobioloģisko nekaifīgumu produktos, kas izgatavoti no svaigām

sulām, bet, izmantojot pusfabrikātus, šajos produktos analizētie mikrobioloģiskie rādītāji bija normas robežās 14 dienas.

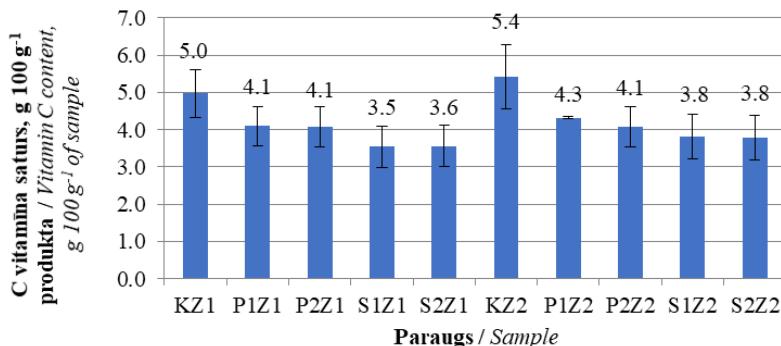
8. tabula / Table 8

C vitamīna, kopējo karotīnu, kopējo antociānu satus caur zondi lietojamos produktos, mg 100 g⁻¹ / Content of vitamin C, total carotene, total anthocyanins in the enteral tube feed products, mg 100 g⁻¹

Paraugs / Sample	Uzglabāšanas laiks / Storage time	C vitamīns / Vitamin C	Kopējie karotīni / Total carotenoids	Kopējie antociāni / Total anthocyanins
KS	1. diena / day 1	24.99±3.5	0.44±0.00 a	1.50±0.1 e
VS_1	1. diena / day 1	24.11±3.0	0.41±0.01 b	1.59±0.0 e
VS_2	1. diena / day 1	22.29±1.2	0.32±0.01 d	1.27±0.0 f
KP	1. diena / day 1	21.37±1.2	0.43±0.02 a	2.45±0.2 a
VP_1	1. diena / day 1	19.33±1.1	0.43±0.01 a	2.17±0.0 b
	7. diena / day 7	18.15±2.1	0.37±0.01 c	1.84±0.0 c
VP_2	1. diena / day 1	19.13±1.5	0.44±0.01 a	1.65±0.1 d
	7. diena / day 7	18.24±2.0	0.37±0.01 c	1.49±0.0 e
	14. diena / day 14	16.25±1.3	0.35±0.00 c	1.41±0.0 e

* Vērtības, kas apzīmētas ar vienu un to pašu burtu, katras kolonnas ietvaros, parāda, ka nepastāv būtiskas atšķirības starp rādītājiem $p > 0.05$. / Values denoted by the same letter, within each column, show that there are no significant differences between samples $p > 0.05$

Pētījumā veiktajos eksperimentos iegūtais derīguma termiņš nav pietiekams produkta veiksmīgai realizācijai. Izvērtējot bioaktīvo savienojumu izmaiņas, konstatēts, ka neatkarīgi no apstrādes metodes bioaktīvie savienojumi labāk saglabājas produktos, kas izgatavoti no pusfabrikātiem, nekā produktos no svaigai spiestas sulas.



6. att. C vitamīna saturs 2.posmā izstrādātajos caur zondi lietojamos enterālajos produktos / Fig. 6. Vitamin C content in enteral tube feed products developed in the the 2nd stage

Lai pagarinātu izstrādāto produktu derīguma termiņu, tika analizēta arī divu pasterizācijas un sterilizācijas režīmu ietekme uz sagatavotajiem produktiem. Kaut gan sterilizācija nebija pati saudzējošākā metode bioaktīvo savienojumu saglabāšanai, šī uzskatāma par efektīvāko metodi produktu derīguma termiņa pagarināšanai, jo mikrobioloģiskie rādītāji bija normas robežās visu testēšanas laiku – 8 nedēļas. Eksperimenta laikā konstatēts, ka produktos nesaglabājās pietiekams C vitamīna saturs (6. att.), tādēļ veiktas izmaiņas Z1 un Z2 produktu receptūrās. Izveidotas vēl trīs receptūras (2. tabula) un sagatavotajiem produktiem veikta minerālvielu un citu uzturvielu analīze, kas aprakstīta nākamajā nodaļā.

2. Caur zondi lietojamo produktu uzturvielu izvērtējums

Receptūru izstrādes laikā apstiprinājās, ka augu valsts produktiem tipiski nav augsta enerģētiskā vērtība un nav pietiekams olbaltumvielu saturs. Lai palielinātu enerģētisko vērtību, receptūras tika papildinātas ar rapšu un mencu aknu eļļu. Lai palielinātu olbaltumvielu saturu produktos, tika izmantots sūkalu izolāts, bet C vitamīna satura papildināšanai tika pievienota askorbīnskābe.

Tika veikta uzturvielu analīze sagatavotajos produktos. Salīdzinājumā ar komerciāli pieejamajiem produktiem lietošanai caur zondi, eksperimentāli sagatavotajos produktos joprojām nebija pietiekams olbaltumvielu saturs, kas nepārsniedza $1.7 \text{ g } 100 \text{ kcal}^{-1}$ produkta, turpretim komerciālie satur vismaz $4 \text{ g } 100 \text{ kcal}^{-1}$. Vizuāli novērojot sagatavotos produktus, bija redzama arī izteikta olbaltumvielu denaturācija pēc sterilizācijas, kas tikai palielinātos, ja pievienotais sūkalu izolāta daudzums tiktu palielināts. Šī veida enterālajiem produktiem ir jābūt plūstošiem un homogēniem, lai tie varētu caur zondi nonākt cilvēka organismā bez sarežģījumiem. Tādēļ, lai iegūtu šādus produktus, būtu jāapsver atsevišķu uztura elementu mikrokapsulācija un produktu sagatavošana aseptiski, tādējādi pagarinot tā derīguma termiņu un samazinot uzturvielu izmaiņas uzglabāšanas laikā.

Analizētais vitamīnu saturs Z1 un Z2 produktos parādīja, ka tajos ir zems K₁ un B grupas vitamīnu saturs. E vitamīna saturs pārbaudītajos caur zondi lietojamos produktos sasniedza vidēju daudzumu saskaņā ar (ES) regulas 2016/128 ieteicamo maksimālo E vitamīna daudzumu ($3 \text{ mg } \alpha\text{-TE } 100 \text{ kcal}^{-1}$) (9. tabula). Tomēr C vitamīna saturs pēc tā papildus pievienošanas vairumā paraugu nepilnas divas reizes pārsniedza maksimālo ieteicamo $22 \text{ mg } 100 \text{ kcal}^{-1}$ saturu.

Z1 līdz Z5 paraugos konstatēts selēna trūkums un arī zems Ca, Cu, Fe, un Zn saturs, bet minerālvielu K un Mg saturs pārsniedza rekomendētās normas (10. tabula).

Lai uzlabotu izveidoto produktu sastāvu, būtu ieteicams meklēt citas sastāvdaļas, kas varētu nodrošināt lielāku trūkstošo vitamīnu un minerālvielu saturu vai papildus pievienot vitamīnu un / vai minerālvielu kompleksus, lai nodrošinātu ES regulas 2016/128 ieteicamās vērtības, kā arī samazināt pievienotās askorbīnskābes daudzumu.

9. tabula / Table 9

**E vitamīna un B grupas vitamīnu saturs caur zondi lietojamos produktos /
The content of vitamin E and vitamin B complex in enteral tube feed products**

Vitamīni / Vitamin	Saturs analizētajos paraugos, mg 100 kcal ⁻¹ parauga / Content in analysed samples, mg 100 kcal ⁻¹ of sample		Ieteicamais saturs / Recommended content, mg 100 kcal ⁻¹ (1)	
	Z1	Z2	Minimums / Minimum	Maksimums / Maximum
E	1.769±0.243	1.836±0.227	0.5 (2)	3
B₁	0.047±0.010 ↓	0.027±0.001 ↓	0.06	0.5
B₂	0.163±0.036	0.102±0.017	0.08	0.5
B₅	0.531±0.131	0.284±0.064	0.15	1.5
B₆	0.031±0.005 ↓	0.018±0.003 ↓	0.08	0.5
B₇	0.003±0.001	0.004±0.002	0.75·10 ⁻³	7.5·10 ⁻³

10. tabula / Table 10

**Minerālvielu saturs caur zondi lietojamos produktos /
Mineral compound content in the enteral tube feed products**

Minerālvielas/ Mineral compounds	Daudzums paraugā (mg 100 kcal ⁻¹ parauga)/ Content per sample (mg 100 kcal ⁻¹ sample)					Ieteicamais daudzums (mg 100 kcal ⁻¹) (1) / Recommended content (mg 100 kcal ⁻¹) (1)	
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Minimums/ Minimum	Maksimums/ Maximum
Ca	34.5 ↓	27.8 ↓	38.7	35.9	32.3↓	35/50 (3)	175/250 (3)
Cu	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.06	0.5
Fe	0.8	0.8	0.6	0.7	0.8	0.5	2
K	404.1 ↑	345.2↑	385.↑	397.↑	420.↑	80	295
Mg	36.9 ↑	29.2↑	39.2↑	33.2↑	36.2↑	7.5	25
Mn	0.3	0.3	0.2	0.5	0.2	0.05	0.5
Na	40.2	34.7	65.6	57.7	64.7	30	175
P	36.0	34.8	45.2	30.8	32.6	30	80
Zn	0.3 ↓	0.3 ↓	0.3 ↓	0.3 ↓	0.3 ↓	0.5	1.5

Pētījuma laikā iegūtā informācija ļauj spriest, ka šādu šķidro enterālo produktu lietošanai caur zondi izveide ir iespējama, taču būtu nepieciešams vēl pilnveidot receptūras, kā arī produktu gatavošanas tehnoloģiju.

3. Modificētas struktūras produktu izstrāde laboratorijas apstākļos

Atšķirībā no caur zondi lietojamo produktu izstrādes, modificētas struktūras produktu receptūras disfāgijas uzturam veidotas, nēmot vērā tādus sensoros rādītajus kā garša, garša+smarža, konsistence, krāsa. Šo produktu izstrādes laikā nēmta vērā caur zondi lietojamo produktu izstrādes laikā gūtā informācija par produktu gatavošanas tehnoloģiju.

Šī pētījuma daļa uzsākta ar trīs biezeņu ar paaugstinātu olbaltumvielu saturu izveidi (3. tabula). Produktu pamatizejvielas bija dažādu augļu, ogu un dārzeņu pusfabrikāti. Lai palielinātu olbaltumvielu saturu produktā, receptūrā iekļauts sūkalu izolāts. Produktu receptūras veidotas līdzīgi kā, izstrādājot enterālos produktus lietošanai caur zondi, balstoties uz produktu datubāzēs pieejamo informāciju par izejvielu sastāvu.

Biezeņos ar paaugstinātu olbaltumvielu saturu konstatēts labs minerālvielu saturs (11. tabula), kā arī olbaltumvielu saturs 100 g produkta vidēji bija 6 g, taču to enerģētiskā vērtība bija pārāk zema un, salīdzinot ar komerciāli pieejamajiem produktiem, olbaltumvielu saturs bija neliels, tādēļ uz esošo receptūru bāzes izveidoti jauni produkti.

11. tabula / Table 11

Minerālvielu saturs biezeņos ar paaugstinātu olbaltumvielu daudzumu / Mineral compound content in protein enriched purees

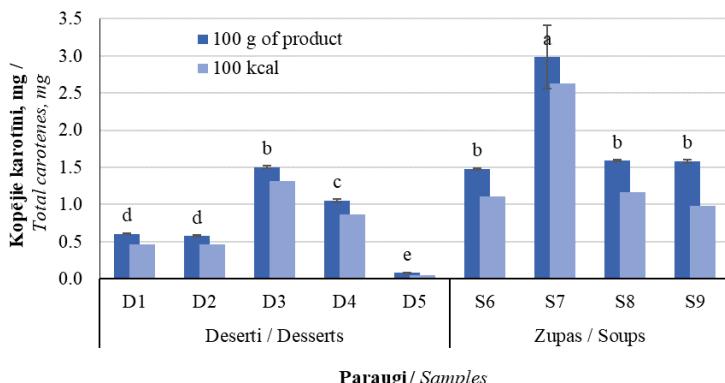
Minerālvielas / Mineral compounds	Daudzums paraugā / Content per sample, mg 100 kcal ⁻¹			Ieteicamais daudzums / Recommended content, mg 100 kcal ⁻¹ (1)	
	Sp1	Sp2	Sp3	Minimums/ Minimum	Maksimums/ Maximum
P	43.8	33.9	66.1	30	80
K	292.8	239.2	356.2↑	80	295
Na	32.2	37.3	35.5	30	175
Ca	51.3	48.5	61.3	35/50 (3)	175/250 (3)
Mg	23.5	22.5	38.7↑	7.5	25
Fe	1.3	0.5	0.7	0.5	2
Zn	0.2↓	0.2↓	0.3↓	0.5	1.5
Cu	0.1	0.1	0.1	0.06	0.5

Kopumā izveidoti 9 produkti (4. tabula), no tiem 5 deserti (D1 līdz D5) un 4 biezzupas (S6 līdz S9). Produkti sagatavoti laboratorijā, izejvielas vārot vakuumma

katlā 0.06 MPa; 79 ± 2 °C; 15 min, kam sekoja karstā pildīšana stikla tarā un produktu sterilizācija 115 °C, 5 min.

Izveidotajiem produktiem analizēti mikrobioloģiskie rādītāji, kas neuzrādīja piesārnojumu, un veikta dažādu bioaktīvo savienojumu noteikšana, iegūtajiem datiem veikts arī pārrēķins uz 100 kcal, lai varētu novērtēt uzturvielu pienesumu, kad uzņemtais uzturs balstīts uz produktu enerģētisko vērtību.

Bioaktīvo savienojumu saturs produktos bija ļoti daudzveidīgs, kas bija sagaidāms, ņemot vērā produktu atšķirīgo sastāvu. Būtiskas atšķirības ($p = 0.000$) tika konstatētas starp analizētajiem desertu un zupu paraugiem. Augstākais kopējo karotīnu saturs (7. att.) konstatēts paraugā S7 (2.98 ± 0.43 mg 100 g⁻¹ jeb 2.63 mg 100 kcal⁻¹), kur galvenās sastāvdaļas bija bietes un burkāni. Sagatavotajos desertos kopējais karotīnu saturs bija mazāks, D3 paraugā konstatēta visaugstākā to koncentrācija (1.5 ± 0.02 mg 100 g⁻¹ jeb 1.32 mg 100 kcal⁻¹), kas pielīdzināma kopējo karotīnu saturam biezzupu paraugos S6, S8 un S9. Vismazākais kopējo karotīnu saturs konstatēts paraugā D5 (0.08 ± 0.00 mg 100 g⁻¹ jeb 0.05 mg 100 kcal⁻¹), dati redzami 7. att. Parauga D5 sastāvā vienīgais būtiskais kopējo karotīnu avots bija ķirbju biezenis, taču D3 paraugs saturēja arī smiltsērkšķu biezsulu, kas ir labs karotīnu avots.



Vērtības ar atšķirīgiem burtiem stabīju augšpusē ir būtiski atšķirīgas (ANOVA vienfaktora analīze, t-tests, $p < 0.05$). / Means with different letters on top of columns were significantly different (ANOVA Single factor analysis, t-test, $p < 0.05$).

7. att. **Kopējo karotīnu saturs modificētas struktūras produktos /**
Fig. 7. Total carotene content in texture modified products

Produktiem izvērtēts arī vitamīnu (12. tabula) un minerālvielu saturs, kas salīdzināts ar ES regulā 2016/128 norādītajām normām īpašiem medicīniskiem nolūkiem paredzētas pārtikas izviedē ne zīdaiņu uztura vajadzību apmierināšanai. Šiem paraugiem konstatēts ieteiktajām normām neatbilstošs daļas vitamīnu un minerālvielu sastāvs.

12. tabula / Table 12

Vitamīnu saturs modificētas struktūras produktos /
Vitamin content in texture modified products

Paraugs / Sample		Vitamīni / Vitamins						
		A	B₁	B₂	B₃	B₆	B₉	E (2)
Ieteicamais daudzums / Recommended content, mg 100 kcal⁻¹ (1)	Minimums/ Minimum	0.035	0.060	0.080	10.0	0.080	0.010	0.500
	Maksimums/ Maximum	0.18	0.5	0.5	50	0.5	0.05	3
Deserti / Desserts	D1	-	-	-	0.286↓	0.030↓	0.022	3.620↑
	D2	-	-	-	-	0.032↓	0.028	3.874↑
	D3	-	-	-	0.171↓	0.049↓	0.021	4.101↑
	D4	-	-	-	0.333↓	0.039↓	0.024	3.770↑
	D5	0.029↓	-	-	0.177↓	0.031↓	0.016	2.318
Zupas / Soups	S6	-	0.025↓	0.021↓	0.543↓	0.080	0.037	3.047
	S7	-	0.029↓	0.023↓	-	0.065	0.049	3.745↑
	S8	0.023↓	0.029↓	0.044↓	0.485↓	0.097	0.028	2.570
	S9	0.038	0.014↓	0.031↓	0.424↓	0.053↓	0.030	0.827↑

Produktiem veikts arī struktūrmehānisko īpašību izvērtējums, kam ir būtiska nozīme, jo produkti paredzēti disfāgijas pacientu vajadzībām. Modificētas struktūras produktu izstrāde ir daļa no starpnozaru sadarbības projekta Nr.18-00-A01612-000006 „Inovatīvas ārstnieciskas pārtikas izstrāde malnutrīcijas/disfāgijas slimniekiem, radot jaunu, nacionāli nozīmīgu produktu ar augstu pievienoto vērtību”. Šī projekta darba grupas ietvaros precizēti jautājumi saistībā ar produktu sastāva vajadzībām un struktūras īpatnībām, ņemot vērā mērķa grupu, kam šādi produkti būtu piemērojami. Analizējot produktu reologiskās īpašības ļoti izcēlās sagatavotie zupu paraugi, kuriem tika konstatēta pārāk augsta viskozitāte un konsistence. Augstie rādītāji zupās varētu tikt skaidroti ar pievienoto olbaltumvielu daudzumu produktu sagatavošanas laikā. Tarrega et al. (2012) arī norāda, ka dažādi sūkalu olbaltumvielu koncentrāti un izolāti tiek plaši izmantoti vairāku produktu ražošanā kā struktūras modificētājs, jo tie spēj veidot želejas un palīdz ar mitruma saglabāšanos produktu apstrādes laikā. Kaut gan pētījumos ir minēts, ka augstu koncentrāciju lietošana var būtiski sabiezināt produktu.

Modificētas struktūras produktu reoloģiskās īpašības /
Rheological properties of texture modified products

Paraugs / Sample	Viskozitāte / Viscosity, Pa s	Cietība / Hardness, N	Konsistence / Consistency, N s	Lipīgums / Stickiness, N
Robeža biezākiem produktiem / Limit for thicker products	57	2.74	31.2	-3.5
Robeža šķidrākiem produktiem / Limit for more liquid products	38	1.67	23.7	-2.7
Deserti / Desserts				
D1	60.9±3.5	2.78±0.28	37.0±3.9	-4.5±1.4
D2	39.8±2.3	1.96±0.20	26.2±2.8	-2.3±0.5
D3	28.8±1.7	1.80±0.11	23.5±1.9	-2.6±0.2
D4	66.2±2.9	3.11±0.21	41.0±3.6	-3.9±0.4
D5	38.1±3.2	2.06±0.24	27.4±3.2	-2.7±0.2
Zupas / Soups				
S6	> 937	5.95±0.48	70.3±4.5	-5.5±1.2
S7	>937	8.22±1.03	94.7±10.2	-8.4±1.2
S8	805.4±97.0	6.44±1.09	73.7±11.9	-7.0±1.2
S9	645.0±93.8	6.36±0.91	72.9±11.3	-5.2±2.4

4. Industriāli ražotu modificētas struktūras produktu izvērtējums

Viens no noslēdzosajiem posmiem jaunu modificētas struktūras produktu izstrādē bija sagatavoto produktu ražošanas pārnese industriālos apstākļos. Šī posma īstenošanai tika nemta vērā visa pētījuma laikā iegūtā informācija, veiktie novērojumi par minerālvielu un vitamīnu nepietiekamu daudzumu izstrādātajos produktos, tādēļ tika koriģētas produktu receptūras un tām pievienots vitamīnu un minerālvielu komplekss un veiktas proporcionālas sastāva izmaiņas jau izveidoto produktu receptūrās.

Produkts termiski apstrādāts analogi laboratorijas pētījuma laikā izmantotajiem režīmiem ar nelielām modifikācijām. Vakuuma vārišana veikta 78 ± 2 °C, 20 min, kam sekoja produktu karstā fāsēšana stāvpakās un sterilizācija 118 °C, 10 min. Trīs mēnešu uzglabāšanas laikā tika novērotas C vitamīna saturu svārstības, kas varētu būt saistītas ar daļas askorbīnskābes pāreju oksidētajā un reducētajā formā. Kopējais fenolu satura pirms uzglabāšanas starp produktiem bija robežas no 151.01 ± 7.31 mg 100 g⁻¹ (S7) līdz 245.21 ± 9.41 mg 100 g⁻¹

produkta (D1), kas uzglabāšanas laikā visos produktos samazinājās, kamēr antiradikālā aktivitātē DPPH un radikāļu saistīšanas spēja ABTS vērtētajos produktos saglabājās salīdzinoši stabila.

Produktiem noteikts kopējais šķiedrvielu, olbaltumvielu un tauku saturs, kā arī veikts enerģētiskās vērtības aprēķins. Šos produktus salīdzinot ar komerciāli pieejamiem produktiem, saskatāmas gan pozitīvas, gan negatīvas atšķirības. Piemēram, jaunizveidotajos produktos ir ievērojami augstāks šķiedrvielu saturs, arī olbaltumvielu saturs ir uzskatāms par atbilstošu konkrētās patēriņtāju grupas vajadzībām (14. tabula), taču produktu enerģētiskā vērtība ir zemāka, kā arī produktu atsevišķi reologiskie rādītāji ir pārāk augsti.

14. tabula / Table 14

Šķiedrvielu, olbaltumvielu, tauku un titrējamo skābju saturs industriāli sagatavotos modificētas struktūras produktos / Content of fibre, protein, fat and titratable acids in industrially produced texture modified products

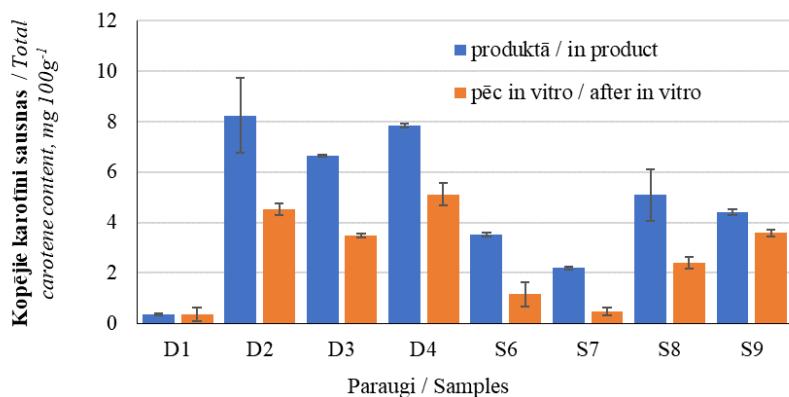
Paraugs / Sample		Kopējās diētiskās šķiedrvielas / Total dietary fibre, g 100 g ⁻¹	Olbaltumvielu saturs / Protein content, g 100 g ⁻¹	Tauku saturs / Fat content, g 100 g ⁻¹	Titrējamās skābes / Titratable acids, g 100 g ⁻¹
Saldais/ Desserts	D1	8.34	9.45±0.0	5.02±0.0	0.92±0.0
	D2	8.63	9.85±0.6	5.65±0.0	0.75±0.1
	D3	8.01	9.20±0.0	6.11±0.1	0.80±0.0
	D4	8.47	9.61±0.2	5.51±0.1	0.75±0.0
	D5	9.96	8.08±0.6	9.15±0.1	0.75±0.0
Zupa / Soup	S6	9.70	13.79±0.8	6.13±0.0	0.57±0.0
	S7	8.96	10.82±0.0	5.77±0.0	0.88±0.0
	S8	8.75	13.38±1.7	5.66±0.0	0.66±0.0
	S9	10.55	13.19±1.2	11.32±0.2	0.53±0.0

Analizējot šo produktu vitamīnu un minerālvielu saturu, vērojama pozitīva pievienotā vitamīnu un minerālvielu kompleksa ietekme. Šie rādītāji pat pārsniedz ES regulā 2016/128 rekomendētās maksimālās robežas (15. tabula). Taču būtu vērīgi veikt atkārtotu vitamīnu un minerālvielu analīzi un noskaidrot, vai un cik lieli zudumi rodas produktu uzglabāšanas laikā.

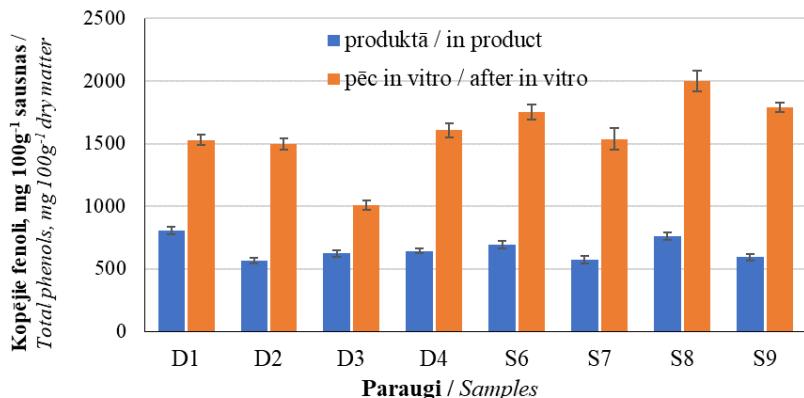
Veicot produktu sagremojamības izvērtēšanu *in vitro* konstatēts, ka kopējo karotīnu biopieejamība (8. att.) ir zemāka par produktos esošo saturu pārrēķinot uz sausnu, līdzīgi novērojumi veikti analizējot Ca un Mg saturu produktos. Pretēji novērojumi konstatēti, analizējot kopējo fenolu (9. att.), antiradikālās aktivitātes un radikāļu reducēšanas spēju, kad biopieejamība palielinājās.

Vitamīnu saturs industriāli ražotos modificētas struktūras produktos /
Vitamin content in industrially produced texture modified products

Paraugs / Sample		Vitamīnu saturs / Vitamin content				
		B ₁₂ , µg	B ₆ , mg	B ₉ , µg	D ₃ , µg	E (2), mg
Ieteicamais daudzums / Recommended content, mg 100 kcal⁻¹ (l)	Minimums/ Minimum	0.07	0.08	10	0.5	0.5
	Maksimums/ Maximum	0.7	0.5	50	2.5/3(1)	3
Deserti / Desserts	D1	2.77↑	0.89↑	68.15↑	5.42↑	2.38
	D2	2.39↑	0.78↑	69.80↑	4.98↑	2.46
	D3	2.72↑	0.83↑	70.37↑	5.12↑	2.49
	D4	3.54↑	0.88↑	70.27↑	5.23↑	2.39
	D5	2.16↑	0.67↑	48.49	4.51↑	2.00
Zupas / Soups	S6	2.59↑	0.88↑	76.44↑	5.12↑	2.50
	S7	1.97↑	0.81↑	75.63↑	4.64↑	2.42
	S8	2.04↑	0.82↑	70.68↑	4.67↑	2.21
	S9	1.74↑	0.65↑	55.50	4.16↑	1.85



8. att. Kopējo karotīnu satura izvērtējums modificētas struktūras produktos pēc *in vitro* / Fig. 8. Evaluation of total carotene content in texture modified products after *in vitro*



9. att. Kopējo fenolu satura izvērtējums modificētās struktūras produktos pēc *in vitro* / Fig. 9. Evaluation of total phenol content texture modified products after *in vitro*

Literatūrā tiek skaidrots, ka zemā biopieejamība saistīta ar karotinoīdu hidrofobo dabu, kā rezultātā arī to biopieejamība no uzturā lietotiem augļiem un dārzeņiem ir salīdzinoši neliela. Tieks minēts, ka to sagremojamību var efektīvi uzlabot, produktiem pievienojot viegli sagremojamus lipīdus (Stinco et al., 2019).

SECINĀJUMI

1. Ar izstrādātajām caur zondi lietojamo enterālo produktu Z1 un Z2 receptūrām no augu un dzīvnieku izejvielām ir iespējams nodrošināt pietiekamu E, B₂, B₅, B₇ vitamīnu daudzumu, bet nav iespējams nodrošināt pietiekamu B₁ un B₆ vitamīna daudzumu.
2. Modificētās struktūras paraugos Sp2 un Sp3 ar palielinātu olbaltumvielu saturu, kas izstrādāti no augu un dzīvnieku izejvielām, ir nepietiekams selēna un cinka saturs, zems dzelzs saturs, kā arī zema enerģētiskā vērtība.
3. Pilnveidojot sākotnējās receptūras Sp1, Sp2 un Sp3, tika iegūti deviņi modificētās struktūras produkti (D1 līdz D5 un S6 līdz S9) ar augstāku enerģētisko vērtību un plašāku garšu profilu.
4. Papildinot izstrādātās modificētās struktūras produktu receptūras ar vitamīnu un minerālvielu kompleksu, ir iespējams būtiski paaugstināt vitamīnu un minerālvielu saturu produktos.
5. Pētījuma laikā izstrādātajiem modificētās struktūras produktiem vidējā enerģētiskā vērtība ir 160 kcal 100 g⁻¹ produkta, tiem ir augsts olbaltumvielu un šķiedrvielu saturs, taču to minerālvielu un vitamīnu saturs tikai daļēji atbilst normatīvo aktu prasībām, tādēļ šie produkti uzskatāmi par

piemērotiem uztura papildināšanai, bet nevar būt vienīgais disfāgijas pacientu uzturs.

6. Augstspiedienā apstrādātos paraugos, kas izgatavoti no svaigām sulām, ir lielāks bioloģiski aktīvo savienojumu saturu samazinājums, salīdzinot ar paraugiem, kas izgatavoti no pusfabrikātiem, bet pielietotajam spiedienam (400–600 MPa) nav būtiska ietekme.
7. Vakuuma vāršanas rezīms būtiski neietekmē izstrādāto caur zondi lietojamo produktu kopējo fenolu saturu un antiradikālo aktivitāti atkarībā no izejvielas veida (svaiga sula vai pusfabrikāts). Tomēr produktiem, kas izgatavoti no pusfabrikātiem, ir augstāks kopējo karotīnu un antociānu saturs.
8. Caur zondi lietojamos produktos, kas izgatavoti no pusfabrikātiem, izmantojot augstspiediena apstrādi, mezofili aerobo un fakultaīvi anaerobo mikroorganismu, raugu, pelējumu un *Escherichia coli* skaits nepārsniedza pieļaujamo robežu 4 nedēļu uzglabāšanas laikā telpas temperatūrā, savukārt vakuumā vārto paraugu derīguma termiņš nepārsniedza 2 nedēļas.
9. Pēc modificētas struktūras produktu *in vitro* apstrādes kuņķa zarnu trakta simulācijas sistēmā kopējo fenolu, antiradikālā aktivitāte un reducēšanas spēja būtiski ($p < 0.05$) palielinājās.
10. Promocijas darba pētījumos iegūtie rezultāti daļēji apstiprina izvirzīto hipotēzi – izmantojot dabīgas izcelsmes augu un dzīvnieku valsts produktus, iespējams izstrādāt produktus, kas nodrošina nepieciešamās uzturvielas īpašas diētas produktos.

TOPICALITY OF THE RESEARCH

Adequate and sufficient nutrition is essential in human life, its main task is to provide the human body with the nutrients necessary for the normal functioning of body functions to protect us from various diseases and to ensure an adequate quality of life in general (Cilla et al., 2018b).

In cases where a person is unable to absorb the required nutrients for psychological or physiological reasons or the mode of intake is ineffective, medical advice on initiating parenteral or enteral feeding is required.

In parenteral nutrition, nutrients are delivered to patients in the form of a liquid, which is administered to the body through a peripheral vein, directly into the bloodstream, thus bypassing the digestive system and initiating nutrient processing in the liver (Jones et al., 2011; Rosenbergs, 2011). Enteral feeding, on the other hand, is a much simpler process that involves orally administered special diet products and enteral tube feeding products (Weimann et al., 2006). Enteral feeding products are the main object of this study, and the development of new products for enteral tube feed (liquid mixtures) and texture modified products for people with dysphagia are analysed and discussed in depth.

There may be many different reasons for the special diet need, but malnutrition or the potential for the development of malnutrition is mentioned as one of the main ones. Some medical publications also indicate that such enteral nutrition therapies are given to people before and after surgery, after various physical injuries that directly complicate the "normal" diet, and in oncology patients, people after strokes, which can cause short-term or long-term swallowing disorders – dysphagia.

In 2016, the European Society for Swallowing Disorders, together with the EU Society of Geriatric Medicine, produced a report on oropharyngeal dysphagia as a geriatric (care for the elderly) syndrome. According to the information they gathered, swallowing disorders are very common in the elderly and are associated with not only aging but with other medical problems, neurological diseases and neurodegenerative diseases (stroke, Parkinson's disease, Alzheimer's disease and all forms of dementia), heart failure, rheumatism, arthritis, etc.), as well as general weakness and sarcopenia. According to the information gathered by Baijens et al. (2016), dysphagia in Europe occurs in at least 23% of elderly people living independently, up to 51% of inpatients and even 84% of those with some form of dementia or neurodegenerative diseases (Baijens et al., 2016).

The commercially available food for special medical purposes in Latvia is quite uniform and its range is not wide, because the local market is small. Commercially available products are an integral part of nutritional therapies, but in recent years medical staff, as well as the general public, have become

concerned about the effectiveness of the use of synthetic nutrients compared to their natural sources. It should be noted that the vast majority of these commercial nutritional formulas contain synthetic vitamins and minerals and practically no fiber, which is important for the proper functioning of the intestine.

The intake of high-quality and nutrient-rich foods plays an important role in the process of human recovery, as it provides the body with everything it needs for optimal function. The development of such products is a responsible process, as it must achieve the desired effect, but predicting the extent to which the diet will be able to provide what is needed is a debatable issue even for a person without serious health problems. Each person's digestive system and the body's ability to use the absorbed nutrients is a unique process and its operation is influenced by a variety of factors. This is one of the major issues in the field of healthcare, which not only complicates the work of care staff, but can lead to serious complications in the patient's recovery process.

The **hypothesis** of doctoral thesis: using natural plant and animal origin raw materials, it is possible to create products that provide the recommended nutrients in food for special medical purposes.

The hypothesis of the doctoral thesis is supported by the following **theses**.

1. It is possible to create enteral tube feed products and texture modified products from natural plant and animal raw materials, ensuring the recommended amount of nutrients for patients.
2. Treatment of the products using vacuum and high-pressure processing methods has a positive effect on bioactive compounds, reducing their rate and amount of degradation.
3. The *in vitro* digestibility of the developed texture modified products proves the potential ability of the organism to absorb the necessary nutrients.

The **aim** of the doctoral thesis was to develop food products from plant and animal raw materials for people with special dietary needs.

The following research objectives were set to achieve the aim of the doctoral thesis:

1. to develop recipes for enteral tube feed products on the basis of plant and animal raw materials
2. to develop recipes for texture modified products on the basis of plant and animal raw materials;
3. to develop the production technology of the newly created products, which would ensure the preservation of their nutritional value as much as possible;
4. to examine and evaluate the impact of selected technologies on product quality and shelf life;
5. to evaluate the *in vitro* digestibility of the developed texture modified products.

The novelty of the thesis:

- for the first time in Latvia, research has been conducted on the development of enteral tube feed products from plant and animal raw materials;
- for the first time in Latvia, research has been carried out on the development of texture modified foods from plant and animal raw materials and the transfer of these products to industrial production.

The economic significance of the thesis:

- the production of products for special medical purposes in Latvia could help to develop industry and agriculture, providing new jobs and stimulating the economy;
- to help alleviate the situation in the country regarding the shortage of medical and nursing staff and the provision of special meals in medical and care institutions;
- to expand the range of products available on the Latvian market with regionally known flavours, thus also improving the quality of life of patients.

The development of the dissertation is co-financed from the following projects.

- Research program ‘Scientific Capacity Building LLU’ project A05-06 ‘Development of special dietary foods with high bioavailability’.
- European Innovation Partnership for Agricultural Productivity and Sustainability Working Group Cooperation Project No 18-00-A01612-000006 ‘Development of medicinal food for patients of malnutrition/dysphagia, creating new, nationally significant product with a high added value’.

APPROBATION OF THE RESEARCH

The research results have been summarized and published in 7 scientific articles, including 5 publications indexed in the international citation databases SCOPUS and Web of Science (see the list on pages 6–7).

The results of the research work have been presented at 12 international scientific conferences in Latvia, Lithuania, the Netherlands and Hungary, as well as in the international food industry fair “Riga Food” in 2017, 2018, 2019, and 2020, international medical fair “Medbaltica” in 2018 (see the list on pages 7–9).

MATERIALS AND METHODS

Time and place of the research

The experimental research was conducted from September 2016 till March 2021 in the laboratories of the Faculty of Food Technology of the Latvia University of Life Sciences and Technologies, production facilities of KEEFA Ltd., in the laboratories of FANEKS Ltd., Institute of Biology of the University of Latvia and Food Safety, Animal Health and the Environmental Research Institute BIOR.

Characteristics of materials

The object of the study was laboratory prepared enteral tube feed products and texture modified products for dysphagia patients with increased protein content. Various raw materials of plant and animal origin were used in the development of the products:

- fresh juices obtained in laboratory conditions (blackcurrant, beet, pumpkin, cabbage, Jerusalem artichoke);
- semi-finished products produced by KEEFA Ltd - juices, pulp juices and purees (blackcurrant juice, beet juice and puree, pumpkin juice and puree, cabbage juice, Jerusalem artichoke juice and puree, chokeberry juice, carrot juice and puree, apple juice and puree, sea buckthorn, lingonberry, strawberry, raspberry, cranberry pulp juice);
- additional additives used both for the preparation of laboratory samples and for the industrial production of products - potatoes, peas, garlic, sugar, salt, iodine salt, cod liver oil - Mollers (SIA "Orkla Care", Latvia), refined rapeseed oil (SIA "Iecavnieks & Co", Latvia), 35% sweet cream and melted cheese (JSC "Smiltenes piens", Latvia), BIO hemp protein - 50% protein and 20% fiber (SIA "Ramans", Latvia), various spices from local retail outlets;
- additives to laboratory products – dry whey isolate ESN Iso-Whey Hardcore and dry soy protein isolate ESN Soy-Pro soy, L-arginine HCl (Fitmart GmbH & Co. KG, Germany), L-ascorbic acid (Chempur, Poland);
- additives for industrial products – dry whey isolate NUTRI Whey Isolate (Friesland Campina DMV B.V., The Netherlands), L-arginine (Cambridge Commodities Ltd, Great Britain), dry powder complex of vitamins and minerals (SternVitamin GmbH & Co. KG, Germany).

The sample abbreviations and descriptions are presented on pages 10–11.

Research structure

The research was performed in two parts:

- development of enteral tube feed products;
- development of texture modified products for use in case of dysphagia.

Initially, the raw material for the development of new products was obtained, after that, the theoretical and experimental development of new products was started.

Theoretical recipes in the research work have been developed using the information found in the nutrition databases on the total nutritional value and vitamin and mineral composition of the fruits, berries and vegetables, as well as the information provided on the product packaging or in the manufacturer's specification for additionally used ingredients was used to prepare the products calculations.

All recipes are calculated per 100 kcal and the required vitamin and mineral compound content is based on the requirements specified in the 2015 EU Commission Delegated Regulation 2016/128 "Values of vitamins and minerals in food for special medical purposes other than that developed to satisfy the nutritional requirements of infants".

The information on raw materials is arranged in a specially created Microsoft Excel matrix, which automatically calculates the predicted amount of nutrients, adjusted as necessary by making corrections in the recipe to reach the nearest theoretical energy value and the content of vitamins and minerals compound in accordance with EU Regulation 2016/128.

The development of enteral tube feed products was done in three stages.

In the **first stage**, the influence of high-pressure and vacuum-cooking modes on the use of one enteral tube feed product Z1 quality indicators and storage time depending on the type of raw materials used (fresh juices or semi-finished products) was evaluated (Fig. 1).

In the **second stage**, the effect of pasteurisation and sterilisation as secondary treatment regimes on the use of two enteral tube feed products Z1 and Z2 quality indicators and storage time was evaluated (Fig. 2).

In the **third stage**, a repetition of enteral tube feed product preparation according to the 2nd stage of the experiments was carried out, where products were cooked under industrial conditions in the company Ltd. "KEEFA" (Fig. 3). Additional changes have been made to the experimental recipe. The final recipes for the developed tube feed enteral products are shown in Table 2.

Parallel to the partial experimental preparation of enteral tube feed product samples Z1 and Z2 under industrial conditions, analogous to the 1st stage of the experiment, recipes Z3, Z4 and Z5 were developed and prepared under laboratory conditions (Fig. 4).

The second part of the study was devoted to the development of new texture modified products. The development of these products started with the creation of recipes, which were performed primarily taking into account such sensory parameters as the taste + smell, colour and consistency of the products. The evaluation of the indicators was performed by experienced experts from the

project No.18-00-A01612-000006 LLU working group and other experts from the cooperation partners involved in the project. Product recipes were based on 100 g of product, but similar to the experimental enteral tube feed products, the composition of texture modified products was controlled based on the requirements of EU Regulation 2016/128 “Values of vitamins and minerals in food for special medical purposes other than that developed to satisfy the nutritional requirements of infants”. The recipes were compiled in an analogous matrix as in the development of enteral tube feed products.

According to the information provided in the literature and the research of products available on the market, experimental protein-enriched texture-modified products were developed. The primary heat treatment of the developed protein enriched purees was performed similar to the previous experiments with enteral tube feed products, and one pasteurisation mode 95 ± 2 °C, 20 min was selected. Recipes for the prepared products are shown in Table 3. The main goal of this stage of the study was to find out whether it is possible to create products with a high protein content that are sensory pleasant and suitable, as well as to find out mineral compound content background of the products.

According to the obtained results, changes were made in the product recipes and additional products were developed. A total of 9 recipes were created for this part of the study – 5 desserts (D1 to D5) and 4 main dishes or soups (S6 to S9), the recipes are shown in Table 4. The scheme of product preparation and analysis is shown in Fig. 5. Initially, the products were prepared under laboratory conditions, the treatment modes were selected based on the information obtained in the first part of the study on the treatment of enteral tube feed products.

After preparation of the products under laboratory conditions and data acquisition, changes were made in the product formulations in order to additionally add vitamin and mineral compound premix, which is necessary to improve the composition of the products. Products were prepared under industrial conditions, see Fig. 5. Their quality assessment was performed, the composition of vitamins and minerals was determined. These product samples were evaluated *in vitro* and the total fibre, protein, fat and carbohydrate content was determined and the energy value of each product was calculated according to the obtained data. Changes in products during storage were analysed. The products were stored at room temperature and analysed every 4 weeks.

During the research also the suitability of several raw materials for the development of texture-modified products was assessed. Precise data on the obtained data are not reflected in the theses paper. The suitability of various protein powders and their concentrations for the development of texture-modified products has also been evaluated, the data was analysed and presented in D.Sangjuler master's thesis ‘Rheological properties of protein improved plant-based purees for oro-pharyngeal dysphagia consumption’, that was defended in 2020. These stages in Fig. 5. marked with a different colouring of the scheme,

the other information shown in the experimental scheme is presented and summarized in the following sections.

List of sample abbreviations used in the research are showed in Table 1

Methods used in the research

The methods of analysis of the determined indicators are summarized in Table 5. Rheological properties – hardness (N), stickiness (N), consistency (N s) and viscosity (Pa s) of the texture modified products were also analysed.

Data analysis

Mathematical data processing was performed by calculating the following parameters: arithmetic mean, standard deviation. One-way and two-way analysis of variance (ANOVA), Tukey-Kramer test, t-test were used for the data interpretation. If the effect of the interaction between the factors is found ($p < \alpha_{0.05}$), then it can be concluded that at 95% confidence there is an interaction of certain values of the studied factors.

In the research part of the work, figures and tables were created and calculations were performed using MS Excel for Windows 2016 software.

RESULTS AND DISCUSSION

1. Development and evaluation of enteral tube feed product preparation technologies

The aim of the dissertation was to develop food products from plant and animal raw materials for people with special dietary needs. When developing such products, it is important not only to ensure their microbiological safety for human health, but also to create a nutrient-rich composition. Fruits, berries and vegetables are rich in a variety of nutrients, but during processing, there are large losses. One of the possible solutions would be to use gentle technologies in the preparation of these products.

Enteral tube feed products are not intended for oral use; therefore, sensory properties such as taste are not relevant in the development of these products. The development of the products started with the development of recipes based on the information specified in Commission Delegated Regulation (EU) 2016/128 (2015) on the required content of vitamins and minerals for products intended for special medical purposes not intended for infants.

In order to obtain primary data, the suitability of high-pressure and vacuum cooking for product preparation was evaluated, while the suitability of two types of raw materials for the development of these products (freshly squeezed juices and industrially prepared semi-finished products) was also analysed.

The microbiological quality of the prepared products was evaluated by analysing total plate count, total number of yeast and mould cells and *E. coli* presence

High-pressure treatment and vacuum cooking (cook-vide) are effective in reducing microbiological contamination. The number of analysed microorganisms did not exceed the limit values in the enteral tube feed products made from semi-finished products and products were suitable for consumption 4 weeks after their preparation and storage at room temperature in direct sunlight. However, in the samples made from fresh juices total plate count and yeast count exceeded the limit already after one week (Table 6).

Samples made from fresh juices showed greater changes in the content of biologically active compounds, but similar to the samples made from semi-finished ingredients, they did not show significant changes depending on the pressure applied. It was observed that the content of vitamin C, total carotene and total phenols in enteral tube feed products made from semi-finished ingredients slightly increased with an increasing processing pressure (Table 7). Preliminary results showed that microbiologically acceptable products can be obtained after application of high-pressure treatment at 400 MPa, 500 MPa and 600 MPa.

The obtained data on the effect of vacuum cooking (cook-vide) on the developed enteral tube feed product did not show significant differences in total phenol content and radical scavenging activity depending on the type of juice selected for sample preparation (fresh juice or semi-finished product), but showed better retention of total carotene and anthocyanin content, when made from semi-finished products (Table 8).

Vacuum cooking followed by hot filling was not sufficient to achieve microbiological integrity in the products made from fresh juices, but the microbiological parameters analysed in these products were within acceptable range for 14 days when semi-finished products were used.

The shelf life obtained in the experiments performed in the study is insufficient for the successful realisation of the product. When evaluating the changes of bioactive compounds, it was shown that the preparation of products from semi-finished products would allow better preservation of the bioactive compounds compared to the products made from freshly squeezed juices.

In order to extend the shelf life of the developed products, the impact of pasteurisation and sterilisation conditions on the prepared products was also analysed. Although sterilisation was not the most lenient method for preserving bioactive compounds, it is considered to be the most effective method, as the microbiological parameters were within the acceptable range for 8 weeks. During the experiment, it was found that the products also have insufficient vitamin C content (Fig. 6), therefore changes were made in the formulations of Z1 and Z2 products. Three more recipes were designed and the analysis of minerals and other nutrients were performed for the prepared products, which are further discussed in the next chapter

2. Evaluation of nutrient content in enteral tube feed products

During the development of the recipes, it was confirmed that plant products typically do not possess high energy value and have insufficient content of proteins. In order to increase energy value, recipes were supplemented with rapeseed and cod liver oil. Whey isolate was used to increase protein content, but ascorbic acid was used for the increase of vitamin C content.

At the final stage of the study, nutrient analysis of the prepared products was performed. The data obtained showed that, experimentally prepared samples compared to commercially available products still contained insufficient amount of protein, which did not exceed $1.7 \text{ g } 100 \text{ kcal}^{-1}$ product, while commercial products contain at least $4 \text{ g } 100 \text{ kcal}^{-1}$. Visual observation of the prepared products also showed severe denaturation of the proteins after sterilisation, which would only increase if the amount of whey isolate added were increased. Enteral tube feed products must be fluid and homogeneous so that they can enter the human body through the tube without difficulty. Therefore, microencapsulation of the individual nutrients and aseptic preparation of the products should be considered in order to obtain such products, thus extending their shelf life and reducing nutrient changes during storage.

The analysed content of vitamins in products Z1 and Z2 showed that they contain low amount of K₁ and B group vitamins. The content of vitamin E in the tested tube feed enteral products reached an average amount compared to the maximum recommended amount of vitamin E ($3 \text{ mg } \alpha\text{-TE } 100 \text{ kcal}^{-1}$) in accordance with Regulation (EU) 2016/128 (Table 9). Although, the vitamin C content was almost 2-fold higher compared to the maximum recommended amount of $22 \text{ mg } 100 \text{ kcal}^{-1}$.

Mineral content in samples Z1 to Z5 showed selenium deficiency and also low content of Ca, Cu, Fe, Fe and Zn. However, the content of minerals K and Mg was too high and exceeded the recommended norms (Table 10).

It would be advisable to look for other ingredients that could provide a higher content of insufficient vitamins and minerals or to add vitamin and / or mineral complexes to ensure the recommended values of EU Regulation 2016/128, as well as to reduce amount of ascorbic acid added.

The information obtained during the study allows to conclude that the development of such enteral tube feed products is possible, but further improvement on the recipes, as well as the product preparation technology would be necessary.

3. Development of texture modified products under laboratory conditions

The study was started with the development of three protein-enriched purees. The base ingredients of these products were the semi-finished products of various fruits, berries and vegetables. In order to increase the protein content whey isolate was included in the recipe. Product recipes were designed similar to the development of enteral tube feed products using the information on raw material composition available from product databases. Unlike enteral tube feed products, texture modified products should be designed considering sensory attributes. Sensory evaluation of new products was performed by experts from various fields, as part of working in the collaborative project No.18-00-A01612-000006 “Development of medicinal food for patients of malnutrition/dysphagia, creating a new, nationally significant product with a high added value”, including teaching staff and leading researchers from the Faculty of Food Technology, as well as nutritionists, leading researchers and medical doctors from Riga Stradins University and the Latvian Association of Dieticians. The working group also specified issues related to the composition needs and textural requirements for the products, taking into account the target group to which such products would be applicable.

Protein enriched purees had a relatively good mineral compound content (Table 11), as well as an average protein content of 6 g per 100 g of product, but their energy value and the protein content was too low compared to commercially available products, so new products were designed based on the first recipes.

A total of 9 products were created, including 5 desserts (D1 to D5) and 4 soups (S6 to S9). Products were prepared in the laboratory by cooking in a vacuum kettle at 0.06 MPa; 79 ± 2 °C; 15 min, followed by hot filling in the glass jars and sterilisation of the products at 115 °C, 5 min.

Microbiological evaluation of samples did not show contamination, also various bioactive compounds were analysed, and the obtained data were recalculated per 100 kcal in order to assess their biological contribution when the diet is based on the energy value of products.

The content of vitamins (Table 12) and minerals was also determined for the products, which was compared to the norms specified in EU Regulation 2016/128 in the development of food intended for special medical purposes to meet the nutritional needs other than infants. The content of vitamins and minerals in the tested samples was too low.

The products have also been evaluated for their textural properties (Table 13), which are essential as they are intended for the needs of dysphagia patients. The development of texture modified products is part of the cross-sectoral cooperation project No.18-00-A01612-000006 ‘Development of medicinal food for patients of malnutrition/dysphagia, creating new, nationally significant product with a high added value’. The working group of this project clarified the

issues related to the composition needs and rheological features of the products, taking into account the target group to which such products would be applicable. The prepared soup samples were found to have too high viscosity and consistency. High consistency in soups could be explained by the amount of protein added during product preparation. Tarrega et al. (2012) indicates that various whey protein concentrates and isolates are widely used in the manufacture of several products as structure modifiers because they are able to form gels and help with moisture retention during product processing. Although studies have shown that the use of high concentrations can significantly thicken the product.

4. Evaluation of industrially produced texture modified products

One of the final stages in the development of new texture modified products was the transfer of the prepared product production to industrial environment. To implement this stage, the observations made in the previous experiments on the insufficient content of minerals and vitamins in the developed products were taken into account, therefore a premix of vitamins and minerals was added to the product formulations and proportional changes were made in the formulations of already developed products.

The product was heat-treated analogous to the modes used during the laboratory study with minor modifications. Vacuum cooking was performed at 78 ± 2 °C for 20 min, followed by hot filling of the products in stand-up pouches and sterilisation at 118 °C for 10 min. During 3 months of storage, variations in vitamin C content were observed, which might be related to the conversion of some ascorbic acid to the oxidized and reduced forms. In the products, the total phenol content before storage ranged from 151.01 ± 7.31 mg of 100 g⁻¹ product S7 to $245.21\pm$ mg of 100 g⁻¹ product D1, which decreased in all products during storage, while the radical scavenging activity DPPH and radical reducing power ABTS in the evaluated products remained relatively stable.

The total fibre, protein and fat content of the products was determined, as well as the energy value was calculated. There are both positive and negative differences between these products and those already commercially available. Thus, for example, newly developed products have a significantly higher fibre content, the protein content is also considered to meet the needs of a particular consumer group (Table 14), but the energy value of the products is lower and some of the rheological parameters of the products are too high.

Analysing the vitamin and mineral content of these products, a positive effect of the added vitamin and mineral premix was observed. These amounts even exceeded the values recommended by EU Regulation 2016/128 (Table 15). However, it would be worthwhile to repeat the analysis of vitamins and minerals

and find out whether and to what extent losses occur during storage of the products.

The *in vitro* evaluation of the digestibility of the products showed that the bioavailability of total carotene (Fig. 8) is lower than the content per dry matter of the products; similar observations were made by analysing the content of Ca and Mg in the products. In contrast to these observations, the bioavailability of total phenol (Fig. 9), radical scavenging activity and radical reducing power increased after *in vitro* digestion.

In the literature, it is mentioned that the low bioaccessibility is related to the hydrophobic nature of carotenoids, because of which their bioaccessibility from edible fruits and vegetables is relatively low. It has been reported that their digestibility is effectively enhanced by the addition of easily digestible lipids to products (Stinco et al., 2019).

CONCLUSIONS

1. The developed enteral tube feed recipes Z1 and Z2 can provide sufficient amounts of vitamins E, B₂, B₅, B₇, but could not provide sufficient amounts of vitamins B₁ and B₆.
2. Texture modified food samples Sp2 and Sp3 have insufficient selenium and zinc content, as well as low iron content and low energy value.
3. By supplementing the developed texture modified product recipes with a premix of vitamins and minerals, it is possible to significantly increase the content of vitamins and minerals in the products.
4. By improving the recipes of the initial samples Sp1, Sp2 and Sp3, nine texture modified products (D1 to D5 and S6 to S9) with a higher energy value and a wider taste profile were obtained.
5. Texture modified products developed during the study have an average energy value of 160 kcal per 100 g⁻¹ of product, high content of proteins and dietary fibres, but their mineral compound and vitamin content partly complies with regulatory requirements. Therefore it is considered to be suitable as a diet supplementary product, but may not be the only diet for patients with dysphagia.
6. High-pressure treated samples made from fresh juices have a greater reduction in the content of biologically active compounds compared to samples made from semi-finished products, but there is no significant difference depending on the applied pressure (400–600 MPa).
7. The vacuum cooking mode does not significantly affect the total phenol content and antiradical activity of the developed enteral tube feed products depending on the type of raw material. However, products made from semi-finished products have a higher content of total carotene and anthocyanins.

8. In enteral tube feed products made from semi-finished products, the number of total plate count, yeasts, moulds and *Esherichia coli* did not exceed the limit for 4 weeks at room temperature after high pressure treatment and 2 weeks after vacuum-cooking.
9. After *in vitro* treatment of the texture modified products in the gastrointestinal simulation system, the total phenol, antiradical activity and reducing ability increased significantly ($p < 0.05$).
10. The results obtained in the research of the doctoral thesis partially confirm the hypothesis - using products of natural plant and animal origin, it is possible to develop products that provide the recommended nutrients in food for special medical purposes.

Promocijas darba izstrāde līdzfinansēta no šādiem projektiem:

- Pētniecības programmas „Zinātniskās kapacitātes stiprināšana LLU”, projekta numurs: A05 – 06, „Īpašas diētas pārtikas produktu ar paaugstinātu biopieejamību izstrāde”;
- Projekta Nr.18-00-A01612-000006 „Inovatīvas ārstnieciskas pārtikas izstrāde malnutrīcijas/disfāgijas slimniekiem, radot jaunu, nacionāli nozīmīgu produktu ar augstu pievienoto vērtību”.

The development of the dissertation is co-financed from the following projects

- Research program ‘Scientific Capacity Building LLU’ project A05-06 ‘Development of special dietary foods with high bioavailability’.
- European Innovation Partnership for Agricultural Productivity and Sustainability Working Group Cooperation Project No 18-00-A01612-000006 ‘Development of medicinal food for patients of malnutrition/dysphagia, creating new, nationally significant product with a high added value’.

Mg.sc.ing. Liene Ozola

e-pasts / e-mail: lieneozola8@inbox.lv

Latvijas Lauksaimniecības universitāte / Latvia University of Life Sciences and Technologies

Pārtikas Tehnoloģijas fakultāte / Faculty of Food Technology

Rīgas iela 22a, Jelgava, LV-3004, Latvija / Rīgas Street 22a, Jelgava, LV-3004, Latvia