



INNOVATSIOONIKLASTRI TOETUSE INNOVATIONNITEGEVUSE LÕPPARUANNE

1. Elluviidud tegevuste kirjeldus¹

Innovatsioonitegevus „Taimsete valkude ekstrudeerimistehnoloogia arendus“

Antud tegevuse eesmärgiks oli töötada välja tehnoloogiad kodumaiste kaun- ja teraviljade, peamiselt kaera, põldherne ja põldoa väärindamiseks ekstrudeerimise abil. Katsed viidi läbi nii üksikute valkude kui ka nende kombinatsioonidega. Lisaks töötati välja uued ning innovatiivsed mudeltooted lähtuvalt tarbija eelistustest.

Klastri tegevus oli suunatud Eestis kasvatatavate kultuuride kasutusvõimaluste uurimisele eesmärgiga arendada välja uued tehnoloogiad kõrgema lisandväärtusega toodete tootmiseks. Klasteris kasutati kommertsiaalselt saadavaid välismaiseid valke pelgalt sellepärast, et kodumaiseid ei ole veel saada. Klasteri üheks eesmärgiks oligi pakkuda sisendit, millised tehnoloogiad on sobilikud kaun- ja teraviljadest valgupulbritest tootmiseks ning seeläbi luua teaduslikud alused Eestisse tööstuse rajamiseks. Kõik kodumaised saadavaid valgupreparaadid said projekti raames testitud.

Kirjanduse ülevaade ekstrudeerimise tehnoloogiast

Tegevuse jooksul on antud ülevaade madala ja kõrge niiskussisaldusega ekstrudeerimise tehnoloogiast ja potentsiaalsest tehnoloogiast Eestis toormele. Läbi on töötatud vastavasisuline teaduskirjandus ning lisaks koostatud lõpptoodete turuülevaade Rootsi, Soome ja Eesti lihaalternatiivide kohta. Ülevaated on jagatud klasteri liikmetega (Lisa 1) ning on koostatud brošüür (Lisa 2).

Teaduskirjanduses on välja toodud peamised tehnoloogiad tekstuuri tekitamiseks: madala ja kõrge niiskussisaldusega ekstrudeerimine, elektroketrus ja hõrdekambri kasutamine. Valisime antud projekti raames ekstrudeerimise, sest see on kõige kättesaadavam ning skaleeritavam tehnoloogia. Lisaks on võimalik ühe seadmega toota väga erinevaid tekstuure taimsetest valkudest. Kirjanduses oli peamiselt analüüsitud ekstrudeerimist soja ja hernevalguga, kuid puudus info näiteks põldoa ja kaera kasutamisest. Kirjanduse läbitöötamisel saime sisendit võimalikest parameetritest - kruvide konfiguratsioon ja pöörlemise kiirus, niiskussisaldus ja ekstrudeerimiskambri temperatuuriprofiil. Kirjanduses toodi ka välja, et on oluline jälgida spetsiifilist mehaanilist energiat (SME), ekstrudeeritava massi temperatuuri profiili ja viibimise aega kambri, düüsi avaldatavat rõhku ja voolukiirust. Samas on taimsete valkude funktsionaalsed omadused väga erinevad, eriti mõjutab seda valkude ekstraktsioonimeetodid. Seega oli vajalik igale toorainele välja töötada spetsiifiline ekstrudeerimisparameetrite profiil, et sobiv struktuur tekiks.

Turuülevaade viidi läbi 2019.aastal, mille käigus külastati Tallinna, Helsingi ning Stockholmi suuremaid supermarketid ning koguti kokku 72 erinevat lõpptoodet. Näidiste valikul lähtuti sellest, et need sisaldaksid peamise komponendina ekstrudeeritud taimseid valke, et tekiks arusaam innovaatiliste töötlemistehnoloogiate, peamiselt ekstrudeerimistehnoloogia mõju toodete sensorsetele omadustele. Kõige suuremad tootekategooriad moodustasid taimsed burgerid (28), „lihapallid“ (24) ning „hakkliha“ tooted (20), millest 61% olid jahutatud ning 39% sügavkülmutatud tooted. Peamised valgullikad olid soja ja nisugluteen, kuid jõudsalt on kasvamas herne- ja põldoaalgu kasutamine. Põhjus, miks soja ning nisugluteeni kasutamine on väga populaarne, tuleneb nende valkude funktsionaalsetest omadustest – hea veesidumise- ja geelistumisvõime ning kiulise struktuuri moodustamine ekstrudeerimisel. Lisaks on nimetatud valkude hinnad madalamad kui teistel kaun- ja teraviljavalkudel. Samas otsitakse pidevalt alternatiive, sest tootjatel ja tarbijatel on üha suuremad ootused kohalikule toorainetele. Taimsed tooted paiknesid supermarketites erinevalt. Paljud jaeketid on eraldanud need spetsiaalselt vegan seksiooni kuid oli märgata toodete paigutamist traditsionaalsete lihatoodete kõrvale, et ka omnivoorid leiaksid uusi ning innovaatilisi tooteid.

Ekstrudeerimiskatsed üksikute valkudega

Ekstrudeerimiskatsed viidi läbi kommertsiaalsetest valgupulbritest, sest ekstrudeerimisel vajalik toormaterjali kogus projekti jooksul oli kordades suurem kui Polli valkude eraldamise tööpaketi saagis. Ühe ekstrudeerimise

katsepäeva kogus on miinimum 5kg valgupulbrit, samas toodeti Eestis kasvatatud toorainetest kokku mõned kg materjali. Et arendada klastri liikmetele välja ekstrudeerimistehnoloogiad taimsetest valkudest ning neid kasutada mudeltoodetes pidime töötama kättesaadavate toormaterjalidega. Eesti toorainest leidsime kanepivalgu ja linavalgu, mida toodab ettevõtte Vegetein. Kuigi projektis kasutatud põhilised toorained kaeravalk oli toodetud Rootsis, hernevalk Itaalias ning põldoavalk Lätis, siis suure tõenäosusega sobivad ka Eestis kasvatatud samad põllukultuurid valgupulbrite tootmiseks ning järeltöötamiseks. Samas on oluline paika panna täpsed ekstrudeerimisparameetrid igale toorainele.

Lihaanalogoide ekstrudeerimisel on valgud peamised molekulid, mis moodustavad ristsidemed ja tekitavad tugevaid struktuure. Aga liha-laadne kiuline tekstuur tekib just siis kui segu koosneb kahest faasist – pidevast faasist ja disperseeritud faasist – teiste sõnadega, lisaks valkudele on vaja ka muid komponente. Optimaalne valgu kontsentratsiooni vahemik on umbes 55-75%, mille juures on struktuuri tugevus ja ka kiulisus optimaalsed. Struktuuri formeerumine sõltub ka muudest faktoritest peale valgu kontsentratsiooni nagu valgu denaturatsiooni astmest, aminohappelisest koostisest ning rasva ja kiudainete kogusest. Kõikidel pulbritel on erinevad valgu-, rasva- ja süsivesikute sisaldused, funktsionaalsed ja sensoorsed omadused.

Seega alustati ekstrudeerimistehnoloogia arendust üksikute valkudega, et kaardistada nende struktureerimise võime ja maitseomadused. Kiulise struktuuri moodustamiseks oli vaja leida sobiv ekstrudeeri režiim. Katsete käigus muudeti kruvi kiirust, taigna niiskussisaldust, kambri temperatuuriprofiili, materjali toitekiirust, jahutustunneli temperatuuri. Kõrgemad kruvikiirused suurendavad töötuse intensiivsust ja rõhku, veesisaldus reguleerib massi viskoossust ja ka töötuse intensiivsust ning veesisaldusest sõltub ekstrudaadi pehmus ja kiulisus. Madalamal niiskusesisaldusel moodustab ekstrudaat kiudusid, kõrgematel oli see aga kummine või geeljas mass. Temperatuur peab ületama valkude sulamistemperatuuri ja kõrgemal temperatuuril moodustavad valgud tugevama struktuuri. Jahutustunneli temperatuur on oluline parameeter, sest ekstrudeeri kambri toimub massi suunatud liikumine erineva kiirusega ning samaaegne jahutamine on see, mis tekitab kiulisuse. Selleks leiti sobiv jahutustunneli temperatuuri gradiendi parameetrid.

Madala niiskusesisaldusega ekstrudeerimine ehk kuivekstrudeerimine viidi katsed läbi herne, soja, põldoa, kaera, kartuli, riisi, kanepi ja linavalkudega. Kõrge niiskusesisaldusega ekstrudeerimine ehk märgextrudeerimine viidi katsed läbi herne, soja, põldoa, kaera, nisugluteeni, kanepi ja linavalkudega. Kuivekstrudeerimise tulemustest selgus, et riisivalg ja kartulivalg ei sobi ekstrudeerimiseks, seega ei katsetatud neid märgextrudeerimisel. Lisaks on need ka kallid toorained, mistõttu ei oleks nende kasutamine lõpptoodetes majanduslikult mõistlik. Sobivate toorainete leidmise korral uuriti kuidas erinevate ekstrudeerimise parameetrite muutus mõjub lõpptootele. Katsetati niiskussisaldusi 24-35%, temperatuur 125-160 °C ning kruvikiirus 200-1200 rpm. Selgitati välja, et katsetuste tulemusi on hiljem võimalik üle viia tööstuskaalale.

Kokkuvõtte üksikute valkudega:

- 1. Sojavalgu** isolaat (90% valku) - Pulbril on kõige paremad funktsionaalsed omadused, väga lihtne struktureerida. Tekib väga tugev struktuur juba madalal kruvikiirusel ja temperatuuril. Pulbril on eriti kõrge veesidumisvõime ja optimaalne taigna veesisaldus võrreldes teiste valkudega. Ekstrudaadil on hele-kollakas värv ja üldiselt neutraalne maitse, kuigi esineb iseloomulik soja maitse. **Antud projektis kasutati Shangdong Yuxin Bio Tech (Hiina) sojavalgu isolaati katsete referentsiks.**
- 2. Nisuvalgul** (82% valku) on head funktsionaalsed omadused, moodustades pehme kuid teravilja maitselise ekstrudaadi. Materjalil on hea veesiduvusvõime kuid nõuab suuremaid kruvikiiruseid, et ekstrudeeruda. Värvuselt on ekstrudaat beež. **Antud projektis kasutati Drei Hasen Vital Wheat Gluten, Loryma (Saksamaa).**
- 3. Hernevalgu** isolaat (80% valku) - Pulbril on head funktsionaalsed omadused, kuigi võrreldes sojavalguga on need kehvemad. Esineb tugev herne maitse ja aroom. Hästi struktureeruv ja moodustab tugeva ja kummise tekstuuri. Sõltuvalt taigna veesisaldusest on võimalik toota nii linnuliha kui ka kalalaadseid struktuure. **Antud projektis katsetati erinevaid hernevalke, kuid parimad tulemused saavutati Careflour Pea Protein 80, Caremoli (Itaalia).**
- 4. Kaeravalgu** kontsentraat (53% valku) - Pulbril on madalad funktsionaalsed omadused, sest valgud on denatureerinud. Ühtlasi on sellel valgupulbril kõrge rasvasisaldus (17%), mille tõttu on seda keeruline struktureerida. Rasv määrab kruvi ja kambri, mis vähendab kruvitöötuse intensiivsust. Lisaks sellele takistab rasv uute ristsidemete formeerumist valkude vahel kas füüsiliselt või reageerides ise valkudega. Seega oli vaja oluliselt tõsta temperatuuri ja kruvikiirust, et suurendada töötuse intensiivsust. Valgu kogus on suhteliselt madal ja tekkiv struktuur on nõrk, rabe ning pole kiuline. **Antud projektis kasutati PrOatein oat protein, Lantmännen (Rootsi).**

5. **Põldoavalgu** kontsentraat (60% valku) - Pulbril on madalad funktsionaalsed omadused ning üksikult ekstrudeerida keeruline. Paremaid tulemusi andis kombineerimine hernevalguga. **Antud projektis kasutati 60.0FB Organic Fava Bean Protein, Aloja – Starkelsen Ltd (Läti, kasutavad sh Eesti tooraine).**
6. **Kanepivalk** (70% valku) - Moodustab tugeva struktuuri, mis on samaväärne sojavalguga, aga nõuab tugevamat töötlust. Ebameeldiv ning tugev lõhn kala nootidega, kuid oli võimalik saada ekstrudaate, mille suutunnetus meenutab kana või surimi toodet. **Antud projektis kasutati Vegetein kanepivalku (Eesti).**
7. **Linavalk** (50% valku) ekstrudeerub kõrgematel kruvipööretel ning sobib tõenäoliselt segude koostisosana mitte puhtal kujul ekstrudeerides. Spetsiifiline ebameeldiv maitse. **Antud projektis kasutati Vegetein linavalku (Eesti).**

Projekti raames ekstrudeeriti mitmeid kommertsiaalseid valke, mis olid toodetud erinevatest kultuuridest ning erinevate ettevõtete poolt. Seetõttu oli vaja tihti otsida uusi parameetreid, mis oleks sobilikud konkreetsele valgupulbrile. Lisaks, märkimisväärseid erinevusi võis esineda ka sama ettevõtte valgu partiide lõikes. Kuigi peamine parameeter, milleks on valgu kontsentratsioon, oli võrdlemisi stabiilne siis spetsifikatsioonis deklareeritud valgu pH võis kõikuda palju, olles ühe valgu puhul vahemikus 6-8. pH muutus aga 0,1 võrra võib aga oluliselt mõjutada kuidas toormaterjal ekstrudeeris reageerib. Katsetes kasutati tihti sidrunhappe või kaaliumhüdrosiidi lahuseid, et kompenseerida pH erinevusi. Lisaks peab ekstrudeerimisel arvestama asjaoludega: niiskussisaldus on tähtis füüsikalise-keemiliste protsessides; tärklis paisutab ja moodustab õhulise struktuuri (eriti madalal niiskussisaldusel); suurem õlisisaldus valgupulbris katab pulbri osakesi ja takistab hõõrdumise puudusel ekstrudeerimist; mittelahustuvad kiudained pigem takistavad ekstrudeerimist. Taimsete valkude ekstrudeerimisel lähtuti eelkõige sellest, et valgu kontsentratsioon oleks vähemalt 60% ning taimsest valgust või nende segudest on võimalik saada lihale sarnase struktuuriga teksturaate, mis oleks sobilikud taimsete lihaanalogue arendamiseks. Kokku tehti projekti jooksul 29 kuivekstrudeerimise ja 16 märgextrudeerimise katsepäeva, katsetati 20 erinevat valgupulbrit (erinevad partiid) seitsmest erinevast toorainest.

Ekstrudeerimise katsed valkude kombinatsioonidega.

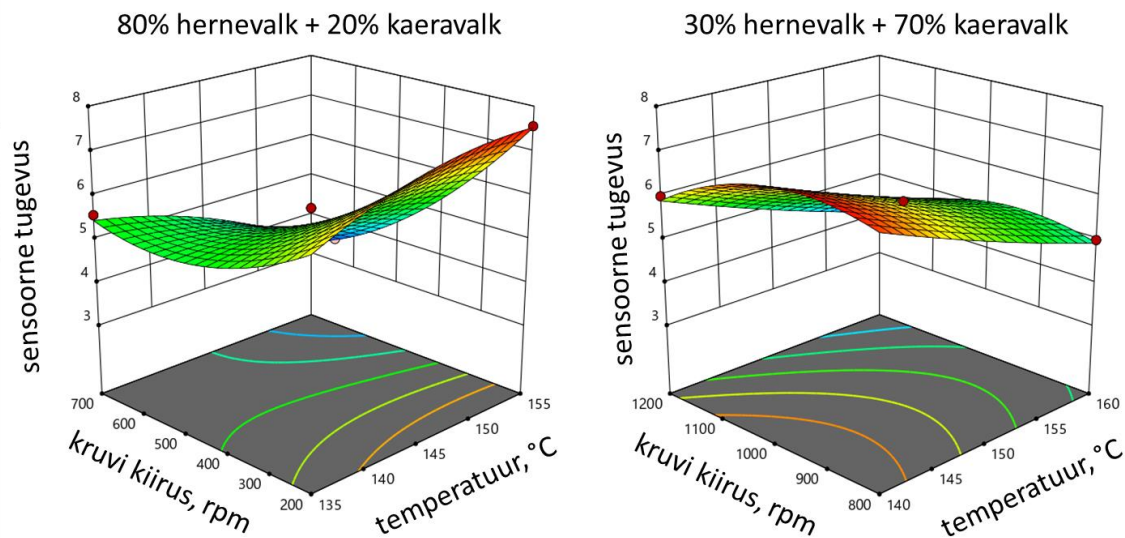
Üksikute valkude tööpaketi tulemused olid sisendiks käesolevale tegevusele. Töötati välja nii madala kui ka kõrge niiskussisaldusega ekstrudeerimise tehnoloogiad valkude segudele ning määrati ekstrudeerimise optimaalsed parameetrid kaun- ja teraviljadest valmistatud toorainesegude ekstrudeerimiseks. Olenevalt lõpptoodetest on välja valitud kombinatsioonid herne- ja kaeravalkudega: 70/30 hernes/kaer; 50/50 hernes/kaer või 30/70 hernes/kaer, mis hinnati kõrgeks sensoorselt (maitse, lõhn ja tekstuur). Selgitati välja, et katsetuste tulemusi on hiljem võimalik üle viia tööstusskaalale. Üldiselt on märgextrudeeritud pulbritel tugevam algmaterjali maitse võrreldes kuivekstrudeeritud materjaliga, sest märgextrudeerimisel on madalamad temperatuurid ja ekstrudeerimisel väljumisel vesi ei aurustu, seega jäävad lenduvad aroomimolekulid maatriksisse. Lisaks on oluline märgextrudeerimisel jahutustunneli pikkus, mis jahutaks voolava massi ühtlaselt ning stabiilselt. Pikem tunnel tekitab kõrgemat vasturõhku ning võrreldes kuivekstrudeerimisega moodustavad valgud märgextrudeerimisel märkimisväärselt viskoosema massi. Seega on oluline valida voolutakistavad kruvielemendid nii, et vähendada kambrissemist rõhku.

Valkude kombinatsiooni katsed viidi läbi peamiselt mitmete hernevalgupulbrite ja nende segudega. Valkude valiku kriteeriumiks oli projekti eesmärk – vääridada põllukultuure, mida oleks võimalik Eestis kasvatada. Turul leiduvad taimed lihaanalogueid on valmistatud peamiselt soja- ja nisugluteeni segust, võtsime eesmärgiks saavutada sarnaseid tekstuure herne ja kaeravalkudega. Katsed üksikute valkudega näitasid, et kaeravalku on üksi keeruline ekstrudeerida, seepärast võeti eesmärgiks vääridada koos nii hernel kui kaera. Samas katsed näitasid igal pulbril olid erinevad funktsionaalsed, füüsikalise-keemilised ja sensoorsed omadused. Üleüldiselt oli võimalik toota herne ja kaeravalkude lihaanalogue nii kuiv- kui ka märgextrudeerimisega aga töötluste intensiivsus ning temperatuur olid kõrgemad võrreldes soja või nisugluteeniga. Ekstrudaatide tugevus oli reeglina nõrgem kui sojal ja veesidumine oli tavaliselt madalam. Maitseprofiil oli selgelt hernel/kaerane ja täheldati ka kibedust, kootavust, metallilisust. Seega hernevalkude ja kaeravalkude kasutamine lihaanalogueides võib olla keeruline ja on vaja rakendada maskeerijaid toormaterjali maitse peitmiseks.

Katsetatud põldoa valgukontsentraat moodustas kuivekstrudeerimisel pehme tekstuuriga, märgextrudeerimine aga ebaõnnestus. Saime järeleda, et kuigi pulbri valgusisaldus oli 60%, mis on lähedane optimaalsele valgusisaldusele, siis see valk moodustab agregeerudes siiski nõrgemaid struktuure. Ning võrreldes teiste valkudega vajas see ka kõige kõrgemat temperatuuri. Seega kasutati seda valku peamiselt segudes, mitte puhtal

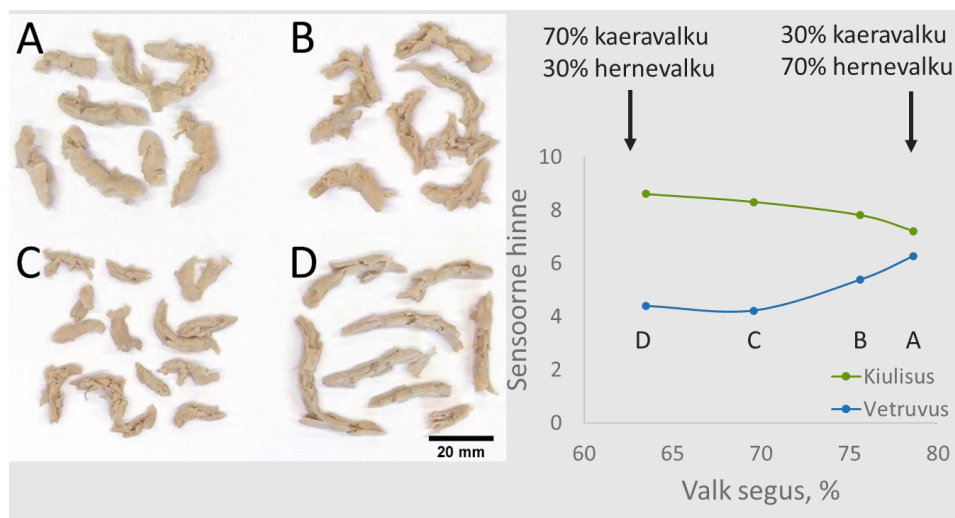
kujul. Selle valgu kõige suuremaks puuduseks on aga äärmiselt tugev kibedus ja kootavus ning oane maitse, mistõttu ei valitud seda toorainet mudeltoodete arendamiseks.

Herne- ja kaeravalgusegude kuivekstrudeerimine oli väga edukas tekstuuri loomisel (Joonis 10) ning saadi eriti kiulisi ja rebitud liha meenutavaid tükke, ning mida kasutati lihalaadsete mudeltoodete arenduses. Nende katsete üldine järeldus on see, et lihaanaloojide omadused sõltuvad oluliselt nii toorainest kui ka ekstrudeerimise parameetritest. Seega iga retsepti muutuse puhul tuleb uuesti ekstrudeerimise protsessi optimeerida. Lihaanaloojide omadused peegeldavad suuresti algsete toorainete omadusi ehk siis teiste sõnadega, ekstrudeerimisparameetrite muutmisega saab ainult osaliselt kompenseerida kehva tooraine kvaliteeti.



Joonis 10 Kuivekstrudeeritud lihaanalooji sensoorse tugevuse sõltuvus temperatuurist, kruvi kiirusest ja retsepti koostisest.

Joonisel 11 on toodud näide, kuidas mõjutab valgusegude osakaal tekstuuri. Mida rohkem oli kaeravalgu kontsentrati, seda vähem valku segus aga rohkem süsivesikuid ning ekstrudaadid olid kiulisemad aga madalama vetruvusega. Klastriliikmete soovidest lähtuvalt keskenduti rohkem kuivekstrudeerimistehnoloogiate väljaarendamisele.



Joonis 11. Herne ja kaera TVP segud.

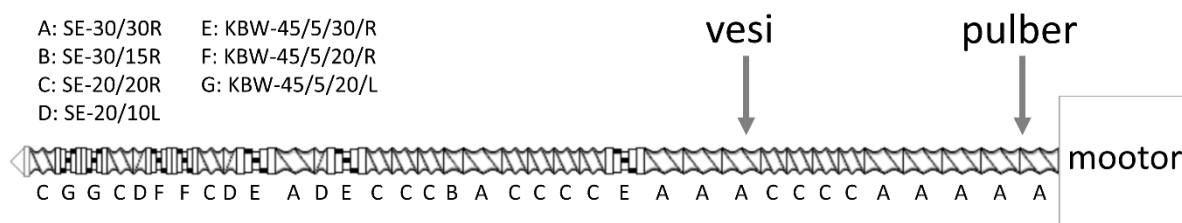
Kokkuvõte ekstrudeerimiskatsetest

Madala niiskussisaldusega ekstrudeerimine ehk kuivekstrudeerimine:

Valgupulbreid ekstrudeeriti ekstruderiga KETSE 20/40 (Brabender GmbH, Duisburg, Saksamaa), milles olevad kaks kruvi on samas suunas pöörlevad ning omavahel vastakuti kokku põimuvad. Kruvide konfiguratsioon, mis on 800 mm pikad ning diameetriga 20 mm, on toodud Joonisel 12. Valgupulbrite voolukiirus seadistati konstantseks, kalibreerides need pulbrid esmalt mahulisel toitjal, mis kasutab tigukruvi. Vett (ja leelist/hapet) lisati ekstruuderisse kalibreeritud peristaltilise pumbaga eraldi pordi kaudu. Ekstrudeeritava massi kogu niiskusehulk oli seadistatud vastavalt retseptile (Tabelid 3 ja 5) ja ta oli eelnevalt arvutatud arvestades ka pulbris endas olevat niiskust. Ekstruuderis olevad kuumutuselementid (4 põhiploki kambri sees + 2 lisaploki väljas) seadistati vastavalt toorainele. Kuivekstrudeerimisel töödeldud mass suruti kambri läbi düüsi, mille ava diameeter oli 2 mm. Tooraine tekstureeritavus hinnati nii visuaalselt kui ka maitstes ning muudeti ekstrudeerimisparameetrid nagu temperatuur, niiskusesisaldus, kruvikiirus, ja toitekiirus, et hinnata nende mõju ekstrudaadi omadustele. Erinevate segude ekstrudaadid koguti ka säilitamiseks lastes protsessil enne kogumist stabiliseeruda. Stabiliseerumist hinnati ekstruuderi sisekambrist väljuva massi temperatuuri, düüsile avalduva rõhu ning mootori pöördemomendi järgi. Need parameetrid salvestati ekstrudeerimis-programmiga terve katse jooksul üks kord sekundis. Proovid lõigati düüsi ava juures oleva lõikuriga, koguti ning kuivatati 40 minuti jooksul 80 °C ahjus, et veeaktiivsus langeks alla 0,6. Kuivatatud proovid pakiti zip-kottidesse kuni analüüside läbiviimiseni.

Kõrge niiskussisaldusega ekstrudeerimine ehk märgkekstrudeerimine:

Valgupulbreid ekstrudeeriti ekstruderiga KETSE 20/40 (Brabender GmbH, Duisburg, Saksamaa), milles olevad kaks kruvi on samas suunas pöörlevad ning omavahel vastakuti kokku põimuvad. Erinevalt kuivaekstrudeerimise meetodist, märgkekstrudeerimisel kambri lõppu oli kinnitatud 24 x 7 x 300 mm (laius x kõrgus x pikkus) jahutustunnel, milles jahunud tahkuv materjal venitas piki kiudusid hõõrdumise tõttu. Kruvide konfiguratsioon, mis on 800 mm pikad ning diameetriga 20 mm, on toodud Joonisel 12. Valgupulbrite voolukiirus seadistati konstantseks, kalibreerides need pulbrid esmalt mahulisel toitjal, mis kasutab tigukruvi. Vett (ja leelist/hapet) lisati ekstruuderisse kalibreeritud peristaltilise pumbaga eraldi pordi kaudu. Ekstrudeeritava massi kogu niiskusehulk oli seadistatud vastavalt retseptile (Tabelid 4 ja 6) ja oli eelnevalt arvutatud arvestades ka pulbris endas olevat niiskust. Jahutustunneli temperatuuriks seati 20 °C ühendades veetsirkulaatori. Ekstruuderis olevad kuumutuselementid (4 põhiploki kambri sees) seadistati vastavalt toorainele. Tooraine tekstureeritavus hinnati nii visuaalselt kui ka maitstes ning muudeti ekstrudeerimisparameetrid nagu temperatuur, niiskusesisaldus, kruvikiirus, ja toitekiirus, et hinnata nende mõju ekstrudaadi omadustele. Erinevate segude ekstrudaadid koguti ka säilitamiseks lastes protsessil enne kogumist stabiliseeruda. Stabiliseerumist hinnati ekstruuderi sisekambrist väljuva massi temperatuuri, düüsile avalduva rõhu ning mootori pöördemomendi järgi. Need parameetrid salvestati ekstrudeerimis-programmiga terve katse jooksul üks kord sekundis. Kogutud proovid jahutati toatemperatuurini, pakiti zip-kottidesse ning hoiti -20 °C kirstus kuni analüüside läbiviimiseni.



Joonis 12. Ekstruuderi kruvide konfiguratsioon kasutatud lihaanalooogide tootmiseks. Materjal voolab paremalt vasakule.

Tabel 3. Optimaalsed parameetrid üksikute valkude kuivekstrudeerimiseks.

| Valk | Kommentaar tekstuuri kohta | Niiskusus, % | Toitekiirus, kg/h | Kuumutus 1, °C | Kuumutus 2, °C | Kuumutus 3, °C | Kuumutus 4, °C | Kuumutus 5, °C | Kuumutus 6, °C | Kruvikiirus, rpm | Materjali temperatuur, °C | Rõhk, bar |
|--------------------|------------------------------------|--------------|-------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------|---------------------------|-----------|
| Caremoli hernevalk | Nätske, paisutatud, ei ole kiuline | 30 | 7 | 40 | 70 | 130 | 150 | 140 | 140 | 600 | 149,8 | 18,1 |

| | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|---------------------------------------|----|---|----|----|-----|-----|-----|-----|------|-------|------|
| Alojas hernevalk | Lihalaadne | 30 | 7 | 40 | 70 | 130 | 143 | 143 | 143 | 300 | 144,4 | 4,3 |
| Exeller hernevalk | Hea | 33 | 7 | 40 | 70 | 127 | 132 | 132 | 132 | 225 | 134 | 17,6 |
| Lantmännen kaeravalk | Vähe paisutatud | 20 | 8 | 40 | 59 | 111 | 137 | 142 | 142 | 400 | 152 | 19,6 |
| BMI kanepivalik | Väga hea, kiuline, kergelt paisutatud | 31 | 7 | 40 | 70 | 110 | 137 | 137 | 137 | 200 | 145,9 | 43 |
| BMI linavalk | Paisutatud, ei ole väga hea | 30 | 8 | 40 | 60 | 115 | 125 | 130 | 130 | 400 | 150,9 | 38,2 |
| Lorymanisuvalk | Suured kiulised tükid | 38 | 8 | 40 | 70 | 120 | 137 | 137 | 137 | 700 | 152,9 | 15,8 |
| Alojas põldoavalk | Tekstureeritud | 25 | 7 | 40 | 80 | 130 | 160 | 150 | 150 | 1000 | 164,2 | 22,2 |
| Shandong sojavalk | Lihalaadne, õhuline | 38 | 7 | 40 | 60 | 90 | 110 | 130 | 130 | 400 | 143,7 | 64,9 |

Tabel 4. Optimaalsed parameetrid üksikute valkude märgestrudeerimiseks.

| Valk | Kommentaar tekstuuri kohta | Niisk us, % | Toitekiirus, kg/h | Jahutustun neli temperatuur, °C | Kuumutus 1, °C | Kuumutus 2, °C | Kuumutus 3, °C | Kuumutus 4, °C | Kruvikiirus, rpm | Materjali temperatuur, °C | Rõhk, bar |
|-------------------------|--|-------------|-------------------|---------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------|---------------------------|-----------|
| Caremoli hernevalk | Tugevalt vetruv tuunikala-sarnane tekstuur | 55 | 5 | 40 | 40 | 75 | 120 | 135 | 600 | 120 | 13,8 |
| Nutralys hernevalk F85M | Vetruv, tugev | 55 | 7 | 35 | 40 | 75 | 110 | 125 | 600 | 117 | 7,2 |
| Lantmännen kaeravalk | Hea | 42 | 5 | 10 | 40 | 75 | 110 | 140 | 1200 | 136 | 32,9 |
| BMI kanepivalik | Väga tugev | 50 | 5 | 35 | 45 | 90 | 120 | 140 | 900 | 133 | 21,5 |
| BMI linavalk | Tugev, vetruv | 46 | 5 | 46 | 45 | 90 | 120 | 140 | 1199 | 134 | 27,9 |
| Lorymanisuvalk | Hea | 50 | 5 | 35 | 45 | 80 | 110 | 130 | 998 | 123 | 9,3 |
| Alojas põldoavalk | Väga vetruv | 43 | 4 | 20 | 40 | 105 | 130 | 165 | 1100 | 138 | 3,6 |
| Shandong sojavalk | Hea | 62 | 7 | 40 | 40 | 75 | 124 | 139 | 700 | 124 | 3,2 |

Tabel 5. Kõikide läbiviidud kuivekstrudeerimiskatsete tulemused ja kommentaarid tekstuuri kohta.

| Katse nr | Retsept | Kommentaar tekstuuri kohta | Niisk us, % | Toitekiirus, kg/h | Kuumutus 1, °C | Kuumutus 2, °C | Kuumutus 3, °C | Kuumutus 4, °C | Kuumutus 5, °C | Kuumutus 6, °C | Kruvikii rus, rpm | Materjal i temperatuur, °C | Rõhk, bar |
|----------|----------------------|-----------------------------|-------------|-------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------------------|----------------------------|-----------|
| 1 | Caremoli hernevalk | Väga kuiv | 25 | 8 | 40 | 60 | 90 | 110 | 130 | 130 | 400 | 150,2 | 79,2 |
| 1 | Shandong sojavalk | Hea | 40 | 7 | 40 | 60 | 90 | 110 | 130 | 130 | 400 | 140,2 | 64,5 |
| 1 | Shandong sojavalk | Lihalaadne, õhuline | 38 | 7 | 40 | 60 | 90 | 110 | 130 | 130 | 400 | 143,7 | 64,9 |
| 1 | Lantmännen kaeravalk | Vähe paisutatud | 20 | 8 | 40 | 59 | 111 | 137 | 142 | 142 | 400 | 152 | 19,6 |
| 2 | BMI kanepivalik | Paisutatud, ei ole väga hea | 22 | 8 | 40 | 60 | 85 | 105 | 110 | 110 | 400 | 148,1 | 59,8 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|------------------------------------|----|-----|----|----|-----|-----|-----|-----|------|-------|-------|
| 2 | BMI linavalk | Paisutatud, ei ole väga hea | 30 | 8 | 40 | 60 | 115 | 125 | 130 | 130 | 400 | 150,9 | 38,2 |
| 2 | Shandong sojavalk | Ei ole paisutatud | 50 | 6 | 40 | 60 | 90 | 110 | 110 | 110 | 150 | 119,9 | 103,9 |
| 3 | 70% Lantmännen kaeravalk, 30% Caremoli hernevalk | Väikesed helbed | 33 | 8,5 | 40 | 60 | 105 | 125 | 115 | 115 | 800 | 137,2 | 12,9 |
| 3 | 70% Caremoli hernevalk, 30% Lantmännen kaeravalk | Väikesed lihatükid | 30 | 7 | 40 | 70 | 130 | 150 | 140 | 140 | 600 | 144,1 | 14,3 |
| 3 | 70% Caremoli hernevalk, 30% BMI kanepivalik | Pehme, hea | 36 | 8 | 40 | 60 | 110 | 130 | 120 | 120 | 700 | 139,7 | 19,8 |
| 3 | 34% BMI kanepivalik, 33% Caremoli hernevalk, 33% Lantmännen kaeravalk | Väga hea, kiuline, lihalaadne | 33 | 8 | 40 | 65 | 115 | 135 | 125 | 125 | 700 | 134,3 | 16,8 |
| 4 | 70% Caremoli hernevalk, 30% Lantmännen kaeravalk | Hea, lihalaadne | 30 | 7 | 40 | 70 | 130 | 145 | 135 | 135 | 600 | 132 | 14,1 |
| 4 | 70% Caremoli hernevalk, 30% Aloja põldoavalk | Paisutatud, ei ole lihalaadne | 30 | 7 | 40 | 70 | 130 | 150 | 140 | 140 | 600 | 148,7 | 16,1 |
| 4 | 70% Caremoli hernevalk, 30% Aloja põldoavalk | Suured mullid | 25 | 7 | 40 | 70 | 130 | 150 | 140 | 140 | 800 | 151 | 20,3 |
| 4 | 70% Caremoli hernevalk, 30% Aloja põldoavalk | Kiuline | 35 | 7 | 40 | 70 | 130 | 150 | 140 | 140 | 1000 | 150,4 | 8,6 |
| 5 | Caremoli hernevalk | Väikesed helbed | 35 | 7 | 40 | 70 | 130 | 150 | 140 | 140 | 600 | 147,8 | 10,9 |
| 5 | Caremoli hernevalk | Nätske, paisutatud, ei ole kiuline | 30 | 7 | 40 | 70 | 130 | 150 | 140 | 140 | 600 | 149,8 | 18,1 |
| 6 | 70% Caremoli hernevalk, 30% Lantmännen kaeravalk | Väikesed tükid | 25 | 7 | 40 | 70 | 130 | 150 | 140 | 140 | 400 | 135,9 | 8,8 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|-------------------------------|----|---|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|------|
| 6 | 70% Caremoli hernevalk, 30% Lantmännen kaeravalk | Hea, kiuline | 20 | 8 | 40 | 70 | 130 | 150 | 140 | 140 | 800 | 148 | 37,1 |
| 6 | 70% Shandong sojavalk, 30% Lantmännen kaeravalk | Suured mullid, ei ole kiuline | 20 | 8 | 40 | 70 | 125 | 140 | 135 | 135 | 800 | 157,1 | 21,7 |
| 6 | 70% Shandong sojavalk, 30% Lantmännen kaeravalk | Mingi kiulisus | 35 | 8 | 40 | 70 | 125 | 135 | 125 | 125 | 200 | 150 | 24,2 |
| 7 | 70% Caremoli hernevalk, 30% Lantmännen kaeravalk | Tekstureeritud | 30 | 7 | 40 | 70 | 145 | 150 | 140 | 140 | 600 | 139,9 | 16,7 |
| 7 | 70% Shandong sojavalk, 30% Lantmännen kaeravalk | Hea | 35 | 7 | 40 | 70 | 125 | 135 | 125 | 125 | 225 | 147,7 | 15,6 |
| 8 | BMI kanepivalik | Vähe paisutatud | 30 | 6 | 40 | 80 | 90 | 110 | 120 | 120 | 300 | 121,1 | 50,1 |
| 8 | BMI kanepivalik | Halb, vähe paisutatud | 30 | 6 | 40 | 80 | 90 | 110 | 120 | 120 | 350 | 135 | 43,9 |
| 8 | BMI kanepivalik | Rohkem paisutatud | 30 | 6 | 40 | 80 | 90 | 110 | 130 | 130 | 250 | 139,5 | 47 |
| 8 | 70% BMI kanepivalik, 30% BMI linavalk | Hea | 40 | 6 | 40 | 80 | 90 | 110 | 130 | 130 | 250 | 137,8 | 64,4 |
| 8 | 50% BMI kanepivalik, 50% BMI linavalk | Hea, paisutatud | 40 | 6 | 40 | 80 | 90 | 110 | 130 | 130 | 250 | 140,3 | 70,8 |
| 8 | 50% BMI kanepivalik, 50% BMI linavalk | Hea, paisutatud, poorne | 35 | 6 | 40 | 80 | 90 | 120 | 130 | 130 | 250 | 146,1 | 67,4 |
| 9 | 70% BMI linavalk, 30% BMI kanepivalik | Nõrk, ebahühtlane | 30 | 6 | 40 | 80 | 90 | 120 | 130 | 130 | 250 | 147,1 | 65,2 |
| 9 | 70% BMI linavalk, 30% BMI kanepivalik | Hea | 35 | 6 | 40 | 80 | 90 | 120 | 130 | 130 | 250 | 147,3 | 71,6 |
| 9 | BMI linavalk | Vähe paisutatud | 35 | 6 | 40 | 80 | 90 | 120 | 130 | 130 | 250 | 145,2 | 51,5 |
| 9 | 80% BMI linavalk, 20% BMI kanepivalik | Vähe paisutatud | 37 | 6 | 40 | 80 | 90 | 120 | 130 | 130 | 250 | 145,1 | 71,9 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|----|--|------------------------------------|------|---|----|----|-----|-----|-----|-----|------|-------|------|
| 10 | 70% Caremoli hernevalk, 30% Lantmännen kaeravalk | Hea, lihalaadne | 30 | 6 | 40 | 70 | 130 | 150 | 140 | 140 | 600 | 136 | 12 |
| 11 | 80% Caremoli hernevalk, 20% Lantmännen kaeravalk | Hea | 34 | 7 | 40 | 80 | 120 | 145 | 135 | 135 | 500 | 150,1 | 7,9 |
| 11 | 70% Caremoli hernevalk, 30% Lantmännen kaeravalk | Hea | 33 | 7 | 40 | 60 | 130 | 143 | 143 | 143 | 700 | 151 | 8,7 |
| 11 | 50% Caremoli hernevalk, 50% Lantmännen kaeravalk | Suured lihalaadsed tükid, väga hea | 35 | 7 | 40 | 80 | 130 | 155 | 155 | 155 | 700 | 151,7 | 10,8 |
| 12 | 70% Lantmännen kaeravalk, 30% Caremoli hernevalk | Lihalaadne | 27 | 7 | 40 | 80 | 130 | 155 | 155 | 155 | 1100 | 158,4 | 14,6 |
| 12 | 70% Lantmännen kaeravalk, 30% Caremoli hernevalk | Hea, lihalaadne, kiuline | 31,3 | 7 | 40 | 80 | 130 | 150 | 150 | 150 | 1200 | 156,2 | 11 |
| 12 | 70% Lantmännen kaeravalk, 30% Caremoli hernevalk | Väga kiuline, veniv | 35 | 7 | 40 | 80 | 130 | 160 | 160 | 160 | 1200 | 157,3 | 8,5 |
| 13 | 70% Caremoli hernevalk, 30% Lantmännen kaeravalk | Tekstureeritud | 35 | 5 | 40 | 70 | 130 | 150 | 140 | 140 | 600 | 141,5 | 10,8 |
| 14 | Alojas põldoavalk | Ei ole tekstuuri | 35 | 7 | 40 | 70 | 120 | 140 | 130 | 130 | 400 | 146,3 | 34,4 |
| 14 | Alojas põldoavalk | Väga suured õhumullid | 30 | 7 | 40 | 80 | 130 | 160 | 150 | 150 | 601 | 156,2 | 21,3 |
| 14 | Alojas põldoavalk | Suured õhumullid, ei ole tekstuuri | 25 | 7 | 40 | 80 | 130 | 160 | 150 | 150 | 1000 | 160,2 | 27,1 |
| 14 | Alojas põldoavalk | Tekstureeritud | 25 | 7 | 40 | 80 | 130 | 160 | 150 | 150 | 1000 | 164,2 | 22,2 |
| 14 | Alojas põldoavalk | Põlenud | 27 | 7 | 40 | 80 | 130 | 160 | 150 | 150 | 1201 | 166,5 | 18,1 |
| 15 | 50% Caremoli hernevalk, 50% Lantmännen | Hea | 31,3 | 7 | 40 | 80 | 130 | 145 | 145 | 145 | 700 | 149,2 | 14,9 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|----|---|-----------------------------------|----|---|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|------|
| | nen kaeravalk | | | | | | | | | | | | |
| 15 | 50% Caremoli hernevalk , 50% Lantmän nen kaeravalk | Hea | 33 | 7 | 40 | 80 | 130 | 150 | 150 | 150 | 600 | 151,9 | 11,5 |
| 15 | 50% Caremoli hernevalk , 50% Lantmän nen kaeravalk | Lihalaadne | 30 | 7 | 40 | 80 | 130 | 150 | 150 | 150 | 650 | 151,3 | 10,8 |
| 16 | Alojas hernevalk | Väga vetruv ja nätske | 30 | 7 | 40 | 66 | 110 | 129 | 130 | 130 | 400 | 141,2 | 43,2 |
| 16 | Alojas hernevalk | Suure õhumullid | 36 | 7 | 40 | 66 | 110 | 120 | 120 | 120 | 750 | 135,6 | 31,4 |
| 16 | Alojas hernevalk | Vähe paisutatud, nätske | 35 | 7 | 40 | 70 | 125 | 135 | 125 | 125 | 225 | 137,1 | 54 |
| 16 | Alojas hernevalk | Ei ole tekstuuri | 40 | 7 | 40 | 70 | 125 | 135 | 140 | 140 | 200 | 140,6 | 26,8 |
| 16 | 55% Shandong sojavalk, 35% Alojas hernevalk , 10% kiudaines egu | Vähe paisutatud, nätske | 35 | 7 | 40 | 70 | 120 | 120 | 120 | 120 | 500 | 143,6 | 44 |
| 16 | 55% Shandong sojavalk, 35% Alojas hernevalk , 10% kiudaines egu | Keskmiselt paisutatud | 30 | 7 | 40 | 70 | 100 | 120 | 120 | 120 | 600 | 140,5 | 41,2 |
| 17 | Alojas hernevalk | Ei ole tekstuuri | 35 | 7 | 40 | 70 | 100 | 120 | 120 | 120 | 800 | 133,3 | 10,7 |
| 17 | Alojas hernevalk | Väga pehme, väha kiuline | 30 | 7 | 40 | 70 | 130 | 145 | 145 | 145 | 400 | 146,3 | 6,5 |
| 17 | Alojas hernevalk | Lihalaadne | 30 | 7 | 40 | 70 | 130 | 143 | 143 | 143 | 300 | 144,4 | 4,3 |
| 17 | Shandong sojavalk | Põlenud, suured õhumullid | 40 | 7 | 40 | 70 | 110 | 120 | 120 | 120 | 300 | 150,9 | 78,5 |
| 17 | Shandong sojavalk | Paisutatud | 45 | 7 | 40 | 70 | 110 | 120 | 120 | 120 | 300 | 149,9 | 43,7 |
| 17 | Shandong sojavalk | Vähe paisutatud, nätske | 55 | 4 | 40 | 70 | 110 | 120 | 120 | 120 | 250 | 145,6 | 36,9 |
| 18 | 70% Caremoli hernevalk , 30% Lantmän nen kaeravalk | Hea, kiuline, nätske | 35 | 7 | 40 | 70 | 130 | 150 | 140 | 140 | 600 | 147,7 | 10,3 |
| 18 | 70% Caremoli hernevalk , 30% Lantmän nen kaeravalk | Hea, kiuline | 38 | 7 | 40 | 70 | 130 | 150 | 140 | 140 | 450 | 145,2 | 6,7 |
| 18 | 70% Caremoli hernevalk | Nätske, tugev, kiuline | 31 | 7 | 40 | 70 | 130 | 150 | 140 | 140 | 200 | 146,8 | 10,7 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|----|--|---|------|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|------|
| | , 30% Lantmännen kaeravalk | | | | | | | | | | | | |
| 18 | 70% Caremoli hernevalk , 30% Lantmännen kaeravalk | Väga nätske | 33 | 7 | 40 | 70 | 130 | 150 | 150 | 150 | 350 | 152,2 | 9,3 |
| 19 | 70% Caremoli hernevalk , 30% Lantmännen kaeravalk | Pisut liiga tugev | 36 | 7 | 40 | 70 | 130 | 150 | 140 | 140 | 450 | 144,9 | 11 |
| 19 | 70% Caremoli hernevalk , 30% Lantmännen kaeravalk | Tekstureeri tud | 30 | 10 | 40 | 70 | 130 | 150 | 140 | 140 | 800 | 146,1 | 13,3 |
| 20 | 60% Alojas põldoavalk, 38% Alojas hernevalk , 2% sool | Ei ole tekstuuri | 26 | 6 | 50 | 95 | 140 | 155 | 150 | 150 | 500 | 154 | 11,7 |
| 20 | 60% Alojas põldoavalk, 38% Alojas hernevalk , 2% sool | Suured õhumullid, ei ole tekstuuri | 20 | 7 | 50 | 75 | 95 | 140 | 130 | 130 | 300 | 141,4 | 24 |
| 20 | 60% Alojas põldoavalk, 38% Alojas hernevalk , 2% sool | Paisutatud | 20 | 7 | 50 | 75 | 95 | 140 | 130 | 130 | 600 | 143,6 | 34,8 |
| 21 | 70% Caremoli hernevalk , 30% Lantmännen kaeravalk | Hea, kiuline | 33,5 | 7 | 40 | 60 | 130 | 139 | 139 | 139 | 700 | 143 | 8,2 |
| 21 | 50% Caremoli hernevalk , 50% Lantmännen kaeravalk | Hea, kiuline | 30,9 | 7 | 40 | 80 | 130 | 146 | 146 | 146 | 700 | 150,9 | 7,7 |
| 21 | 70% Lantmännen kaeravalk , 30% Caremoli hernevalk | Hea, kiuline | 30,7 | 7 | 40 | 80 | 130 | 151 | 151 | 151 | 800 | 156,5 | 6,3 |
| 21 | 80% Caremoli hernevalk , 20% Lantmännen kaeravalk | Hea, kiuline | 33,2 | 7 | 40 | 80 | 130 | 150 | 150 | 150 | 296 | 151,9 | 7,3 |
| 22 | Lorymanisuvalk | Kiuline | 35 | 7 | 40 | 70 | 125 | 140 | 140 | 140 | 550 | 151 | 19,9 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|----|--|---------------------------------------|------|---|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|------|
| 22 | Loryma nisuvalk | Suured kiulised tükid | 38 | 8 | 40 | 70 | 120 | 137 | 137 | 137 | 700 | 152,9 | 15,8 |
| 22 | BMI linavalk | Ei ole tekstuuri | 36 | 7 | 40 | 70 | 120 | 137 | 137 | 137 | 300 | 150,6 | 40,6 |
| 22 | BMI linavalk | Ei ole tekstuuri | 31 | 7 | 40 | 70 | 120 | 137 | 137 | 137 | 300 | 148,3 | 56,1 |
| 22 | BMI kanepivalik | Ei ole tekstuuri | 35 | 7 | 40 | 70 | 120 | 137 | 137 | 137 | 250 | 144,9 | 33,2 |
| 22 | BMI kanepivalik | Hea, kiuline, paisutatud | 33 | 7 | 40 | 70 | 110 | 137 | 137 | 137 | 250 | 147,4 | 33,7 |
| 22 | BMI kanepivalik | Väga hea, kiuline, kergelt paisutatud | 31 | 7 | 40 | 70 | 110 | 137 | 137 | 137 | 200 | 145,9 | 43 |
| 23 | 60% Shandong sojavalk, 40% BMI kanepivalik | Kergelt paisutatud, väga nätske | 33 | 7 | 40 | 70 | 110 | 137 | 137 | 137 | 200 | 146,9 | 50,8 |
| 23 | 60% Shandong sojavalk, 40% BMI kanepivalik | Väga nätske | 37 | 7 | 40 | 70 | 110 | 137 | 137 | 137 | 900 | 149,9 | 15 |
| 23 | 60% Shandong sojavalk, 40% BMI kanepivalik | Kergelt paisutatud, väga nätske | 39 | 7 | 40 | 70 | 110 | 137 | 137 | 137 | 500 | 148,7 | 19,5 |
| 23 | Caremoli hernevalk | Tekstureeritud, naruke liiga tugev | 35 | 7 | 40 | 70 | 130 | 140 | 135 | 135 | 400 | 144,3 | 13,2 |
| 23 | Caremoli hernevalk | Pehme, kiuline | 37 | 7 | 40 | 70 | 130 | 140 | 135 | 135 | 275 | 140,4 | 11,5 |
| 23 | Caremoli hernevalk | Hea, pehme | 38 | 7 | 40 | 70 | 130 | 137 | 133 | 133 | 225 | 136,4 | 8,6 |
| 23 | Exeller hernevalk | Väga tugev, nätske, kiuline | 32 | 7 | 40 | 70 | 127 | 132 | 132 | 132 | 200 | 135,9 | 17,7 |
| 23 | Exeller hernevalk | Hea | 33 | 7 | 40 | 70 | 127 | 132 | 132 | 132 | 225 | 134 | 17,6 |
| 23 | Exeller hernevalk | Hea, pehme | 34 | 7 | 40 | 70 | 127 | 132 | 132 | 132 | 275 | 133,4 | 15,2 |
| 24 | 70% Caremoli hernevalk, 30% Lantmännen kaeravalk | Pehme, kiuline | 34 | 7 | 40 | 70 | 127 | 145 | 138 | 138 | 425 | 145,7 | 8,4 |
| 24 | 70% Caremoli hernevalk, 30% Lantmännen kaeravalk | Väga kiuline, nätske | 31,3 | 7 | 40 | 80 | 130 | 160 | 160 | 160 | 412 | 155,5 | 12,2 |
| 24 | 70% Lantmännen kaeravalk, 30% Caremoli hernevalk | Väga hea, pehme, lihalaadne | 32 | 7 | 40 | 70 | 130 | 150 | 150 | 150 | 650 | 150,8 | 10,5 |
| 24 | 70% Lantmännen kaeravalk, 30% | Pisut tugevam | 33,5 | 7 | 40 | 70 | 133 | 153 | 153 | 153 | 675 | 158,2 | 12,6 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|----|--|---|------|-----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|------|
| | Caremoli hernevalk | | | | | | | | | | | | |
| 24 | 50% Caremoli hernevalk , 50% Lantmän nen kaeravalk | Hea, pehme | 33 | 7 | 40 | 70 | 130 | 145 | 145 | 145 | 500 | 148,5 | 7,5 |
| 24 | 70% Caremoli hernevalk , 30% Fazer Aurora kaerajahu | Pehme, vähem kiuline | 34 | 7 | 40 | 70 | 130 | 140 | 140 | 140 | 600 | 145,9 | 7,9 |
| 25 | 50% Caremoli hernevalk , 50% Alojas põldoavalk | Taignane | 36 | 7 | 40 | 70 | 130 | 145 | 145 | 145 | 400 | 149,5 | 10,3 |
| 25 | 50% Caremoli hernevalk , 50% Alojas põldoavalk | Taignane | 40 | 8,5 | 40 | 70 | 130 | 145 | 145 | 145 | 800 | 147 | 7,9 |
| 25 | 70% Alojas põldoavalk, 30% Caremoli hernevalk | Üleküpsetatud | 30 | 8 | 40 | 70 | 130 | 150 | 150 | 150 | 300 | 154,5 | 19 |
| 25 | 70% Alojas põldoavalk, 30% Caremoli hernevalk | Üleküpsetatud, suured õhumullid | 27 | 8 | 40 | 70 | 130 | 147 | 147 | 147 | 800 | 157,5 | 20,2 |
| 25 | 70% Alojas põldoavalk, 30% Caremoli hernevalk | Tekstureeritud, aga mitte kõige parem | 26 | 8 | 40 | 70 | 130 | 147 | 147 | 147 | 300 | 154,2 | 31,4 |
| 26 | 70% Lantmän nen kaeravalk , 30% Caremoli hernevalk | Hea, pehme | 35 | 7 | 40 | 70 | 130 | 150 | 150 | 150 | 650 | 143,1 | 7,3 |
| 26 | 70% Lantmän nen kaeravalk , 30% Caremoli hernevalk | Pehme | 33 | 7 | 40 | 70 | 125 | 140 | 140 | 140 | 600 | 146,5 | 8,9 |
| 26 | 70% Lantmän nen kaeravalk , 30% Caremoli hernevalk | Helbelised tükid | 32,5 | 7 | 40 | 70 | 130 | 147 | 149 | 149 | 600 | 150,7 | 6,7 |
| 26 | 70% Lantmän nen kaeravalk , 30% Caremoli hernevalk + soda | Tugev, kiuline | 30 | 7 | 40 | 70 | 130 | 147 | 149 | 149 | 650 | 149,3 | 9,5 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|----|--|-----------------------------------|------|---|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|------|
| 26 | 70% Lantmännen kaeravalk, 30% Caremoli hernevalk + soda | Kiuline, väga nätske | 28 | 8 | 40 | 70 | 135 | 140 | 140 | 140 | 800 | 146 | 21,5 |
| 26 | 70% Lantmännen kaeravalk, 30% Caremoli hernevalk + soda | Väga kiuline, natuke liiga nätske | 32,5 | 6 | 40 | 75 | 135 | 165 | 135 | 130 | 425 | 154,2 | 16,4 |
| 26 | 50% Lantmännen kaeravalk, 50% Caremoli hernevalk + soda | Pehme, kiuline | 36 | 6 | 40 | 75 | 135 | 160 | 135 | 130 | 350 | 149,8 | 9,5 |
| 27 | 40% Caremoli hernevalk, 30% Lantmännen kaeravalk, 20% Alojas hernevalk, 10% Alojas põldoavalk + soda | Pehme, vähem kiuline | 36 | 6 | 40 | 75 | 135 | 160 | 135 | 130 | 350 | 150,3 | 9,4 |
| 27 | 70% Caremoli hernevalk, 30% Lantmännen kaeravalk + soda | Pehme, kiuline, natuke kummine | 38,5 | 6 | 40 | 70 | 130 | 150 | 130 | 125 | 240 | 142,6 | 7,3 |
| 27 | 53% Caremoli hernevalk, 30% Lantmännen kaeravalk, 17% Alojas hernevalk + soda | Hea, pehme | 37 | 6 | 40 | 70 | 130 | 150 | 130 | 125 | 300 | 142,3 | 8,2 |
| 27 | 53% Caremoli hernevalk, 30% Lantmännen kaeravalk, 17% Alojas hernevalk + soda | Hea, pehme | 36,5 | 6 | 40 | 70 | 130 | 150 | 130 | 125 | 300 | 141,9 | 7,7 |
| 28 | 70% Alojas põldoavalk, 30% Alojas hernevalk + soda | Üleküpsetatud, suured õhumullid | 32 | 7 | 40 | 70 | 115 | 130 | 125 | 115 | 700 | 138,8 | 21,2 |
| 28 | 70% Alojas põldoavalk | Suured õhumullid, | 22 | 8 | 40 | 75 | 125 | 155 | 130 | 120 | 375 | 148,7 | 56,4 |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|----|---|----------------------------|------|---|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|------|--|
| | k, 30% Alojas hernevalk + soda | ei ole tekstuuri | | | | | | | | | | | | |
| 28 | 60% Lantmän nen kaeravalk , 40% Nutralys hernevalk F85M | Kiuline, pehme | 30 | 6 | 40 | 75 | 125 | 145 | 130 | 120 | 475 | 140,8 | 8,8 | |
| 28 | 60% Lantmän nen kaeravalk , 40% Nutralys hernevalk F85M | Pehme, vähem kiuline | 31 | 6 | 40 | 75 | 125 | 145 | 130 | 120 | 400 | 140,2 | 8,5 | |
| 28 | 50% Lantmän nen kaeravalk , 50% Caremoli hernevalk | Pehme | 33 | 6 | 40 | 75 | 125 | 150 | 130 | 120 | 325 | 143 | 8,2 | |
| 29 | 37% Caremoli hernevalk , 28% Lantmän nen kaeravalk , 24% Alojas hernevalk , 11% Alojas põldoavalk | Pehme | 34,5 | 6 | 40 | 75 | 130 | 150 | 135 | 125 | 325 | 144,3 | 8,5 | |
| 29 | 37% Caremoli hernevalk , 28% Lantmän nen kaeravalk , 24% Alojas hernevalk , 11% Alojas põldoavalk | Kiuline, nätske | 33 | 6 | 40 | 80 | 136 | 156 | 146 | 142 | 500 | 153,4 | 8,8 | |
| 29 | 70% Lantmän nen kaeravalk , 30% Caremoli hernevalk | Hea, kiuline | 31 | 7 | 40 | 70 | 130 | 155 | 150 | 140 | 550 | 154,3 | 10,2 | |
| 29 | 70% Lantmän nen kaeravalk , 30% Caremoli hernevalk + sidrunhap e | Ei ole tekstuuri | 31 | 7 | 40 | 70 | 126 | 153 | 152 | 144 | 550 | 155,1 | 7,1 | |
| 29 | 70% Lantmän nen kaeravalk , 30% Caremoli | Tugev, nätske | 31 | 7 | 40 | 70 | 126 | 153 | 152 | 144 | 550 | 152,3 | 8,7 | |

| | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| hernevalk + KOH | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

Tabel 6. Kõikide läbiviidud märgestrudeerimiskatsete tulemused ja kommentaarid tekstuuri kohta.

| Katse nr | Retsept | Kommentaartekstuuri kohta | Niiskus, % | Toitekiirus, kg/h | Jahutustuneli temperatuur, °C | Kuumutus 1, °C | Kuumutus 2, °C | Kuumutus 3, °C | Kuumutus 4, °C | Kruvikiirus, rpm | Materjali temperatuur, °C | Rõhk, bar |
|----------|--|--|------------|-------------------|-------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------|---------------------------|-----------|
| 1 | Caremoli hernevalk | Kerge tekstureerumine, ebahütlane | 72 | 5 | 10 | 40 | 75 | 120 | 140 | 1201 | 128 | 11,5 |
| 1 | Lantmännen kaeravalk | Hea | 42 | 5 | 10 | 40 | 75 | 110 | 140 | 1200 | 136 | 32,9 |
| 1 | Lantmännen kaeravalk | Hea | 41 | 5 | 10 | 40 | 75 | 110 | 140 | 1100 | 137 | 36,6 |
| 1 | Shandong sojavalk | Hea | 62 | 7 | 40 | 40 | 75 | 124 | 139 | 700 | 124 | 3,2 |
| 2 | Alojas hernevalk | Taignane, sees kerge tekstureerumine | 40 | 2,5 | 18 | 40 | 100 | 150 | 170 | 1200 | 140 | 14,8 |
| 2 | Alojas hernevalk | Väga kõva | 40 | 2,5 | 18 | 40 | 100 | 140 | 150 | 799 | 138 | 17,6 |
| 2 | Caremoli hernevalk | Väga vetruv ja murenev | 60 | 5 | 30 | 40 | 75 | 120 | 135 | 998 | 112 | 3,6 |
| 2 | Caremoli hernevalk | Tugevalt vetruv tuunikala-sarnane tekstuur | 55 | 5 | 40 | 40 | 75 | 120 | 135 | 600 | 120 | 13,8 |
| 2 | Caremoli hernevalk | Väga vetruv ja hütlane | 57 | 5 | 40 | 40 | 75 | 120 | 135 | 400 | 123 | 9,7 |
| 2 | Caremoli hernevalk | Vetruv geeljas | 60 | 6 | 40 | 40 | 75 | 120 | 135 | 200 | 119 | 7,5 |
| 3 | 50% Caremoli hernevalk, 50% Alojas hernevalk | Nätske ja vetruv | 60 | 4 | 40 | 40 | 75 | 120 | 135 | 200 | 121 | 4 |
| 3 | 50% Caremoli hernevalk, 50% Alojas hernevalk | Tugevalt vetruv tuunikala-sarnane tekstuur | 60 | 4 | 40 | 40 | 75 | 120 | 135 | 600 | 120 | 5,4 |
| 3 | 50% Caremoli hernevalk, 50% Alojas hernevalk | Pehme ja vähem vetruv | 60 | 4 | 40 | 40 | 75 | 120 | 135 | 800 | 120 | 4 |
| 3 | 40% Alojas hernevalk, 60% Shandong sojavalk | Väga tugev ja kummine | 60 | 4 | 40 | 40 | 75 | 120 | 135 | 800 | 122 | 7,4 |
| 3 | 40% Alojas hernevalk, 60% Shandong sojavalk | Väga tugev | 53 | 4 | 40 | 40 | 75 | 120 | 135 | 800 | 118 | 6,7 |
| 4 | Alojas põldoavalk | Lihalaadsed kiudud, aga liiga pehme | 45 | 4 | 25 | 40 | 105 | 125 | 160 | 900 | 136 | 9,2 |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|--|----|---|----|----|-----|-----|-----|------|-----|------|
| 4 | Alojas põldoavalk | Väga vetruv | 43 | 4 | 20 | 40 | 105 | 130 | 165 | 1100 | 138 | 3,6 |
| 4 | 60% Caremoli hernevalk, 40% Alojas põldoavalk | Hea, vetruv, tugev | 60 | 4 | 10 | 40 | 105 | 115 | 135 | 800 | 124 | 11,6 |
| 4 | 60% Caremoli hernevalk, 40% Alojas põldoavalk | Hea kanalaadne | 52 | 4 | 10 | 40 | 110 | 125 | 145 | 1200 | 126 | 12,8 |
| 4 | 60% Caremoli hernevalk, 40% Alojas põldoavalk | Hea, pehme | 54 | 4 | 10 | 40 | 110 | 122 | 142 | 999 | 128 | 9,3 |
| 4 | 35% Alojas hernevalk, 35% Alojas põldoavalk, 30% sojavalk | Tugev, kummine | 40 | 3 | 20 | 40 | 115 | 140 | 155 | 400 | 132 | 16 |
| 4 | 35% Alojas hernevalk, 35% Alojas põldoavalk, 30% sojavalk | Tugev, kummine, vähem kleepuv | 42 | 3 | 40 | 40 | 95 | 135 | 145 | 250 | 127 | 11,2 |
| 4 | 70% Caremoli hernevalk, 30% Lantmännen kaeravalk | Väga vetruv | 45 | 3 | 40 | 40 | 100 | 140 | 155 | 400 | 134 | 7,5 |
| 4 | 65% Caremoli hernevalk, 25% Lantmännen kaeravalk, 10% kiudainete segu | Vähem tekstureeritud, natuke nätske, puruneb | 47 | 5 | 40 | 40 | 95 | 130 | 145 | 600 | 130 | 10,1 |
| 4 | 65% Caremoli hernevalk, 25% Lantmännen kaeravalk, 10% kiudainete segu | Vetruv, kiuline | 47 | 5 | 40 | 40 | 95 | 130 | 145 | 1200 | 131 | 15,7 |
| 4 | 65% Caremoli hernevalk, 25% Lantmännen | Hea, lihane | 47 | 5 | 40 | 40 | 95 | 130 | 145 | 1199 | 132 | 15,2 |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|-------------------------------------|----|---|----|----|-----|-----|-----|------|-----|------|
| | kaeravalk, 10% hernekiud | | | | | | | | | | | |
| 5 | Lorymanisuvalk | Nõrk | 53 | 5 | 40 | 45 | 80 | 110 | 130 | 800 | 115 | 3,8 |
| 5 | Lorymanisuvalk | Hea | 50 | 5 | 35 | 45 | 80 | 110 | 130 | 998 | 123 | 9,3 |
| 5 | BMI linavalk | Keskmine, kohtades pehme | 48 | 5 | 35 | 45 | 90 | 120 | 130 | 1200 | 130 | 26,7 |
| 5 | BMI linavalk | Tugev, vetruv | 46 | 5 | 46 | 45 | 90 | 120 | 140 | 1199 | 134 | 27,9 |
| 5 | BMI kanepivalik | Väga tugev | 50 | 5 | 35 | 45 | 90 | 120 | 140 | 900 | 133 | 21,5 |
| 5 | BMI kanepivalik | Kanane | 50 | 5 | 35 | 45 | 90 | 120 | 130 | 1100 | 117 | 9,4 |
| 5 | 60% Shandongsojavalk, 40% BMI kanepivalik | Lihalaadsed kiudud, aga liiga tugev | 50 | 5 | 35 | 45 | 90 | 110 | 120 | 600 | 124 | 31,5 |
| 5 | 60% Shandongsojavalk, 40% BMI kanepivalik | Pehme | 65 | 5 | 35 | 40 | 60 | 80 | 100 | 1200 | 105 | 2,3 |
| 6 | 80% Lantmännen kaeravalk, 20% BMI kanepivalik | Pehme, kuiv | 42 | 5 | 35 | 45 | 90 | 110 | 135 | 1200 | 120 | 14,6 |
| 6 | 80% Lantmännen kaeravalk, 20% BMI kanepivalik | Väga kiuline, hea | 43 | 5 | 35 | 45 | 110 | 155 | 140 | 1200 | 131 | 10,9 |
| 6 | 80% Lantmännen kaeravalk, 20% BMI linavalk | Hea | 47 | 5 | 35 | 45 | 110 | 155 | 140 | 1200 | 130 | 9,4 |
| 6 | 80% Lantmännen kaeravalk, 20% BMI linavalk | Väga hea kiulusis | 42 | 5 | 35 | 45 | 110 | 155 | 160 | 1200 | 141 | 15,6 |
| 7 | 50% Lorymanisuvalk, 50% Lantmännen kaeravalk | Hea | 42 | 5 | 35 | 45 | 110 | 140 | 150 | 1200 | 143 | 17,9 |
| 7 | 50% Lorymanisuvalk, 50% Lantmännen kaeravalk | Hea, kiuline | 43 | 5 | 35 | 45 | 110 | 140 | 150 | 1100 | 145 | 11,4 |
| 7 | 50% Lorymanisuvalk, | Eriliselt tugev ja kummine | 43 | 5 | 35 | 45 | 110 | 140 | 150 | 600 | 143 | 23 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|-------------------------------|----|---|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|--|
| | 50% Shandong sojavalk | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 50% Lorymanisuvalk, 50% Shandong sojavalk | Lihane, pisut kummine | 58 | 5 | 35 | 45 | 70 | 100 | 120 | 800 | 116 | 9,8 | |
| 7 | 50% Caremoli hernevalk, 50% Lantmännen kaeravalk, 0.25% soda | Ei ole tekstuuri | 55 | 7 | 35 | 40 | 75 | 135 | 140 | 650 | 116 | 3,2 | |
| 8 | 90% Caremoli hernevalk, 10% Shandong soja | Pehme, pisut kiuline, geeljas | 60 | 7 | 85 | 40 | 75 | 135 | 140 | 700 | 122 | 3,2 | |
| 8 | 90% Caremoli hernevalk, 10% Shandong soja | Pehme geeljas | 63 | 6 | 85 | 40 | 75 | 135 | 140 | 700 | 118 | 3,9 | |
| 8 | 90% Caremoli hernevalk, 10% Shandong soja | Veniv, kiuline, helbeline | 50 | 6 | 74 | 40 | 75 | 135 | 140 | 600 | 121 | 5,4 | |
| 8 | 40% Caremoli hernevalk, 30% Lantmännen kaeravalk, 20% Alojas hernevalk, 10% Alojas põldoavalk | Kiuline | 50 | 6 | 55 | 40 | 75 | 135 | 140 | 450 | 126 | 8,8 | |
| 8 | 40% Caremoli hernevalk, 30% Lantmännen kaeravalk, 20% Alojas hernevalk, 10% Alojas põldoavalk | Pehme, kummine | 55 | 6 | 50 | 40 | 75 | 135 | 140 | 450 | 126 | 5,8 | |
| 8 | 40% Caremoli hernevalk, 30% Lantmännen kaeravalk, 20% Alojas | Liiga pehme | 60 | 6 | 45 | 40 | 75 | 130 | 135 | 600 | 123 | 4,4 | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|---------------------------------------|----|---|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|--|
| | hernevalk , 10% Alojas põldoavalk | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 53% Caremoli hernevalk , 30% Lantmänn en kaeravalk, 17% Alojas hernevalk , 0.25% soda | Kihiline, aga ei ole kiuline | 48 | 6 | 40 | 40 | 75 | 130 | 135 | 550 | 122 | 9,2 | |
| 8 | 53% Caremoli hernevalk , 30% Lantmänn en kaeravalk, 17% Alojas hernevalk , 0.25% soda | Kihiline, keskmisel tugev | 49 | 6 | 55 | 40 | 75 | 135 | 145 | 650 | 129 | 6,7 | |
| 8 | 53% Caremoli hernevalk , 30% Lantmänn en kaeravalk, 17% Alojas hernevalk , 0.25% soda | Väga tugev | 49 | 6 | 55 | 40 | 75 | 140 | 150 | 750 | 134 | 6 | |
| 9 | 70% Caremoli hernevalk , 30% Shandong sojavalk, 0.25% soda | Vetruv, tugev, ei ole kiuline | 55 | 5 | 50 | 40 | 75 | 130 | 135 | 300 | 111 | 6,6 | |
| 9 | 70% Caremoli hernevalk , 30% Shandong sojavalk, 0.25% soda | Üleküpsetatud kana, murenev | 50 | 6 | 50 | 40 | 75 | 120 | 125 | 300 | 116 | 7,7 | |
| 9 | 70% Caremoli hernevalk , 30% Shandong sojavalk, 0.25% soda | Vähem helbeline | 52 | 6 | 60 | 40 | 75 | 120 | 125 | 250 | 115 | 6,1 | |
| 9 | 70% Caremoli hernevalk , 30% Shandong sojavalk, 0.25% soda | Väga kummine kana, helbeline | 50 | 6 | 44 | 40 | 75 | 115 | 120 | 650 | 113 | 8,5 | |

| | | | | | | | | | | | | |
|----|---|---------------------------------|----|---|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 9 | 70% Caremoli hernevalk, 30% Shandong sojavalk, 0.25% soda | Kalalaadne, kihiline, pehme | 57 | 6 | 40 | 40 | 75 | 130 | 135 | 550 | 121 | 4 |
| 10 | 70% Shandong sojavalk, 30% Caremoli hernevalk, 0.25% soda | Kummine, helbeline, kiuline | 62 | 6 | 40 | 40 | 75 | 130 | 135 | 650 | 117 | 3,9 |
| 10 | 70% Shandong sojavalk, 30% Caremoli hernevalk, 0.25% soda | Kummine, tugev, vähem helbeline | 60 | 6 | 40 | 40 | 75 | 130 | 135 | 600 | 119 | 4,9 |
| 10 | 70% Shandong sojavalk, 30% Caremoli hernevalk, 0.25% soda | Vähem kiuline, murenev | 58 | 6 | 40 | 40 | 75 | 120 | 125 | 250 | 114 | 5,8 |
| 10 | 45% Nutralys hernevalk F85M, 40% Shandong sojavalk, 15% Alojask, 0.25% soda | Kummine, pisut helbeline | 62 | 6 | 40 | 40 | 75 | 125 | 130 | 350 | 118 | 6,3 |
| 10 | 45% Nutralys hernevalk F85M, 40% Shandong sojavalk, 15% Alojask, 0.25% soda | Pehmelt kummine | 64 | 6 | 40 | 40 | 75 | 120 | 125 | 350 | 116 | 4 |
| 10 | 45% Nutralys hernevalk F85M, 40% Shandong sojavalk, 15% Alojask, 0.25% soda | Helbeline, kummine | 58 | 6 | 40 | 40 | 75 | 120 | 125 | 450 | 115 | 9,5 |
| 11 | 85% Caremoli hernevalk, 15% Shandong | Tugev, kiuline | 52 | 7 | 50 | 40 | 75 | 110 | 125 | 500 | 115 | 6,1 |

| | | | | | | | | | | | | |
|----|---|---|----|---|----|----|----|-----|-----|-----|-----|------|
| | sojavalk, 0.5% soda | | | | | | | | | | | |
| 11 | 85% Caremoli hernevalk , 15% Shandong sojavalk, 0.5% soda | Kergelt helbeline | 50 | 7 | 50 | 40 | 75 | 110 | 125 | 300 | 116 | 5,4 |
| 11 | 85% Caremoli hernevalk , 15% Shandong sojavalk, 0.5% soda | Pehme tuunikala | 58 | 7 | 60 | 40 | 75 | 105 | 115 | 300 | 110 | 3,7 |
| 11 | 65% Caremoli hernevalk , 35% Alojas põldoaval k, 0.5% soda | Kalalaadne | 50 | 7 | 40 | 40 | 75 | 110 | 125 | 700 | 116 | 11,3 |
| 11 | 65% Caremoli hernevalk , 35% Alojas põldoaval k, 0.5% soda | Pehme, kiuline, laguneb tükkiideks | 47 | 7 | 42 | 40 | 75 | 110 | 125 | 300 | 117 | 11,9 |
| 11 | 65% Caremoli hernevalk , 35% Alojas põldoaval k, 0.5% soda | Väga helbeline | 55 | 7 | 35 | 40 | 75 | 110 | 125 | 800 | 116 | 8,5 |
| 12 | Nutralys hernevalk F85M | Vetruv, tugev | 55 | 7 | 35 | 40 | 75 | 110 | 125 | 600 | 117 | 7,2 |
| 12 | Nutralys hernevalk F85M | Helbeline, murenev | 59 | 7 | 35 | 40 | 75 | 110 | 125 | 300 | 116 | 8,8 |
| 12 | 65% Caremoli hernevalk , 35% Alojas hernevalk | Vetruv, ei ole kiuline | 55 | 7 | 50 | 40 | 75 | 110 | 125 | 700 | 117 | 12,8 |
| 12 | 65% Caremoli hernevalk , 35% Alojas hernevalk +KOH | Väga vetruv ja tugev, ei ole kiuline | 53 | 7 | 50 | 40 | 75 | 110 | 125 | 650 | 119 | 8,1 |
| 12 | 65% Caremoli hernevalk , 35% Alojas hernevalk +sidrunha pe | Ei ole tekstuuri, murenev | 57 | 7 | 40 | 40 | 75 | 110 | 120 | 400 | 115 | 26,1 |
| 12 | 70% Caremoli hernevalk , 30% Fazer | Pehme, ei ole tekstuuri | 45 | 7 | 40 | 40 | 75 | 115 | 125 | 800 | 117 | 14,5 |

| | | | | | | | | | | | | |
|----|---|--|----|---|----|----|----|-----|-----|-----|-----|------|
| | Aurora kaerajahu | | | | | | | | | | | |
| 12 | 70% Caremoli hernevalk, 30% Fazer Aurora kaerajahu +KOH | Tugev, vetruv | 45 | 7 | 40 | 40 | 75 | 115 | 125 | 800 | 120 | 23,3 |
| 13 | 70% Exeller hernevalk, 30% Fazer Aurora kaerajahu +KOH | Väga kiuline, helbeline, pisut kleepuv | 51 | 5 | 45 | 40 | 75 | 115 | 125 | 650 | 115 | 19,1 |
| 13 | 70% Exeller hernevalk, 30% Fazer Aurora kaerajahu +KOH | Tugev, kummine | 52 | 7 | 45 | 40 | 75 | 120 | 135 | 400 | 126 | 18 |
| 13 | 70% Exeller hernevalk, 30% Fazer Aurora kaerajahu +KOH | Väga tugev, kummine, pikad kiudud | 42 | 7 | 45 | 40 | 75 | 120 | 135 | 400 | 130 | 40,6 |
| 14 | 55% Nutralys hernevalk S85M, 45% Fazer Aurora kaerajahu | Kleepuv taigen | 50 | 7 | 45 | 40 | 75 | 120 | 135 | 600 | 128 | 10,2 |
| 14 | 55% Nutralys hernevalk S85M, 45% Fazer Aurora kaerajahu +KOH | Kiuline, kihiline, kummine, keskmiselt tugev | 45 | 7 | 45 | 40 | 75 | 120 | 135 | 800 | 133 | 39 |
| 15 | 15% Shandong sojavalk, 85% Caremoli hernevalk, 0,5% soda | Hea, pehme, ei ole väga kiuline | 53 | 7 | 45 | 40 | 75 | 109 | 117 | 600 | 111 | 4,1 |
| 15 | 70% Caremoli hernevalk, 15% Fazer Aurora kaerajahu, 15% Shandong sojavalk | Kiuline, pehme, natuke helbeline | 52 | 7 | 45 | 40 | 80 | 115 | 130 | 750 | 121 | 6,9 |
| 15 | 70% Caremoli hernevalk, 15% Fazer Aurora | Pikad kiudud, tugev, helbeline | 50 | 7 | 45 | 40 | 80 | 120 | 135 | 500 | 125 | 6,9 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|----|---|---|----|---|----|----|----|-----|-----|------|-----|-----|--|
| | kaerajahu , 15% Shandong sojavalk | | | | | | | | | | | | |
| 16 | 70% Lantmänn en kaeravalk, 30% Caremoli hernevalk | Ei ole tekstuuri | 50 | 6 | 45 | 40 | 75 | 130 | 150 | 800 | 116 | 5,6 | |
| 16 | 70% Lantmänn en kaeravalk, 30% Caremoli hernevalk | Väga hea, kihiline, kiuline, pehme, pisut kleepuv | 48 | 6 | 45 | 40 | 80 | 150 | 170 | 1001 | 145 | 8,5 | |

Valgupulbrite olulised omadused

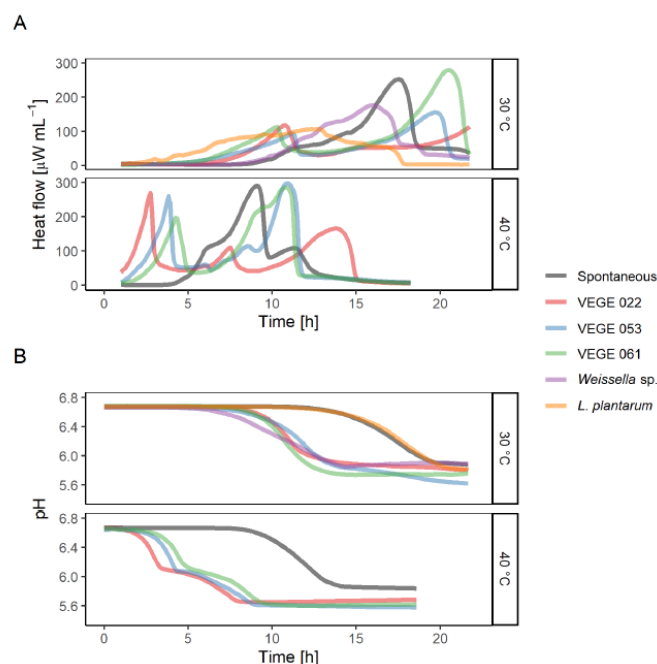
Valgupulbrid on peamine tooraine ekstrudeerimiseks. Seega on nende pulbrite funktsionaalsed omadused üliolulised. Antud projekti vältel leidsime, et erinevate valgupulbrite tootjate pulbrid samast põllukultuurist võib olla väga erinevad (valgusisaldus, sensoorne profiil ning funktsionaalsed omadused). Lisaks olid erinevused ka sama tootja valgupulbri partiides, mis mõjutas pulbrite ekstrudeeritavust. Peamised omadused, mida ekstrudeerimise puhul välja tuua:

- 1) Optimaalne valgusisaldus võiks olla ca 60%.
- 2) Valgupulber võiks olla kõrge vee- ja õlihooldmisvõimega, lahustuvusega, geelistumisega ning neutraalse maitse- ja lõhnaprofiiliga.
- 3) Valgupulbri pH peaks olema partiide lõikes stabiilne. Suur muutus keskkonnas võib oluliselt mõjutada kuidas toormaterjal ekstrudeeris käitub. Ekstrudeerimisel saab kasutada sidrunhappe või kaaliumhüdrosiidi lahuseid, et kompenseerida pH erinevusi.
- 4) Ekstrudeeritud materjali omadused olid paremad (tekstuur, maitse, toitaineline väärtus), kui valgupulbreid kombineeriti.

Eelfermentatsiooni mõju antitoitainete lagundamisele, tekstuurile, maitsele ja aroomile.

Valgupulbrites sisalduvate antitoitainete vähendamiseks viidi läbi fermentatsiooni – ja ensüümkatsed. Fermenteerimisel kasutati piimhappe- ja spoore moodustaid baktereid (nt *Lactobacillus plantarum*, *Weissella sp.*, *Bacillus subtilis*; *Danisco VEGE kultuurid*) ning ensüümkatsetel fütaate lagundavaid ensüüme (fütaas). Fermentatsiooni- ja ensüümkatsed viidi läbi kaera- ja hernepulbrite suspensioonides, mida monotooriti iCinaq süsteemis, isotermilise kalorimeeriaga ning katseda viidi läbi ka 7L BioBench fermenteris. Peamine antitoitaineline, fütiinhape määrati Megazyme komplektiga. Eelfermenteeritud suspensioonid kuivatati ning ekstrudeeriti TFTAK seadmega. Määrati ekstrudaatide tekstuuriparameetrid tekstuurianalüsaatoriga ning sensoorne profiil treenitud assessoritega TFTAK sensorika ruumis.

Analüüsitulemused näitasid, et starterkultuurid on võimelised kaera- ja hernevalgu suspensioonides kasvama, mida näitas mikrokaloremetria kasvukõverad (Joonis 13).



Joonis 13. Starterkultuuride fermentatsioon 30°C ja 40°C juures. (A) Tüüpiline mikrokalorimeetria kõver. (B) pH muutus iCinaqis.

Fütiinhappe analüüsides (Tabel 7) selgus, et valitud starterkultuuridel puudus fütaasi aktiivsus ning antibiootikume ei lagundatud, samas on fütaase kasutades võimalik antibiootikume mingil määral lagundada. Antud katsetes langes fütiinhappe sisaldus proovides 30%.

Tabel 7. Fütaaside sisaldus

| Kultuur/Ensüüm | Fütaaside sisaldus (%dwb) |
|---------------------------------|---------------------------|
| Kontroll | 1.42±0.03 ^c |
| Spontaanne fermentatsioon, 40°C | 1.92±0.01 ^a |
| VEGE 022, 40°C | 1.51±0.01 ^b |
| VEGE 053, 40°C | 1.50±0.01 ^b |
| VEGE 061, 40°C | 1.52±0.01 ^b |
| <i>Weissella sp.</i> , 30°C | 1.46±0.02 ^{bc} |
| <i>L.plantarum</i> , 30°C | 1.95±0.05 ^a |

Fütaasiga töödeldud pulber ekstrudeerus sarnaselt kontrollile, vastupidiselt sellele ei tekkinud fermenteeritud pulbril kiulist struktuuri kasutades samu töötlemisparameetreid. Seetõttu suurendati töötlemise intensiivsust, vähendades veesisaldust ja kahekordistades kruvi pöörlemiskiirust 600 rpm kuni 1200 rpm. Fermenteeritud pulber tekitas düüsi juures märkimisväärselt madalamat rõhku isegi niiskusesisalduse vähenemisel, kuna bakterite ensümaatiline aktiivsus lagundas valke ja süsivesikuid, vähendades seeläbi taigna viskoossust. Seetõttu oli fermenteeritud pulbri puhul vajalik suurem kruvi kiirus, et saavutada sarnane ekstrudeerimistõhusus kontrollpulbriga võrreldes. Tektuurilt olid kontroll ja ensüümtöödeldud ekstrudaadid sarnase tugevuse, näritavuse ja koheivsusega, samas fermenteeritud ekstrudaadid olid 40% tugevamad ja 25% näritavamad. Parimaid tulemusi on sensoorselt näidanud üksikud puhtad kultuurid - *Lactobacillus plantarum* ning *Weissella sp.*, kui ka kommertsiaalselt saadaval olevad Danisco Vege kultuurid, mis on spetsiaalselt arendatud taimsete materjalide fermenteerimiseks. Antud kultuurid aitavad vähendada toormaterjalist tulenevaid kõrvalmaitseid. Lihaanalogoide kontekstis on oluline märkida fermenteeritud materjali niiskussisaldus, sest ekstrudeeri pump peab olema piisavalt võimekas, et viskoosemat massi ekstrudeerisse pumbata. Seega oli vajalik antud katsetes valgupulbrite suspensioonid kuivatada, et viia ekstrudeerisse kuiv materjal. Antud tööpakettis lähtuti mikroorganismide valikul kirjanduses saadud tulemustele ning seejärel viidi läbi fermentatsioonikatsed TFTAKi laboris.

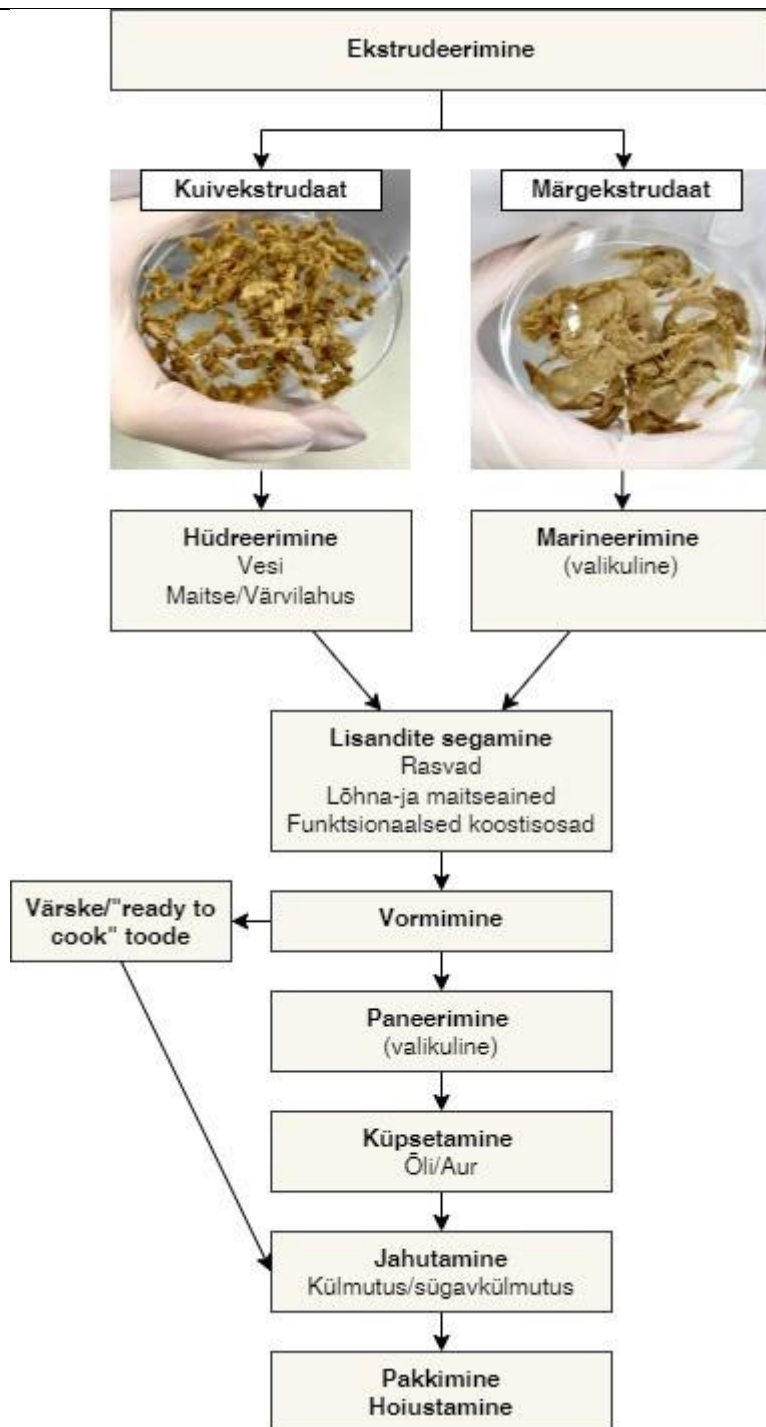
Ekstrudeeritud toodete väljaarendus ekstrudeerimise tehnoloogia väljatöötamine erinevatele retseptuuridele.

Toodete väljaarendus klatri partneritele toimus paralleelselt ekstrudeerimise parameetrite väljatöötamisega koostöös ettevõtetega. Kuigi kuiv- või märgextrudeeritud materjalid on tarbimiseks sobivad kohe peale ekstrudeerimist, käsitletakse neid üldjuhul pooltoodetena, millest valmistatakse lõpp-produkte nagu burgerid, vorstid ja fileed. Projekti jooksul töötati välja kuivekstrudeeritud teksturaadiga burgeri prototüüptoode, milles kasutati herne- ja kaeravalgu segu. Katsete käigus selgitati välja erinevate taimsete rasvade, paksendajate/emulgaatorite, lõhna- ja maitseainete sisaldused, et toota erinevate tarbijagruppide jaoks aksepteeritav lõpptoode. Parimaid tulemusi on andnud tekstureeritud materjalidest 70/30 herne ja kaeravalgu segu; rasvadest päevalilleõli ning kookosrasva kombinatsioon; paksendajatest metüültselluloos; maitseainetest pärmiekstrakt ning liha lõhna-ja maitseaine kombinatsioonis soola, pipra, küüslaugu ning sibulaga; värvainetest linnaseekstrakt ning peedipulber.

Tabel 8 Taimsete lihaanaloojide sagedamini kasutatavad koostisosad

| Koostisosa | Sisaldus (%) |
|---|--------------|
| Vesi | 50-80 |
| Tekstureeritud ehk ekstrudeeritud materjal | 10-25 |
| Mitte-tekstureeritud valgud (kontsentraadid, isolaadid) | 4-20 |
| Lõhna- ja maitseained | 3-10 |
| Rasv/õli | 10-15 |
| Paksendajad/sidujad (kummid, kiudained, tärklised) | 1-5 |
| Värvained | 0-0,5 |

Taimseid lihaanalooje toodetakse peamiselt kas kuiv- või märgextrudaatidest (Joonis 14). Nende kahe materjali suurimad erinevused on niiskussisalduses ning materjali tükisuuruses. Kuivekstrudaadi puhul on oluline see eelnevalt hüdreerida. Kasutatakse vett kui ka maitse- ja värvilahust, et ekstrudaat võtaks pundumise jooksul maitset või värvi sisse. Märgextrudaadi puhul pole eelnev hüdreerimine vajalik, kuid võib materjali pikemalt marineerida, et lõpptoode oleks maitsekam. Seejärel viiakse ekstrudaadid segajasse (näiteks kutter) ning lisatakse rasvad, täiendavad maitsekomponendid ning funktsionaalsed lisaained (emulgaatorid, hüdrokolloidid, kiudained), et parandada massi vormimist ning lõpptoote sensoorseid omadusi ning säilivust. Peale seda etappi mass jahutatakse, et saavutada optimaalne vormitavuse viskoossus ning kasutades spetsiaalseid vorme, antakse tootele soovitud kuju (lihapall, burger, nagits). Kui soovitakse, et toode küpsetatakse lõpptarbija poolt, on tegemist värse ehk „*ready to cook*“ tootega ning see vormitud mass külmutatakse või sügavkülmutatakse ning lõpuks pakendatakse. Tooted, mis on mõeldud ülessoojendamiseks ning nõuavad tarbijale minimaalset ettevalmistust, on võimalik paneerida, mille puhul toode kaetakse sobiva paneerimisseguga ning läbib küpsetamise etapi (õlivann ja/või auruahi). Pikendatud säilivusaaja protsessid võivad vajadusel järgneda – termiline või mittetermiline protsess (kuumpastöriseerimine, kõrgsurvetöötlus, antimikroobsete ainete lisamine). Järgneb massi jahutamine, sest temperatuuri alandamisega toimub mikroorganismide kasvu pärssimine, pikendades lõpptoote säilivusaega. Olenevalt erinevatest teguritest, nagu säilivusaaja nõuded, klientide kasutusviisid ja paigutamine jaemüügis – tootjad võivad otsustada, kas toodet külmutada või sügavkülmutada.



Joonis 14. Taimsete lihaalternatiivide võimalik tootmisskeem.

Lisaks selgitati välja retseptuuris kasutatavate koostisosade võimalikud tarnijad ning tarnekogused. Lisaks burgerile on valmistatud ekstrudeeritud materjalist hakkmassi, lihapallide, grilltoodete ning kanaalternatiivide prototüüptoodete retseptid ning tehnoloogiline skeem.

Tarbijakatse viidi läbi 16.11-29.11.2021 TFTAK sensorika laboris. Tarbijagruppi valisime omnivoorid/fleksitaarlased (55%) ning veganid/taimetoitlased (45%), kokku 103 inimest vanuses 19-29 aastat. Antud valim valiti vastavalt teaduskirjanduses läbiviidavatele tarbijakatsete standarditele. Eelnevalt viisime läbi fookusgrupi uuringu, et teada saada tarbijate eelistuse. Selle uuringu peamised järeldused olid, et lõpptoodete puhul on oluline lühike koostisosade nimekiri, pigem eelistatakse kohalikku toorainet ning tooted võiksid olla rikastatud mikrotoitainetega, mida leidub lihas. Lisaks mainiti, et kõige tähtsam parameeter on toote hind ning maitse ja tootjad võiksid mõelda keskkonnasõbralikumate pakendite peale. Tarbijakatseks valiti kaks turul leiduvat toodet (Beyond Burger, Unconventional Burger) ning arendatud mudeltoode. Tarbijakatsest järeldus, et mudeltoode võiks olla mahlasem ning vähem kummisem. Toodi ka välja, et toode võiks olla intensiivsema maitse ja lõhnaga, puudu jäi lihalikust maitsest ja umamist. Samas oli mudeltootel kõige vähem toorainest

tulenevaid kõrvalmaitseid. Tarbijate eelistustest lähtuvalt arendati nii teksturaate kui ka mudeltooteid edasi. Peamiselt valiti kuivekstrudeerimisel parameetrid, mis tegid teksturaadid pehmemaks ning mudeltoodete arendusel lisati pärmiekstrakti ning suurendati rasvasisaldust.

Väljatöötatud toodete sensoorne analüüs, tekstuuriprofiilanalüüs, mikroskoopia.

Ekstrudeeritud valkude pooltoodete ning lõpptoodete omadusi tarbija vastuvõtlikuse seisukohast on oluline hinnata sensoorselt ning instrumentaalselt. ResTA 16 projektist väljaarendatud analüüsimeetodeid kasutati valgupulbrite ja ekstrudeeritud materjali iseloomustamiseks. Peamiselt kasutati sensoorse analüüsi hindamissüsteemi, pulbrite ja ekstrudeeritud valkude vee- ja õlihoodimisvõime, valkude lahustuvuse indeksi, värvuse ja viskoossuse analüüsi. Valgupulbrite ja ekstrudeeritud toodetele töötati välja skaneeriva elektronmikroskoopia ja tekstuuriprofiil analüüsi meetodid, et hinnata antud materjalide kvaliteeti. Projekti tulemusi on jagatud klasteri liikmetega ning avaldatud teaduspublikatsioonides.

2. Hinnang innovatsioonitegevuse lõppeesmärgi saavutamisele²

Innovatsioonitegevus „Taimsete valkude ekstrudeerimistehnoloogia arendus“ lõppeesmärk saavutati.

Kokkuvõtvalt hindame elluviidud tegevuste eesmärkide saavutamist väga kõrgeks. Koostöö klasteri liikmetega oli tihe ning üldkoosolekutel tutvustati pidevalt tegevuste tulemusi. Klasteri partneritel on tegevuskava läbiviimise tulemusena tehnoloogia, kuidas vääridada taimset päritolu valguallikaid ja valguallikate segusid ekstrudeerimise meetodil ning kuidas nendest lõpptooteid valmistada. Toorme töötajatel on valgusegude retseptuurid ning töötlemisparameetrid segude ettevalmistamiseks ning ekstrudeerimisparameetrid toodete valmistamiseks. Klasteris loodud tehnoloogiad on kasulikud kõikidele osapooltele, lisaks on leitud sünergia klasteri liikmete vahel, et ühiselt arendatud tooted turule jõuaks. Uurimistöö tulemusena on välja töödatud ekstrudeeritud kaun- ja teraviljatoode tootmistehnoloogia klasteri partnerettevõtetele, mis hõlmab kogu ´põllult taldrikule´ tootmisahelat.

3. Erinevused kavandatud ja tegelike tulemuste vahel³

Innovatsioonitegevuse kestvus on kuni aastani 2023. Taimsete valkude ekstrudeerimistehnoloogia arenduses on lõpuni viidud ekstrudeerimise parameetrite eelvalik, kirjanduse ja turuülevaade. Lõpuni on viidud katsed üksikute kaun- ja teraviljavalkudega ning ekstrudeerimised valgukombinatsioonidega. Toorainetele on tehtud fermenteerimise ja ensüümtötluse katsed. Ekstrudeeritud pooltoodetest on välja töödatud esimesed prototüüptooted (burger, hakkliha, grilltooted ning kanaalternatiivid) ning tutvustatud klasteri liikmetele. Lõpuni on viidud väljatöötatud toodete sensoorne analüüs, tektuurprofiilanalüüs ning mikroskoopia. Tegevused planeeriti hästi ning teostati õigel ajal.

4. Innovatsioonitegevuste 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.a. veebikeskkonnas <https://www.pikk.ee/sundmus/taimsete-valkude-innovatsiooni-infopaev/>
- MAK „Koostöö“ meetme teemaline koosolek 9. detsember. 2021.a. Maaeluministeriumis, veebikeskkonnas.
- Taimsete Valkude Innovatsiooniklasteri lõpukonverents „Tuleviku toidulaud“ 01. veebruar 2023.a TFTAK seminariruumis ning otseülekanne veebikeskkonnas.
- Aleksei Kaleda ettekanne „Physicochemical and textural properties of extruded meat analogs from pea and oat protein blends“. Teadusseminar TFTAK töötajatele 16.02.2021.
- Aleksei Kaleda ettekanne „Physicochemical and textural properties of extruded meat analogs from pea and oat protein blends.“ Wageningen ülikooli korraldatud veebikonverents, 03.03.2021.
- Mari-Liis Tammik ettekanne „Developing plant-based alternatives“, 33rd VHYC konverents Berliinis, 12.09.2022.
- Koostatud brošüür „Ekstrudeerimistehnoloogia ja fermenteeritud piimaanalogoide arendus“.

- Avaldatud **teaduspublikatsioon**: Kaleda A, Talvistu K, Vaikma H, Tammik M-L, Rosenvald S, Vilu R. (2021). Physicochemical, textural, and sensorial properties of fibrous meat analogs from oat-pea protein blends extruded at different moistures, temperatures, and screw speeds. Future Foods, 4, 100092. DOI: 10.1016/j.fufo.2021.100092.
- Valmis TVIK projekti tutvustav **video** „Development of extrusion technology for plant proteins“ 2022. Video on leitav Youtube platvormil - https://www.youtube.com/watch?v=9UQxncrjXxE&ab_channel=CenterofFoodandFermentationTechnologies
- Tulemusi on levitatud Põllumajandusuuringute keskuse **kodulehel**: https://maainfo.ee/index.php?article_id=8718&page=3671&action=article&
- **Plantaator podcast** 14.04.2021: <https://shows.acast.com/plantaator-podcast/episodes/7-anniku-suu>
- Taimsete Valkude Innovatsiooniklastri **kodulehel**: www.tvik.ee
- Eesti Maaülikool, PlantValor koduleht: www.plantvalor.ee
- EIP-AGRI **kodulehel**: <https://ec.europa.eu/eip/agriculture/en/find-connect/projects/taimsete-valkude-innovatsiooniklaster>. Koduleht on hetkel suletud, avatakse detsembris 2023
- Eesti Maaülikool, PlantValor **koduleht**: <https://plantvalor.ee/>
- **Artikkel Maalehes** (märts 2023): <https://maaleht.delfi.ee/artikkel/120149424/eesti-tootjad-taimne-liha-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 |
| Projektijuht TFTAK | Mari-Liis Tammik |
| Kuupäev: | 29.09.2023 |

¹ Kirjeldatakse kõik klastri senise tegevusaja jooksul tehtud tegevused. Elluviidud tegevuste kirjeldus antakse detailselt kogu tegevuskava kohta, sisaldades ka innovatsioonitegevuste kirjeldusi ja meetodikat. Samuti kirjeldatakse millist infot, kellele ja kuidas on levitatud.

² Antakse hinnang erinevate klastri tegevuste elluviimise kohta, näiteks kuidas tegevus ellu viidi, milline on tegevuse tulem ja kas eesmärk on saavutatud. Tuuakse välja tekkinud probleemid ja kuidas neid on lahendatud.

³ Kirjeldatakse detailselt, kuhu klaster on oma senise tegevuskavaga jõudnud ja mida kavandatakse edasi teha. Hinnatakse tegevuskava elluviimise õnnestumise potentsiaali, tuuakse välja võimalikud riskid ja viisid nende maandamiseks.

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 levitamise 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.