



INNOVATSIOONIKLASTRI TOETUSE INNOVATSIOONITEGEVUSE LÕPPARUANNE

1. Elluviidud tegevuste kirjeldus¹

Innovatsioonitegevus „Fermenteeritud taimsete piimaanalooide tehnoloogiaarendus“

Käesolevate tegevuste eesmärgiks oli välja töötada tehnoloogiad Eestis kasvatavate põllukultuuride kasutusvõimaluste osas, ehk töötada välja tehnoloogiad erinevate kaun- ja teraviljade jaoks. Innovatiivsete toodete arendamise aluseks võeti tarbijate eelistused, kus keskenduti kõrge toiteväärtusega taimse jogurti- ja juustuanaloogi arendamisele. Taimse kohupiima arenduse asemel võeti vaatusse alla taimse pudingu arendus. Muudatus tööde plaanidesse viidi sisse kokkuleppel partneritega ning seoses nende huvi tõttu vastava toote vastu. Kuna tööde teostamise ajal ei olnud võimalik Eestis piisavates kogustes kommertsiaalselt toodetud valgupreparaate saada, siis kasutati nendele vähestele, mis olid eestimaised, mujal Euroopas toodetud valgupulbreid. Innovatsioonitegevuste läbiviimiseks oli oluline kirjeldada erinevaid valgupulbreid ja nende omadusi ning juurutada tehnoloogilisi võtteid (nt ensüümtöötlus, fermentatsioon), mis on olulised just piimaalternatiivide valmistamiseks ning mis annaksid parima sisendi tootjatele nii toorainete valikul kui ka sobivate tehnoloogiate rakendamisel.

Tööde käigus töötati läbi teaduskirjandus, mis puudutas nii taimsete valkude omaduste kirjeldamist ning nende rakendamise võimalustest piimaanalooide valmistamiseks. Tootearendusele eelnes ka turul olevate toodetega tutvumine, mille käigus kaardistati jaekettides müügil olevad erinevad piimaanalooidid – taimsed joogid, fermenteeritud tooted kui ka juustuanalooidid. Lisaks viidi läbi TFTAK-i poolt korraldatud tarbijauuring, kus uuriti kohalikult tarbijalt (100 osalejat) taimsete jogurti- ja juustuanalooide ostu- ja tarbimisharjumuste kohta. Saadud ülevaated ja tulemused andsid olulist sisendit **innovatsioonitegevuste** planeerimiseks ja läbiviimiseks.

Kirjanduse ülevaade

Piimaanalooidid ehk taimsed alternatiivid piimatoodetele on üks grupp tooteid lisaks lihaanalooidele, mille järgi nõudlus tarbijate seas järjest kasvab. Põhjusteks võib tuua tarbijate terviseteadlikkuse, talumatuse teatud toidu komponentide suhtes (nt laktoos või kaseiin), maitse-eelistused, toidutootmise keskkonnamõju või eetilised vaated. Lisaks võivad taimsed piimaalternatiivid olla head valgu-, kiudainete, vitamiinide ja mineraalide allikaks ning neis toodetes on madalam küllastunud rasvhapete sisaldus ja puudub ka kolesterool (Pua et al., 2022). Eesti rahvastiku 2014. aasta toitumisuuring (Tervise Arengu Instituut, 2020) näitas, et Eesti inimesed tarbivad liiga vähe kaunvilju ja seemneid, mis on kasulike rasvhapete ja mineraalainete allikaks. Seega on oluline leida alternatiive, mis aitaksid vähendada liigset loomsete toiduainete tarbimist ning tasakaalustada toitumist taimset päritolu toodetega.

Kõige sagedamini kasutatakse taimsete piimaanalooide valmistamisel kaun- või teravilju, pähkleid, seemneid või mugulaid. Toormaterjale valitakse valgu- ja rasvasisalduse järgi ning oluline roll on nii lõpptoote toiteväärtusel, tekstuurile kui ka sensorsetel omadustel (Montemurro et al., 2021). Toormaterjalid on valitud valgud mõjutavad toodete veehoidmisvõimet kui ka geelide tekkimist ning lahuste stabiilsust, samas kui rasvad on olulised ka lõpptoodete suutunde moodustumisel (Pua et al., 2022). Üheks võimaluseks on valitud toormaterjalist valmistada n-ö joogibaas, mis on peamiselt segu valkudest, süsivesikutest, rasvast ja kiudainetest. Selliste toodete valgusisaldus on sageli aga siiski madal ning olenevalt toormaterjalist on see keskmiselt 1-3% (Angelino et al., 2020). Valmistatud joogibaasi on võimalik kasutada edasistes tootearendustes (nt fermenteerida), kuid selleks, et saavutada parema tekstuuri ja kvaliteediga tooteid, on vaja lisada paksendajaid (erinevaid polüsahhariide) või kasutada kõrgema valgusisaldusega materjale ehk

taimseid valgupulbreid, mis ühtlasi aitavad saavutada ka parema toiteväärtusega lõpptooteid (McClements & Grossmann, 2021).

Taimseid valgupulbreid saadakse valkude eraldamisel nt tera- või kaunviljadest, kasutades erinevaid tehnoloogilisi võtteid. Valke on võimalik kontsentreerida terade jahvatamisel ja sõelumisel (kuivfraktsioneerimine) kui ka kasutades ekstraktsiooni vesilahustes (märkekstraktsioon) (Pua et al., 2022; Sim et al., 2021). Vastavalt eraldamise meetodile ning valgusisaldusele pulbris saab eristada valgukontsentrante ja -isolaate, kus valgusisaldus võib olla 50–90% (Sim et al., 2021). Kuivfraktsioneerimisel saavutatakse tavaliselt paremate funktsionaalsete omadustega pulbrid, kuid sageli on neil madalam valgusisaldus ja toorainele iseloomulikud sensoorsed omadused (kibedus, kootavus, tera- või kaunviljasus), mida lõpptoodetes ei soovita (Rivera et al., 2022). Märgekstraktsiooniga toodetud pulbrite puhul saavutatakse kõrgema puhtusastmega pulbrid, kuid kasutatavate ekstraktsioonitingimuste (pH, temperatuur) tõttu võib valkudega toimuda ulatuslik denaturatsioon ja agregeerumine, mis mõjutab oluliselt valkude edasisi omadusi, nagu lahustumine, geelistumine, emulsiooni stabiilsus ning seega mõjutades ka lõpptoodete tekstuuri (Pua et al., 2022; Rivera et al., 2022).

Sobivate omadustega valgupulber on kriitilise tähtsusega lõpptoote valmistamisel. Vaadates piimaanalooide (jogurti-, kohupiima-, või juustuanaloog) arendamist, siis on oluline kasutada valgupulbreid, millel on eelkõige head vees lahustuvad omadused, millele järgnevad teised funktsionaalsed omadused nagu näiteks, geelistumise, vahustumise, emulgeerimise ning vee- ja õlisidumise võime (Sim et al., 2021). Madalam funktsionaalsus on tingitud taimses esinevate valkude koostisest ja omadustest kui ka sellest, kuidas valk on taimsest maatriksist eraldatud ja töödeldud. Samuti on oluline kasutatava valgupulbri osakeste suurus ning selle mõju lõpptoote kvaliteedile – tekstuurile, teralisusele või jahususele ning stabiilsusele (Engelen et al., 2005). Lisaks põhjustavad mittelahustuvad osakesed edasist agregeerumist ja sadestumist toote säilitamise ajal. Oluline kriteerium valgupulbri valikul on ka selle head sensoorsed omadused ning kas pulber võimaldab arendada neutraalse maitsega lõpptoodet.

Selleks, et suurendada piimaanalooide kvaliteeti ja tarbijaskonda, on oluline hoolikas tooraine valik kui ka sobivate tehnoloogiliste võtete kasutamine nii toormaterjali töötlemiseks kui ka lõpptoote arendamisel. Erinevate toormaterjalide eeltöötlemise võtetega nagu röstimine, leotamine, idandamine või kestade eemaldamine, on võimalik vähendada toormaterjalidest tulenevaid kõrvalõhnu ja -maitseid ning vähendada ka antitoidainete sisaldust lõpptoodetes (Ferawati et al., 2019; Rivera et al., 2022). Pärast märg- või kuivfraktsioneerimist on võimalik valkude kui ka teiste tootes oluliste komponentide (nt süsivesikud, rasvad, kiudained) funktsionaalsuse ja sensoorsete omaduste parandamiseks kasutada nt homogeniseerimist erinevatel rõhkudel, kuumutamist või jahude peenestamist erinevate võtetega (Pua et al., 2022). Oluline on tähelepanu pöörata ka taimsete toormaterjalide ja valkude segude valmistamisele ja kombineerimisele, nii et lisaks tekstuurile ja sensoorsetele omadustele saaks parandada ka arendatavate toodete toiteväärtust (Sim et al., 2021). Samuti kasutatakse tootearenduses sageli algmaterjalidel ensümaatilisi töötlusviisi kui ka fermenteerimist, mis aitavad veelgi parandada lõpptoodete kvaliteeti ja vastuvõetavust.

Turu- ja keskkonnamõjuanalüüs (kirjanduse põhjal)

Senini peamiselt sojale ja mandlitele keskendunud taimsete piimaalternatiivide turg näitab trendi, et nõudlus kasvab eelkõige teistest toorainetest valmistatud toodete järele. Sellel on mitmeid põhjuseid. 14% alla 3,5-aastastest lastest, kellel esineb piimaallergia, kannatavad ka soja allergia käes. Seega on sojal põhinevad alternatiivid nende jaoks välistatud. Kuigi soja ja mandel on endiselt populaarseimad piimatoodete asendusallikad, on need seotud keskkonnaprobleemidega. Kiirelt kasvav turg sojale kujutab ohtu Lõuna-Ameerika, Indoneesia ja Aafrika habrastele ökosüsteemidele nagu vihmametsad ja savannid ning seal pesitsevatele ohustatud liikidele. Sarnase probleemi ees on ka mandlitootjad. California, mis toodab 80% maailma mandlitoodangust kannatab juba mitu aastat tugeva põua all ning selles mängib rolli ka mandlite 14 kasvatamine, mis nõuab suuri vee koguseid. Samuti on tarbijad mures geenmuundatud soja pärast (Jeske et al, 2017). Et turg on muutumas, näitavad ka viimaste aastate taimsete piimaalternatiivide müügitrendid. Aastatel 2012 – 2015 kasvas Euroopa turul müüdavate teraviljal, pähklitel ja seemnetel põhinevate jookide

tarbimine 380%, samas kui sojal põhinevate jookide müük „vaid“ kahekordistus. Tarbijad otsivad eelkõige tervislikke funktsionaalseid toite, mis panustavad nende üldisesse heaolusse (Jeske et al, 2017).

Rääkides näiteks lehmapiima ja kaerajoogi keskkonnamõjust, on viimase panus CO₂ emissiooni, eutrofeerumisse ning haritava maa ja vee kulule tunduvalt väiksem. Sellisele järeldusele jõudsid ka Rootsi teadlased, kes võtsid arvesse nii vajadust täisväärtusliku valgu järele, karjatamise olulisuse heinamaade liigirikkuse säilitamisel kui ka biokütuste tootmise loomasööda kasvatamise alt vabanevalt maalt (Röös et al, 2015). Asendades kogu lehmapiim kaerajoogiga, tuleb arvesse võtta ka seda, et piimalehmad katavad hiljem osaliselt ka liha näol rahvastiku vajaduse valgu järele. Lihatootmine on niisiis juhitud piima tootmise poolt. Saamata jäänud valk tuleks asendada kas lihaveistega, linnuliha või taimsete valgullikatega. Sõltuvalt valgu tootmise alternatiivist oli kaerajoogi kasvuhoonegaaside emissioon 16 – 41% madalam kui lehmapiima tootmise korral. Võttes arvesse kõiki parameetreid ja ideaalstsenaariumit, oli kaerajoogi keskkonnamõju lausa 90% võrra väiksem kui piimatootmise puhul. Liha ja piimatooted on toiduainetena suurimad CO₂ emissiooni panustajad. Samuti vajab nende tootmine rohkem haritavat maad ja selle kaudu ka oluliselt rohkem vett, mis ei ole jätkusuutlik. Taimse valgu omastamisel loomade poolt ja selle kaudu loomse valgu tarbimise käigus läheb kaotsi 75 – 90% teraviljast ning 65 – 90% valgust (Jeske et al, 2017). Loomasööda kasvatamise alt vabanevat maad saaks kasutada näiteks või metsloomade elupaikade taastamiseks või biokütuse tootmiseks (Röös et al, 2015).

Jogurtialternatiivide koostis

TVIK tegevuste raames analüüsiiti Eesti turul leiduvaid kaeral põhinevaid fermenteeritud jogurtialternatiive, kuhu kuulusid nii maitsestatamata kui ka erinevate marjalisanditega maitsetatud tooted. Nendes toodetes varieerus kaerasisaldus 8 – 12% ulatuses. Paksendajaid oli kasutatud kõigi jogurtialternatiivide juures, sh pektiini, kartuli- ja tapiokitärklis, ksantaani ja jaanileivapuujuhu. Samuti oli paljudele toodetele lisatud rasva, milleks on peamiselt rapsiõli. Juhul kui rasva on lisatud, jääb rasvasus jääb vahemikku 0,7 – 2,2 %. Jogurtid, millele rasva pole lisatud, on 0,6 või 1,8% rasvasusega. Valgusisalduse suurendamiseks on lisatud kartulivalku. Valgulisandiga toodete valgusisaldus on 1,8 või 2,2 g/100 g kohta. Kui valku pole lisatud, jääb valgusisaldus vahemikku 0,6 – 1,8 g/100 g. Kaltsiumi on lisatud toodetele kaltsiumfosfaadi või –karbonaadina. Osadele toodetele on lisatud ka happesuse regulaatoreid, milleks on piim-, õun- või sidrunhape, sidrunimahla kontsentraat, naatriumtsitraat või söögsooda. Toodete rikastamiseks on kasutatud B2-vitamiini, B12 ja D-vitamiini. Toodetes on kasutatud ka jodeeritud soola. Kasutatavatest fermentatsioonikultuuridest on välja toodud näiteks *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii* spp. *Bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus* ja *Bifidobacterium* spp. Bakterikultuuridest sisalduvad sealhulgas ka *Bifidobacterium* BB12TM, *Lactobacillus acidophilus* LA5TM ja *Lactobacillus rhamnosus* Lc 705.

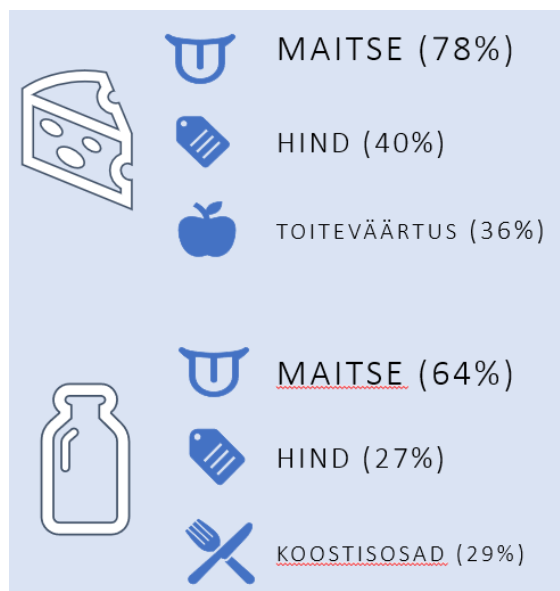
Juustualternatiivide koostis

Viidi läbi taimsete juustude turu kaardistamine ning vaatluse alla võeti 21 erinevat tüüpi taimset juustualternatiivi, mis jaotusid riivjuustulaadsteks, võileivaviiludeks (Classic, Gouda, Cheddar, Mozzarella maitselisteks), Kreeka juustuasendaja ja vanemat tüüpi juustuasendajateks. Üldine toodete koostis on järgmine: vesi, taimne rasv, modifitseeritud tärklis, kartulivalk, sool, kaltsium, lõhna- ja maitseained, toiduvärv (karoteenid), stabilisaator, vitamiinid (riboflaviin, B12 ja D), jood, sidrunhape/piimhape. Toiteväärtuslikult sisaldavad turul olevad tooted 100 g kohta süsivesikuid vahemikus 17-25 g, rasvu 20-24 g, valke 0-1,8 g, soola 1,2-3,5 g. Tekstuuri parameetrite põhjal jaotusid juustualternatiivid järgmiselt: “pehmed, elastsed, kreemjad, noorem juust”-tüüpideks ja “muredad, mittejuustulaadsed”-tooted. Maitseprofiililt jaotusid tooted “naturaalsed, noorem juust”, “puuviljased, laagerdunud” ja “intensiivsed, sünteetilised”.

Tarbijauuring (TFTAK)

Tarbijakatsed on tootearenduse protsessis olulise väärtusega, andes tagasisidet, mida tarbijad tegelikult ootavad ning millises suunas tuleks tootearendusprotsessidega jätkata. Tarbijauuring viidi läbi 100 Eesti tarbijaga TFTAK sensorika laboris. Valdav osa (48%) osalejatest oli vanuses 19-29 ning osalejate seas oli 57% omnivoore/fleksitaarlaseid ja 43% veganeid/taimetoitlaseid. Küsitlus oli tarbijate ostueelistuste ja -otsuste kohta ning milliseid toote koostisosasid peetakse oluliseks. Uuringus osalejatest 43% tarbisid piimatooteid

või nende analooge korra nädalas ja 31% iga päev, ülejäänud tarbisid korra kuus või harvem. Tulemustest selgus, et tarbijad otsivad laiemat tootevalikut taimsete toodete kategoorias. Eelistatakse kõrgema valgusisaldusega tooteid, kuid peamiseks ostuotsust mõjutavaks teguriks on toodete head maitseomadused. Samuti toodi välja, et toodete puhul on oluline kõrge kiudainesisaldus ning eelistatakse võimalikult väheste lisaainetega tooteid. Oluliseks peeti ka toote hinda. Tarbijate ostuotsust mõjutavad tegurid jogurti- ja juustualternatiivi kohta on toodud joonisel 1.



Joonis 1. Tarbijate taimset juustu- või jogurtialternatiivi ostuotsust mõjutavad tegurid

Innovatsioonitegevuste kirjeldused

Klastri tegevus oli suunatud Eestis kasvatavate kultuuride kasutusvõimaluste uurimisele eesmärgiga arendada tehnoloogiad kõrgema lisandväärtusega toodete valmistamiseks. Tegevuste laiem eesmärk oli rajada alused saavutamaks „põllult lauale „ tootmisahelat, mis kaasaks endas kolme erinevat tehnoloogilist etappi, mis oleks suunatud eri tüüpi ettevõtete tegevustele – põllumeestele, tooraine tootjatele ja toidutootjatele.

Fermenteeritud piimaanaloogide tehnoloogiaarenduse fookuses olid toorainetest eelkõige kaer, hernes ja põlduba. Innovatsioonitegevuste käigus kaardistati erinevad tera- ja kaunviljavalgu tootjad, kes toodavad valgupulbreid just eelpool mainitud põllukultuuridest. Kuna Eestis tööstuslikes kogustes sobivaid taimse valgu tootjaid ei ole, siis kasutati uurimistöös kommertsiaalseid valgupulbreid, mis pärinesid erinevatest Euroopa riikidest, kaasa arvatud Eesti lähi- ja naaberriikidest (nt Läti, Soome, Rootsi, Norra), et saada sisend, millised on mainitud toorainetest saadud valgupulbrite puhul olulisemad tehnoloogilised võtted tootearenduse seisukohalt. Töösse valiti valgupulbrid, mille valmistamiseks kasutatavad kultuurid olid Eesti kliimas kasvatatavad ning valmistamisportsessi järgi valiti nii valgupulbrite isolaate kui ka kontsentraate. Seega saadi ülevaade erinevate valgupulbrite sobivusest piimaanaloogide valmistamiseks, mis oleksid sobivad alternatiivid maailmas laialt kasutusel olevatele soja- või pähklite baasil valmistatud toodetele.

Kasutatud valgupulbrid

Innovatsioonitegevuste alguses valiti kommertsiaalsete valgupulbrite seast välja potentsiaalselt kõige sobivamad algmaterjalid (kaeravalgu kontsentraat, hernevalgu isolaat ja kontsentraat ning põldoavalgu kontsentraat). Tööde käigus läbi viidud analüüside abil saadi täiendavat informatsiooni algmaterjalide olulisimate omaduste kohta, nagu näiteks pulbrite lahustuvus, osakeste suurus ja sensoorsed omadused, ning millisel määral need lõpptoodete kvaliteeti mõjutavad. Erinevate valgupulbrite kasutamine tõi välja nende puudused, mis oleks ühtlasi sisendiks uute ja paremate valgupulbrite tootmiseks kui ka eeltöötlusprotsesside (kuumutamine, homogeniseerimine, ensüümtöötlus, fermenteerimine) läbiviimiseks.

Käesolevas töös kasutati järgmiseid tera- ja kaunviljade toormaterjale:

- Hernevalgu isolaat (valk 80%; Careflour Pea Protein 80, Caremoli, Itaalia)
- Hernevalgu kontsentraat (valk 50%, Organic Brown Pea Protein Concentrate, Aloja Starkelsen, Läti)
- Põldoavalgu kontsentraat (valk 60%, Organic Fava Bean Protein Concentrate, Aloja Starkelsen, Läti)
- Kaeravalgu kontsentraat (valk 53%, ProOatein Oat Protein, Lantmännen, Rootsi)

Lisaks valgusisolaadi ja – kontsentraatidele kasutati töös ka kaerajahu nii ensüümtötluste uurimiseks kui ka tootearendusetappides. Lisaks kasutati tootearendusetapis ka kommertsiaalset kaerajooki, et tagada ühtlast kvaliteeti ning lõpptootele lähedasemat tulemust.

- Täistera kaerajahu (valk 12%, Veski Mati, Eesti)
- Kaerajook (valk 1,1%, Kaerajook, Oatly, Rootsi)

Olulisimad valgupulbrite omadused, mis taimsete piimaanalöögide tootearenduse protsessis lõpptoote kvaliteeti mõjutavad, on valkude vees lahustuvus (nii neutraalsetes tingimustes kui ka happelises keskkonnas, mis imiteerib fermenteeritud tooteid), millele järgnevad teised funktsionaalsed omadused nagu näiteks geelistumise, emulgeerimise kui ka vee- ja õlisidumisvõime. Kasutatud valgupulbrite natiivne pH jäi vahemikku 6,5-7,2, kus hernevalgu isolaadil (80%) oli kõrgeim pH, mis tuleneb tema tootmistehnoloogiast. Kõikide pulbrite lahustuvus oli ~50%, kuid pulbrites sisalduvate valkude lahustuvus oli erinev. Kaunviljadest pärinevate valkude lahustuvus oli 40-50%, samas kui kaeravalgu kontsentraadis oleval valgul oli lahustuvus ainult 20%. Ka geelistumise, emulgeerimise kui ka vee- ja õlisidumisvõime poolest olid kaunviljadest saadud valgupulbrid paremate funktsionaalsete omadustega võrreldes kaeravalgu kontsentraadiga.

Samuti on oluline kasutatava valgupulbri osakeste suurus, mis määrab lõpptoote kvaliteedi, selle tekstuuri, teralisuse kui ka jahuse suutunde. Lisaks võivad mittelahustuvad osakesed põhjustada osakeste edasist agregeerumist ja sadestumist toote säilimise ajal. Oluline kriteerium valgupulbri valikul on ka selle toitaineline väärtus (aminohappeline koostis, antitaitainete sisaldus või allergeenide olemasolu) kui ka sensoorsed omadused. Taimsetel materjalidel on sageli toorainele iseloomulikud maitseid, nagu nt teraviljasus, kaunviljasus, kibedus või kootavus.

Kuigi kasutatud kaeravalgu kontsentraat oli kõige madalamate funktsionaalsete omadustega, siis herne- ja põldovalkude puhul domineerisid aga tugev toorainele iseloomulik maitse ja aroom. Valgupulbrite sensoorne analüüs näitas, et jahvatus/sõelumismeetoditel saadud kontsentraatide puhul saadakse kõrgema tooraine maitse ja lõhnaga valgupreparaadid, samas kui hernevalgu isolaadi ja kaeravalgu kontsentraadi puhul jäid nii toorainele iseloomulik maitse- ja lõhnaintensiivus madalamaks. Samuti oli nende proovide kibe ja kootav suutunne madalama väärtusega. Tootearenduse etapis kasutati ja uuriti kõikide mainitud valgupreparaatide kasutusvõimalusi. Valgusisolaadi eeliseks on selle kõrge valgusisaldus ja madalamad doseeringud, samas kui herne ja põldoa kontsentraadid sisaldavad ka natiivset tärklis, mis olenevalt arendatavast tootekategooriast võib lisada tootele juurde täiendavaid tekstuuri parameetreid (nt tugevus, kreemisuus). Kuigi kaeravalgu lahustuvus on madal, siis erinevate tehnoloogiliste võtetega (nt segamine ning selle aeg ja intensiivsus, homogeniseerimine, kuumutamine) on võimalik pulbrite funktsionaalseid omadusi lõpptootes parandada. Samas on nii tera- kui kaunviljade kasutamine oluline, kuna mõlemad sisaldavad asendamatuid aminohappeid, mis aitavad üksteise puudujääke kompenseerida ning seega valmistada kõrgema toiteväärtusega piimaalternatiive. Näiteks Careflour hernevalgu isolaadi ja ProOatein kaeravalgu kombineerimisel saavutati aminohappeprofiil, kus olid esindatud kõik asendamatud aminohapped. Lisaks oli kaeravalgu lisamisel retseptuurides positiivne mõju mudeltoote maitseomaduste parendamisele, kus vähendati kaunviljadele omaseid maitseid.

Valgupulbri omadused sõltuvad nii algmaterjalist, selle töötlemisest kui ka valgupulbri valmistamise protsessist. Samuti on võimalik valgupulbritega läbi viia töötlustootearendusetappide käigus, et veelgi parandada pulbrite tehnofunktsionaalseid omadusi, toiteväärtust kui ka sensoorseid omadusi. Selleks, et valgupulbrite omadusi parandada, et neid erinevates tootearendustes kasutada uuriti innovatsiooniklastri tegevuste käigus ensüümtötluste kui ka fermentatsiooni mõju tootearenduse protsessis.

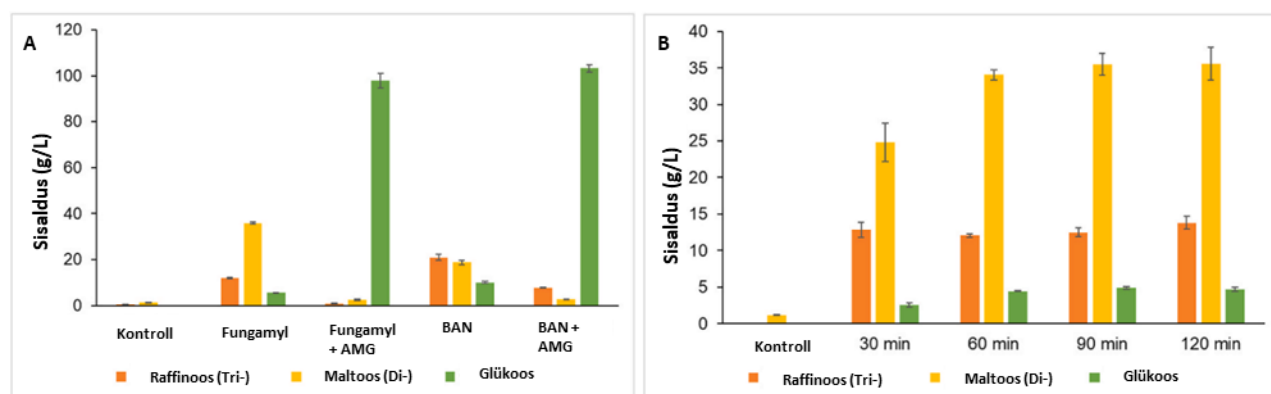
Kuigi antud töös olid kasutusel väljaspool Eestit toodetud valgupreparaadid, siis annavad töö tulemused siiski sisendi, millistele valgupulbri omadustele selle valikul tähelepanu tuleb pöörata ning milliste töötusega valke on kasulik just piimaalternatiivide valmistamisel kasutada.

Järgnevalt on kirjeldatud klastritegevuse erinevaid etappe, kuhu kuuluvad:

- Ensüümtöötuste juurutamine
- Juuretiste valik taimsete piimade fermenteerimiseks; eelfermentatsiooni mõju sensorsetele omadustele ja antitoinetite (inhibiitorite) degradeerimisele (vähendamisele)
- Jogurti, juustu ja pudingi tootearendus ja täiendavate komponentide valik
- Mudeltoodete iseloomustamine: sensoorne analüüs, tekstuurianalüüs, reoloogia, mikroskoopia

Ensümaatilised töötused – ensüümtöötuse juurutamine

Ensüümtöötuse juurutamise etapi üheks eesmärgiks olid fermenteeritavate suhkrute vabastamine polüsahhariididest taimset päritolu toodete fermenteeruvusomaduste parandamiseks, taimsete valkude lahustuvuse tõstmiseks kui ka taimsele materjalile omaste maitsete kõrvaldamiseks. Suhkrute vabastamiseks taimsest maatriksist kasutati nii α - kui ka β -amülaase (Fungamyl, BAN), nende kombinatsioone kui ka amüloglükosidaasi (AMG), mis aitavad lagundatud tähtselt vabastada glükoosi, mis on oluline substraat fermentatsiooni läbiviimiseks kui ka toodete maitseomaduste (magususe) parandamiseks (Joonis 2).



Joonis 2. A) Erinevate suhkrute sisaldus pärast kaera töötlust α - ja β -amülaasidega (Fungamyl, BAN) ning amüloglükosidaasiga (AMG). B) Suhkrute sisalduse sõltuvus Fungamyl töötuse ajast

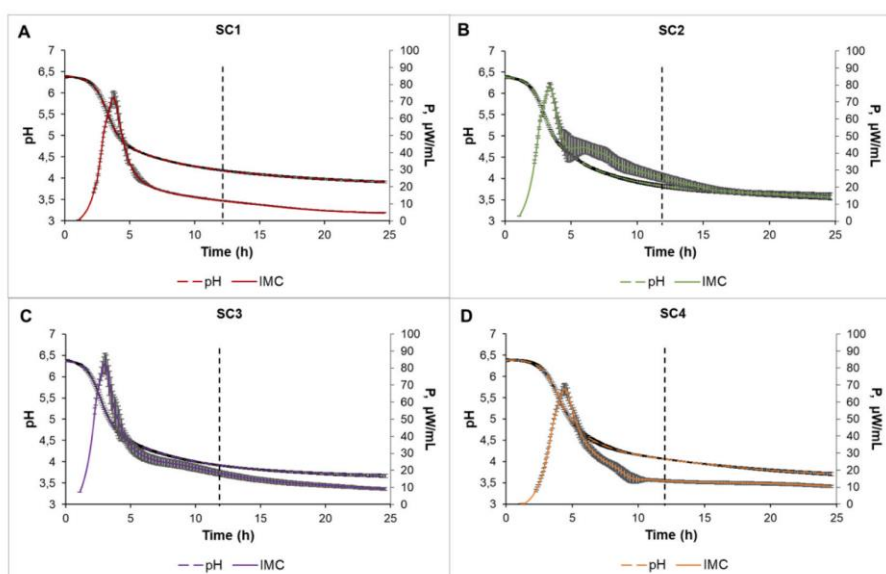
Ensüümtöötuse läbiviimiseks valmistatakse vastava jahu ja veesegu, millele lisatakse ensüümile sobiva temperatuuri (50°C) juures vastav ensüüm. Ensüümtöötus viiakse olenevalt toormaterjalist läbi ajavahemikus 1-4 h ning seejärel segu inaktiveeritakse 90°C juures vähemalt 5 min. Ensüümtöötuse läbiviimiseks on oluline sobiva ensüümi doosi ja inkubatsiooniaja leidmine. Selleks viidi läbi erinevatel katsetingimustel töötused, mis võimaldasid leida parima suhkruprofiiliga segud (Joonis 2B). Taimses maatriksis sisalduva tähtselt ensümaatilise lagundamise optimeeritud protsessi tulemusena vabanes suhkruid kuni 4 g/100 g segu kohta, mis võimaldas saadud lahust fermenteerida ilma täiendava sahharoosi või glükoosi lisamiseta. Saadi hea viskoossuse ning maitseomadustega ajas stabiilne taimne jook, mida oli võimalik baasina kasutada teiste taimsete piimaanalooogide arendamisel.

Lisaks viidi läbi põhjalik arendustöö taimse valgu (kaer, hernes) lahustuvuse tõstmiseks kasutades erinevaid endo- ja eksopeptidaase. Sarnaselt amülaasitöötlustele oli vajalik ka proteaasitöötluste optimeerimine (nii ensüümi toormaterjali kogus, ensüümi doos kui ka inkubeerimise aeg). Töödeldud proove hinnati sensorsetelt kui ka analüüsiti valkude lahustuvust. Katsete tulemusena selgus, et sõltumata ensüümtöötuse parameetritest, jääb antud töö käigus kasutatava kaeravalgu lahustuva valgu osakaal vaid 20% kogu valgu kogusest, mis võib olla tingitud kaeravalgu tootmistehnoloogiast. Samas näitasid täiendavad katsed koos detailse sensoorse analüüsiga, et tänu ensüümtöötusele eksopeptidaasiga elimineeriti taimsele materjalile omased kibedad kõrvalmaitseid. Antitoinetite, nagu fütaadid, sisalduse vähendamiseks taimsetes materjalides rakendati ensüümtöötlust erinevate fütaasidega. Tulemused näitasid, et antud töötlustega on

võimalik edukalt lagundada kuni 70% fütaatidest, mis võiks ühtlasi parandada valkude kui ka mineraalainete omastatavust taimsete toodete tarbimisel.

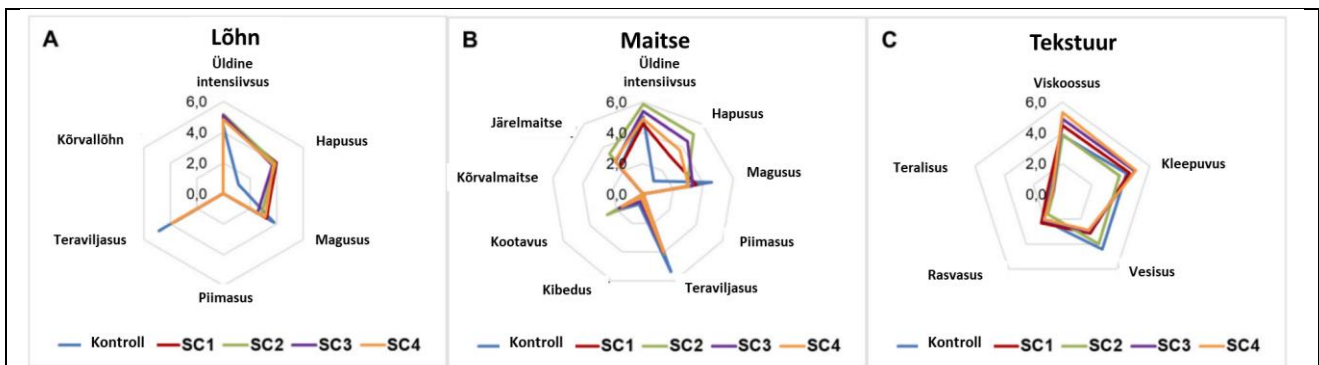
Juuretiste valik ja fermentatsiooniprotsesside läbiviimine; eelfermentatsioon

Fermentatsiooniprotsessi optimeerimise etapi eesmärgiks oli taimse materjali fermenteerimiseks ja antitointainete, nagu fütaadid, lagundamiseks sobivate juuretiste valimine, jälgides nende mõju tekstuurile, maitsele ja aroomile. Vaatluse alla võeti kommertisalasid juuretised (nt Danisco, Chr. Hansen, DSMZ, Sacco), mis sobivad just taimsete materjalide ja vegantoodete arendamiseks (on vegan sertifikaadiga). Erinevate tootjate juuretiste valikus oli 5-10 erinevat juuretist. Juuretiste segude koostises oli peamiselt *S. thermophilus*, *Lb. delbrueckii spp bulgaricus*, *Lb. plantarum*. Lisaks sisaldasid osad ka *Lb. paracasei* kui ka *Lb. acidophilus* ja *bifidobacterium lactis*. Uurimusperioodi jooksul katsetati erinevate tootjate juuretiste kultuure kaera- ja hernevalgu ning mainitud valkude segude prototüüp-jogurti fermenteerimiseks. Juuretiste kasvu analüüsiti mikrokalorimeetri abil, mis võimaldas iseloomustada juuretise kasvuprofiili ning määrata fermentatsiooniprotsessi pikkust, mis andis võimaluse optimeerida toodete tootmistehnoloogiat (Joonis 3). Paralleelselt jägiti hapnemiskiirust *iCinac* süsteemiga.



Joonis 3. Juuretiste kasvu ja segude hapnemiskiiruse uurimine. SC1: *Streptococcus thermophilus* (*S. thermophilus*) ja *Lactobacillus delbrueckii spp. Bulgaricus* (*L. bulgaricus*). SC: *S. thermophilus*, *L. bulgaricus*, *Lactobacillus delbrueckii spp. Lactis* (*L. lactis*), *Bifidobacterium lactis* (*B. lactis*) ja *Lactobacillus acidophilus* (*L. acidophilus*). SC3: *S. thermophilus*, *L. bulgaricus*, *B. lactis*, *L. acidophilus* ja *Lactobacillus plantarum* (*L. plantarum*). SC4: *S. thermophilus*, *L. bulgaricus*, *B. lactis*, *L. acidophilus* ja *Lactobacillus paracasei* (*L. paracasei*).

Katsete tulemusena täheldati, et valgulahustele lisatud suhkur (glükoos, sahharoos) aitab vältida kõrvalmaitsete ja - aroomide teket. Juhul kui lahuste valmistamiseks kasutatakse amülaasidega töödeldud tera- või kaunvilja segusid, siis on võimalik fermentatsiooniprotsessid läbi viia ilma juurde lisatud suhkruteta. Nii juuretise valikut kui ka maitse- ning happeprofiili mõjutab tugevalt valguallika valik (kaer, hernes, põlduba), valgupulbri omadused ning koostis. Seega kõrge kvaliteediga ja heade maitseomadustega toote saamiseks oli vajalik testida erinevaid juuretisi erinevates segudes, et leida parim variant. Lisaks pöörati tähelepanu ka juuretise võimekusele toota eksopolüsahhariide, et tõsta fermenteeritud baaside viskoossust ja vältida paksendavate komponentide, nagu tärklis, lisamist valmistootesse. Viskoossuse teket toodetesse täheldati fermenteerimistingimuste varieerimisel, kus eelpool mainitud juuretise kasutamisel madalamatel (37°C) inkubatsiooni temperatuuridel muutis toote suutunde viskoossemaks. Leiti, et sobiva happeprofiil ja maitse saavutatakse juuretise *S. thermophilus*, *Lb. delbrueckii ssp bulgaricus* kasutamisel ning tekstuuri panustab enim kultuuride segu *S. thermophilus*, *L. bulgaricus*, *B. lactis*, *L. acidophilus* ja *Lactobacillus paracasei* (*L. paracasei*) (Joonis 4).



Joonis 4. Fermenteeritud kaerajookide sensoorne profiil A) Lõhn B) Maitse C) Tekstuur. SC1-SC4 on erinevad bakterikultuuride segud

Uurimisperioodi jooksul testiti ka erinevate juuretisekultuuride võimekust degradeerida taimses materjalis sisalduvaid antitoitaineid. Kahjuks ei näidanud tulemused kasutatud katsetingimustel märkimisväärset antitoitainete sisalduse langust pärast fermenteerimist ning efektiivseks antitoitainete lagundamiseks oli võimalik kasutada kommertsiaalseid ensüüme. Kuigi eelfermentatsioon antitoitainete lagundamise eesmärgil ei andnud kasutatud tingimustes soovitud tulemusi, siis on see ikkagi kasulik valgusegude sensoorsete omaduste parandamiseks ning fermenteeritud segusid on võimalik kasutada tootearenduse erinevates etappides, nt juustuanaloogide valmistamisel.

Ensüümtötluste ja fermentatsiooni mõju taimses (kaera) maatriksis on kirjeldatud ka 2023 Kütt, M. L. ilmunud artiklis „*Starter culture growth dynamics and sensory properties of fermented oat drink*“.

Taimse jogurti, pudingu ja juustuanaloogide arendus; täiendavate komponentide valik

Eesmärk oli arendada mudeltoodete retseptuurid ja tehnoloogia. Taha kindlaks erinevate tehnoloogiliste võtete kasutamise vajalikkus ja tingimused ning valida sobivad lisakomponendid mudeltoodete toiteväärtuse kui ka stabiilsuse ja kvaliteedi saavutamiseks. Mudeltoote arendusportsessi käigus viidi läbi pidevalt sensoorseid kui ka tekstuurianalüüse sobivaimate tötluste ja tooraine kombinatsioonide leidmiseks.

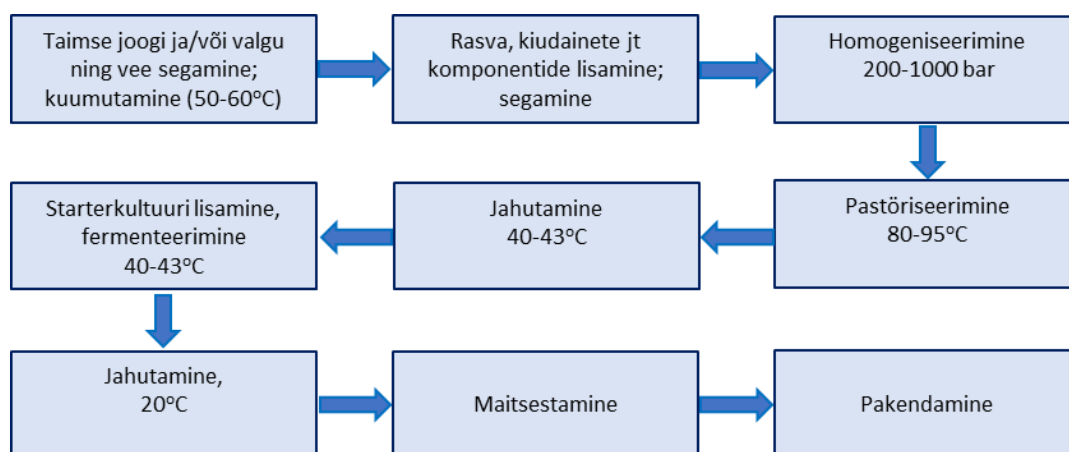
Lisaks pulbrilistele valguallikatele on võimalik kasutada ka vedelaid valgukontsentraate. Selleks, et selliseid materjale saada, on vaja kasutada sobivaid kontsentreerimise meetodeid, milleks võivad olla nii ultra- või mikrofiltratsioon kui ka pöördosmoos. Nende meetoditega on võimalik saavutada erineva koostisega materjale, kus saab eemaldada rasva, fraktsioneerida või kontsentreerida valke. Antud töö raames oli kontsentreerimiseks kõige otstarbekam kasutada pöördosmoosi võimalust, sest siis tekib kontsentreeritud lahus ning eraldatakse vesi. Teistel juhtudel tekib kaks erinevat fraktsiooni, mis on segud valkudest, suhkrutest ja ka kiudainetest ning vajaksid mõlemad kasutusvõimaluste leidmist. Kontsentreerimisel tuleb aga arvestada, et lisaks valgusisladuse suurenemisele, kasvab lahuses ka suhkrute sisaldus, mis muudab toodete magusust ning pärsib fermenteerimist. See oli ka põhjus, miks filtratsioonitehnoloogiate kasutamine antud töö seisukohalt ei olnud otstarbekas. Samas kasutati ühe võimalusena kaerajahudest ensüümtötluste abil sobivate kaerajookide valmistamist. Paralleelselt kasutati ka kommertsiaalseid kaerajooke, mis võimaldavad täpsemalt kirjeldada antud koostisosa mõju mudeltoote retseptuurile, kuna on tööstuslikul skaalal valmistatud.

Arendatava taimse **jogurtianaloogi** toiteväärtuslik koostis valiti vastavalt tavalise (loomse) joguriti koostisele, kus valgusisaldus on vähemalt vahemikus 3-4,5%. Valguallikana kasutati kaera-, herne- või põldoavalku, kus kõige parema kombinatsiooni andis kaera- ja hernevalgu (PrOatein ja Careflour) segu (nii toiteväärtuslikult kui ka sensoorsete omaduse poolest). Mudeltoote retseptuuris saadi kuni 5% valgusisaldusega jogurtianaloogid. PrOatein kaeravalgu asemel on võimalik kasutada ka kaerajooki. Kaerajookide kasutamisel on aga maksimaalne valgusisaldus ~1% ning ülejäänud valk tuleb lisada hernevalguna (või mõne muu sobiva valgukontsentraadi või -isolaadina), mistõttu võib hernest tulenev tooraine maitse lõpptootes domineerida. Täiendavate komponentidena tekstuuriloomiseks kui ka kiudainete sisalduse tõstmiseks kasutati erinevate kiudainete (β -glükaan, inuliin, psüllium) segu, mille sisaldus lõpptootes on 6%. Lõpptoote maitse

täiustamiseks lisati madala kalorsusega magustaja, stevia. Tabelis 1 on välja toodud arendatud mudeltoote toiteväärtuslik koostis ning Joonisel 5 jogurtialoogi valmistamise tehnoloogiline skeem.

Tabel 1. Toitumisalane info arendatud taimsele jogurtialoogile. Võrdluseks on toodud lehmapiimast valmistatud maitsestatamata jogurti toitumisalane info.

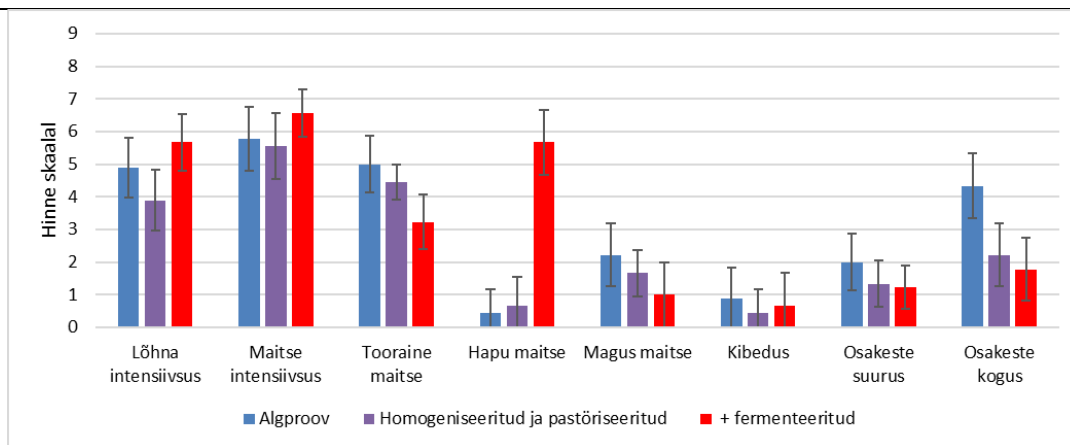
Toitumisalane info 100 g toote kohta	TVIK taimne jogurti-analoog kõrgendatud valgusisaldusega (maitsestatamata)	Maitsestatamata jogurt lehmapiimast
Energiasisaldus	73 kcal	81 kcal
Rasv	1,1 g	5 g
Süsivesikud	4,2 g	4,8 g
millest suhkrud	1,8 g	4,8 g
Kiudained	6,2 g	-
Valk	5,1 g	4,5 g
Sool	0,02 g	0,12 g



Joonis 5. Taimse jogurtialoogi valmistamise tehnoloogiline skeem

Taimse jogurtialoogi arenduse käigus demonstreeriti ka homogeniseerimise tingimuste mõju erinevatele valgupulbritele, osakeste suurusele, ja lõpptoote kvaliteedile. Juhul kui kasutatava valgupreparaadi funktsionaalsed omadused (eelkõige lahustuvus) on madal, siis on vajalik erinevate tehnoloogiliste võtete kasutamine, mis sageli erinevad lehmapiimast valmistatud toodete toomisprotsessidest. Oluliseks sammuks on nii toorainete eelkuumutamised, lisaks ka homogeniseerimised. Kui tavaliselt maksimaalsed kasutatavad rõhud piimatoodete puhul on 150-200 bar, siis taimsete materjalide puhul võib olla vajalik kasutada ka kõrgemaid rõhkusid. Käesolevaad töös töödeldi proove 200-1000 bar rõhkude juures, Jogurtialoogi stabiilsuse määramiseks hinnati valmistatud proovide süneresi ehk segudest vee eraldumist, kus täheldati, et kõrgematel (>600 bar) rõhkudel töödeldud jogurtialoogide puhul saavutati ühtlasem tekstuur kui ja stabiilsus kuni 8 päeva vältel. Samuti olid kõrgematel rõhkudel homogeniseeritud proovid viskoossemad.

Jogurtialoogide retseptuuride testimisel oli üheks peamiseks retseptide hindamise viisiks sensoorne analüüs, mida kasutati nii valgusisalduse testimiseks, erinevate kiudainete ja nende sisalduste tuvastamiseks kui ka maitseisandite doseerimiseks. Sensorsetes hindamistes tootearendusprotsessis toodi välja mudeltoodete toorainele iseloomulikke maitseid ja jahusust, mis eelpool mainitud võtete abil arenduse käigus vähenesid ning seega parandsid ka mudeltoodete üldist vastuvõetavust (Joonis 6).



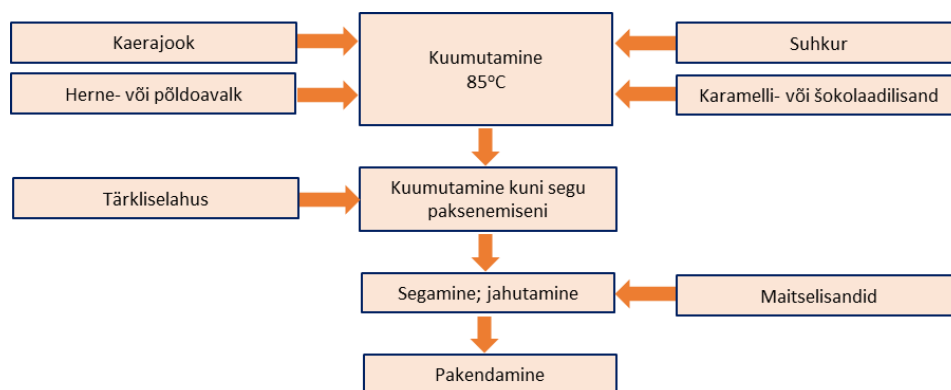
Joonis 6. Sensoorne hinnang erinevate tööstlustega kaera- ja hernevalgu segudele. Algproov – valgusegu enne töötlust. Homogeniseeritud ja pastöriseeritud – valgusegu pärast homogeniseerimist (200 bar) ja pastöriseerimist 85°C 5 min. + fermenteeritud proov – valgusegu pärast homogeniseerimist (200 bar), pastöriseerimist 85°C 5 min ja fermenteerimist (*S. thermophilus*, *Lb. delbrueckii ssp bulgaricus*).

Tööde käigus läbi viidud maitsestuskatsed näitasid, et kõige meeldivamaks osutusid just erinevad puuviljapüreedega maitsestatud jogurtid, kus maitselisandid aitasid veelgi enam vähendada tera- ja kaunviljaseid maitseid ja lõhnu. Arendatud retseptidega viidi läbi ka 10 L katse TFTAK seadmetel ning mudeltoote kirjeldus on esitatud ka punktis „**Arendatud mudeltoodete iseloomustamine**“.

Taimsete **pudingute** valmistamiseks valiti taimse pudingu jaoks välja nii tähtsused (riisi- ja maisitärklis), mis annavad pudingule omast tekstuuri kui ka valguallikad (kaerajook, põldoa- või hernevalk), mis annavad võimaluse tõsta toote toiteväärtust ilma kõrvalmaitsete tekkimiseta. Lisaks valiti toote toiteväärtuse tõstmiseks sobivad kiudained (inuliin, β -glükaan 4,5 g/100 g lõpptootes), mis ühtlasi annavad tootele ka magusust ning panustavad tekstuuri. Arendati kahe maitsevariandiga (soolakaramell ja šokolaad) taimse pudingu mudeltooted (Tabel 2) ning tootmistehnoloogia (Joonis 7).

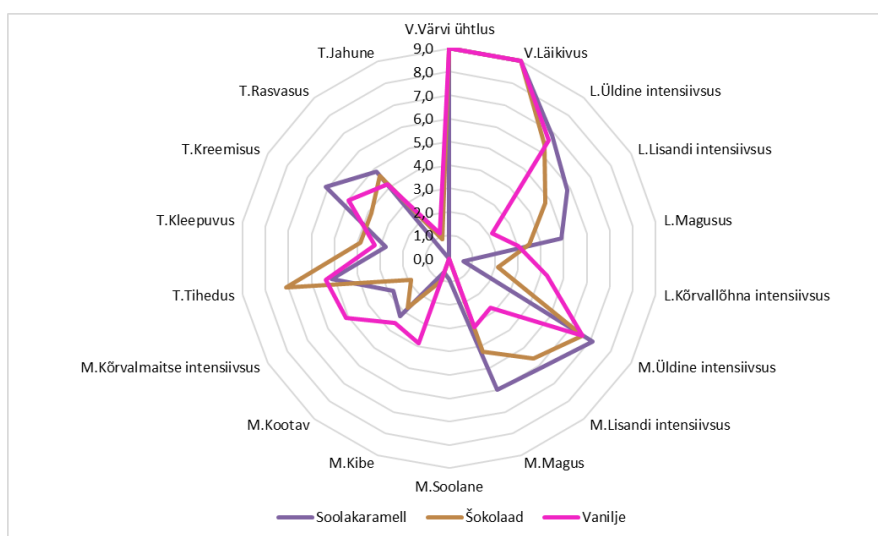
Tabel 2. Taimsete kui ka piimast valmistatud pudingute toitumisalane teave

Toitumisalane info 100 g toote kohta	TVIK taimne soolakaramellipuding	TVIK taimne šokolaadipuding	Kakaopuding piimast
Energiasisaldus	118 kcal	118 kcal	96 kcal
Rasv	1,8 g	4,6 g	2,4 g
Süsivesikud	16,3 g	12,7 g	14,9 g
millest suhkrud	11,1 g	6,2 g	11,8 g
Kiudained	4,5 g	4,5 g	-
Valk	1,7 g	2,3 g	3,7 g
Sool	0,2 g	0,0 g	0,2 g



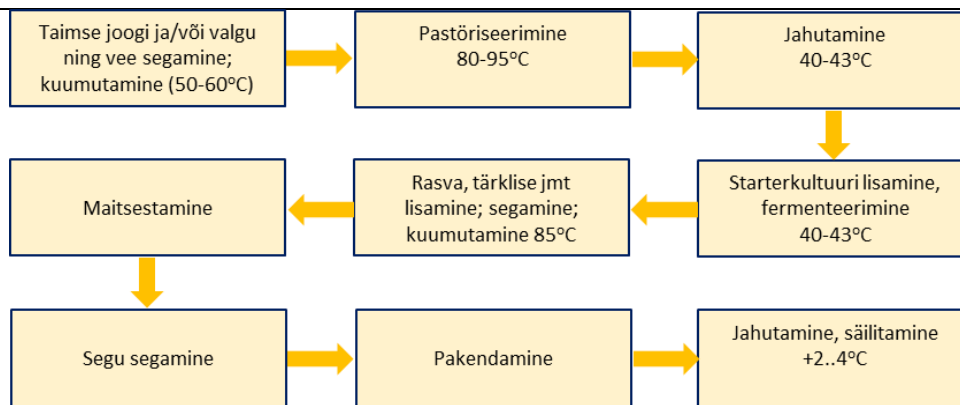
Joonis 7. Taimse pudingu valmistamise tehnoloogiline skeem.

Retseptiarenduse baasiks valiti kaerajook, kus valgusisaldus on ~1%. Antud töös oli kasutusel nii laboris valmistatud kaerajook vastavate ensüümtötluste abil kui ka kommertsiaalne kaerajook (Oatly). Toote toiteväärtuse kui ka suutunde parandamise eesmärgil lisati sobivaid valguallikaid, kus parima tekstuuri andis põldoavalgu (Aloja Starkelsen) kasutamine. Kuigi antud valgupreparaadil võib esineda kõrgem toorainele iseloomulik maitse võrreldes mõne teise (nt hernevalgu isolaat) valgupreparaadiga, siis retseptides kaustatud kogustes (1-2%) ning kombinatsioonis kaerajoogi ja maitselisanditega jäid toorainete maitsete intensiivsused madalaks. Samuti lisas põldoavalgu kasutamine sensoorses hindamises mudeltoodetele kreemisust ja viskoosust. Maitselisandite testimisel selgus, et vaniljemaitselise taimse pudingu puhul on kõrvalmaitset kõige tugevamalt tunda ning samuti on mudeltootel kõrgem kibedus (Joonis 8). Samas kõige meeldivamaks hinnati just soolakarmelli ja šokolaadimaitselist pudingut, mille puhul toodi esile tasakaalus maitset ning millega jätkati edasis arendust.



Joonis 8. Sensorne hinnang soolakarmelli-, šokolaadi- ja vaniljemaitseliste taimsetele pudingutele

Juustuanaloogide valmistamise (Joonis 9) jaoks valiti sobivad taimsed valguallikad, et tõsta toote valgulist sisaldust ning panustada ka tekstuuri moodustamisesse. Samuti viidi sisse eelfermentatsiooniprotsess, et parandada baasi sensoorseid omadusi, eemaldada toorainest tulevaid maitseid ja lõhnu ning täiendada baasi sobiva happeprofiiliga. Arendustes kasutati kaerajoogi ja hernevalgu segu, millele pärast fermenteerimist lisati sobivaid paksendajaid (tärglised, karrageen, kummid), emulgaatoreid, rasvu, maitsepärme ning looduslikke lõhna- ja maitseaineid koos sobivate värvust andvate lisanditega (β -karoteen). Antud retseptuuris kasutati kommertsiaalset kaerjooki (Oatly), millele lisati Carmeoli hernevalku, et saavutada lõpptootes 7% valgusisaldus. Võrreldes kommertsiaalse juustuanaloogiga (Tabel 3) tõsteti arendatud mudeltootes valgusisaldust ~7 korda ning saadud arendused on oluliseks sammuks edasistes tootearenduse protsessides, et tarbijateni jõuaksid maitsvad ning toitvad tooted. Tööde käigus testiti ka kõrgemaid (kuni 13%) valgusisaldusi, kuid kasutatud valgupreparaatidega suurenes valgupulbri doseeringuga ka toodete jahune ja teraline suutunne ning intensiivne toorainele omane maitse. Lisaks sensoorsele analüüsile kasutati juustude iseloomustamiseks tekstuuri profiilanalüüsi, mille abil hinnati mudeltoodete tugevust, vetruvust, elastsust ning kuidas paksendajate varieerimine neid parameetreid mõjutab. Karrageeni ja tärglise koguste varieerimisega saavutati mudeltoode, kus lisaks kõrgendatud valgusisaldusele on arendatud juustuanaloogidel madalam süsivesikute sisaldus (14 g/100 g) võrreldes kommertsiaalsete juustualternatiividega (20 g/100 g).



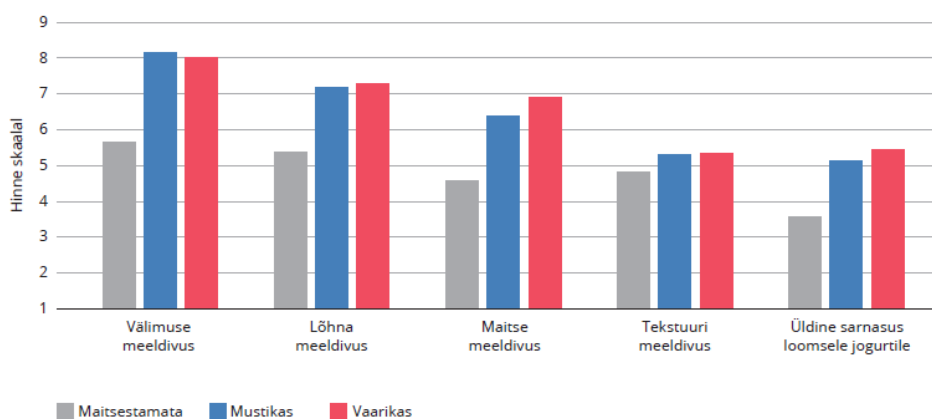
Joonis 9. Taimse juustuanaloogi valmistamise tehnoloogiline skeem

Tabel 3. Taimsete juustuanaloogide ja piimast valmistatud juustu toitumisalane teave

Toitumisalane info 100 g toote kohta	TVIK taimne juustuanaloog	Kommertsiaalne juustuanaloog	Piimajuust
Energiasisaldus	345 kcal	285 kcal	334 kcal
Rasv	18 g	23 g	25 g
Süivesikud	14 g	20 g	1 g
millest suhkrud	2,6 g	0 g	0,5 g
Kiudained	4,3 g	0 g	0 g
Valk	7 g	0 g	27 g
Sool	1,3 g	2,3 g	1,4 g

Arendatud mudeltoodete iseloomustamine – sensoorne analüüs, tekstuuriprofiilanalüüs, reoloogiline analüüs, mikroskoopia

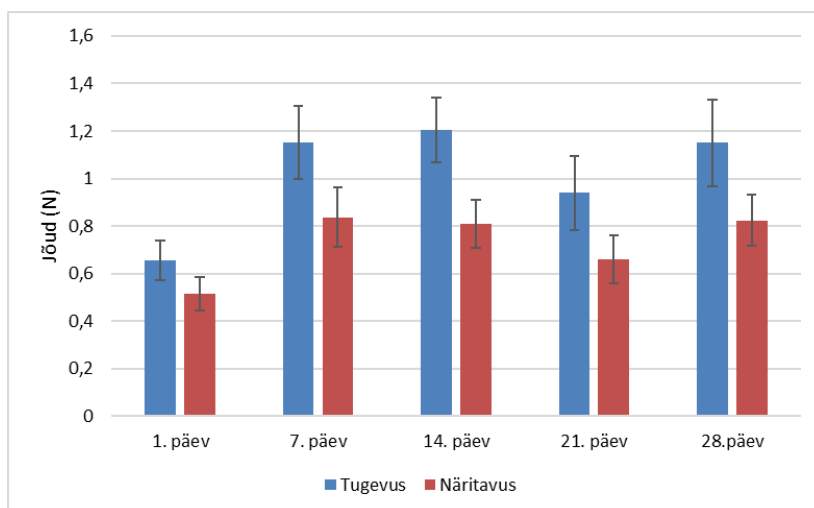
Tootearenduse seisukohalt on oluline, kuidas tarbija arendatavatesse toodetesse suhtub, millised on maitseelisted, millele pööratakse tähelepanu toote valikul jmt. Tarbijakatsed on tootearenduse protsessis olulise väärtusega, andes tagasisidet, mida tarbijad tegelikult ootavad ning millises suunas tuleks tootearendusprotsessidega jätkata. Taimsete piimaanalogoogide arendamise jooksul viidi mudeltoodetega läbi nii sensoorseid analüüse treenitud assessoritega kui ka tarbijauuringuid, kuhu oli kaasatud erinevas vanuserühmas nii naised ja mehed; omnivoore, fleksitaarlaseid, taimetoitlaseid ja veganeid. Arendatud jogurtianaloogide mudeltoodetega viidi läbi tarbijakatse TFTAK sensorika ruumides 50 osalejaga vanuses 18-39 (84%), kus omnivoore oli 64%, fleksitaarlaseid 32% ja veganeid/taimetoitlaseid 4%. Osalejatest 76% tarbisid piimatooteid (jogurteid) kas iga päev või vähemalt korra nädalas. 28% osalejatest tarbisid piimaalternatiive vähemalt korra kuus. Ülejäänud osalejad tarbisid piimaalternatiive vähem kui kord kuus või üldse mitte. Osalejatele anti hindamiseks kolm erinevat jogurtianaloogi – maitsestatamata, vaarika- ning mustikamaitseline (Joonis 10). Tarbijad eelistasid enim maitsestatatud jogurtianalooge, mille üldine sarnasus loomsele jogurtile oli kõige lähedasem. Samuti hinnati maitsetatud jogurtianaloogide välimust, lõhna- ja maitsemeeldivust kõrgemalt kui maitsestatamata versioonil. Tekstuuriolud olid mudeltoodetel keskmise meeldivusega. Seega kuigi saadud fermenteeritud baasi on võimalik kasutada ka maitsestatamata kujul, siis töös kasutatud toormaterjalide (valgupulbrite) kasutamisel on siiski eelistatud jogurtianaloogid maitsestatuna erinevate püreede, mooside, marjade või teiste sobivate maitseainetega.



Joonis 10. Taimsete jogurtianaloogide tarbijauuringu tulemused. Viidi läbi küsitlus maitsestatamata ning maitsestatatud (mustikas ja vaarikas) mudeltoodete meeldivuse kohta

Lisaks kasutati instrumentaalseid analüüsimeetodeid (tekstuuri profiilanalüüsi, reoloogilisi mõõtmisi kui ka proovide mikroskopeerimist) mudeltoodete iseloomustamiseks. Analüüsid andsid ülevaate tehnoloogiliste võtete kasutamisest osakeste suuruse vähendamiseks, mudeltoodete viskoossuse kui ka näiteks tugevuse kirjeldamiseks. Tekstuuri analüüsiga (nii tugevus kui viskoossus määramine) näidati toote paksust, voolavust kui ka tekstuuri tugevust. Käesoleva töö käigus arendatud ning tarbijakatses kasutatud taimsete jogurtianaloogide mudelretseptuuride reoloogilised analüüsid näitasid, et pärast segude fermenteerimist on mudeltoodete viskoossus (350 cP) sarnane lehmapiimast valmistatud maitsestatamata jogurti viskoossusele (490 cP).

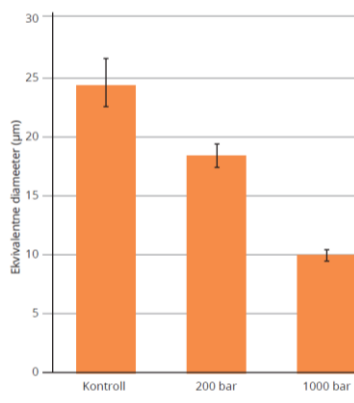
Tekstuuri profiilanalüüsiga kirjeldati nii piimast valmistatud juustude tekstuuri tugevust ning võrreldi seda arendatud juustuanaloogide tugevusega. Lisaks uuriti juustuanaloogide tekstuuri muutust ajas, kus leiti, et soovitud tugevusega juustuanaloogi saavutamiseks on vaja vähemalt 7. päevast toote tekstuuri stabiliseerumise aega (Joonis 11).



Joonis 11. 7% valgusaldusega taimse juustuanaloogi tekstuuri profiilanalüüs, kus hinnati mudeltoote tugevuse ja näritavuse väärtusi ja nende muutust 28 päeva

Tööde käigus viidi läbi mikroskopeerimisi, mis näitasid osakeste suurust ning kuidas erinevad tötlusmeetodid osakeste suurust mõjutavad. Oskaste suurust on võimalik mõjutada nii jahvatades kui ka toote valmistamise esimeses etapis, kasutades homogeniseerimist. Olenevalt kasutatavast rõhust on võimalik mõjutada osakeste suurust, mida on demonstreeritud ka joonisel 12. Sama tulemus ilmneb ka sensoorsel hindamisel. Kuigi homogeniseerimine kõrgematel rõhkudel võiks olla üks variant, mille abil saavutada kõrge kvaliteediga taimseid alternatiive, siis hetkel võib piirangud ette seada tootmiste

seadme park. Valdavalt on kasutusel piimatoodete valmistamiseks mõeldud seadmed, kus maksimaalsed saavutatavad rõhud on 150-200 bar.



Joonis 12. Osakeste keskmine suurus kaera- ja hernevalgu segudes enne ja pärast homogeniseerimist erinevatel rõhkudel.

Lisaks tuleb tähelepanu pöörata toote stabiilsusele, et saavutatud tekstuur ja maitseomadused jääksid püsima kogu säilivusaja jooksul. Selleks, et toote omadused säiliks on vajalik sobivate pastöriseerimistingimuste, pakendi ja/või muude järeltöötluste valik. Viidi läbi pastöriseerimistingimuste hindamine, kus tulemused näitasid, et fementeerimisele eelnev kuumutamise aeg ja temperatuur on olulised nii toote ohutuse seisukohalt, panustavad ka tekstuuri parandamisse, aidates valke paremini lahustuvamaks muuta. Sellest tulenevalt, on tehnoloogilistes etappides vajalik valgupulbrite eelkuumutus 50-60°C juures vähemalt 10 min ning pastöriseerimine 85°C juures 5 min. Säilivuse hindamiseks vaadati toote veehoidmisvõimet, pH-d ja tiitritavat happesust kui ka hinnati sensoorselt. Kui toodetele lisada juuretise kultuurid, siis pärast fermenteermist domineerivad just need kultuurid toodetes, tagades ka parema säiluvuse. Jälgiti juustualternatiivide säiluvust vähemalt kahe kuu vältel, kus ettevalmistatud tooted olid pakendatud vaakumisse. Tooted säilitati erinevatel temperatuuridel +4...+12°C, kus madalamal temperatuuril säilitatud toodete omadused säilisid kauem, kuid katsed näitasid potentsiaali ka toodete säilitamiseks kõrgematel temperatuuridel. Siin on vajalikud aga katsete ja tootmisprotsesside optimeerimise katsed, kuna käesolevas töös viidi tööd läbi laboratoorsesel pilootsedmetel ja tingimustel.

Kommentaari tegevuse majandusliku kasumlikkuse ja tootmise keskkonnakoormuse mõju majandustulemustele:

Majanduslik kasumlikkus, tootmise keskkonnakoormuse mõju majandustulemusele ei olnud innovatsioonitegevuste fookuses. Samas võime välja tuua, et mitmed TVIKi partnerid on hinnanud projekti innovatsioonitegevuste raames arendatud tehnoloogiad perspektiivikaks ning on asunud tooteid tootma. Lisaks „Taimsete valkude ekstrudeerimistehnoloogia arendus“ etpis välja toodud näidetest (OÜ Vegestar tooteseeria Thormi, Balsnack tootearendused) on piimaalternatiivide valdkonnas antud tööde tegevustest sisendit saanud AS Tere ja turule tulnud taimse sarjaga Deary. Lisaks on alustanud rakendusuringu projekti Andre JuustuFarm OÜ, kelle eesmärgiks on pärast seda turule jõuda ka täistaimse juustualternatiiviga. Konkurentsieelise saab tuua näiteks automatiseerimine ja tarneahelate lühendamine. See on juba lõpptootjate tegevus. TVIKI ülesanne oli kaardistada olukorda turul ning innovatsioonitegevuste raames luua tehnoloogiad piimaanalöogide arenduseks.

2. Hinnang innovatsioonitegevuse lõppeesmärgi saavutamisele ²

Innovatsioonitegevus „Taimsete valkude fermenteeritud piimaanalöogide arendus“ lõppeesmärk saavutati. Tööde läbiviimise aluseks oli koostöö klatri liikmetega ning tulemuste tuvustamine üldkoosolekutel. Koostöö tulemusena saadi ülevaated kohaliku tooraine väärdamiseks ning selle rakendamise võimalustest taimsete piimaanalöogide valmistamiseks. Läbi viidud uurimis- ja arendustööd on oluliseks osaks tootearenduse protsessides, et tarbijateni oleks võimalik viia maitavad, väheste lisakomponentidega ning kõrge toiteväärtusega tooted.

TFTAKi innovatsioonitegevus „Taimsete valkude fermenteeritud piimaanalooide arendus“ keskendus tootearendusele, mis toimus paralleelselt Polli tegevustega – nii põllukultuuride valiku ja nende sobivuse hindamise kui ka ekstraheerimismeetodite valikuga. Selleks, et tegevusi läbi viia oli vajalik piimaalternatiivide tootearenduses võtta kasutusele kommertsiaalsed valgupulbrid. Valiku üheks kriteeriumiks oli see, et toorained oleksid võimalikult lähedased Eesti kliimas kasvatatavatele põllukultuuridele. Lisaks valiti töödese valgupulbrid, mis oleksid tehnoloogiliselt erinevalt valmistatud, mis annaks parema ülevaate nii kultuuride kui ka valkude tootmisprotsesside mõjust lõpptoote – fermenteeritud piimaanalooide valmistamisele. Sobivate pulbrite kaardistamisega saadi ülevaade võimalikest saadaolevatest pulbriest. Kuna Eestis tööstuslikes kogustes sobivaid taimse valgu tootjaid ei ole, siis saadi ülevaade just Eestile lähimatest kaun- ja teraviljatootjatest. Kirjeldati peamised valgupulbrite omadused, nende puudused kui ka vajalikud töötlusmeetodid, mis aitavad saavutada kvaliteetset lõpptoodet. Oluliseks kriteeriumiks piimaalternatiivide valmistamisel on valkude osakeste suurus kui ka lahustuvus, mis on sisend valgutootjatele sobivate ekstraheermistingimuste valikuks. Mudelretseptuuride arendusega näidati potentsiaalsete toodete valmistamise võimalusi just kaera-, herne- kui ka põldoavalgust.

3. Erinevused kavandatud ja tegelike tulemuste vahel³

Innovatsioonitegevuse kestvus oli aastani 2023. Erinevate etappide tööd viidi läbi plaanipäraselt. Käesolevas töös uuriti erinevate valgupulbrite funktsionaalseid ja sensoorseid omadusi. Kasutati ensümaatilisi töötulasi ning fermenteeriti valmistatud segusid erinevate juuretisekultuuridega, mille tulemusel parandati mudeltoodete tekstuuri, maitset ja aroomi. Uurimistöö käigus arendati mudelretseptuurid nii taimsele jogurti- ja juustuanalooidele kui ka pudingule. Pudingu arendus toodi projektiplaanidesse kokkuleppel partneritega ning nende huvi tõttu vastava toote vastu. Rakendati erinevaid tehnoloogilisi võtteid (homogeniseerimine, segamine, kuumutamine), et toodete kvaliteeti veelgi parendada. Töö tulemusena saadi kõrgendatud valgu- ja kiudainesisaldusega taimsete piimaanalooitoodete retseptuurid ja valmistamise tehnoloogiaid.

4. Innovatsioonitegevuse tulemuste levitamine ja avalikkuse teavitamine⁴

- Tulemuste levitamist viidi läbi ettekannete näol kõikidel klasteri üldkoosolekutel.

Tulemusi on tutvustatud ettekannetena:

- MTÜ Taimsete Valkude Innovatsiooniklasteri infopäev 27. aprill 2021, veebikeskkonnas

<https://www.pikk.ee/sundmus/taimsete-valkude-innovatsiooni-infopaev/>

- Publikatsioon konverentsi „FoodBalt2021“ väljaandes „**Development of fermented oat-based drink**“: https://tftak.eu/foodbalt/assets/files/Foodbalt_Book_of_Abstracs.pdf#page=84

- Natalja Part ettekanne „**Development of plant protein based dairy alternatives**“ Teadusseminar TFTAK töötajatele 20. aprill 2021, veebikeskkonnas

- Helen Saar ettekanne „**Estonian Consumer Perception of Plant-Based Dairy Analogues**“ 36th EFFoST International Conference 2022, 7-9. november 2022, Dublin, Iirimaa

- Avaldatud teaduspublikatsioon: Kütt, M. L., Orgussaar, K., Stulova Irina., Priidik, R., Pismennõi, D., Vaikma, H., Kallastu, A., Zhogoleva, A., Morell, I., Krisciunaite, T. (2023) **Starter culture growth dynamics and sensory properties of fermented oat drink**, Heliyon, 9, e15627

- **Plantaator podcast** 14.04.2021: <https://shows.acast.com/plantaator-podcast/episodes/7-anniku-suu>

- **Maaeluvõrgustiku infokirjas** 26.05.2021:

https://maainfo.ee/index.php?article_id=8721&page=3265&action=article&

- **MAK „Koostöö“ meetme teemaline koosolek** 9. detsember 2021. Maaeluministeeriumis, veebikeskkonnas.

- **Artikkel Maa Elus**: <https://maaelu.postimees.ee/7382846/eestlased-pingutavad-taimsete-toodete-arendamisega>

- **Koostatud brošüür „Ekstrudeerimistehnoloogia ja taimsete piimaanalooide arendus“**. Kättesaadav lugejatele kõigis neljas peamises raamatukogus nii elektrooniliselt kui ka füüsiliselt.

- Valmis TVIK projekti tutvustav **video „Development of technology for fermented plant milks 2022“** 2022. Video on leitav *Youtube* platvormil - <https://www.youtube.com/watch?v=mWvexujQeLA>
 - Tulemusi on levitatud **Põllumajandusuuringute keskuse** **kodulehel**: https://maainfo.ee/index.php?article_id=8718&page=3671&action=article&
 - **Taimsete Valkude Innovatsiooniklastri kodulehel**: www.tvik.ee, „Tegevused“ keskkonnas
 - **EIP-AGRI kodulehel**: <https://ec.europa.eu/eip/agriculture/en/find-connect/projects/taimsete-valkude-innovatsiooniklastri-koduleht-ei-toota>. Lubatakse käivitada (taasavada) uuesti detsembris 2023
 - Taimsete Valkude Innovatsiooniklastri **konverents „Tuleviku toidulaud“** 1. veebruar 2023, TFTAK seminariruumis ning otseülekanne veebikeskkonnas. www.eventmedia.ee/tvik
 - **Eesti Maaülikool**, PlantValor koduleht: www.plantvalor.ee
 - **EESTI MAAELUVÕRGUSTIK**, Maaelu Teadmuskus
- Link: <https://maainfo.ee/index.php?id=32&rid=3813&page=3788&>
- **MAAELU EDENDAMISE SIHTASUSTUS**, PIKK
 - Link: <https://www.pikk.ee/valdkonnad/rakendusuringud/rakendusuringud/>
 - **Artikkel Maalehes** (märts 2023): <https://maaleht.delfi.ee/artikkel/120149424/eesti-tootjad-taimneliha-on-tuleviku-paratamatus-ja-lambamaitse-veganpihv-on-tegelikult-taitsa-hea>
 - **Artikkel Oma Maitse** (märts 2023): <https://omamaitse.delfi.ee/artikkel/120158124/valgupulber-on-toidukontsentraat-ja-see-pole-paris-sama-kui-taime-soomine>

Klastri esindaja nimi ja allkiri:	Tiia Reede
Projekti teostaja TFTAK	Natalja Part/ Marie Kriisa
Kuupäev:	10.10.2023

¹ Esitatakse innovatsioonitegevuse vältel elluviidud tegevuste detailsed kirjeldused ja meetodika. Kirjeldatakse, kuidas on innovatsioonitegevus ellu viidud ning millised on saadud tulemused. Aruandes kirjeldatu peab olema piisav, et hindajal oleks võimalik hinnata innovatsioonitegevuses seatud eesmärgi saavutamist.

² Kirjeldatakse, millised on klastri liikmete ja partnerite panused innovatsioonitegevuse vältel (kuidas on klastri osalejad täitnud oma ülesandeid ja panustanud innovatsioonitegevuse eesmärgi elluviimisesse). Lisaks tuuakse välja, kas tegevuskavas ettenähtud tegevused on ellu viidud plaanipäraselt või on tegevuskava realiseerimisel tekkinud probleeme. Probleemide puhul tuuakse välja, kuidas need on lahendatud ja kas innovatsioonitegevuse eesmärk on kokkuvõttes täidetud.

³ Kui klastri püstitatud eesmärgid ei ole realiseerunud, siis kirjeldatakse detailselt, mis põhjustel on tekkinud erinevused tegevuskavas kavandatud ja tegelike tulemuste vahel.

⁴ Kirjeldatakse, kuidas on innovatsioonitegevuse lõppemisel tulemusi levitatud.

Innovatsioonitegevuste tulemuste levitamine on klastri kohustuslik. Innovatsioonitegevuse lõppemise korral tuleb selle tulemustest laiemat avalikkust teavitada **esimesel võimalusel**. Tulemusi tuleb levitada nii Eestis kui ka ELis erinevate võrgustike kaudu. Eestis on selleks Maamajanduse Infokeskus ning ELis EIP AGRI Service Point, lisaks on muud tulemuste levitamiste üritused.

Innovatsioonitegevuse kohta peab olema avaldatud vähemalt järgmine teave: 1) innovatsioonitegevuse nimetus; 2) klastri andmed; 3) innovatsioonitegevuse elluviijad ja nende kontaktandmed; 4) lühikokkuvõte, sh eesmärk, eesmärgi saavutamine või mitte saavutamine, tulemus; 5) innovatsioonitegevuse periood; 6) rahastamisallikas; 7) innovatsioonitegevuse koguelarve.

Viited

- Angelino, D., Rosi, A., Vici, G., Dello Russo, M., Pellegrini, N., & Martini, D. (2020). Nutritional Quality of Plant-Based Drinks Sold in Italy: The Food Labelling of Italian Products (FLIP) Study. *Foods*, 9(682). <https://doi.org/10.3390/foods9050682>
- Engelen, L., De Wijk, R. A., Van Der Bilt, A., Prinz, J. F., Janssen, A. M., & Bosman, F. (2005). Relating particles and texture perception. *Physiology and Behavior*, 86(1–2), 111–117. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2005.06.022>
- Ferawati, F., Hefni, M., & Witthöft, C. (2019). Flours from Swedish pulses: Effects of treatment on functional properties and nutrient content. *Food Science and Nutrition*, 7(12), 4116–4126. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1280>
- McClements, D. J., & Grossmann, L. (2021). A brief review of the science behind the design of healthy and sustainable plant-based foods. *Npj Science of Food*, 5(1). <https://doi.org/10.1038/s41538-021-00099-y>
- Jeske, S., Zannini, E., Arendt, E. K. (2017). Past, present and future: The strength of plant-based dairy substitutes based on gluten-free raw materials. – *Food Research International*, 110, 42 – 51
- Montemurro, M., Pontonio, E., Coda, R., & Rizzello, C. G. (2021). Plant-based alternatives to yogurt: State-of-the-art and perspectives of new biotechnological challenges. *Foods*, 10(2), 1–21. <https://doi.org/10.3390/foods10020316>
- Pua, A., Chia, V., Tang, Y., Min, R., Goh, V., Sun, J., & Lassabliere, B. (2022). Organoleptic Boundaries of Plant-Based Dairy Analogues. *Foods*, 11(875). <https://doi.org/10.3390/foods11060875>
- Rivera, J., Siliveru, K., & Li, Y. (2022). A comprehensive review on pulse protein fractionation and extraction: processes, functionality, and food applications. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1–23. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2139223>
- Röös, E., Patel, M., Spångberg, J. (2015). Producing oat drink or cow's milk on a Swedish farm – Environmental impacts considering the service of grazing, the opportunity cost of land and the demand for beef and protein. – *Agricultural Systems*, 142, 23 – 32.
- Sim, S. Y. J., Srv, A., Chiang, J. H., & Henry, C. J. (2021). Plant proteins for future foods: A roadmap. *Foods*, 10(8), 1–31. <https://doi.org/10.3390/foods10081967>
- Tervise Arengu Instituut. (2020). Eestlaste tegeliku söömise võrdlus soovitusliku toidupüramiidiga. <https://tai.ee/et/valjaanded/tegeliku-ja-soovitusliku-toidupuramiidi-vordlus>