



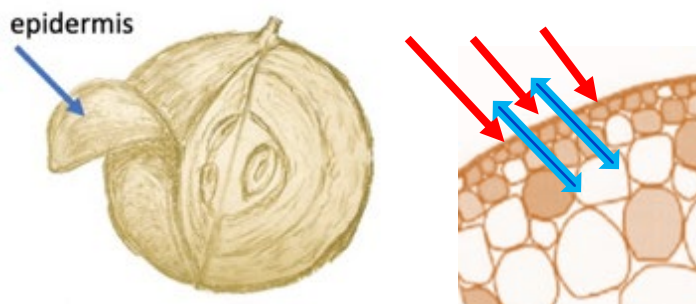
INNOVATSIOONIKLASTRI TOETUSE TEGEVUSKAVA LÕPPARUANNE

1. Elluviidud tegevuste kirjeldus¹

KÜLMKUIVATUS. Külmuivatamine, külmuivatamise eeltöötlemistehnoloogiate arendamine ja pressjääkide väärindamine.

1. Eesmärk oli lähtuvalt marjade füüsikalistest omadustest valida välja külmuivatamiseks kõige sobivamad marjasordid.

Enamiku taimede välispinda katab epidermis, mis kaitseb taime veekaotuse eest, reguleerib gaaside vahetust ja sekreteerib metaboolseid ühendeid, et kaitsta sisekudesid haiguste eest ja toimib ka loodusliku putukatõrjevahendina (Joonis 1)



Joonis 1. Epitermis

Marja epidermis kujutab endast lipiidset hüdrofoobset nahkjat kihti, mis moodustab liidese sisemiste rakkude ja väliskeskkonna vahel, toimides kasvu ajal niiskustõkkena, aga mõjutab tohult vee difusiooni järgneval töötlemisel, vähendades oluliselt külmuivatamise kiirust kogu taimse materjali kuivatamisel [1]. Tselluloos ja mittetselluloosid (hemi-tselluloosid ja pektiinid) polüsahhariidid on peamised polümeerid, mis moodustavad taimse toidu rakuseina. Tselluloos on taimsete rakuseinte kõige levinum polüsahhariidkomponent, millel on struktuursed alad, mis annavad märkimisväärse (isegi kuni 1 GPa) tõmbetugevuse [2], [3]. Samuti suurendab rakuliste materjalide mehaanilist tugevust nende paigutus ja lokaalne geomeetria. Marjade kestade tugevus võib varieeruda ka sorditi [4], [5]. Käesolevas uurimistöös uuriti erinevate marjasortide marjade kestatugevuste mõju külmuivatamise protsessi toimumisele ja protsessi kiirusele. Uuriti ka kuidas mõjutab külmuivatamist erinevate marjasortide vees lahustunud kuivaine sisaldus ($^{\circ}$ Brix) ja tiitritavate happete sisaldus TA (%). Marjasortidel mille mahlas on madal vees lahustunud kuivaine sisaldus (oBrix) ja madal tiitritavate happete sisaldus TA (%) on külmuivad kõrgemal temperatuuril. Madala kestabarjääri puhul võiks selliste sortide külmuivatamine olla kiirem.

Uurimiseks tehti valik musta sõstra, karusmarja, vaarika, aroonia, maasika ja söödava kuslapuu sortide seast.

Marja sortidest võeti vaatluse alla järgnevad marjasordid:

Must sõstar: Asker, Gofert, Mairi, Pamjat Vavilova, Viktor

Karusmari: Kolobok, Malahhiit, Polli Esmik, Sadko, Slivovõi, Nesluhhivski

Vaarikas: Aita, GlenAmple, Novokitaiskaja, Polana, Polka

Aroonia: Aron, Galicjanka, Nero, Tsernokaja, Viking

Maasikas: Polka, Jonsok, Honeoye, Venta, Sonata, Korona, Kent, Rapsody, Jewel, Regatt 80

Söödav kuslapuu: Tsulimskaja, Baktšarski Velikan, Tomitška, Indigo Gem, Vostorg

Viidi läbi marja kesta tugevuse pentromeetiline analüüs.

Marjade kestade tugevued mõõdeti penetromeetriga Precision texture analyzer TMS-Pilot



Igast marjasordiga viidi läbi 100 kestatugevuse mõõtmist (kokku 3700 mõõtmist) ja arvutati mõõtmistulemuste põhjal keskmine marja kesta surve tugevus (N). Määrati marjamahlades vees lahustunud kuivaine sisaldused (°Brix). Määrati tiitritav happesus TA (%).Saadud tulemused esitati tulpdiagrammidena. Viidi läbi valitud marjasortide külmkuivatuskatsed kolme erineva külmkuivatusrežiimiga (kokku 36 ööpäeva).

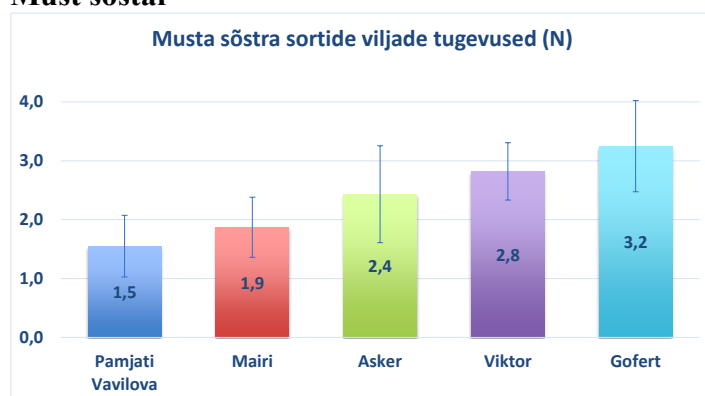
Külmkuivatusrežiim 1: mari külmutatakse eelnevalt temperatuurini -20 °C. Külmkuivatus seadmes jätkatakse külmutamist 0,19° minutis kuni -50 °C. Kambris saavutatakse vaakuum 40 mikropaari. Sekundaarsel külmkuivatusetapil tõstetakse 30 minuti jooksul riiulite temperatuur +20 °C misjärel 30 tunni jooksul tõstetakse riiulite temperatuur 23 °C. Järelkuivatamine viiakse läbi 6 tunni jooksul temperatuuril 36 °C.

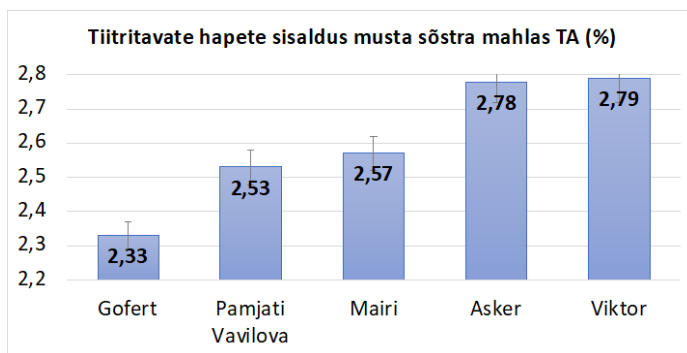
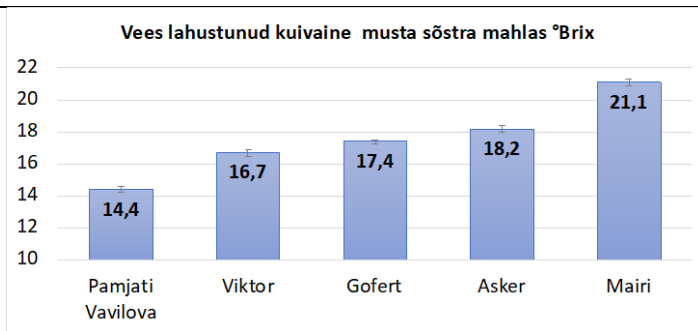
Külmkuivatusrežiim 2: mari külmutatakse eelnevalt temperatuurini -20 °C. Külmkuivatus seadmes jätkatakse külmutamist 0,19° minutis kuni -40 °C. Kambris saavutatakse vaakuum 40 mikropaari. Sekundaarsel külmkuivatusetapil tõstetakse 30 minuti jooksul riiulite temperatuur -25 °C misjärel 32 tunni jooksul tõstetakse riiulite temperatuur 23 °C. Järelkuivatamine viiakse läbi 6 tunni jooksul temperatuuril 36 °C.

Külmkuivatusrežiim 3: mari külmutatakse eelnevalt temperatuurini -20 °C. Külmkuivatus seadmes jätkatakse külmutamist 0,19° minutis kuni -35 °C. Kambris saavutatakse vaakuum 40 mikropaari. Sekundaarsel külmkuivatusetapil tõstetakse 30 minuti jooksul riiulite temperatuur -7 °C misjärel 26 tunni jooksul tõstetakse riiulite temperatuur 23 °C. Järelkuivatamine viiakse läbi 6 tunni jooksul temperatuuril 36 °C

Peale külmkuivamist mõõdeti kuivanud materjalil niiskuse %.

Must sõstar





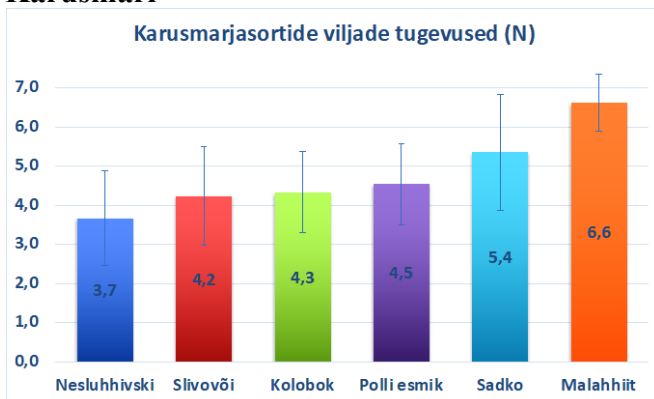
Külmkuivatuskatsed viidi läbi kolme erineva külmkuivatusrežiimiga (1-3).

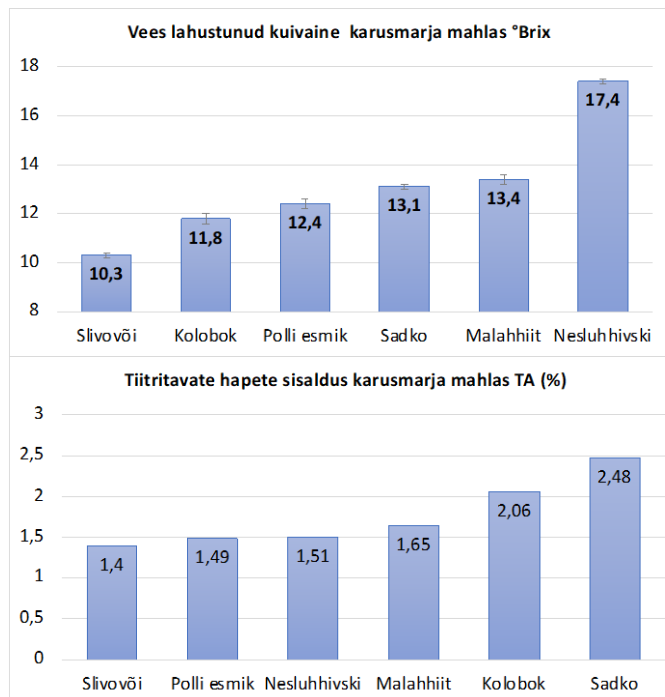
Külmkuivatuskatsete tulemus Mõned üksikud erinevate must sõstra sortide marjad külmkuivasid. Marjade kuivamise põhjuseks marjade vigastused kobarast eraldamisel. Üldist must sõstra külmkuivamist siiski ühelgi režiimil ei toimunud. Marja kesta barjääri erinevatel külmkuivatusrežiimidel ei õnnestunud lõhkuda.

Järeldus: Valikus olnud must sõstra sortide külmkuivatamine ilma kesta vigastamata ei õnnestu.

Vees lahustunud kuivaine (°Brix) ja tiitritavate hapete sisalduse TA (%) näitajate järgi võiksid valitud must sõstra sortidest kiiremini külmkuivada sortid Pamjati Vavilova ning Gofert.

Karusmari





Külmkuivatuskatsed viidi läbi kolme erineva külmkuivatusrežiimiga (1-3).

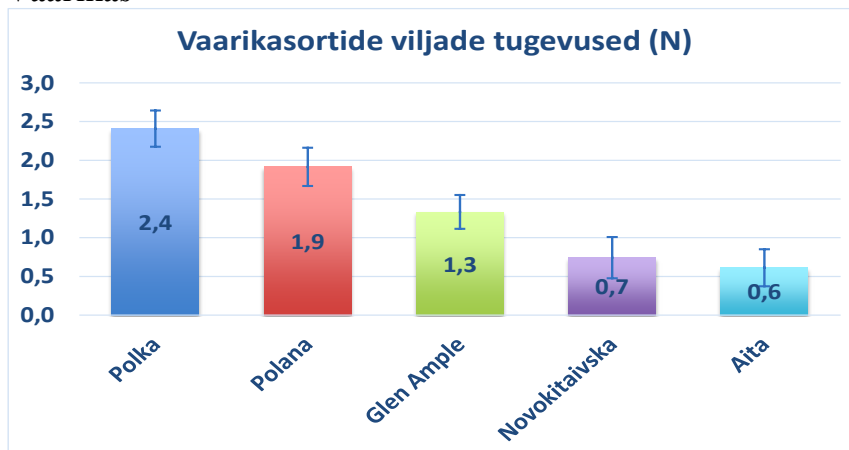
Külmkuivatuskatsete tulemus: Karusmarjade külmkuivamist ühelgi režiimil ei toimunud.

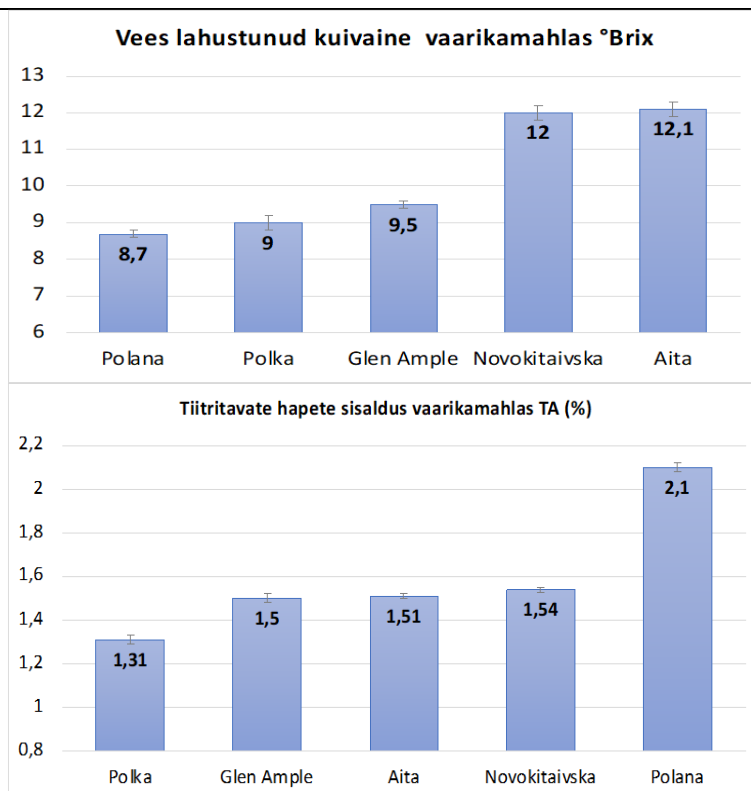
Marja kesta barjääri erinevatel külmkuivatusrežiimidel ei õnnestunud lõhkuda.

Järeldus: Valikus olnud karusmarja sortide külmkuivatamine ilma kesta vigastamata ei õnnestu.

Vees lahustunud kuivaine (°Brix) ja tiitritavate hapete sisalduse TA (%) näitajate järgi võiksid valitud karusmarja sortidest kiiremini külmkuivada sordid Slivovõi ja Polli esmik.

Vaarikas





Külmkuivatuskatsete tulemus: Valitud vaarikasortidest külmkuivasid tugeva viljakestaga sordid Polka ja Polana kaks kuni neli tundi kauem (36-38 h) kui nõrgema kestatugevusega Glen Ample, Novokitaivska ja Aita (34-36h)

Vees lahustunud kuivaine (°Brix) ja tiitritavate hapete sisalduse TA (%) näitajate järgi võiksid valitud vaarikasortidest kiiremini külmkuivada sordid Polka ja Glen Ample. Kuna vaarikasort Polka marjade vilja tugevus osutus valitud sortidega võrreldes kõige tugevamaks, siis hoolimata selle sordi marja mahla madalast vees lahustunud kuivainest ja madalast tiitritavate hapete sisaldusest TA % jäi see sort katsete tulemusena siiski aeglasemalt külmkuivavate vaarikasortide sekka.

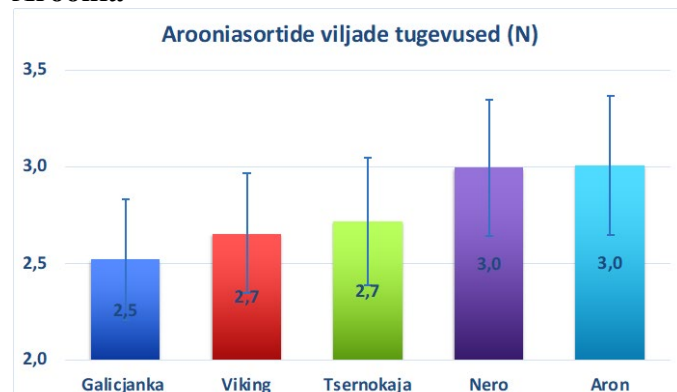
Kuivaine sisalduseks külmkuivanud vaarikasortidel mõõdeti:

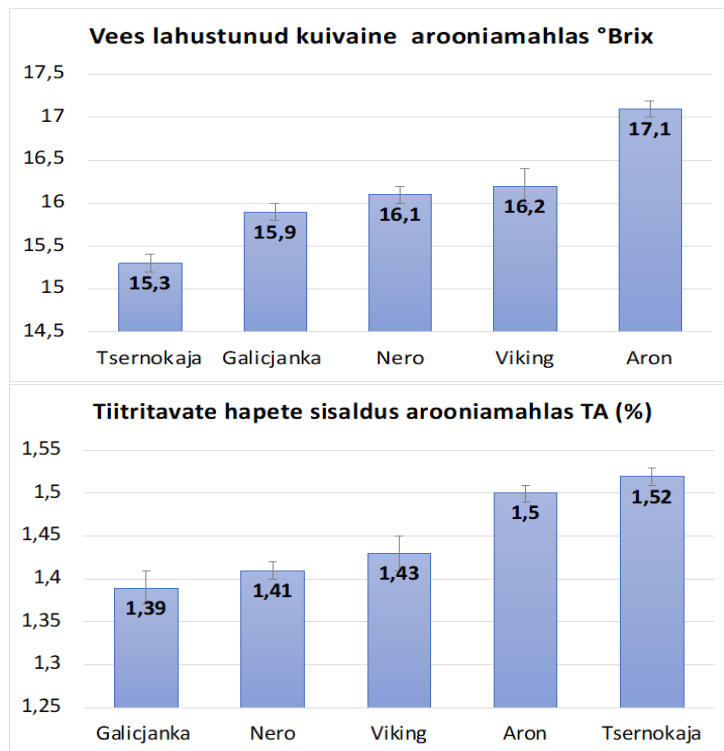
Külmkuivatusrežiim 1: Aita 2,73 %, GlenAmple 2,82 %, Novokitaiskaja 2,87 %, Polana 2,87 %, Polka 3,04 %.

Külmkuivatusrežiim 2: Aita 2,54 %, GlenAmple 2,73 %, Novokitaiskaja 2,82 %, Polana 2,91 %, Polka 2,97%.

Külmkuivatusrežiim 3: Aita 2,47%, GlenAmple 2,59 %, Novokitaiskaja 2,67 %, Polana 2,83 %, Polka 2,85%.

Aroonia





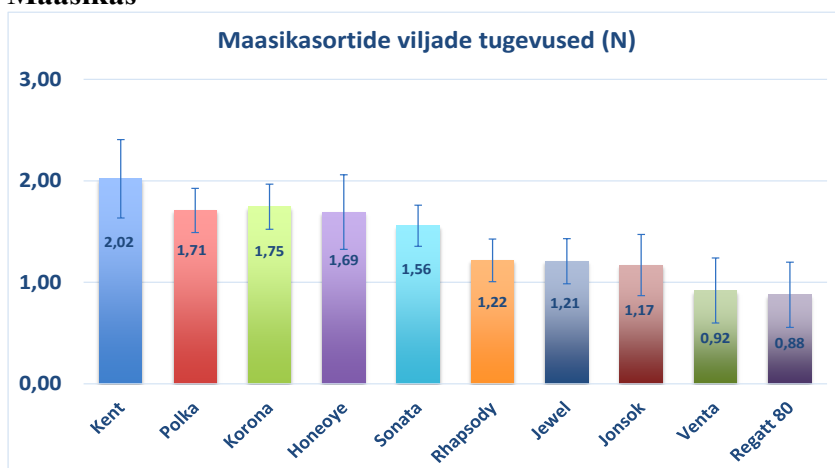
Külmkuivatuskatsed viidi läbi kolme erineva külmkuivatusrežiimiga (1-3).

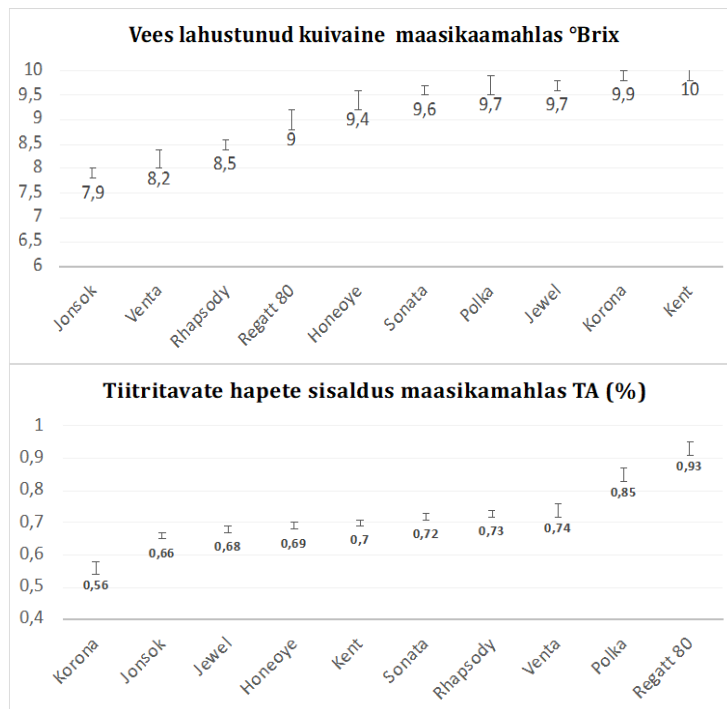
Külmkuivatuskatsete tulemus: Aronia külmkuivamist ühelgi režiimil ei toimunud. Marja kesta barjääri erinevatel külmkuivatusrežiimidel ei õnnestunud lõhkuda

Külmkuivatuskatse tulemus: Valitud arooniasortide külmkuivatamine ilma kesta vigastamata ei õnnestu.

Vees lahustunud kuivaine (°Brix) ja tiitritavate hapete sisalduse TA (%) näitajate järgi võiksid valitud arooniasortidest kiiremini külmkuivada sordid Galicjanka ja Nero.

Maasikas





Külmkuivatuskatsed viidi läbi kolme erineva külmkuivatusrežiimiga (1-3).

Külmkuivatuskatsete tulemus: Valitud maasikasortidest külmkuivasid tugeva viljakestaga sordid Kent, Polka, Korona, Honeoye ja Sonata kaks kuni neli tundi kauem (42-46 h) kui nõrgema kestatugevusega Rhapsody, Jewel, Jonsok, Venta, Regatt 80 (38-42h)

Vees lahustunud kuivaine (°Brix) ja tiitritavate hapete sisalduse TA (%) näitajate järgi võiksid valitud maasikasortidest kiiremini külmkuivada sordid Jonsok, Honeoye ja Sonata. Kuna maasikasortide Honeoye ja Sonata viljade tugevus osutus valitud sortidega võrreldes kõrgeks, siis hoolimata nende sortide marja mahla keskmisest vees lahustunud kuivaine sisaldusest ja madalast tiitritavate hapete sisaldusest TA % jäid need sordid katsete tulemusena siiski aeglasemalt külmkuivavate maasikasortide sekka.

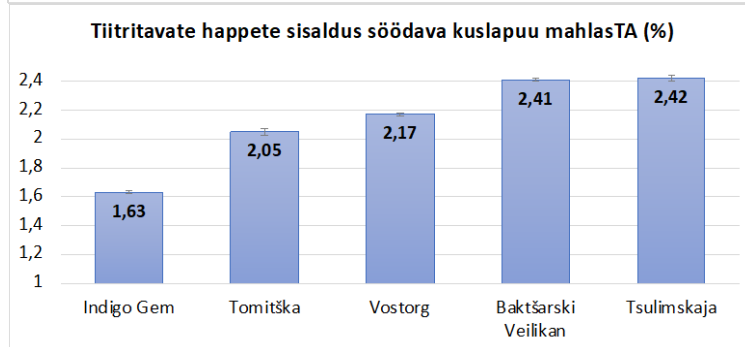
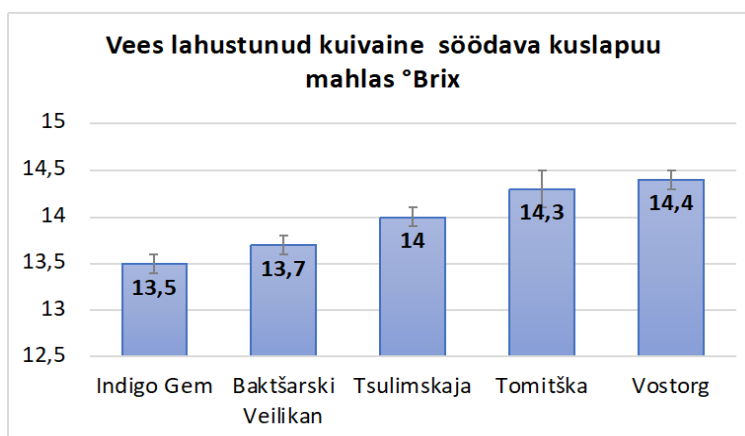
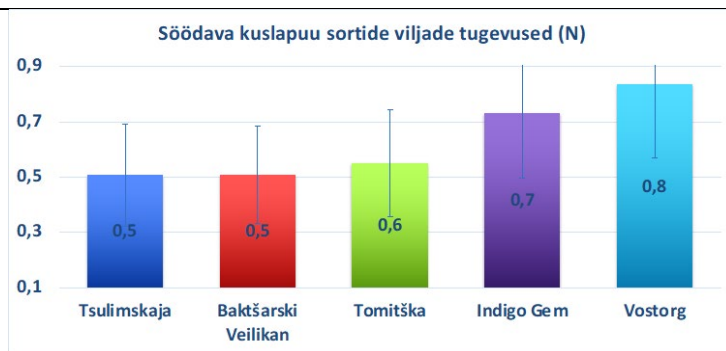
Kuivaine sisalduseks külmkuivanud maasikasortidel mõõdeti:

Külmkuivatusrežiim 1: Polka 3,02% , Jonsok 2,60, Honeoye 2,97%, Venta 2,60%, Sonata 2,98%, Korona 3,05 % , Kent 3,02% , Rapsody 2,67, Jewel 2,69%, Regatt 80 2,59%

Külmkuivatusrežiim 2: Polka 3,00% , Jonsok 2,61, Honeoye 2,95%, Venta 2,58%, Sonata 2,878%, Korona 2,98 % , Kent 3,00% , Rapsody 2,68, Jewel 2,62%, Regatt 80 2,57%

Külmkuivatusrežiim 3: Polka 2,91% , Jonsok 2,54, Honeoye 2,81%, Venta 2,51%, Sonata 2,67%, Korona 2,78 % , Kent 2,83% , Rapsody 2,55, Jewel 2,57%, Regatt 80 2,49%

Söödav kuslapuu



Külmkuivatuskatsete tulemus: Valitud söödava kuslapuu sortidest külmkuivasid tugevama viljakestaga sordid Indigo Gem, Vostorg, kaks kuni kolm tundi kauem (31-32 h) kui nõrgema kestatugevusega Tsulimskaja, Baktšarski Veilikan, Tomitška (30-31h)

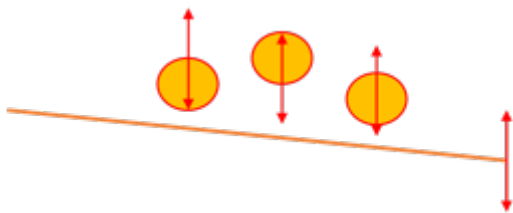
Vees lahustunud kuivaine (°Brix) ja tiitritavate hapete sisalduse TA (%) näitajate järgi võiksid valitud söödava kuslapuu sortidest kiiremini külmkuivada sordid Indigo Gem, Baktšarski Veilikan, Tomitška. Kuna söödava kuslapuu sordi Indigo Gem vilja tugevus osutus valitud sortide seas üheks kõrgematest, siis hoolimata selle sordi marja mahla madalast vees lahustunud kuivaine sisaldusest ja madalast tiitritavate hapete sisaldusest TA % jäi see sort külmkuivatuskatsete tulemusena siiski aeglasemalt külmkuivavate söödava kuslapuu sortide sekka.

Külmkuivatusrežiim 1: Tsulimskaja 2,91%, Baktšarski Velikan 2,59%, Tomitška 2,59%, Indigo Gem 2,61%, Vostorg 2,91%

Külmkuivatusrežiim 2: Tsulimskaja 2,71%, Baktšarski Velikan 2,60%, Tomitška 2,53%, Indigo Gem 2,59%, Vostorg 2,78%

Külmkuivatusrežiim 3: Tsulimskaja 2,66%, Baktšarski Velikan 2,51%, Tomitška 2,51%, Indigo Gem 2,53%, Vostorg 2,69%

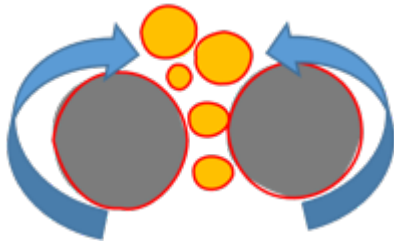
2. Marjade külmkuivatamise toimumise ja kvaliteedi seisukohalt mängib olulist rolli kui hästi võimaldab marja kest massivahetuse toimumist. Marjadel, mille kestad on paksud, elastsed, tiheda struktuuriga, tuleb külmkuivatamisel toimuva massivahetuse parandamiseks kestasid vigastada, lihvida õhemaks, töödelda ensüümidega või mõnel muul moel kesta poorsust parandada (blanšeerida, kesta vigastada ultraheliga).
- Blanšeerimine: Auruga blanšeerimist kasutatakse tavaliselt eeltöötlusena meetod mikroobide inaktiveerimiseks ning pruunistust põhjustava polüfenooloksüdaasi (PPO) kiireks inaktiveerimiseks. Peamine auruga blanšeerimise eesmärk on kaitsta värvi ja parandada kuivatatavate marjade kuivamiskiirust. Blanšeerimiseks tõstetakse marjad lühikest ajaks kuuma vett või kuuma auru, See toiming hävitab marjade vahajast kaitsvat kihti ning kesta kaitsvat kargstruktuuri, põhjustades kuivatuskiiruse paranemist. See meetod aitab marjades antotsüaanide tõhusalt säilitada ja parandada kuivatatud marjade antioksüdantset võimet.[6] Külmkuivatamise eeltöötlemiseks blanšeerimine ei ole hea eeltöötlemise tehnika kuna blanšeeritud marjast hakkab eralduma kiirelt mahl, mistõttu pole võimalik säilitada marja algset kuju.
- Kesta vigastamine ultraheliga: Ultraheli on helilaine, mille sagedused on suuremad kui 20 kHz. Ultraheli interaktsioon marjakestaga koosneb peamiselt termilise efektist, mehaanilisest efektist ja kavitatsiooniefektist. Tänu kavitatsioonile, pidevale kiirele kokkumurumisele ja venitusele tekib käsna efekt, mis lõhub marja kesta ja samaaegselt toimub marjas sisalduva vedeliku surumine läbi marja kesta. Vedeliku eraldumisel läbi marja kesta mari hakkab kuivama. Marjai kuivamiskiirust mõjutab võimsus, sagedus ja ultraheli aeg. Marjakesta barjääri vähendamiseks enne külmkuivatamist selline eeltöötlustehnika pole hea kuna see lõhub töötlemise käigus ka marja struktuuri mida tervete marjade külmkuivatamisel soovitakse võimalikult palju säilitada.[7]
3. Eesmärk selgitada välja, missugune marjade ja köögivilja (tšillipipra) mehhaaniline eeltöötlustehnika oleks piisav kestadest füüsilikest omadustest tingitud massivahetusbarjääri vähendamiseks.
- Marjade külmkuivamise toimumine sõltub otseselt massivahetuse toimumisest läbi marja kestabarjääri. Marjakesta tühine vigastamine teeb võimalikuks massivahetuse ja külmkuivamise protsessi toimumise. Eesmärk oli konstrueerida mudelseade, mis võimaldaks vigastada kõrge kestabarjääriga marju nii minimaalselt, et säiliks nende kuju. Oluline oli leida võimalus kuidas vigastada marju nii, et vigastamata jäänud marjade hulk oleks minimaalne.
- Esimese katseseadmena valmistati seade kus toimus külmunud marjade raputamine üle riivpinna.



Katsetati erineva teravusega riivpindasid, erinevat raputamise intensiivsust ning erineval külmunud marju erineval temperatuuril. Tulemus: Temperatuuril - 20 °C hoitud marjad

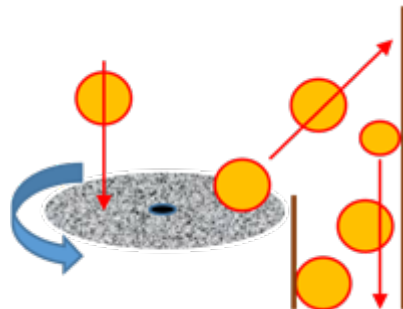
said minimaalselt vigastatud hoolimata raputamise intensiivsusest. Temperatuuri- 8 °C 1 hoitud marjadest sai vigastatud keskmiselt 10% marjadest. Temperatuuril 0 °C hoitud marjadest sai vigastatud 30% marjadest ja vigastatud marjad hakkasid koheselt ka mahla eraldama. Tulemus: Marjade raputamine teravatel riivpindadel ei andnud soovitud tulemust. Protsessi tulemusena vigastamata jäi 70% marju.

Teise katsena valmistati seade kus toimus külmunud marjade suunamine läbi kahe kõrvuti asuvate riivtrumlite.



Tulemus: Kõik -8 °C temperatuuril hoitud külmunud marjad, mis olid läbimõõduga kahe riivtrumli vahelisest kaugusest said vigastatud. Marjade vigastused ei olnud minimaalsed kuna marju vigastas kaks trumlit. Vigastamata jäid marjad, mis olid väiksemad kahe riivtrumli vahelisest kaugusest ja liigselt vigastatud said marjad mille läbimõõt oli kahe riivtrumli vahelisest kaugusest suurem. Külmunud marjade suunamine läbi kahe kõrvuti asuvate riivtrumli ei tekitanud marjadele külmuivatamiseks vajalike minimaalseid vigastusi ja seetõttu selline lahendus ei täida eesmärki.

Teise katsena valmistati seade kus toimus külmunud marjade pörgatamine tsentrifugaalriivilt.



Seadme valmistamiseks ehitati tsentrifugaal mahlapressi, millelt lõigati lahti algsest olekust materjali peale andmise toru ning tõsteti toru marja diameetri jagu kõrgemale.

Toru kõrguse reguleerimiseks kasutati kummihülssi paigutatud stopperõngast.

Marjade vigastamiseks valatakse materjali peale andmise torusse ühtlase kiirusega temperatuuril- 20 °C hoitud marjad. Marjad kukuvad pöörlevale tsentrifugaalriivile, millelt saavad riivi teraga kokku puutest tõuke, mis lennutab minimaalse vigastuse saanud marja kogumiskasti. Selliselt sai vigastuse 99% torusse valatud marjadest.

Külmutatud marjade kest õnnestus vigastada kontrollitult marja väljanägemist rikkumata.



Sellisel teel osutus võimalikuks külmuivatada tervelt marju, mille kestabarjäär seda varem ei võimaldanud. (must sõstar, aroonia, karusmari, pihlakas, pohl, jõhvikas, astelpaju jne.). Tsentrifugaal riivi abil vigastatud erinevate marjade külmuivamise aeg jäi vahemikku 32-36 tundi. Marjades sisalduva niiskuse sisaldus jäi vahemikku 2,78-3,22 %. Karusmarjade suuruse ja külmunud marja tsentrifugaal riivilt saadud tõukel tekkiva löögi tugevuse tõttu peab selle marja puhul olema seade valmistatud täielikult metallist.

Kokkuvõte: Kõige parema tulemuse andis konstrueeritud seade milles marjade vigastamine toimus tsentrifugaal-riivi abil. Selline eeltööstehnika osutus piisavaks kestade füüsilisest omadusest tingitud massivahetusbarjääri vähendamiseks. Loodud mudelseadme tööpõhimõtet on võimalik kasutada suuremate tööstuslike seadmete projekteerimiseks ja valmistamiseks.

Aedviljadest uuriti võimalust kuidas vähendada tšillipra kestabarjääri külmuivatamiseks sobilikuks.

Viidi läbi katsed kolme erinevat sorti tšillipraga, millede kestavigastamiseks kasutati teravikuga torget ja lõhe tekitamist noaga.



Tšilliparde külmuivatamiseks andis parima tulemuse külmuivatusrežiim 4: Tšillipipar külmutatakse eelnevalt temperatuurini -20 °C. Külmuivatus seadmes jätkatakse külmutamist 0,08^o minutis kuni -35 °C. Kambris saavutatakse vaakuum 50 mikrobaari. Sekundaarsel külmuivatusetapil tõstetakse 20 minuti jooksul riulite temperatuur 0 °C misjärel 25 tunni jooksul tõstetakse riulite temperatuur 23 °C. Järeлкуivatamine viiakse läbi 3 tunni jooksul temperatuuril 38 °C.

Külmuivatamise tulemus: Mõlemal moel vigastatud tšillipipar külmuivas 32 tunniga. Tšillipra kaunadel kuju muutust ei toimunud ning niiskuse sisalduseks mõõdeti 2,8%. Tulemus: Tšillipra kestabarjäär on võimalik muuta külmuivatamiseks sobivaks kauna minimaalse löike või kauna augu torkamisega.



Tulemus kokkuvõtlikult:

- Külmuivatamise õnnestumiseks marjakestade füüsikalistest omadustest tingitud massivahetusbarjääri mehaanilisel teel vähendamiseks piisab eeltöötlemise tehikast kus, vigastamine teostada tsentrifugaal-riivi abil.

Tsentrifugaal-riiv tehnika puhul 1) külmunud marjad kukutatakse riivi kiirust arvestades, ummistust vältides pöörlevale riivile. 2) pöörlev riivi tera vigastab marja, mille käigus annab marjale ühtlasi ka tõuke riivi pinnalt eemaldumiseks. 3) tõuke saanud marjad suunatakse suundurseinte abil kogumismahutisse.

- Külmuivatamise õnnestumiseks köögivilja (tsillipiprar) füüsikalistest omadustest tingitud massivahetusbarjääri mehaanilisel teel vähendamiseks piisab piprakauna mittesulguva lõhe lõikamisest või augu torkamisest.

4. Katsetuste läbiviimine nõuab aega ja ressursse, seega otsustati katsed läbi viia ühe kultuuriga ja väikese valimiga (kahe sordiga), et saada teada kas marjade ensüümidega töötlemine üldse võimaldab marjakestade füüsikalistest omadustest tingitud massivahetusbarjääri vähendada. Käesoleva innovatsioonitegevuse käigus katsetati ensüümidega marjade kesta barjääri vähendamist külmuivatamise toimumiseks sobiliku tasemeni.

Katsed viidi läbi must sõstra marjadega (sordid Pamjat Vavilova ja Gofert). Põhjusel, et hoida katsetingimusi loomulikena viidi katsed läbi toatemperatuuril.

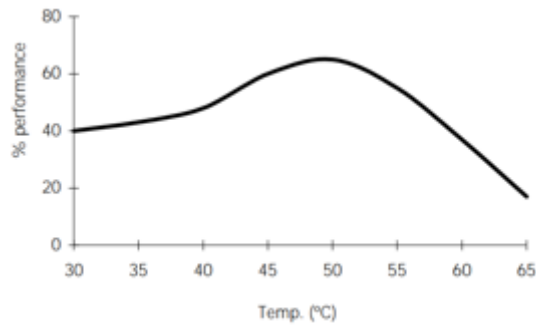
Variant 1: Katseks kasutati firma Novozymes Switzerland AG ensüümide segu Viscozyme L mida kasutatakse köögiviljade ja puuviljade töötlemisel hõlbustada väärtuslike taimekomponentide ekstraheerimist.

Viscozyme L on mitmete ensüümide kompleks mille hulgas on arabanaas, tsellulaas, beeta-glükanaas, hemsellulaas ja ksülanaas. Viscozyme L omab tugevat pektolüütilist toimet. Viscozyme L ga marjade töötlemiseks valmistati ensüümilahuse 10% lahus kraaniveega. Marjade töötlemiseks ensüümiga piserdati 1 kg marjadele 4 g 10 % list Viscozyme L lahust ja jäeti üheks tunniks toatemperatuuril (23 °C) seisma. Jooniselt 2 on näha, et toimivus % kõvera tõusnurk 30 °C juures on minimaalne. Kõverat mõtteliselt toatemperatuuri (23 °C) suunas pikendades väheneb toimivus % 2-3 ühiku võrra.

(Viscozyme L soovitatav doseerimisvahemik on 0,2–1 kg toormaterjali tonni kohta.

Soovitatav temperatuurivahemik on 40–50 °C kus Viscozyme L toimimise suutlikus on kõige kõrgem (Joonis 2), Segu toimimise suutlikus pole madal ka toatemperatuuril.

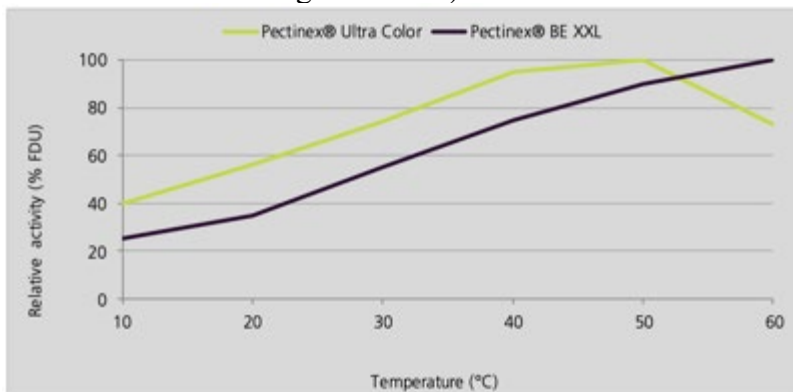
Minimaalne hoidmisaeg on 1 tund.)



Joonis 2. Viscozyme L toimimise suutlikus erinevatel temperatuuridel
Peale ensüümidega töötlemist pandi marjad külmuivati kandikudel külmuivatisse (Joonis 3).



Joonis 3 Ensüümilahusega töödeldud mustsõstrad külmuivatuskandikul.
Marjade külmutamine viidi läbi külmuivatis. Külmuivatusprotsessi läbi viimiseks kasutati külmuivatusrežiimi nr 2. Sort Pamjat Vavilova külmuivamiseks kulus 32 ja sort Gofert külmuivamiseks kulus 34 tundi.
Külmuivatatud marjade niiskuse % peale külmuivamist oli vahemikus 2,54-2,81%
Variant 2: Katseks kasutati firma Novozymes Switzerland AG ensüümide segu Novozymes Pectinex® BE XXL, mis sobib väga hästi marjade töötlemiseks mahlatööstuses, kuna see lagundab pektiini väga kiiresti. Pectinex® BE XXL ga marjade töötlemiseks valmistati ensüümilahuse 10% lahus kraaniveega. Marjade töötlemiseks ensüümiga piserdati 1 kg marjadele 4 g 10 % list Pectinex® BE XXL lahust lahust ja jäeti üheks tunniks toatemperatuuril seisma. soovitatav doseerimisvahemik on 0,2–1 kg toormaterjali tonni kohta.
Soovitatav temperatuurivahemik on 50–60 °C kus Pectinex® BE XXL toimimise aktiivsus on kõige kõrgem (Joonis 4). Segu toimimise suutlikus pole madal ka toatemperatuuril.
Minimaalne hoidmisaeg on 1 tund.)



Joonis 4. kus Pectinex® BE XXL toimimise aktiivsus erinevatel temperatuuridel
Peale ensüümidega töötlemist pandi marjad külmuivati kandikudel külmuivatisse.
Marjade külmutamine viidi läbi külmuivatis. Külmuivatusprotsessi läbi viimiseks kasutati külmuivatusrežiimi nr 2. Sort Pamjat Vavilova külmuivamiseks kulus 34 ja sort Gofert külmuivamiseks kulus 35 tundi.

Külmkuivatatud marjade niiskuse % peale külmkuivamist oli vahemikus 2,67-2,89% (Joonis 5). Katseid korraldati kolmel korral.



Joonis 5. Ensüümidega töödeldud must sõstrad peale külmkuivatamist.

Ensüümidega töödeldud marjade külmkuivatamine kokkuvõtte: Ensüümide kasutamine marja kestabarjääri vähendamiseks massivahetuse toimumiseks külmkuivatusprotsessis annab häid tulemusi. Ensüümidega töödeldud marjade külmkuivamine toimub mõõduka kiirusega, tulemuseks on oma kuju säilitanud hea kuivusastmega puhtad marjad.

Kuigi tulemus on hea ja ensüümikulu on väike ei saa läbiviidud katsete tulemusel ensüümidega töötlust täna veel soovitada marjade eeltöötlemiseks enne külmkuivamist, sest kasutatud ensüümid ei inaktiveeru madalal temperatuuril ning nende mõju kohta inimesele polnud tootjal katsete läbi viimise ajal veel andmeid. Tavapäraselt kasutatakse selliseid ensüüme mahlatööstuses kus mahla eraldamisele järgneb mahla kuumtöötlus, mis inaktiveerib ensüümi.

5. Eesmärk selgitada välja mahlade madalal temperatuuril kontsentreerimise vajadus ja tehnoloogia, mis sobiks mahlade külmkuivatamise eelseks töötlemiseks.

Külmkuivamise protsessis eemaldatakse külmunud materjalist (antud juhul mahlast) vesi sublimatsiooni teel- tahke materjal (jääd) muutub gaasiks ilma vedelat faasi läbimata. Vee aur kondenseeritakse ülimaldalt temperatuuril oleval kondensaatoril.

Kui mahlas on vees lahustunud kuivaine sisaldus (Brix^o) madal külmub mahl kõrgemal temperatuuril ja külmunud mahlas on sublimeerimist vajava külmunud vee % kõrge. Kui mahlas on vees lahustunud kuivaine sisaldus (Brix^o) kõrge külmub mahl kõrgemal temperatuuril ja külmunud mahlas on sublimeerimist vajava külmunud vee % madal.

Mahla külmkuivatuse eelne kontsentreerimine annaks mahlas tõsta vees lahustunud kuivaine sisaldus (Brix^o) mille tulemusena oleks külmkuivatamisel vaja vähem sublimeerida mahlakontsentraadis külmunud vett.

Külmkuivatamise tarbeks mahla kontsentreerimiseks sobivad mitte termilised kontsentreerimismeetodid nagu osmoosiga mahlade kontsentreerimine ja vee välja külmutamise teel mahlade kontsentreerimine.

Pöördosmoos on membraanprotsess, mida saab kasutada mahlade eelkontsentreerimiseks.

Pöördosmoosi kontsentreerimise peamised eelised on kõrgekvaliteediliste toodete saavutamine tänu madalale temperatuurile töötamisele, mille tulemuseks on toitainete, lõhna- ja maitseühendite säilimine, väiksem energiatarbimine ning kompaksete seadmete kasutamine[8]–[11]. Peamine puudus pöördosmoosiga kontsentreerimisel on, et saavutatakse madalam ligikaudu 30 °Brix mahla kontsentratsioonitase võrreldes termilise aurustamisega. Põhjuseks on asjaolu, et mahla kõrge osmootne rõhk piirab protsessi efektiivsust. Klassikalistes mahlatööstuses on mahlade kontsentratsioonitasemed vahemikus 42–65 °Brix.

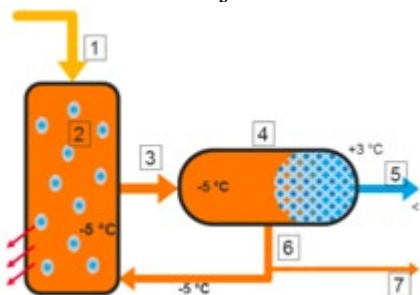


Joonis 6. Pöördosmoos kontsentraator EMRO 1.8 40Brix, 2000l/h

Klassikalise kontsentreerimise puhul tuleks seetõttu pöördosmoosi vaadelda esimese etapi protsessina, mis on ühendatud muude protsessidega, nagu osmootne aurustamine [9].

Kõrgemate mahla kontsentratsiooni saavutamiseks osmoosi teel oleks osmootne destillatsioon. Osmootne destilleerimine on membraanprotsess, mida kasutatakse lahuste kontsentreerimiseks isotermilistes tingimustes. Selles protsessis saab vesilahust kontsentreerida osmootse gradiendiga, kasutades madala veeaktiivsusega osmootset vesilahust (st kontsentreeritud soolvet)[12].

Mahlade külmkontsentreerimine on protsess, mis põhineb mahla külmutamise käigus jääkristallide mahlast välja sõelumisel. Mahlade külmkontsentreerimise põhimõtteline skeem on toodud joonisel 7.



Joonis 7. Mahlade külmkontsentreerimise põhimõtteline skeem

Värske mahl (1) jahutatakse kristalliseerimissektsioonis (2) külmumispunkti. Külmumistemperatuuril kristalliseerub osa veest väikesteks jääkristallideks. Need jääkristallid on tõhusaks eraldamiseks liiga väikesed. Jääkristallide kasvamiseks luuakse tingimused (elamisaeg). Selle tulemuseks on suuremad, puhtad ja sfäärilised jääkristallid. Suured puhtad jääkristallid + toode viiakse (3) eraldussektsiooni (pesukolonn, 4), kus jääkristallid eraldatakse vedelikust (6) mehaaniliste vahenditega nii, et eraldatavaga (jääga) kadusid ei teki.) vesi (5). Väga selektiivne eraldamine on võimalik jääkristalli pinna kontrollitud vastuvoolupesuga. Produkti vedelik (6) suunatakse uuesti kristallimissektsiooni. Kontsentreeritud vedeliku kõrvalvool (7) suunatakse kasutusse tootmises [13], [14].

Uurimistöös milles ühe osana uuriti energia ja aja kulu jõhvikamahla pulbri valmistamisel külmuivatuse ja osmootse destilleerimise kombineerimisel külmuivatusega teel näitasid katsete tulemused, et osmootse destilleerimise kombineerimisel külmuivatusega kulutab mahla pulbri saamiseks rohkem energiat (5-7%) kui seda kuluks algse mahla (8 °Brix) ilma kontsentreerimata külmuivatamist.[15].

Mahla ja kontsentreeritud mahla külmuivatamis kiiruse võrdlemiseks viidi läbi laboratoorne õunamahla kontsentreerimiskatse. 1L õunamahla (13 °Brix) kontsentreeriti 0,3L õunamahlakontsentratsiooniks (37 °Brix). Külmuivatuskatsed: Nii mahl kui mahlakontsentratsioon paigutati külmuivatuskandikule kihina 0,5 cm. Külmuivatamise katsed viidi läbi külmuivatuse režiimil kus materjal külmutati -50 °C juures. Kambris saavutati vaakuum 40 mikropaari. Primaarsel külmuivatusetapil tõsteti 6 tunni jooksul riulite temperatuur +20 °C misjärel 20 tunni jooksul tõstetakse riulite temperatuur 23 °C.

Järelkuivatamine viiakse läbi 6 tunni jooksul temperatuuril 36 °C. Külmuivanud materjalid näevad välja erinevad. Mahla külmuivamisel on tekkinud õrn vahtjas kuivanud kiht, mis variseb kokku õrnalt nätskeks massiks. Kontsentreeritud mahla külmuivamisel saadud materjal on kleepuv karamelli sarnane. Mõlemate saadud materjalide niiskusesisaldus mõõdetakse. Mahla külmuivamisel saadud materjali niiskusesisaldus jääb vahemikku 3,4-4,2%. Kontsentreeritud mahla külmuivamisel saadud materjali niiskusesisaldus jääb vahemikku 3,8-4,7%. Katseid korrati kahel korral.

Tulemus: Olgugi, et on olemas energiatõhusad tehnoloogiad mahlade madalal temperatuuril kontsentreerimiseks puudub vajadus nende kasutamiseks külmuivatuseelset mahla kontsentreerimisel. Mahla külmuivatuseelne kontsentreerimine ei anna energia kulus võitu mahlapulbri valmistamisel ega taga ka paremat kvaliteeti. Läbi viidud katsetes külmuivamise protsess toimus nii mahla kui kontsentraadi puhul sarnase kiirusega. Tulemus, mis saadi oli sarnase niiskuse sisaldusega kuid mõlemal juhul oli tegemist kandikult raskelt eemaldatava kleepuva massiga. Mahlast saadud algselt õhuline materjal vajus kokku ja muutus kleepuvaks külmuivatuskambriist välja võtmise ajal. Mahlakontsentraadist saadud materjal meenutas kleepjat karamelli. Nii kirjanduse andmed kui teostatud katsed ei toetanud hüpoteesi, et mahla külmuivatuse eelnev kontsentreerimine võiks anda energia kokkuhoidu, suurendada külmuivatamise kiirust või kvaliteeti.

6. Eesmärk selgitada välja, kas ja millistel tingimustel saaks läbi viia mahlade külmuivatamine ning milliste lisandite kasutamisel võimaldaks saada „voolavaid“ pulbreid.

Mahlade külmuivatamisel on probleemiks kuivamisel struktuuri moodustavate osakeste puudumine ning samuti mahla madal lahustunud kuivaine sisaldus. Ilma struktuuri moodustava lisandita mahla kiht külmuivatuskandikul ei kuiva pulbriks vaid jääb sellele õhukese hügrokoopse kleepuva kihina. Sellise olukorra vältimiseks ja kuivamistulemuse parandamiseks lisatakse mahladele maltodekstriini, mis mahla kuivades toimib kui struktuurne komponent ning aitab mahlas sisalduvatel suhkrutel kuivamisel mitte kleepuda.

Mahlade kuivatamiseks termilisel meetodil on kasutatud mahlade vahustamist parema kuivamistulemuse saavutamiseks juba aastaid. Sellisel meetodil kuivatamist nimetatakse „vahtmati“ kuivatamiseks[16]. Vahtmatti kuivatamise tehnika töötas välja USA Western Regional Research Laboratory 1959. aastal. Seda meetodit kasutati algselt mahlade kuivatamiseks, kuid hiljem leiti ka, et seda saab kasutada kuumatundlike ja raskesti kuivatavate toodete, nagu pigmentid, liim ja želatiin, kuivatamisel. Selle meetodi puhul kasutatakse vahustavat ainet (munaalbumiin, vadakuvalk, vahutav guaralbumiin jne) ja teatud juhtudel vahu stabilisaatorit (tselluloos, kummi jne) mahla segisti või spetsiaalse seadme abil vahuks muutmiseks. Seejärel kuivatatakse saadud vahu kiht mis tahes traditsioonilise kuivatusmeetodiga, näiteks konvektiivse kuuma õhu kuivatamisega[17]. Viimastel aastatel on kasutusele võetud külmuivatustehnikaid kus mahla kuivamise hõlbustamiseks sarnaselt termilise kuivamisprotsessiga mahl enne külmuivamiskandikule valamist vahustatakse tihedaks vahuks. Vahustamine aitab suurendada kuivatavat pindala, seeläbi kiirendada kuivamisprotsessi ja lühendada külmuivamise aega [18]. Protsessis on vahu terviklikkus ja stabiilsus väga olulised. Kui kokkuvarisemine toimub, ei õnnestu kogu kuivatamine. Mõned uuringud on näidanud, et materjali kokkuvarisemine oli seotud materjali keerulise viskoossusega. Külmuivatamisprotsessi käigus tekitab jää sublimatsioon poore mille kokku tõmbumine pinnajõu või raskusjõu tõttu võib põhjustada materjali kokkuvarisemise. Külmutatud materjalide kompleksi viskoossus on samuti seotud temperatuuriga. Kui külmunud materjali temperatuur tõuseb, siis kogu kompleksi viskoossus väheneb, mille tulemuseks on poorsuse vähenemine ja struktuuride kokkuvarisemine[19], [20]. Seetõttu sõltuvad lisandite tüüp, kontsentratsioon ja katsetingimused (sh temperatuur, rõhk, jne) võivad mõjutada vahu moodustumist ja

püsimist. Katsed on näidanud, et vahustamisel tuleks mahlale lisada 3-5 % munavalget, et tekiks kuivatamiseks sobiva stabiilsusega mahlavaht. Klaaridele mahladele tuleks lisada veel ka 1 kg mahla kohta 50 g maltodekstriini. Kui lisada mahlale vähem kui 3 % munavalget, siis vahustamisel tekkinud vahu stabiilsus ei ole piisav kuivatamiseks. Maltodekstriini lisamine suurendab kuivamisel tekkiva mahla pulbri voolavust. Külmkuivatamisel saadav mahlapulber on helbeline. Pihustuskuivatusega moodustunud mahlapulber on, aga suurema puistetihedusega[21].

Mõõdeti antioksidantsused. Kõrgeim antioksidantsus % DPPH saadi mustal sõstral.

Läbi viidi õuna-, maasika- ja musta sõstra-, vahustamise ja külmkuivatamise katsed. Õunamahla stabiilne vaht saavutati vahustamisel 5% munavalgega. Marjamahlade stabiilse vahu saavutamiseks piisas 3 % munavalge lisamisest. Vahustamiseks kasutati vispel-mikserit. Vahustatud mahlade ruumala suurenes algse ruumalaga võrreldes 5-6 korda. Vahustamisel saavutati ühtlased, tihedad ja stabiilsed mahlade vahud (joonised 8 ja 9). Külmkuivatus



Joonis 8. Õunamahla külmkuivatamise eelne vahustamine



Joonis 9. Mustsõstramahla- ja maasikamahlavaht

Külmkuivatuse eelkatseid viidi läbi režiimidega 2 ja 3, mis ei andnud positiivseid tulemusi. Koostati külmkuivatatusrežiim 5 mille tulemusena saadi kuivad mahlade pulbrid (joonis 10) Külmkuivatatusrežiim 5: vahustatud mahl jaotatakse külmkuivatuskandikule 1,5-2 cm paksuselt, kandikud viiakse -30 °C nii eeljahutatud külmkuivatuskambrisse. Külmkuivatatus seadmes jätkatakse kandikute temperatuuri alandamist 0,2° minutis kuni-40

°C. Külmutamisfaas lõpetatakse kui kandikutel olev mahlavaht on külmunud ja saavutanud temperatuuri -40 °C. Kambris saavutatakse vaakuum 40 mikropaari. Primaarne külmuivatusetapp viiakse läbi -40 °C kuni +20 °C 36 tunni jooksul ning järelkuivatamine viiakse läbi 5 tunni jooksul temperatuuril +36 °C.



Joonis 10. Külmuivatatud mustasõstramahlapulber

Juurviljamahlade nn „vahtmatt“ vahtude saamiseks lisatakse vahustamisel mahladele peale munavalge veel ka teisi erinevaid valgu isolaate (soja, herne, jne), maltodekstriini, ja teisi vahu püsivust suurendavaid lisandeid [17], [18], [20], [22], [23].

Porgandimahla vahustamiseks külmuivatamise eeltöötlemisel kasutatakse 15% munavalgu+ 10% vadakuvalgu lisamist mahlale, mis annab püsiva ja tiheda vahu [38].

Tomatimahla vahustamiseks külmuivatamise eeltöötlemisel piisab 15% munavalgu lisamist mahlale, mis annab püsiva ja tiheda vahu [39].

Katsed on näidanud, et külmuivatamisel saadakse 10% parem pulbri saagis kui pihustuskuivatamisel. Külmuivatamisel saadud samade mahlade pulbrite värvused on tumedamad kui need on pihustuskuivatuse teel saadud. Külmuivatamisel säilivad mahlade antioksidatiivsed omadused paremini kui pihustuskuivatusel [21].

Tulemus: Mahlade vahustamise „vahtmatt“ kasutamine mahlade külmuivatuse eelseks ettevalmistamiseks annab häid tulemusi kvaliteetsete mahlapulbrite saamiseks.

Eeltöötlemise mõju mahlade antioksidatiivsetele omadustele ja bioaktiivsete ühendite säilivusele:

- Antotsüaanid: eeltöötlemise mõju antotsüaanidele pole kirjanduse andmetel täheldatud, kuid kui järgneval kuivatamisprotsessis kasutada temperatuure üle 65 °C võivad antotsüaanid termiliselt hakata lagunema.
- Üldkarotenoidid: eeltöötlemise käigus toimuva vahustamise mõjuna on täheldatud hapnikuga suuremast kokkupuutest tingitud üldkarotenoidide ligikaudu 25% list vähenemist.
- Polüfenoolid: Eeltöötlemise mõju pole kirjanduse andmetel täheldatud polüfenoolide säilivusele. Küll on polüfenoolid tundlikud kui kuivatamisprotsessis kasutatakse üle 60 °C temperatuure.
- C-vitamiin: Eeltöötlemise mõjuna on leitud, et albumiini lisamine võib mõjutada C-vitamiini vähenemist isegi 30 %. C-vitamiin on tundlik ka kui kuivatamisprotsessis kasutatakse üle 60 °C temperatuure [37]

7. Selgitada välja marjade ning puu- ja köögivilja pressimisel enne ja pärast kääritamist tekkinud jääkide väärindamise võimalused.

Katseks valiti valge sõstar sordid „Hele“ ja „Cirvja Piets“, punane sõstar sordid „Jonkheer van Tets“ ja „Viksnes“, Maasikas “Sonata”, must sõstar „Pamajat Vavilova“ ja „Gofert“

Pressjääkide tekkimine : Valitud värsketest katsematerjalidest pressiti kruvipressiga mahlad ning koguti pressjäägid (Joonis 11).



Joonis 11. Mahlade pressimine kruvipressiga

Kääritatud pressjääkide valmistamine: Valitud katsematerjal purustati nugaveskis (Joonis 12), paigutati kääritusnõudesse, mõõdeti mahlas lahustunud kuivaine °Brix ja segu tiitritavate hapete sisaldus (°Brix -l kraad võrdub ühe grammi sahharoosiga 100 grammis vesilahuses), lisati täiendavalt suhkrut 20 °Brix-ini ja veinipärmi Fermivin PDM 0,25g ühe liitri kääritatava segu kohta. Kääritusnõud suleti kaanega millesse paigutati õlilukk käärimisel tekkivate gaaside eraldumiseks (Joonis 13).



Joonis 12 Marjade purustamine nugaveskis



Joonis 13 Õlilukuga varustatud kääritusnõud
Käärimisprotsessi lõppedes pressiti kääritatud mahlad kruvipressiga ja pressjäägid külmuivatati.

Pressjääkide külmuivatamine viidi läbi kasutades Külmuivatatusrežiim 3. Ühe pressjääkide külmuivatamis protsessi läbi viimine võttis aega 33-35 h (Joonis 14.). Niiskuse sisaldus külmuivatatud pressjääkides 2,55-2,98%.



Joonis 14. Kuivatatud pressjäägid

Punane sõstar „Jonkheer van Tets“, must sõstar „Gofert“ kääritatud ja kääritamata pressjääkide ekstraheeriti atsetooni ja hekseeniga. Ekstraktidele teostati vedelikkromatograafiline ja gaaskromatograafiline analüüs. Must sõstra „Pamajat Vavilova“ ja maasikas „Sonata“ kääritamata pressjäägid ekstraheeriti atsetooniga.

Valge sõstar „Hele“ ja Cirvja Piets“, punane sõstar „Jonkheer van Tets“ ja „Viksnes“, must sõstar „Gofert“ ja „Pamjat Vavilova“ kääritistes analüüsiti FT-IR infrapunaspektromeetri veini analüüsiprogrammi abil pH-d, tihedust, alkoholi, hapete ja sahharoosi sisaldust. Pärmiseente ning hallitusseente sisaldust analüüsiti kääritatud ja kääritamata pressjääkides Valge sõstar „Hele“ ja Cirvja Piets“, punane sõstar „Jonkheer van Tets“ ja „must sõstar „Gofert“, punane sõstar „Viksnes“, must sõstar „Pamjat Vavilova“ Kiudainete ja üldhappesuse analüüsiti viidi läbi kääritamata pressjääkides: punane sõstar „Jonkheer van Tets“, maasikas „Sonata“, valge sõstar „Hele“, must sõstar „Pamjat Vavilova“ ja kääritatud pressjääkides: punane sõstar „Jonkheer van Tets“, punane sõstar „Viksnes“;

Ekstraktide kromatograafilised analüüside plaan oli üles ehitatud eesmärgiga leida uuritavatest pressjääkidest aineid millel võiks olla väljun toidulisandite tootmises. Analüüs näitas märkimisväärset Cathechini sisaldust uuritud kääritamata pressjääkides. Cathechin e. Katehhiinid on flavonoidderivaadid, mis mängivad suurt rolli tee maitse (mõru, kokkutõmbav ja kergelt magus maitse) määramisel [24]. Sellel ühendil on kasu tervisele haiguste ennetamisel, toimides antioksidantidena, mis aitavad ära hoida lipiidide peroksüdatsiooni. Katehhiinid on tugevad antioksidandid, ja nende tarbimine aitab südame-veresoonkonna tervist parandada. Katehhiinid vähendavad oksüdatiivset stressi ja takistavad trombotsüütide kokkukleepumist, parandades seeläbi endoteeli funktsiooni[25]. Nendel bioaktiivsetel ühenditel on võime suurendada rasva oksüdatsiooni millel on kasulik mõju kehakaalu langusele ja ringlevate lipiidide derivaatide vähendamisele. Katehhiinid on seostatud ka väiksema riskiga paljude vähivormide tekkeks, mõjutades vähiga seotud ainevahetust [26].

Kääritatud pressjääkides leidub Coumaric acid e. Kumaarhapet, mis on peamiselt taimne metaboliit, millel on antioksidantne ja põletikuvastane toime-see aine kaitseb bioloogiliselt olulisi molekule oksüdatsiooni eest [27]. Tugevate antioksidantsete omadustega Quercetin-3-glucoside e. Kvertsetiin-3-glükosiidi ja Kaempferool-3-glükosiid sisaldus on kõrgem marjamahlade pressjääkides ja madalam kääritatud marjamahlade pressjääkides. Ferulic acid e. Feruulhape sisaldus on kõrgem uuritud kääritatud pressjääkide ekstraktides. Feruulhape on orgaaniline ühend, mida sageli kasutatakse lisaks toidulisandile ka vananemisvastastes nahakreemides ja seerumites. Paiksel (nahal) kasutatuna kasutatakse feruulhapet ka päikesekahjustuste leevendamiseks ja nahavähi pärssimiseks. Kääritatud pressjääkide atsetooni ekstraktides on kõrgem protokatehhiinhappe sisaldus. See on rohelises tees leiduvate antioksidantsete polüfenoolide peamine metaboliit millel on in vitro ja in vivo uuringutes tuvastatud segatud toime nii normaalsetele kui ka vähirakkudele. Kofeiinhappe sisaldus tuvastati samuti kõrgemana kääritatud pressjääkide atsetooni ekstraktides.

Analüüt	Proov					
	1. Must sõstar "Pamjat Vavilova" mahla pressjääk	2. Must sõstar "GOFERT" mahla pressjääk	3. Must sõstar "GOFERT" kääritatud pressjääk	4. Punane sõstar "Jonkheer van Tets" kääritatud pressjääk	5. Punane sõstar "Jonkheer van Tets" mahla pressjääk	6. Maasikas "Sonata" mahla pressjääk
Neochlorogenic acid µg/ml	1,66	0,48	0,25	0,03	0,06	0,01
Catechin µg/ml	228,54	625,78	1,44	0,70	205,24	482,44
Chlorogenic acid µg/ml	6,83	7,27	2,05	0,48	0,90	1,03
Procyanidin B1 µg/ml	1,06	0,98	—	—	1,11	1,53
Coumaric acid µg/ml	16,83	13,58	152,63	118,81	11,60	21,32
Epicatechin µg/ml	13,79	17,36	0,18	0,12	5,25	1,20
Ferulic acid µg/ml	2,42	1,31	33,11	12,39	2,08	2,60
Quercetin-3-glucoside µg/ml	94,09	69,06	0,52	0,32	36,30	4,96
Rutin µg/ml	15,74	11,57	0,37	0,20	55,94	0,32
Kaempferol-3-glucoside µg/ml	42,48	29,59	0,28	0,21	8,15	42,35
Quercetin µg/ml	1,69	2,26	13,08	12,57	3,67	0,88
Apigenin µg/ml	0,63	0,60	0,68	0,46	0,61	0,06
Isohamnetin µg/ml	0,93	0,42	9,26	1,10	0,00	0,04
Protocatechuic acid µg/ml	33,54	17,86	87,99	96,71	16,64	2,51
Caffeic acid µg/ml	7,15	3,68	53,00	38,25	7,81	1,92
Ellagic acid µg/ml	1,54	1,55	0,17	0,25	0,33	77,27

Lenduvad ühendid atsetooni ekstraktist

Lenduvatest ühenditest toodi aruandesse ühendid mille protsendiline sisaldus kogu lenduvate ühendite sisaldusest oli pressjäägi ekstraktis üle 2%.

Maasikas "Sonata" külmuivatatud pressjäägi atsetooni ekstraktist lenduvate ühendite kromatograafiline analüüs

	Ühendi nimetus	Sisalduse % kogu lenduvatest ühendite sisaldusest
1	2-Pentanone, 4-hydroxy-4-methyl-	7,8
2	5-Hydroxymethylfurfural	11,8
3	Piperazine, 1,4-dimethyl-	3,1
4	N-methylene-n-dodecylamine	2,1
5	1-Propanamine, N-propyl-	4,9
6	trans-Cinnamic acid	2,2
7	2,4-Di-tert-butylphenol	11,6
8	2-Thiopheneacetic acid, 4-tridecyl ester	11,7
9	n-Hexadecanoic acid	5,0
10	cis-Vaccenic acid	25,2

Must sõstar "Gofert" külmuivatatud pressjäägi atsetooni ekstraktist lenduvate ühendite kromatograafiline analüüs

	Ühendi nimetus	Sisalduse % kogu lenduvatest ühendite sisaldusest
1	2,5-Furandione, 3-methyl-	3,6
2	Pentadecafluorooctanoic acid, decyl ester	2,4
3	5-Hydroxymethylfurfural	6,1
4	3-Acetoxytridecane	3,6
5	.beta.-D-Glucopyranose, 1,6-anhydro-	2,6
6	2,4-Di-tert-butylphenol	5,5
7	Oxirane-2-carboxylic acid, ethyl ester	2,8
8	Cetene	4,4
9	n-Hexadecanoic acid	8,4
10	9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-	19,8
11	9-Octadecenamide, (Z)-	15,6
12	Eicosane	2,1
13	Heptacosane	3,3
14	Tetracosane	2,6

Mustsõstar "Gofert" külmuivatatud pressjäagi heksaani ekstraktist lenduvate ühendite kromatograafiline analüüs

	Ühendi nimetus	Sisalduse % kogu lenduvatest ühendite sisaldusest
1	Tetradecane, 1-iodo-	6,98
2	Bicyclo[7.2.0]undec-4-ene, 4,11,11-trimethyl-8-methylene-, [1R-(1R*,4Z,9S*)]-	4,20
3	Eicosane	3,05
4	1-Iodo-2-methylundecane	2,46
5	Caryophyllene oxide	2,59
6	Heneicosane	7,64
7	Hexadecanoic acid, methyl ester	4,93
8	Hexadecanoic acid, ethyl ester	3,04
9	6-Octadecenoic acid, methyl ester, (Z)-	15,86
10	Eicosanoic acid, methyl ester	16,84
11	Eicosane	9,26
12	Octadecane	7,79
13	Tricosanal	2,25
14	Tetracosane	9,42

Must sõstar "Gofert" külmuivatatud käänitatud pressjäagi atsetooni ekstraktist lenduvate ühendite kromatograafiline analüüs

	Ühendi nimetus	Sisalduse % kogu lenduvatest ühendite sisaldusest
1	n-Hexadecanoic acid	8,8082
2	Hexadecanoic acid, ethyl ester	7,4527
3	9,12-Octadecadienoic acid, ethyl ester	66,9591

Punane sõstar "Jonkheer van Tets" külmuivatatud pressjäagi atsetooniekstraktist lenduvate ühendite kromatograafiline analüüs

	Ühendi nimetus	Sisalduse % kogu lenduvatest ühendite sisaldusest
1	2-Pentanone, 4-hydroxy-4-methyl-	7,17
2	2,5-Furandione, 3-methyl-	2,70
3	5-Hydroxymethylfurfural	10,40
4	1-Tetradecene	2,53
5	2,4-Di-tert-butylphenol	8,81
6	5-Tetradecene, (E)-	5,08
7	n-Hexadecanoic acid	6,01
8	9,12,15-Octadecatrienoic acid, (Z,Z,Z)-	42,43

Punane sõstar "Jonkheer van Tets" külmuivatatud käänitatud pressjäagi atsetooniekstraktist lenduvate ühendite kromatograafiline analüüs

	Ühendi nimetus	Sisalduse % kogu lenduvatest ühendite sisaldusest
1	Hexadecanoic acid, ethyl ester	12,98
2	Linoleyl methyl ketone	73,74
3	Z,Z-10,12-Hexadecadien-1-ol acetate	5,83

**Must sõstar "Pamjat Vavillova" külmuivatatud pressjäagi
heksaani ekstraktist lenduvate ühendite kromatograafiline
analüüs**

	Ühendi nimetus	Sisalduse % kogu lenduvatest ühendite sisaldusest
1	2-Heptenal, (Z)-	2,58
2	2,4-Heptadienal, (E,E)-	2,11
3	n-Hexane	0,51
4	2,4-Decadienal, (E,Z)-	10,17
5	Carbonic acid, eicosyl vinyl ester	6,69
6	Heneicosane	5,91
7	Hexadecanoic acid, methyl ester	7,35
8	9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester	5,36
9	9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-	13,86
10	Eicosanoic acid, ethyl ester	13,15
11	5-Eicosene, (E)-	3,91
12	Docosanoic acid, methyl ester	2,21
13	Octadecane	7,18
14	4-Methylheneicosane	10,36

**Must sõstar "Pamjat Vavillova" külmuivatatud pressjäagi
atsetooni ekstraktist lenduvate ühendite kromatograafiline
analüüs**

	Ühendi nimetus	Sisalduse % kogu lenduvatest ühendite sisaldusest
1	Carbonic acid, hexyl prop-1-en-2-yl ester	2,35
2	2-Pentanone, 4-hydroxy-4-methyl-	4,52
3	2,5-Furandione, 3-methyl-	6,53
4	2,4-Heptadienal, (E,E)-	2,34
5	2,5-Furandione, dihydro-3-methylene-	2,49
6	5-Hydroxymethylfurfural	6,25
7	2-Decenal, (E)-	2,45
8	2,4-Decadienal, (E,E)-	5,63
9	3-Acetoxytridecane	2,79
10	2,4-Di-tert-butylphenol	7,84
11	1,6-Anhydro-.beta.-D-glucofuranose	2,83
12	(E,Z,Z)-2,4,7-Tridecatrienal	2,20
13	n-Hexadecanoic acid	8,71
14	9,12-Octadecadienoic acid, methyl ester	3,51
15	9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-	21,61
16	Tetratriacontyl heptafluorobutyrate	4,99
17	Heneicosane	5,59

Pärmiseened ja hallituseened külmuivatatud pressjääkides

Analüüsid näitasid kõrgemaid hallituseente ja pärmiseente näitajaid must sõstra „Gofert“ ja maasikas „Sonata“ pressjääkides. Hallituseente kõrgem näitaja esines must sõstra „Gofert“ pressjäägis.

Kiudainete sisaldus: Kõikide sõstarde pressjääkide kiudainesisaldused on kõrged jäädes vahemikku 60-70 g/100g. Maasika külmuivatatud pressjäägis kiudaine sisaldus on 34,2g/100g, mis on võrdlemisi madal.

Uuritav näitaja	Proov					Ühik
	Must sõstra "Gofert" külmuivatatud pressjäak	Kääritatud must sõstra "Gofert" külmuivatatud pressjäak	Punase sõstra "Jonkheer van Tets" külmuivatatud pressjäak	Kääritatud punase sõstra "Jonkheer van Tets" külmuivatatud pressjäak	Maasika "Sonata" külmuivatatud pressjäak	
Pärmseened	4,2·10 ² [4,2·10 ² ; 7,0·10 ²]	3,5·10 ¹ [1,9·10 ¹ ; 6,4·10 ¹]	<1,0·10 ¹	<1,0·10 ¹	3,7·10 ³ [2,2·10 ³ ; 6,1·10 ³]	cfu/g
Hallitusseened	1,2·10 ³ [6,6·10 ² ; 2,2·10 ³]	<1,0·10 ¹	<1,0·10 ¹	<1,0·10 ¹	<1,0·10 ¹	cfu/g
Kiudained	.*	.*	62,2±9,3	.*	34,2±5,1	g/100 g

Uuritav näitaja	Proov		Ühik
	Punase sõstra "Jonkheer van Tets" külmuivatatud pressjäak	Maasika "Sonata" külmuivatatud pressjäak	
Üldhappesus	1,95±0,20	5,06±0,51	g/100 g õunhapet

Uuritav näitaja	Proov				Ühik
	Valge sõstra "Hele" külmuivatatud pressjäak	Kääritatud valge sõstra "Hele" külmuivatatud pressjäak	Kääritatud punase sõstra "„Viksnes“" külmuivatatud pressjäak	Must sõstra "Pamjat Vavilova" külmuivatatud pressjäak	
Pärmseened	<1,0·10 ¹	<1,0·10 ¹	.*	.*	cfu/g
Hallitusseened	<1,0·10 ¹	<1,0·10 ¹	.*	.*	cfu/g
Kiudained	64,6±9,7	67,6±10,1	70,4±10,6	58,2±8,7	g/100 g
Üldhappesus	1,39±0,14	9,27±0,93	4,81±0,48	4,95±0,50	g/100 g õunhapet

	Kääritis					
	Valge sõstar "Hele"	Valge sõstar "Cirvja Piets"	Punane sõstar "Jonkheer van Tets"	Punane sõstar "„Viksnes“"	Must sõstar "„Gofert“"	Must sõstar "Pamjat Vavilova"
Äädikhape (%)	0,43	0,57	0,40	0,49	0,29	0,31
Alkohol (%)	9,57	9,40	8,90	9,00	5,60	8,20
Sidrunhape (%)	9,20	6,44	9,81	10,08	13,74	13,68
Tihedus	1,004	1,001	1,005	1,008	1,020	1,014
Pimhape (%)	2,08	1,78	2,16	2,16	2,43	2,92
Õunhape (%)	3,57	2,97	4,13	6,13	6,27	4,27
pH	3,51	3,31	2,94	3,03	3,03	2,84
Sahharoos (%)	2,17	0,37	1,03	0,57	0,80	1,67
Hapete (%)	17,43	13,67	19,50	22,07	27,03	26,23

Õunamahla pressjägis leiduvaid ühendeid on viimastel aastatel palju teadustöodes uuritud. Õunamahla kuivatatud pressjäki kirjeldatakse teadustöodes kui on multifunktsionaalset fenoolsete ühendite kompleksi. Õunajääkide tugevad antioksidantsed omadused tulenevad fenoolide, nagu epikatehiin, kvartsetiin, floretiin, klorogeenhape, protokatehhape, kohvhape, p-kumaarhape, feruulhape, salitsüülhape, floridsiin ja 3-hüdroksüfloridsiin [28], [29]. Täpsemalt on toonud välja klorogeenhape, p-kumarooliinhape, epikatehiin, protsüanidiin B2, kvartsetiin-3-O-rutinosiid, kvartsetiin-3-O-galaktosiid, kvartsetiin-3-O-glükosiid, kvartsetiin-3-O-ksülosiid, kvartsetiin-3-O-ksülosiid, kvartsetiin 3-O-ramnosiid, floretiin 2'-O-glükosiid, floretiin 2'-O-ksüloglükosiid ja tsüanidiin 3-O-galaktosiid kui peamised õunajääkides leiduvad fenoolsed ühendid [30], [31]. Külmuivatatud õunamahla pressjägi antioksidantsuseks on määratud 56 mmolTE/kg d.w.. Antioksidantide sisaldusena (mg/kg d.w.) on külmuivatatud õunamahla pressjägis määratud fenoolsete ühendite

kogusisaldus 5626, askorbiinhape 55, tsüanidiin 3-O-gal 130, epikatehhiin 596, protsüanidiin B2 243, kvartsetiin3-O-gal 659, klorogeenhape 636, p-kumaarhappe derivaadid 31, floridsiin 1265 [30]. Külmuivatamise eelselt on õunapressjääk külmutatud eelnevalt -80 °C ja külmuivatamisprotsess on läbi viidud 0,040 ± 0.020 mbar.

On leitud, et õuna pressjäägis leiduvaid bioaktiivsete ühendite sisaldus ei ole erinev sõltumata sellest kas kasutatakse kuivatamiseks külmuivatust või 80 °C vaakumkuivatust. Samuti jäävad sarnaseks mõlema kuivatamisprotsessi kasutamise puhul kiudainete sisaldused- vaakumkuivatuse puhul 44,2 g/100 g ja külmuivatuse puhul 44,8 g/100 g [32]. Kuivatatud õuna pressjäägi fenoolsete ühendite ekstraheerimiseks on kasutatud 70% atsetooni lahust või 80% etanooli lahust [33] [34].

Porgand: Porgand on oluline nn fütotoitainete allikas, sisaldades palju fenoolseid ühendeid ja karotenoide. Fenoolhapped, mida leidub porgandites on peamiselt hüdroksükaneelhappe derivaadid. Vitamiinidest on porgand B1-, B2-, B3- vitamiini, foolhapet ja C-vitamiini allikas. Porgandimahla kuivatatud pressjäägis sisalduvate bioaktiivsete ühenditena on kirjanduse andmetes välja toodud märkimisväärne polüfenoolide üldsisaldus 428.88 mg katehiin/100 g [35]. Porgandi kiudainete hulka kuuluvad pektiin (7,41% kuivkaalust), hemitselluloosid (9,14%), tselluloos (80,94%) ja ligniin (2,48%). Porgandi kuiva pressjäägi β-karoteeni ekstraheerimiseks kuivast porgandi pulbrist kasutatakse etanooli. Ekstraheerimise tulemusena on saadud 9-12 mg β-karoteeni 100 g kuivast porgandi pressjäägist [36]. β - karoteen tõkestab vabade radikaalide teket ja on oluline komponent onkoloogiliste haiguste ennetamisel. Porgandipressjäägi külmuivatamiskatse viidi antud projektis läbi külmuivatamisrežiimil 6: kus pressjääk külmutatakse eelnevalt temperatuurini -20 °C. Külmuivatamis seadmes jätkatakse külmutamist 0,19° minutis kuni -40 °C. Kambris saavutatakse vaakuum 40 mikropaari. Sekundaarsel külmuivatamisprotsessil tõstetakse 30 minuti jooksul riulite temperatuur +20 °C misjärel 18 tunni jooksul tõstetakse riulite temperatuur 23 °C. Järelikuivatamine viiakse läbi 6 tunni jooksul temperatuuril 36 °C. Porgandipressjäägi külmuivatamine saavutati kiiresti 24-26 h. Niiskuse sisalduseks pressjäägis mõõdeti 2,93 %. (Joonis 15).



Joonis 15 Külmuivatatud porgandipressjääk

Kokkuvõtteks: marjade ning puu- ja köögivilja pressimisel enne ja pärast kääritamist tekkinud pressjäägid sisaldavad kõik sisaldavad märkimisväärselt kiudaineid. Mittetähtsustest polüsahhariididest nagu dekstriin, inuliin, tselluloos, ligniini, pektiin, beetaglükokaan ning oligosahhariid moodustavad kiudainete koostise. Pressjäägides sisalduvate kiudainete kasutamiseks toidus ei ole vajadust neid pressjäägist eraldada. Külmuivatatud või kuivatatud pressjäägide pulbrite lisamisega toitudele saab tõsta toitude kiudainesisaldust ning sellega parandada seedivust.

Sõstarde külmuivatatupressjäägis sisaldavad märkimisväärselt bioaktiivseid ühendeid. Läbi viidud uurimistöös saadi ekstraheerimise tulemusena sõstarde pressjäägis kõrgemad sisaldused katehhiinil kuni 625 µg/ml, kvartsetiin-3-glükosiidil kuni 94 µg/ml, kaempferool-3-glükosiidil 42 µg/ml; sõstarde külmuivatatud kääritatud pressjäägide ekstraheerimisel kõrgemad sisaldused kumaarhapel 152µg/ml, feruulhappel 33 µg/ml, kvartsetiinil 13 µg/ml, protokatehuiinhappel 96 µg/ml, kofeiinhappel 53 µg/ml; maasika külmuivatatupressjäägis paistis silma kõrgem katehhiini kuni 482 µg/ml ja ellaghappe 77 µg/ml sisaldus. Neid

ühendeid võiks pidada vaadeldud pressjääkidest ekstraheerimisel potentsiaalseks. Samuti on võimalik nende kasulikku mõju võtta arvesse vastavate külmuivatatud pressjääkide kasutamisel supertoitude või toidulisandite valmistamisel.

Kylmuivatatud õunapressjäägi kasutamisel või ekstraheerimisel võiks lähtuda kõrgemast tsüanidiin 3-O-ga, epikatehhiin, protsüanidiin B2, kvartsetiin3-O-ga, klorogeenhape, p-kumaarhappe derivaatide, floridsiini olemasolust.

Porgandi kylmuivatatud pressjääk on B1-, B2-, B3- vitamiini, foolhappe ja β – karoteeni allikas.

Marjade pressjääkide kylmuivatamine pressjäägis sisalduvate seemnete eraldamiseks ei andnud paremat tulemust kui vähem energiamahukamad kuivatusmeetodid. Seemned jäävad ka kylmuivatamisel pressjäägi nn kooki ning neid tuleb sarnaselt teiste kuivatusmeetoditega kuivatatud pressjääkidega täiendavalt peenestada ja fraktsioneerida. Seemnete eraldamiseks pressjääkidest õli pressimiseks tuleks kasutada seemnete viljalihast välja pesemist või kui on soov viljaliha samuti väärindamisel kasutada tuleks kogu pressjääk kuivatada. Seejärel peenestada ja kuivalt fraktsioneerida kas sõelumise või pneumaatilise fraktsioneerimiseadmega (näiteks joonis 17 <https://www.scorpion.pl/tunel-pneumatyczny-dwukomorowy/>)



Joonis 17 Kahekambiline pneumaatiline tunnel

Pressjääkide superkriitilisel ja lahustitega ekstraktsioonil on otstarbekas kasutada seemneid ja pressjäägipuru eraldi. Selliselt on ekstraktsiooni selektiivsus suurem.

Mahla pressimisel tuleb vältida seemnete vigastamist ja seemnetes leiduva õli sattumist pressjääki.

Pressjääkides kus on mahlapressimisel saanud seemned vigastada tuleks on oht rääsumisele. Vigastatud seemnetega pressjääkide puhul tuleks hinnata pressjäägi edasise töötlemise otstarbekus. Enne sellise pressjäägi edasist töötlemist on riknemise vältimiseks tarvilik läbi viia siiski õli eraldamine.

Kirjandus

- [1] S. Bhatta, T. S. Janezic, and C. Ratti, 'Freeze-drying of plant-based foods', *Foods*, vol. 9, no. 1. MDPI Multidisciplinary Digital Publishing Institute, 2020. doi: 10.3390/foods9010087.
- [2] T. K. Nguyen, M. Mondor, and C. Ratti, 'Shrinkage of cellular food during air drying', *J Food Eng*, vol. 230, pp. 8–17, Aug. 2018, doi: 10.1016/j.jfoodeng.2018.02.017.
- [3] L. J. Gibson, 'The hierarchical structure and mechanics of plant materials', *J R Soc Interface*, vol. 9, no. 76, pp. 2749–2766, Nov. 2012, doi: 10.1098/RSIF.2012.0341.
- [4] O. Panfilova, O. Kalinina, O. Golyaeva, S. Knyazev, and M. Tsoy, 'Physical and mechanical properties of berries and biological features of red currant growth for mechanized harvesting', *Research in Agricultural Engineering*, vol. 66, no. 4, pp. 156–163, 2020, doi: 10.17221/11/2020-RAE.

- [5] D. Porro, M. Wolf, and S. Pedò, 'Evaluation of mechanical properties of berries on resistant or tolerant varieties of grapevine', *BIO Web Conf*, vol. 13, p. 01005, 2019, doi: 10.1051/bioconf/20191301005.
- [6] L. Zhang, S. Cao, J. Li, and G. Wang, 'Effects of Drying Methods on the Volatile Compounds of *Allium mongolicum* Regel', *Foods*, vol. 11, no. 14, Jul. 2022, doi: 10.3390/foods11142080.
- [7] Y. Sun, M. Zhang, and A. Mujumdar, 'Berry Drying: Mechanism, Pretreatment, Drying Technology, Nutrient Preservation, and Mathematical Models', *Food Engineering Reviews*, vol. 11, no. 2. Springer New York LLC, pp. 61–77, Jun. 14, 2019. doi: 10.1007/s12393-019-9188-3.
- [8] P. M. Ganorkar ADPatel, P. Ganorkar, A. Nandane, and A. A. Tapre Patel, 'Reverse Osmosis for Fruit Juice Concentration-A Review Value Addition of Fruits and Vegetable by Edible Packaging: Scope and Constraints View project Reverse Osmosis for Fruit Juice Concentration-A Review', 2012. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/256431206>
- [9] B. Girard and L. R. Fukumoto, 'Membrane processing of fruit juices and beverages: A review', *Crit Rev Food Sci Nutr*, vol. 40, no. 2, pp. 91–157, 2000, doi: 10.1080/10408690091189293.
- [10] S. Alvarez *et al.*, 'A new integrated membrane process for producing clarifed apple juice and apple juice aroma concentrate'. [Online]. Available: www.elsevier.com/locate/jfoodeng
- [11] D. F. Jesus, M. F. Leite, L. F. M. Silva, R. D. Modesta, V. M. Matta, and L. M. C. Cabral, 'Orange (*Citrus sinensis*) juice concentration by reverse osmosis', *J Food Eng*, vol. 81, no. 2, pp. 287–291, Jul. 2007, doi: 10.1016/j.jfoodeng.2006.06.014.
- [12] C. Zambra, J. Romero, L. Pino, A. Saavedra, and J. Sanchez, 'Concentration of cranberry juice by osmotic distillation process', *J Food Eng*, vol. 144, pp. 58–65, Aug. 2014, doi: 10.1016/j.jfoodeng.2014.07.009.
- [13] J. Sánchez, Y. Ruiz, J. M. Auleda, E. Hernández, and M. Raventós, 'Review. Freeze concentration in the fruit juices industry', *Food Science and Technology International*, vol. 15, no. 4, pp. 303–315, Aug. 2009, doi: 10.1177/1082013209344267.
- [14] M. Van Nistelrooij, 'LATEST INNOVATIONS IN LOW TEMPERATURE CONCENTRATION OF AQUEOUS SOLUTIONS', 2013.
- [15] A. Plaza *et al.*, 'Dehydrated cranberry juice powder obtained by osmotic distillation combined with freeze-drying: Process intensification and energy reduction', *Chemical Engineering Research and Design*, vol. 160, pp. 233–239, Aug. 2020, doi: 10.1016/j.cherd.2020.05.003.
- [16] A. I. Morgan, L. F. Ginnette, R. P. Graham, and G. S. Williams, 'Recent developments in foam-mat drying', *Food Technol*, vol. 15, no. 1, p. 37, 1961.
- [17] G. Çalışkan Koç, Y. Tekgül, A. N. Yüksel, A. C. Khanashyam, A. Kothakota, and R. Pandiselvam, 'Recent development in foam-mat drying process: Influence of foaming agents and foam properties on powder properties', *Journal of Surfactants and Detergents*, vol. 25, no. 5. John Wiley and Sons Inc, pp. 539–557, Sep. 01, 2022. doi: 10.1002/jsde.12608.
- [18] A. Muthukumar, C. Ratti, and V. Raghavan, 'Foam-mat freeze drying of egg white-mathematical modeling Part II: Freeze drying and modeling', *Drying Technology*, vol. 26, no. 4, pp. 513–518, 2008, doi: 10.1080/07373930801929615.
- [19] V. Karathanos, 'COLLAPSE OF STRUCTURE DURING DRYING OF CELERY', *Drying Technology*, vol. 11, no. 5, pp. 1005–1023, Jan. 1993, doi: 10.1080/07373939308916880.
- [20] S. Darniadi, I. Ifie, P. Luna, P. Ho, and B. S. Murray, 'Foam-Mat Freeze-Drying of Blueberry Juice by Using Trehalose- β -Lactoglobulin and Trehalose-Bovine Serum Albumin as Matrices', *Food Bioproc Tech*, vol. 13, no. 6, pp. 988–997, Jun. 2020, doi: 10.1007/s11947-020-02445-6.
- [21] S. Darniadi, P. Ho, and B. S. Murray, 'Comparison of blueberry powder produced via foam-mat freeze-drying versus spray-drying: evaluation of foam and powder properties', *J Sci Food Agric*, vol. 98, no. 5, pp. 2002–2010, Mar. 2018, doi: 10.1002/jsfa.8685.
- [22] K. Haas *et al.*, 'Particle engineering for improved stability and handling properties of carrot concentrate powders using fluidized bed granulation and agglomeration', *Powder Technol*, vol. 370, pp. 104–115, Jun. 2020, doi: 10.1016/j.powtec.2020.04.065.

- [23] V. T. Tumbas Šaponjac *et al.*, 'Optimisation of beetroot juice encapsulation by freeze-drying', *Pol J Food Nutr Sci*, vol. 70, no. 1, pp. 25–34, 2020, doi: 10.31883/pjfn/115153.
- [24] Q. V. Vuong, 'Epidemiological Evidence Linking Tea Consumption to Human Health: A Review', *Crit Rev Food Sci Nutr*, vol. 54, no. 4, pp. 523–536, Jan. 2014, doi: 10.1080/10408398.2011.594184.
- [25] Q. V. Vuong, J. B. Golding, M. Nguyen, and P. D. Roach, 'Extraction and isolation of catechins from tea', *Journal of Separation Science*, vol. 33, no. 21, pp. 3415–3428, Nov. 2010, doi: 10.1002/jssc.201000438.
- [26] H. F. L. Muhammad and K. M. Dickinson, '2 - Nutrients, Energy Values and Health Impact of Conventional Beverages', in *Nutrients in Beverages*, A. M. Grumezescu and A. M. Holban, Eds., Academic Press, 2019, pp. 41–75. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816842-4.00002-2>.
- [27] H. Abramović, 'Chapter 93 - Antioxidant Properties of Hydroxycinnamic Acid Derivatives: A Focus on Biochemistry, Physicochemical Parameters, Reactive Species, and Biomolecular Interactions', in *Coffee in Health and Disease Prevention*, V. R. Preedy, Ed., San Diego: Academic Press, 2015, pp. 843–852. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409517-5.00093-0>.
- [28] Y. Lu and L. Y. Foo, 'Antioxidant and radical scavenging activities of polyphenols from apple pomace'. [Online]. Available: www.elsevier.com/locate/foodchem
- [29] C. A. Perussello, Z. Zhang, A. Marzocchella, and B. K. Tiwari, 'Valorization of Apple Pomace by Extraction of Valuable Compounds', *Compr Rev Food Sci Food Saf*, vol. 16, no. 5, pp. 776–796, Sep. 2017, doi: 10.1111/1541-4337.12290.
- [30] V. Lavelli and S. Corti, 'Phloridzin and other phytochemicals in apple pomace: Stability evaluation upon dehydration and storage of dried product', *Food Chem*, vol. 129, no. 4, pp. 1578–1583, Dec. 2011, doi: 10.1016/j.foodchem.2011.06.011.
- [31] L. Pollini, A. Juan-García, F. Blasi, J. Mañes, L. Cossignani, and C. Juan, 'Assessing bioaccessibility and bioavailability in vitro of phenolic compounds from freeze-dried apple pomace by LC-Q-TOF-MS', *Food Biosci*, vol. 48, Aug. 2022, doi: 10.1016/j.fbio.2022.101799.
- [32] H. Yan and W. L. Kerr, 'Total phenolics content, anthocyanins, and dietary fiber content of apple pomace powders produced by vacuum-belt drying', *J Sci Food Agric*, vol. 93, no. 6, pp. 1499–1504, Apr. 2013, doi: 10.1002/jsfa.5925.
- [33] B. Suárez, Á. L. Álvarez, Y. D. García, G. del Barrio, A. P. Lobo, and F. Parra, 'Phenolic profiles, antioxidant activity and in vitro antiviral properties of apple pomace', *Food Chem*, vol. 120, no. 1, pp. 339–342, May 2010, doi: 10.1016/j.foodchem.2009.09.073.
- [34] A. Nile, S. H. Nile, J. Shin, G. Park, and J. W. Oh, 'Quercetin-3-glucoside extracted from apple pomace induces cell cycle arrest and apoptosis by increasing intracellular ROS levels', *Int J Mol Sci*, vol. 22, no. 19, Oct. 2021, doi: 10.3390/ijms221910749.
- [35] R. Ziobro, E. Ivanišová, T. Bojňanská, and D. Gumul, 'Retention of Antioxidants from Dried Carrot Pomace in Wheat Bread', *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 12, no. 19, Oct. 2022, doi: 10.3390/app12199735.
- [36] P. Chantaro, S. Devahastin, and N. Chiewchan, 'Production of antioxidant high dietary fiber powder from carrot peels', *LWT*, vol. 41, no. 10, pp. 1987–1994, 2008, doi: 10.1016/j.lwt.2007.11.013.
- [37] Reis, F. R., de Moraes, A. C. S., & Masson, M. L. (2021). Impact of foam-mat drying on plant-based foods bioactive compounds: a review. *Plant Foods for Human Nutrition*, 76(2), 153-160.
- [38] Çakmak, H., & Özyurt, V. H. (2021). Foam-mat drying of carrot juice and thin layer modeling of drying. *Hittite Journal of Science and Engineering*, 8(4), 347-354
- [39] Kadam, D. M., & Balasubramanian, S. (2011). Foam mat drying of tomato juice. *Journal of food processing and preservation*, 35(4), 488-49

2. Hinnang tegevuskava lõppeesmärgi saavutamisele koostöös liikmete ja partneritega²

Innovatsioonitegevuse ajal toimusid arutelud klasteri liikmetega olgugi, et suur osa tegevusajast langes COVID viirusega seotud piirangute ajale. Arutelud toimusid marjade külmuivatusega seotud kestabarjääri ületamise problemaatikast. Külmuivatamisega tegelev ettevõtja juures prooviti ka väljatootatud lahendust. Kaardistati tšillipiira külmuivatamise probleemid, leiti lahendused. Anti ülevaateid innovatsiooni tegevuste läbiviimise käigust. Peeti koosolekuid ja viidi läbi infopäev. Tegevuskava lõppeesmärgid saavutati.

3. Erinevused tegevuskavas kavandatud ja tegelike tulemuste vahel³

Seatud eesmärgid täideti

Selgitati välja uuritavatest marjasortidest külmuivatamiseks sobivaimad; leiti uuritavate marjade ja köögivilja eeltöötlemise meetodika kestade füüsikalistest omadustest tingitud massivahetusbarjääri vähendamiseks; kirjeldati ära, kas või millist eeltöötlust, lisandeid ja külmuivatamise režiimi kasutades on võimalik uuritavate mahlade pulbriks külmuivatamine; kirjeldati ära uuritavates pressjääkides leiduvad bioaktiivsust või muud väärtust omavad komponendid.

4. Tulemuste levitamine ja avalikkuse teavitamine⁴

14.september 2019.a. Polli aiandusuuringute keskus -COMPETENCE CENTRE

PLANTVALOR Projects, technology developments, analytical capabilities planeeritavaid tegevusi tutvustav ettekanne "MTÜ Aiandusklastri

Freeze-drying. Development of freeze-drying pretreatment technologies and valorization of press-residues"

3.oktoober 2019 .a. Maaeluvõrgustiku ja ETNA Eestimaal koostöös õppekülastus ja seminar

Polli Teadmistepõhiste tervise- ja loodustoodete kompetentsikeskusesse. Ettekanne Külmuivatuse innovatsioonitegevuse tutvustus

15. juulil 2020.a. Polli aiandusuuringute keskus Marjakasvatuse infopäev - Polli 100 ettekanne "Külmuivatamise katsetest Aiandusklastri MTÜ projektis"

16. juuli .2021.a. Mahe sõstrakasvatuse põllupäev Polli, ettekanne "Külmuivatamise töötlemisvõimalustest Aiandusklastri MTÜ projektis"

31. august 2021.a Esitluspäev Polli Aiandusuuringute Keskuses,

Vähelevinud puuviljakultuuride tutvustus (sh kuslapuu ja ebaküdoonia) ettekanne „Polli aiandusuuringute keskus läbiviidud tootearendusprojektid (sh külmuivatamine) ning koostöövõimalused tootjatele „

15. november. a. 2022 Aiandusklastri koosolek „ Külmuivatatus. Külmuivatamise eeltöötlemistehnoloogiate arendamine ja pressimisjääkide väärdamine" tegevuse ülevaade

20. aprillil 2023.a. Aiandusklastri MTÜ infopäev, algusega kell 10.00 ZOOM keskkonnas

Klastri esindaja nimi ja allkiri:	
Kuupäev:	

¹ Esitatakse klasteri kogu tegevusaja vältel elluviidud tegevuste detailsed kirjeldused ja meetodika. Kirjeldatakse, kuidas on tegevused ellu viidud ning millised on saadud tulemused.

² Kirjeldatakse, millised on klatri liikmete ja partnerite panused kogu klatri tegevusaja vältel (kuidas on klattris osalejad täitnud oma ülesandeid ja panustanud klatri 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 tegevuskava eesmärk on kokkuvõttes täidetud.

³ Kui klatri 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 klattrile 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) klatri andmed; 3) innovatsioonitegevuse elluviijad ja nende kontaktandmed; 4) lühikokkuvõte, sh eesmärk, eesmärgi saavutamine või mitte saavutamine, tulemus; 5) innovatsioonitegevuse periood; 6) rahastamisallikas; 7) innovatsioonitegevuse kogueelarve.