



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - YLEMPI AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

HIGH PRESSURE PROCES- SING -KÄSITTELYN HYÖ- DYNTÄMINEN KASVISTUOT- TEIDEN KEHITYKSESSÄ

TEKIJÄ: Merja Nykter

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Tutkinto-ohjelma InnoTech-liiketoiminnan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä Merja Nykter	
Työn nimi High pressure processing -käsittelyn hyödyntäminen kasvituotteiden kehityksessä	
Päiväys 1.11.2021	Sivumäärä/Liitteet 39
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani Valio Oy Suonenjoen hillotehdas	
Tiivistelmä <p>Kasvien käyttö lisääntyy koko ajan ja kuluttajat sekä ammattikeittiöt etsivät koko ajan helppoja käyttöisiä kasvisvalmisteita, joilla kasvien määrää ruoassa olisi helppo lisätä. Prosessoidut kasvikset kuitenkin pilaantuvat helposti, niiden sisältämien mikrobien takia. Tämän kehitystyön tarkoituksena oli selvittää, pystytäänkö HPP-käsittelyn avulla pidentämään kasvissoseiden säilyvyyttä.</p> <p>Työssä valmistettiin paprikasta, tomaatista, punajuuresta, bataatista, avokadosta, herneestä ja lehtikaalista sosetta, joka pakattiin PET-pulloihin ja käsiteltiin HPP-laitteistolla. Työssä seurattiin soseiden mikrobiologista säilyvyyttä sekä kuiva-aineen, pH:n, viskositeetin ja värin muuttumista säilytyksen aikana. Lisäksi arvioitiin HPP-käsittelyn taloudellista kannattavuutta verrattuna perinteiseen lämpökäsittelyyn.</p> <p>Ensimmäinen käsittely tehtiin soseille, jonka pH:ta ei säädetty. Säilyvyysseurannan aikana huomattiin, että HPP-käsittely ei ollut tuhonnut kaikkia mikrobeita ja mikrobeiden itiöitä soseista. Koska soseiden pH oli verrattain korkea 5,2–6,8 niin mikrobit pystyivät kasvamaan kylmässä säilytyksen aikana. Toisessa kokeessa soseiden pH laskettiin sitruunamehutivisteellä. Näin valmistetut soseet säilyivät hyvin 8 viikkoa kylmässä säilytettynä niin mikrobiologisesti kuin aistinvaraisestikin. Tomaattisoseesta HPP-käsittely ei tuhonnut kaikkia mikrobeja, mutta niiden määrä ei juurikaan lisääntynyt säilyvyysseurannan aikana. Värin ruskistumista havaittiin lehtikaali- ja avokadososeessa.</p> <p>Kehitystyön perusteella voidaan sanoa, että HPP-käsittelyä voidaan käyttää kasvituotteiden prosessoinnissa. Menetelmän käyttöä varten käytettävä käsittelyaika ja käsittelypaine sekä pakkaus pitää optimoida kasviksille sopiviksi.</p>	
Avainsanat High pressure processing, HPP, kasvikset	

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Master's Degree Programme in Engineering, InnoTech	
Author Merja Nykter	
Title of Thesis Utilization of high pressure processing in the development of vegetable products	
Date 1.11.2021	Pages/Appendices 39
Client Organisation /Partner Valio Ltd Jams & Fruit Preparations	
<p>Abstract</p> <p>Consumers and professional kitchens use vegetables increasingly. They look for new easier solutions to use and add more vegetables in food. Processed vegetables contain microbes and that is why they spoil easily. The Aim of this study was to determine whether HPP treatment could prolong the shelf-life of vegetable purees.</p> <p>In this study puree was made from sweet pepper, tomato, red beet, sweet potato, avocado, pea and kale and packed in PET-bottles. These puree samples were processed with HPP equipment. Microbiological self-life of purees and dry matter, pH, viscosity and color were monitored during storage. Also, economic viability of HPP treatment compared to conventional heat treatment was evaluated.</p> <p>In the first trial the pH of the purees was natural. After two weeks all the puree samples were microbiologically contaminated because HPP treatment had not destroyed all the microbes and microbe spores. As the pH of the purees was quite high (5.2-6.8), microbes could grow in the purees in refrigerated temperature. In the second trial the pH of the purees was adjusted with lemon concentrate. These purees were microbiologically and organoleptically perfect after 8 weeks. HPP treatment did not destroy all microbes in the tomato puree, but the number of microbes did not increase during 8 weeks' self-life. Kale and avocado purees turned somewhat brown during the self-life.</p> <p>Based on this development work, it can be said that HPP treatment can be used in the processing of vegetable products. Before starting to use this method, the time and pressure combination and packaging must be optimized for vegetables.</p>	
<p>Keywords High pressure processing, HPP, vegetables</p>	

ESIPUHE

Tämä opinnäytetyö on loppuhuipennus 2 vuoden opiskelulle. Opiskelemaan lähtö on aina hyppy uuteen ja tällä kertaa myös uuteen tapaan opiskella. Tällä matkalla olen saanut tutustua ihaniin ihmisiin ja oppinut paljon uutta.

Kiitos Valio Oy Suonenjoen hillotehtaalle mielenkiintoisesta opinnäytetyöaiheesta ja mahdollisuudesta opiskella työn ohella. Kiitos ohjaajilleni Veli-Matti Tolppi, Anssi Suhonen ja Hanna-Maija Ihasalo kommentteista ja sparrauksesta opinnäytetyöprosessin aikana. Kiitos myös Niina Nissinen ja Markku Ihasalo antoisista keskusteluista opinnäytetyöaiheeseen liittyen.

Iso kiitos kuuluu myös läheisilleni ja ystävilleni, jotka ovat kannustaneet minua.

Kuopiossa 1.11.2021

Merja Nykter

Lyhenteet

HPP	Korkeapainepastörinti (high pressure processing)
PEF	pulssitettu sähkökenttä (pulse electric field)
PMY	Pesäkeitä muodostava yksikkö
PET	Polyeteenitereftalaatti
BRIX	kuiva-aine

Käsitteet

Denaturoitua	Proteiinin rakenteen hajoaminen
Entsyymi	Biologinen aine, joka nopeuttaa kemiallisia reaktioita solussa
Gramnegatiivinen	Soluseinässä kaksi kalvoa ja värjäytyy gramvärjäyksessä punaiseksi
Grampositiivinen	Soluseinässä yksi kalvo ja värjäytyy violetiksi gramvärjäyksessä
Inaktivoida	Tehdä tehottomaksi
Inkuboida	Pidetään lämpökaapissa tietty aika
Kontaminoida	Saastuttaa mikrobeilla
Määrittysraja	Pienin mikrobien määrä näytteessä, mikä voidaan määrittää tarkasti
Peroksidaasi	Entsyymi, joka hapettaa kasvien sisältämiä yhdisteitä
Polyfenolioksidaasi	Entsyymi, joka on mukana hedelmien ja kasvien ruskistumisreaktiossa
pektiinimetyyliesteri	Entsyymi, joka hajottaa pektiiniä ja vaikuttaa viskositeettiin
Veden aktiivisuus	Vapaan veden määrä tuotteessa
Viskositeetti	Tuotteen kyky vastustaa virtausta

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO.....	8
2	KASVIKSET.....	9
2.1	Kasvikset ruokavaliossa	9
2.2	Kasvisten käyttöön vaikuttavat tekijät	10
2.3	Kasvisten mikrobiologinen laatu	11
3	HIGH PRESSURE PROCESSING (HPP).....	13
3.1	Mitä on high pressure processing?	13
3.2	Menetelmän hyödyntäminen elintarviketeollisuudessa	13
3.3	HPP-käsittelyn edut verrattuna perinteiseen lämpökäsittelyyn	15
3.4	Käsittelyn vaikutus mikrobiologiseen säilyvyyteen	16
3.5	HPP-käsittelyn vaikutus ravinteisiin ja aistittavaan laatuun.....	17
3.6	Pakkaukset HPP-käsittelyssä	18
3.7	Käsittelyn taloudellisuus ja vaikutukset ympäristöön.....	20
4	INNOVAATIOPROSESSI	22
4.1	Mikä on innovaatio?	22
4.2	Innovaatioprosessin vaiheet	22
5	KEHITYSTYÖSSÄ KÄYTETYT MENETELMÄT.....	24
5.1	Kehitystyön tausta	24
5.2	Prosessoitavat kasvikset	24
5.3	Kasvisten prosessointi	24
5.4	Mikrobiologiset määritykset ja säilyvyysseuranta	25
5.5	Kemialliset määritykset ja aistinvarainen arviointi	26
5.6	Taloudellinen kannattavuus (Salattu)	26
6	KEHITYSTYÖN TULOKSET.....	27
6.1	Sosenäytteiden säilyvyysseuranta	27
6.2	Mikrobiologiset tulokset.....	27
6.3	Kemialliset määritysten tulokset ja aistinvarainen arviointi	29
6.4	Taloudellinen kannattavuus (Salattu)	31
7	TULOSTEN TARKASTELO JA POHDINTA	32
7.1	Mikrobiologisten, kemiallisten ja aistinvaraisten tulosten tarkastelu	32

7.2	HPP-käsittelyn taloudellisuus (Salattu).....	32
7.3	Tutkimuksen virhelähteet	32
7.4	Jatkotutkimukset.....	33
8	YHTEENVETO	34
	LÄHTEET.....	35

1 JOHDANTO

Ravitsemussuosituksen mukaan tasapainoiseen ruokavalioon kuuluu olennaisesti kasvikset ja hedelmät. Suositusten mukaan kasviksia tulisi ruokavaliossa olla noin 250 g päivässä. Kuluttajia kannustetaan syömään enemmän kasviksia myös ilmastollisista syistä. Tästä syystä kasvien syöminen on huomattavasti lisääntynyt viime vuosina. Samaan aikaan kuitenkin koetaan, että kasviksia on haastava käyttää, koska niiden käsittely kotona tai ammattikeittiössä on aikaa vievää ja kasviksista syntyy helposti paljon hävikkiä. Sen lisäksi, että kuluttajat etsivät helposti käytettäviä kasvisvaihtoehtoja, he myös lisääntyvässä määrin arvostavat mahdollisimman vähän prosessoituja tuotteita, jotka maistuvat tuoreilta ja näyttävät aistinvaraisesti hyviltä.

Perinteiset lämpökäsittelyprosessit tuhoavat tuotteiden ominaisuuksia, samalla kun tekevät tuotteista turvallisia. Perinteisten prosessointimenetelmien rinnalle on tullut uusia prosessointimenetelmiä, joissa tuote käsitellään esimerkiksi korkean paineen (High pressure processing (HPP)) tai sähkövirran avulla (pulse electric field (PEF)). Näiden uusien menetelmien etuna on, että niillä ei ole suurta vaikutusta käsiteltävän tuotteen aistinvaraisiin ominaisuuksiin. Tässä työssä keskitytään HPP-käsittelyyn.

Tämän työn tarkoituksena oli selvittää, pystytäänkö HPP-käsittelyä hyödyntämään kasvistuotteiden valmistuksessa. Työ on osa innovaatioprosessin suunnitteluvaihetta. Työn aikana HPP-käsittelyä testataan käsittelymenetelmänä mahdollisimman vähän prosessoituille kasvisoseille. Sosenäytteiden avulla on tarkoitus selvittää, saadaanko HPP-käsittelyllä parannettua herkästi pilaantuvien kasvisoseiden säilyvyyttä. Säilyvyyttä seurataan mikrobiologisten määritysten avulla. Samalla seurataan myös mahdollisia muutoksia soseen pH, liukoisessa kuiva-aineessa, viskositeetissa ja värissä. Lisäksi työssä tarkastellaan HPP-käsittelyn taloudellista kannattavuutta. Taloudellisen tarkastelun tulokset on jätetty pois tästä työstä, koska ne sisältävät salassa pidettävää yrityskohtaista tietoa.

Työn aihe on saatu Valio Oy Suonenjoen hillotehtaalta. Tehdas on perustettu 1974 ja vuonna 1984 tehdas siirtyi Valion tuotantolaitokseksi. Tehtaalla työskentelee noin 100 henkilöä ja siellä valmistetaan vuosittain noin 15 miljoonaa kiloa erilaisia lisiä marjoista, hedelmistä ja kasviksista muun elintarviketeollisuuden käyttöön. Hillotehdas on Suomen suurin marjojen ostaja ja jalostaja. Vuosittain hillotehtaan tuotantoon tulee n. 100 uutta tuotetta. Makeiden tuotteiden rinnalle on viime vuosina tullut erilaisia suolaisia tuotteita ja kiinnostus suolaisia tuotteita kohtaan kasvaa koko ajan. Tästä syystä hillotehtaalla haluttiin selvittää, mitä mahdollisuuksia HPP-käsittely tarjoaa kasvien käsittelyyn, ja saadaanko sillä jatkettua herkästi pilaantuvien kasvien säilyvyysaikoja. Työstä saatuja tuloksia pyritään hyödyntämään myös muihin tuoteryhmiin.

HPP-käsittely kasvisoseille tehtiin Toripiha Oy:ssä. Toripiha Oy on Suonenjoella ja Vesannolla toimiva yritys, joka toimii sopimusvalmistajana HPP-käsitellyille tuotteille sekä yhteistyökumppanina marjojen käsittelypalveluissa ja pakastelogiikkapalveluissa. HPP-laitteiston Toripiha Oy hankki vuonna 2018. Toripihan HPP-laitteiston kapasiteetti on 1 500 kg tunnissa ja laitteistolla pystytään kerralla käsittelemään noin 350 l tuotetta. Pakkauksina HPP-käsittelyssä voidaan käyttää erilaisia bag-in-box pakkauksia, pulloja ja pikareita. Tällä hetkellä Toripiha käsittelee laitteistolla muun muassa erilaisia smoothieita, soseita ja välipalatuotteita.

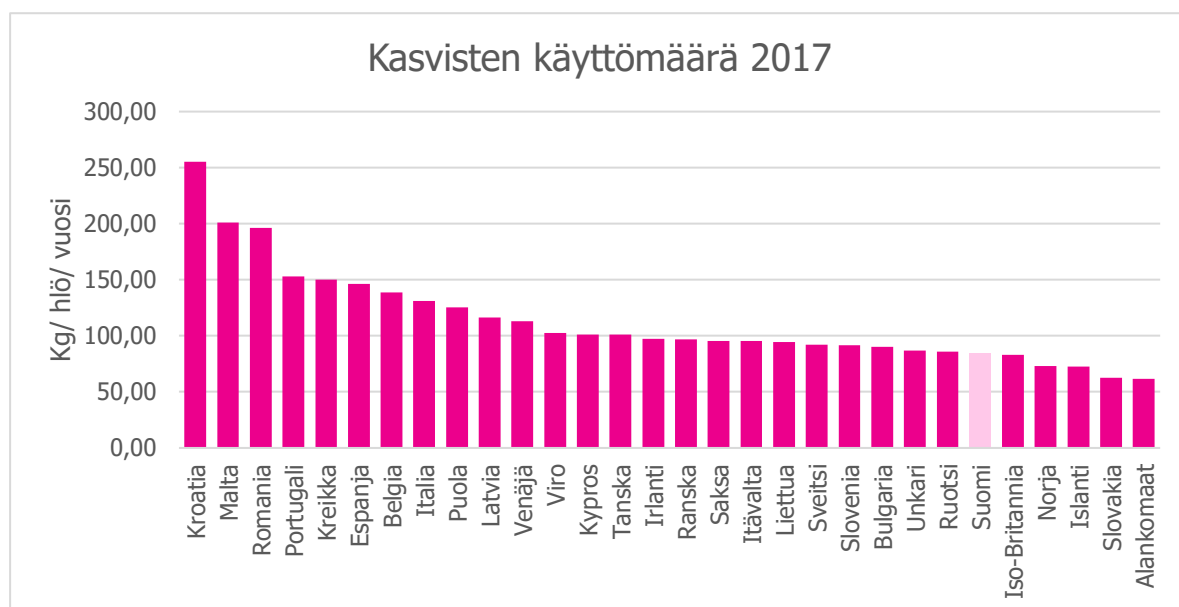
2 KASVIKSET

2.1 Kasvikset ruokavaliossa

Ravitsemussuositusten mukaan tasapainoisessa ruokavaliossa hedelmiä, marjoja, vihanneksia ja juureksia tulisi käyttää n. 500 g päivässä, josta kasvien osuus on noin puolet. Kasviksia tulisi muutenkin suosia ruokavaliossa, koska ne sisältävät paljon hyviä ravintoaineita. Ne ovat hyviä lähteitä kuidulle, vitamiineille ja kivennäisaineille. Lisäksi palkokasvit sisältävät paljon proteiinia. (Valtion ravitsemusneuvottelukunta 2014.) Runsaasti kasviksia ja vähän tyydyttymätöntä rasvaa sisältävän ruokavalioiden on todettu vähentävän riskiä sairastua tyypin 2 diabetekseen, sydän- ja verisuonisairauksiin, kohonneeseen verenpaineeseen ja tiettyihin syöpätyyppeihin. (Valtion ravitsemusneuvottelukunta 2014).

Suomalaisten kasvien käyttöä on seurattu jo pitkään. Jos verrataan suomalaisten nykyistä kasvien käyttömäärää vuoden 1950 käyttömäärään, niin suomalaisten kasvien käyttö on nelinkertaistunut. (Valtion ravitsemusneuvottelukunta 2014.) Kasvu on jatkunut edelleen positiivisena 2000-luvulla. Vuonna 2000 suomalaiset söivät kasviksia n. 53 kg vuodessa ja vuonna 2019 määrä on kasvanut n. 66 kg vuodessa (Luonnonvarakeskus 2020). Vaikka kasvien käyttö on suomalaisilla lisääntynyt, siitä huolimatta jäädään suosituksista jälkeen. Vain 14 % miehistä ja 22 % naisista saavuttaa kasvien, hedelmien ja marjojen ravitsemussuosituksen 500 g päivässä. Keskimäärin naiset käyttävät kasviksia, hedelmiä ja marjoja 380 g ja miehet 312 g päivässä. (Valsta, Kaartinen, Tapanainen, Männistö & Sääksjärvi 2018.)

Muihin Euroopan maihin verrattuna, Suomessa käytetään verrattain vähän kasviksia. Kuvassa 1 on esitetty kasvien käyttömääriä vuonna 2017 eri Euroopan maissa. Käyttömäärät Euroopassa on saatu YK:n elintarvike- ja maatalousjärjestön (FAO) ylläpitämästä tilastossa. Tilastossa esitetyt luvut perustuvat kuluttajille toimitettuun kasvien määrään. Luvuissa ei siis ole otettu huomioon kasviksista syntyvää hävikkiä, siksi kuvassa esitetty Suomen käyttömäärä eroaa Luonnonvarakeskuksen ilmoittamasta käyttömäärästä n. 20 kiloa. Vaikka kasvismäärissä ei ole otettu huomioon hävikkiä, saa kuvasta kuitenkin käsityksen siitä kuinka paljon eri Euroopan maissa kasviksia käytetään. Kun kuvaa tarkastellaan, huomataan, että Suomessa kasvien käyttö on selkeästi pienempää kuin muissa Euroopan maissa mutta lähellä samaa tasoa kuin Ruotsissa ja Norjassa. Runsaimmin kasviksia käytetään Etelä-Euroopan maissa. Niissä vuosittaisen käytön määrä per asukas on noin 150 kilosta 250 kiloon.



Kuva 1. Kasvisten käyttömäärä vuonna 2017 eri Euroopan maissa. Käyttömäärissä ei ole huomioitu kasvisten hävikkiä. Kuva piirretty YK:n elintarvike- ja maatalousjärjestön (FAO) ylläpitämästä tilastosta.

Suomalaisten kasvisten käyttö kuitenkin lisääntyy koko ajan, mutta se ei vielä selkeästi näy tilastoissa. Vuosina 2012 ja 2016 tehtiin suomalaisille kulutustutkimus, jossa seurattiin kahden viikon ajanjaksolla mitä kuluttajat kaupasta ostavat. Vuonna 2012 tehdyssä tutkimuksessa, lihaa ei ollenkaan ostanut 5,3 % kuluttajista. Vuonna 2016 lihattomien ostoskorien määrä oli kasvanut 8 prosenttiin. Tutkimuksessa myös huomattiin, että kasvissyönnin kasvoi tarkasteluvuosina eniten 17–24-vuotiaiden ryhmässä ja eniten kasvisruokaa käyttäviä kotitalouksia oli 25–34-vuotiaiden ryhmässä. (Tilastokeskus 2018.)

2.2 Kasvisten käyttöön vaikuttavat tekijät

Kuluttajien käyttäytymistä ohjaavat trendit. Tällä hetkellä kuluttajatrendeissä on nähtävillä kuusi nousevaa trendiä, joista useimmat kannustavat kuluttajia kasvisten käyttöön. Tällä hetkellä trendeinä on terveyteen ja hyvinvointiin, helppouteen, ympäristöön ja eettisyyteen, kokemuksiin, ruokaan ja itseilmaisuuksiin ja luottamukseen liittyvät asiat. Kuluttajat etsivät helppoja ratkaisuja, jotka auttavat heitä voimaan hyvin, mutta samalla ratkaisujen pitää olla ympäristöystävällisiä ja eettisiä. (Valio 2020.) Kasvikset tarjoavat kuluttajille vaihtoehdon terveelliseen ja lähellä tuotettuun ruokaan.

Kuluttajat etsivät helppoja ratkaisuja kotikeittiöihin, mutta myös ammattikeittiöiden ammattilaiset kaipaavat helppoja ratkaisuja, joilla kasvisten määrää ruoissa olisi helppo lisätä. Kuluttajat kokevat kasvikset usein hankaliksi käyttää, ja niiden käsittelystä syntyy helposti paljon hävikkiä. Myös ihmisten kiireinen arki, sopivan kasvismäärän saaminen ja kasvisten käsittelyyn käytettävä aika vähentävät kasvisten käyttöä. (K-ruoka 2018.) Kuluttajat toivovat enemmän ja enemmän helppokäyttöisiä, mahdollisimman vähän prosessoituja tuotteita, joiden ominaisuudet olisivat mahdollisimman lähellä tuoreiden kasvisten ominaisuuksia (Borda, Bleoanca & Turtoi 2013, 18). Tanskassa 22–27-vuotiaille nuorille tehdyssä tutkimuksessa huomattiin, että valmiiksi pilkotut kasvikset voivat lisätä nuorten

kasvisten käyttöä verrattuna ryhmään, jolle annettiin prosessoimattomat vihannekset. Tutkimuksessa myös huomattiin, että nuoret kuluttajat eivät olleet valmiita maksamaan enempää prosessoituista kasviksista kuin prosessoimattomista. (Hyldelund, Worck & Olsen 2020, 1.)

Pelkät kasvisten terveysvaikutukset eivät lisää kasvisten käyttöä, vaan käyttöön vaikuttavat myös muut syyt. Yhdysvaltalaisessa tutkimuksessa huomattiin, että vaikka kasviksilla on monia terveysvaikutuksia, niin yhdysvaltalaiset kuluttajat kokevat kasvisten käytön esteeksi hinnan, kasvisten maun ja käyttämisen hankaluuden (Darian & Tucci 2013, 427).

Tutkimuksissa on myös huomattu, että kasvisten käytön yleisyyteen vaikuttaa myös kuluttajan sosioekonominen asema. Runsas kasvisten käyttö on yleisempää hyvin toimeentulevilla naisilla kuin heikommin toimeentulevilla miehillä. Myös henkilöt, joilla on korkeampi koulutus, käyttävät enemmän kasviksia kuin alemman koulutuksen omaavat henkilöt. (Roos, Talala, Laaksonen, Helakorpi, Rahkonen, Uutela & Prättälä 2008, 823, 826.)

Hyvinvointi- ja terveystrendiin liittyen osa kuluttajista on hyvin vaativia ruoan laadun suhteen. He vaativat koko ajan parempilaatuisia tuotteita. Nämä kuluttajat haluavat turvallisia ruokia, joissa on tuoreiden raaka-aineiden maku ja mahdollisimman vähän lisäaineita. (Huang, Wu, Lu, Shyu & Wang 2017, 2.) Onkin todettu, että yksi suurimmista kasvavista sektoreista elintarviketeollisuudessa on mahdollisimman vähän prosessoidut hedelmät ja vihannekset (Patrignani, Siroli, Serrazanetti, Gardini & Lanciotti 2015, 311).

Kuluttajat miettivät koko ajan enemmän ja enemmän ruokavalionsa ilmastovaikutuksia. Huoli ilmaston lämpenemisestä lisää kuluttajien kiinnostusta kasviksia kohtaan. Kasvisten käyttö nähdään vastuullisena, koska kasvisten viljelyn ajatellaan kuormittavan vähemmän ympäristöä kuin lihan tuottamisen. (Kauppinen-Räisänen, Leipämaa-Leskinen & Pentikäinen 2020.)

2.3 Kasvisten mikrobiologinen laatu

Kasviksia viljellään yleensä avomaalla tai kasvihuoneessa. Niiden sisältämät mikrobimäärät voivat olla suuriakin, riippuen muun muassa kasvatusolosuhteista ja kasteluveden laadusta. Kasvisten sisältämään mikrobimäärään vaikuttavat myös kasvisten käsittely keräämisen aikana, varastointi sekä niiden jatkojalostaminen (Zhang, Yamamoto, Murphy & Locas 2020, 6). Kasvikset voivat sisältää myös ihmiselle tautia aiheuttavia mikrobeja. Kasvikset voivat helposti kontaminoitua tautia aiheuttavilla mikrobeilla, jos käytetään esimerkiksi likaista kasteluvettä (Abadias, Usall, Anguera, Solsona & Viñas, 2007, 122).

Eri elintarvikkeiden mikrobimäärille on asetettu raja-arvoja mikrobiasetuksessa (Asetus EY2073/2005). Asetuksessa kuitenkin annetaan kasvisten mikrobien osalta raja-arvo vain salmonellan määrälle. Tästä syystä elintarviketeollisuusliitto on koonnut suosituksen muiden tyyppisesti jalostetuissa elintarvikkeissa kasvavien mikrobien määrille. Tämän suosituksen pohjalta elintarviketoimijan on helpompi arvioida saatuja määritystuloksia. Suositukset eivät kuitenkaan ole lainsäädännöllisesti sitovia. (Elintarviketeollisuusliitto, 2017.) Suosituksessa myös korostetaan, että aistinvarainen

arviointi tulee liittää mikrobiologisiin tuloksiin säilyvyysseurannassa, koska mikrobimäärät yksinään eivät kerro tuotteen laadusta.

Kasvikset sisältävät luonnostaan hiivoja, homeita ja mikrobeita. Näiden määrät vaihtelevat kasviksesta riippuen. Lisäksi kasvien kasvatuksessa voidaan käyttää mikrobeja sisältäviä torjunta-aineita. Nämä tekijät on hyvä ottaa huomioon, kun arvioidaan tuotteiden mikrobiologista laatua. Elintarviketeollisuusliiton suosituksesta ei suoraan löydy kasviksille omia suosituksia, mutta niihin voidaan soveltaa suosituksia salaattien ja raasteiden mikrobirajoista viimeisenä käyttöpäivänä. Mikrobirajat salaateille ja raasteille on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Kasvispohjaisten salaattien mikrobirajat (pmy/g) viimeisenä käyttöpäivänä (Elintarviketeollisuusliitto 2017)

	m	M
Salaatit, kypsät raaka-aineet		
homeet	1 000	10 000
enterobakteerit	100	1 000
Bacillus cereus -ryhmä	100	1 000
aerobiset mikrobit	100 000	1 000 000
Salaatit ja raasteet kypsentämättömät raaka-aineet		
Hiivat	10 000	100 000
homeet	1 000	10 000
Bacillus cereus -ryhmä	100	1 000

m= ohjearvon ylittyessä toistuvasti on arvioitava tilanne
M= ohjearvon ylittyessä on tehtävä riskinarviointi ja ryhdyttävä tarvittaessa toimenpiteisiin

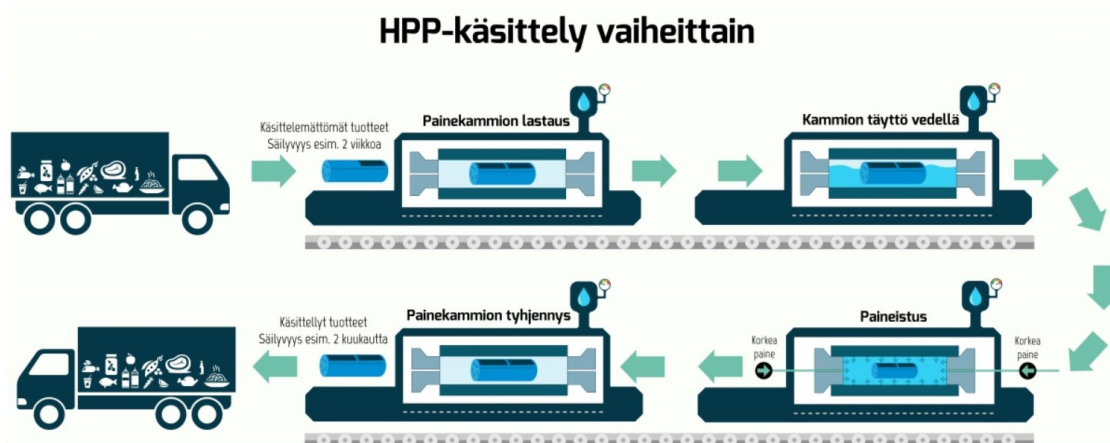
Taulukossa 1 on merkitty kaksi erillistä ohjearvoa mikrobeille. Ohjearvo m ylittyessä toistuvasti on syytä arvioida valmistettavan tuotteen laatua tarkemmin ja jos ohjearvo M ylittyy, on heti suoritettava riskinarviointi minkälaisen riskin tuote aiheuttaa ja onko tuotteet myyntikelpoisia. Toimenpiteet, millä mikrobiarvoa saadaan tuotteessa pienemmäksi, on jokaisen toimijan itse määritettävä.

3 HIGH PRESSURE PROCESSING (HPP)

3.1 Mitä on high pressure processing?

High pressure processing (HPP) eli korkeapainepastöroinnissa tuote altistetaan korkealle paineelle ilman kuumennusta. Laitteistossa käsittelypaine voi olla 1 000–9 000 bar välissä mutta yleisesti kaupallisia tuotteita valmistettaessa käytetään 4 000–7 000 bar painetta. (San Martín, Barbosa, Cánovas & Swanson 2002, 628.) Yleensä HPP-käsittelyssä tuotteet prosessoidaan huoneenlämmössä tai sitä viileämmässä. Kyseessä on siis kylmäprosessi, mutta paineen vaikutuksesta tuotteen lämpötila kuitenkin nousee käsittelyn aikana. Paineen aiheuttama lämpötilan nousu on n. 3 °C 1 000 baria kohti (Kaitaranta 2014, 24).

HPP-käsittelyn kulku käydään läpi kuvassa 2. HPP-käsittelyä varten tuotteet pakataan valmiiksi myyntipakkauksiin, jotka lastataan suojakapseleihin. Kapselit syötetään laitteen kammioon, joka täytetään yleisemmin vedellä, mutta kammiossa voidaan käyttää myös kaasua. Kammio paineistetaan tavoitepaineeseen, ja tuotetta pidetään kammiossa haluttu käsittelyaika. Yleensä käsittelyaika on 1–6 minuuttia, mutta käytettävä käsittelyaika riippuu halutusta lopputuloksesta. Jos esimerkiksi käytetään matalampaa prosessointipainetta, käytetään pidempää käsittelyaika. Käsittelyn jälkeen paine puretaan kammioista ja kapseli vapautuu ulos laitteesta. Pakkaukset pakataan laatikoihin ja toimitetaan eteenpäin. HPP-käsitellyt tuotteet säilytetään käsittelyn jälkeen viileässä. (Kaitaranta 2014, 24.)



Kuva 2. HPP-käsittelyn kuvaus (Toripaha 2018)

Elintarvikkeet puristuvat kokoon HPP-käsittelyssä. Käsiteltävän tuotteen tilavuus pienenee, kun paine kasvaa ja tilavuus palautuu takaisin paineen laskiessa. Tuote voi puristua kokoon 6 000 barin paineessa noin 15 %. (Juliano, Pablo, Koutchma, Tatiana, Sui, Qian, Barbosa-Cánovas, Gustavo & Sadler, George 2010, 275; Kaitaranta 2014, 24.) Paineen vaikutus tuotteessa kohdistuu lähinnä elintarvikkeen vesi osaan. HPP-käsittelyä voidaan erityisesti hyödyntää kylmäsäilytettäviin tuotteisiin, joilla on normaalisti lyhyt säilyvyysaika (Borda, Bleoanca & Turtoi 2013, 19).

3.2 Menetelmän hyödyntäminen elintarviketeollisuudessa

HPP-käsittelyä on tutkittu paljon eri puolilla maailmaa ja sitä on testattu hyvin erilaisille elintarvikkeille. Vuosien 1998–2017 aikana tehdyistä HPP-käsittelyä koskevista tutkimuksista 25 % on tehty

koskien kasviksia ja marjoja (Daher, Gourrierc & Perez-Lamela 2017, 2). Lisäksi tutkimusta on tehty koskien maitoa, lihaa, kalaa ja meren eläviä, öljyä ja rasvoja sekä juomia.

Japanissa HPP-käsittelyä on hyödynnetty kaupallisesti jo yli 30 vuotta. Ensimmäiset Japanissa markkinoille tulleet tuotteet olivat mehuja, hyytelöitä ja hilloja (Daher, Gourrierc & Perez-Lamela 2017, 3). Euroopassa ensimmäiset HPP-käsittelyt appelsiinimehut tuotiin markkinoille 1994. Tuotteita markkinoitiin tuorepuristettuina (Borda, Bleoanca & Turtoi 2013, 23). Myöhemmin Japanissa on tullut markkinoille mm. HPP-käsiteltyä lihaa, kalaa, riisivanukkaita ja sakea. Lisäksi HPP-käsittelyn käyttö on levinnyt ympäri maailman. (Daher, Gourrierc & Perez-Lamela 2017, 3.) Viimeisten kolmen vuoden aikana maailmanlaajuisesti on lanseerattu yli 500 uutta HPP-käsiteltyä tuotetta. Suurin osa uusista HPP-käsitellyistä tuotteista on ollut erilaisia juomia ja smoothieita. Useimmiten HPP-käsiteltyjä tuotteita markkinoidaan lisäaineettomina, luonnollisina ja ympäristöystävällisinä. (Mintel, 2021.)

Suomessa HPP-käsiteltyjä tuotteita on tullut vähitellen markkinoille (kuva 3). Suomessa HPP-käsittelyä hyödyntävät muun muassa kanamunatuotteisiin keskittynyt Munax Oy, Bonne Juomat Oy:n Bär smoothien ja shottien valmistuksessa sekä Evoke Oy:n Humble tuorepuristettujen hedelmämeहुjen valmistuksessa. Munax Oy valmistaa ja Bonne Juomat Oy valmistuttaa tuotteet Suomessa, ja Evoke Oy valmistuttaa tuotteet Espanjassa.



Kuva 3. Esimerkkejä HPP-käsitellyistä tuotteista Suomen markkinoilla (Nytker 2021, CC-BB-SA)

Vuonna 2015 HPP-käsitelyjen elintarvikkeiden markkina-arvo oli 9,8 miljardia dollaria, ja sen uskotaan kasvavan noin 55 miljardiin dollariin vuoteen 2025 mennessä (Huang, Wu, Lu, Shyu & Wang 2017, 2). Käsittelymenetelmällä on useita eri sovelluksia, ja sitä käytetään jo nyt laajasti esimerkiksi avokadososeen, guacamolen, kypsennetyn kinkun, hillojen, ostereiden sekä hedelmä- ja vihannesmeहुjen käsittelyyn (López-Fandiño 2005, 1120; Sravani, Ravi, Roopa, Kumar, Pandey & Chauhan 2017, 3562; Huang, Wu, Lu, Shyu & Wang 2017, 2).

Uusiin elintarvikkeiden käsittelymenetelmiin suhtaudutaan usein kuitenkin epäilevästi. Esimerkiksi geenimuuntelu ja säteilytys on kohdannut paljon vastusta elintarvikkeiden käsittelytapoina (Olsen,

Grunert & Sonne 2010, 464). Kuluttajatutkimuksessa, joka kohdennettiin norjalaisiin, tanskalaisiin, unkarilaisiin ja slovakialaisiin, huomattiin, että kuluttajat tunnistivat HPP-käsittelyn antamat hyödyt verrattuna perinteiseen lämpökäsittelyyn. Kuluttajat arvostivat sitä, että HPP-käsittelyn tuotteen ravintoarvot pysyvät parempina kuin perinteisesti lämpökäsittelyssä tuotteessa, ja tuotteiden maku on parempi HPP-käsittelyn ansiosta. Kuluttajat arvostivat myös HPP-käsittelyn pienempää ympäristökuormitusta verrattuna perinteisiin lämpökäsittelymenetelmiin. (Sonne, Grunert, Veflen Olsen, Granli, Szabó & Banati 2012, 90–91.)

HPP-käsittely nähdään erityisesti tulevaisuuden teknologiana, joka pystyy tarjoamaan prosessointivaihtoehdon mm. clean label eli lisäaineettomille tuotteille, korkealaatuisille paikallisille ruoille ja funktionaalisille elintarvikkeille (Huang, Wu, Lu, Shyu & Wang 2017, 6). HPP-käsittelyllä pystytään prosessoimaan elintarvikkeita hellävaraisemmin kuin lämpökäsittelyllä, ja näin voidaan tarjota aistinvaraisilta ominaisuuksilta korkealaatuisempia tuotteita.

3.3 HPP-käsittelyn edut verrattuna perinteiseen lämpökäsittelyyn

HPP-käsittelyn käytön yleistyessä ovat myös sen hyödyt tulleet paremmin esille. HPP-käsittely tuhoaa tehokkaasti mikrobeita ja entsyymejä. Näin käsiteltävän tuotteen säilyvyysaika pidentyy, ja tuotteessa ei välttämättä tarvitse käyttää säilöntäainetta. HPP-käsittelyllä ei ole merkittävää vaikutusta elintarvikkeen ravintoarvoihin tai rakenteeseen. Tästä syystä HPP-käsittelyä pidetäänkin hyvänä vaihtoehtona perinteisen lämpökäsittelyn rinnalle. (Daher, Gourrierc, & Perez-Lamela 2017, 3; Huang, Wu, Lu, Shyu & Wang 2017, 8.) Perinteiset lämpökäsittelymenetelmät ovat tehokkaita tappamaan mikrobeita, mutta samalla ne tuhoavat ravintoaineita ja vaikuttavat tuotteen väriin (Hsu, Tan & Chi 2008, 367).

HPP-käsittelyssä on myös muita etuja verrattuna perinteiseen lämpökäsittelyyn. Yleensä tuotteet pakataan ennen HPP-käsittelyä myyntipakkaukseen, jolloin tuote ei enää kontaminoidu käsittelyn jälkeen. HPP-käsittely vaikuttaa samalla tavalla kaikkiin pakkauksiin, vaikka pakkaukset olisivat erikokoisia tai erimuotoisia samassa käsittelyerässä. Myös erilaisia tuotteita voidaan käsitellä samassa käsittelyerässä. (Rastogi, Raghavarao, Balasubramaniam, Niranjana & Knorr 2007, 100; Pereira & Vicente 2010, 1939.)

HPP-käsittelyllä pystytään saamaan liki samanpituisen säilyvyysaika tuotteelle kuin pastöroinnillakin, mutta tuotteiden aistinvarainen laatu on huomattavasti parempi. Parempi aistinvarainen laatu johtuu siitä, että kyseessä on kylmäprosessi, jossa tuote ei juurikaan lämpene käsittelyn aikana. (Pereira & Vicente 2010, 1939–1940.) HPP-käsitellyt tuotteet on kuitenkin säilytettävä kylmässä. Vaikka HPP-käsittely tuhoakin hyvin eläviä mikrobeita, se ei pysty täysin tuhoamaan bakteerien itiöitä (Huang, Wu, Lu, Shyu & Wang 2017, 5).

HPP-käsittelyn käyttöä erityyppisille tuotteille rajoittaa veden määrä tuotteessa. Jos tuotteessa on vähän vettä tai sitä ei ole ollenkaan, ei HPP-käsittelyä voida käyttää. HPP-käsittelyssä paine siirtyy tuotteessa veden välityksellä. Esimerkiksi jauhojen ja mausteiden käsittely ei onnistu HPP-käsittelyllä, koska niissä on hyvin vähän vettä. Jos tuote sisältää ilmakuplia, se ei myöskään sovellu HPP-

käsiteltäväksi. HPP-käsittelyn paine tuhoaa ilmakuplat tuotteesta. (Huang, Wu, Lu, Shyu & Wang 2017, 5–6.)

HPP-käsittelyn yleistymistä elintarvikkeiden käsittelyssä rajoittaa mm. HPP-laitteiden kallis hinta sekä käsittelykapasiteetin rajallisuus. HPP-laitteistot eivät ole jatkuvatoimisia, vaan niillä käsitellään yksi lastauserä kerrallaan, mikä hidastaa käsittelyä. Lisäksi käyttöä rajoittaa myös se, että HPP-käsitellyt tuotteet vaativat kylmäsäilytyksen ja -kuljetuksen (Huang, Wu, Lu, Shyu & Wang 2017, 6).

3.4 Käsittelyn vaikutus mikrobiologiseen säilyvyyteen

HPP-käsittelyllä pystytään tuhoamaan mikrobeita, koska korkeapaine vaurioittaa mikrobien solukalvoja, vaikuttamaan mikrobisolujen ravinnon vastaanottoon ja solujätteen hävittämiseen (Torres & Velazquez 2005, 100). HPP-käsittelyn mikrobeita tuhoava vaikutus tehoaa hyvin eläviin mikrobeihin, mutta sillä ei pystytä kaikkia mikrobeita täysin tuhoamaan. Muun muassa HPP-käsittelyssä käytettävillä parametreilla on iso vaikutus siihen, miten hyvin mikrobit käsittelyssä kuolevat. Mikrobien tuhoutumiseen vaikuttavat käsittelyssä käytettävä paine, käsittelyn kesto aika ja käytettävä lämpötila. Näiden lisäksi vaikuttaa myös käsiteltävän tuotteen koostumus ja missä vaiheessa kasvua mikrobit ovat. Suurin osa bakteereista, hiivoista ja homeista kuolevat jo 2 000 barin paineessa. Yleensä HPP-käsittelyssä käytetäänkin 2 000–7 000 barin painetta, ja käsittelyaika on muutamasta sekunnista useisiin minuutteihin. Ennen tuotteen käsittelyä onkin tärkeää määrittää sopivin käsittelypaine ja käsittelyaika, joilla mikrobien määrä saadaan putoamaan riittävästi. (Daher, Gourrierc, & Perez-Lamela 2017, 6; Oey, Van der Plancken, Van Loey, & Hendrickx 2008, 300–301.)

Tutkimuksissa on osoitettu, että 3 000 barin paineella pystytään inaktivoimaan tomaattimehussa olevat hiivat ja homeet. Kun näin käsiteltyä tuotetta säilytetään viileässä, säilytyksen aikana hiivat ja homeet pystyivät aktivoitumaan uudelleen ja pilaamaan tuotteen. Huoneenlämmössä tehty käsittely 7 000 barin paineella 2 minuutin ajan pystyy tuhoamaan luontaiset hiivat ja homeet kokonaan. Tällä käsittelyllä tomaattimehu säilyy viileässä 8 viikkoa. Jos käsittelypaine muutetaan 5 000 bariin, pystytään tuhoamaan vain luontaisia hiivoja ja homeita 5 pesäkettä muodostavaa yksikköä tuotegrammaa kohti (pmy/g). (Hsu, K, Tan, F & Chi, H 2008, 370.)

Huoneenlämmössä tai viileämmässä tehdyllä HPP-käsittelyllä pystytään helposti tuhoamaan yli 100 000 pmy eläviä bakteereja (Huang, Wu, Lu, Shyu & Wang 2017, 5). Mutta eri bakteerilajit ja tyypit reagoivat paineeseen eri tavoin. Grampositiiviset bakteerit eivät reagoi paineeseen niin voimakkaasti kuin gramnegatiiviset. Parhaiten painetta kestävätkä bakteerien itiöt, jotka eivät välttämättä tuhoutu edes 4 000–8 000 barin paineessa. (Borda, Bleoanca & Turtoi 2013, 26.) Itiöiden tuhoutumiseen vaaditaan yli 10 000 barin paine (Smelt 1998, 152). Useissa tutkimuksissa onkin osoitettu, ettei yleisimmin käytetyissä paineissa HPP-käsittely yksinään pysty tuhoamaan itiöitä täysin. Jotta HPP-käsittelyllä saataisiin varmemmin tuhottua itiöt, pitää siihen yhdistää joko korkeampi käsittelylämpötila, muuttaa tuotteen pH matalammaksi tai käyttää näiden yhdistelmää (Tola & Ramaswamy 2014, 50).

Mikrobien tuhoutumiseen vaikuttavat merkittävästi käsiteltävän tuotteen tyyppi, veden aktiivisuus ja pH. (Borda, Bleoanca & Turtoi 2013, 26.) Jos tuotteessa on matala veden aktiivisuus, eli vähän vapaata vettä, ei paineen vaikutus pääse siirtymään tuotteessa ja tästä syystä mikrobit eivät tuhoudu. Mutta toisaalta matala veden aktiivisuus myös estää mikrobien kasvua tuotteessa. Mikrobit eivät pysty myöskään kasvamaan matalassa pH:ssa. (Huang, Wu, Lu, Shyu & Wang 2017, 5.) Bakteerien kasvua voidaan siis rajoittaa HPP-käsittelyssä tuotteessa säilyttämällä ne kylmässä tai laskemalla pH:ta (Borda, Bleoanca & Turtoi, 2013, 27). Varsinkin korkean pH:n tuotteissa, jotka on HPP-käsitelty huoneenlämmössä, on mahdollista, että itiöt alkavat kasvamaan säilytyksen aikana (Tola & Ramaswamy 2014, 50).

HPP-käsittelyllä pystytään tuhoamaan yleisesti ihmisille tautia aiheuttavat bakteerit kuten listeria, *E. coli* ja salmonella. Kun käytetään yli 4000 barin painetta, pystytään tuhoamaan yli 100 000 pesäketä muodostavaa yksikköä tautia aiheuttavia bakteereja tuotteesta. Jos painetta lasketaan 3 500 barin niin huomataan, että listeria tuhoutuu jo täysin mutta *E. coli* tai salmonella eivät. (Petrus, Churey & Worobo 2020, 3969.) HPP-käsittelyllä pystytään tuhoamaan elävät *Bacillus cereus* bakteerit, mutta HPP-käsittelyllä ei pystytä tuhoamaan *B. cereus* itiöitä (Chai, Lee, Lee, Na & Park 2014, 106).

Hedelmä- ja kasvissmoothiessa on kokeiltu eri käsittelypainneiden ja -aikojen vaikutusta hiivoihin ja homeisiin, enterobakteereihin ja kokonaisbakteereihin. Tutkimuksessa huomattiin, että jo 3 500 barin paine ja 1 minuutin käsittelyaika riitti tuhoamaan kyseisiä mikrobeja tuotteesta. Mutta kokonaisbakteerit määrä aleni merkittävästi vasta, kun käsittely oli 6 500 baria ja 5 minuuttia tai 5 750 baria ja yhdeksän minuuttia. Samassa tutkimuksessa huomattiin, että hiivat ja homeet sekä enterobakteerit ovat herkimpiä paineelle. Matalalla paineella tehdyn käsittelyn jälkeen, niitä ei enää pysytty havaitsemaan näytteissä. (Fernandez, Denoya, Agüero, Jagus & Vaudagna 2018, 172–173.)

3.5 HPP-käsittelyn vaikutus ravinteisiin ja aistittavaan laatuun

Elintarvikkeiden aistittava laatu ja varsinkin ulkonäkö on kuluttajille hyvin tärkeä ominaisuus (Kambhampati, Singh, Ritesh, Soberly, Baby, Baite, Mishra & Pradhan 2019, 1178). Siksi onkin tärkeää, että käytettävät prosessointitavat eivät juuri vaikuttaisi näihin ominaisuuksiin. HPP-käsittely vaikuttaa hyvin vähän kovalenttisiin sidoksiin, ja siitä syystä HPP-käsittely vaikuttaa erittäin vähän ravinteisiin, aromeihin ja väriin. HPP-käsittelyllä pystytään siis valmistamaan tuotteita, joissa on parempi maku ja tuotteesta tulee vaikutelma, että se olisi tuore. (Oey, Lille, Van Loey & Hendrickx 2008, 321.)

Vaikka HPP-käsittely ei juurikaan vaikuta ravinteisiin, niin korkeapaine voi kuitenkin denaturoida proteiineja. Paineen vaikutus proteiineihin riippuu käytetystä paineesta, proteiinista ja muista käsittelyolosuhteista. Alle 3 000 barin paineessa proteiineissa tapahtuva denaturoituminen yleensä häviää paineen laskiessa, mutta kun käytetään yli 3 000 barin painetta, muutokset ovat pysyviä. Korkeapaine aiheuttaa proteiineissa joko saostumista tai hajoamista. (Rastogi, Raghavarao, Balasubramaniam, Niranjana & Knorr 2007, 74.)

Tutkimuksissa on huomattu, että HPP-käsittelyssä karotenoidien, lykopeenin, polyfenolien, antioksidanttien, klorofyllin ja b-karoteenien määrä pysyy korkeampana verrattuna perinteisesti lämpökäsitelyihin tuotteisiin. Näiden tutkimusten perusteella voidaan sanoa, että tuotteiden väri säilyy parempana HPP-käsitellyissä tuotteissa. (Porretta, Birzi, Ghizzoni, & Vicini 1995, 40; Zhang, Butz, Edenharter, García, Fister, Merkel & Tauscher 2002, 297; Zhang, Liu, Wang, Zhao, Sun & Liao 2016, 135.)

HPP-käsittelyllä ei täysin pystytä tuhoamaan kasvien sisältämiä peroksidaasi-, polyfenolioksidaasi- ja pektiinimetyyliesteri-entsyymejä. Näiden vaikutuksesta tuote voi muun muassa ruskistua säilytyksen aikana. (Hurtado, Picouet, Jofré, Dolors Guàrdia, María Ros & Bañón 2015, 2470; Denoya, Vaudagna & Polenta, 2015, 801; Fernandez, Denoya, Jagus, Vaudagna & Agüero 2019, 208.) Peroksidaasi tuhoutuu huomattavasti nopeammin HPP-käsittelyssä kuin polyfenolioksidaasi. 6 000 barin paineella ja 5 minuutin käsittelyajalla on saatu peroksidaasia vähenemään 31 %. Kun taas polyfenolioksidaasi tuhoutuu parhaiten silloin, kun tuotetta käytetään kolme kertaa 3 000 barin paineessa 5 minuuttia kerrallaan eli sykkitetään käsittelyä. (Stinco, Szczepańska, Marszałek, Pinto, Inácio, Mapelli-Brahm, Barba, Lorenzo, Saraiva & Meléndez-Martínez, 2019, 6.) Polyfenolioksidaasin on huomattu jopa lisääntyvän säilytyksen aikana tuotteissa (Aaby, Grimsbo, Hovda & Rode 2018, 122). Tuotteiden ruskistumisesta entsyymien vaikutuksesta voidaan kuitenkin estää käyttämällä vakuumpakkausta HPP-käsittelyssä, jolloin pakkaukseen ei jää happea, jota tarvitaan ruskistumisreaktiossa (Denoya, Vaudagna, & Polenta 2015, 806).

HPP-käsittelyllä ei ole huomattu olevan vaikutusta tuotteen happamuuteen (pH), kuiva-aineeseen tai rakenteeseen (Fernandez, Denoya, Agüero, Jagus & Vaudagna 2018, 170, Fernandez, Denoya, Jagus, Vaudagna & Agüero 2019, 208). Mutta tuotteen viskositeettiin HPP-käsittely voi vaikuttaa. Useissa tutkimuksissa on huomattu, että HPP-käsittely muuttaa tuotetta paksummaksi, jolloin viskositeetti kasvaa (Zhang, Liu, Wang, Zhao, Sun & Liao 2016, 135; Porretta, Birzi, Ghizzoni, & Vicini 1995, 39). Kaiken kaikkiaan voidaan todeta, että HPP-käsittelyllä on hyvin vähän vaikutusta tuotteen aistittavaan laatuun tai ravintoarvoihin (Torres & Velazquez 2005, 96). Osa HPP-käsittelyn positiivisista vaikutuksista aistittavaan laatuun voi hävitä säilytyksen aikana johtuen muun muassa käsittelyssä tuhoutumatta jääneistä entsyymeistä (Hurtado, Picouet, Jofré, Dolores Guàrdia, María Ros & Bañón 2015, 2470; Aaby, Grimsbo, Hovda & Rode 2018, 122).

3.6 Pakkaukset HPP-käsittelyssä

HPP-käsittely asettaa paljon rajoituksia pakkausmateriaaleille, joita käsittelyssä käytetään. Korkea paine vaikuttaa sekä fysiko-kemiallisesti että mekaanisesti valittavaan pakkausmateriaaliin. Parhaiten HPP-käsittelyyn soveltuvat joustavat polymeeripohjaiset materiaalit. Hyvin soveltuvia pakkauksia ovat esim. erilaiset kalvot, pussit ja pullot. (Marangoni Júnior, Cristianini, Padula & Anjos 2019, 922.)

Pakkausmateriaalin tulee olla hyvin joustavaa, koska sen tulee kestää sekä kokoonpuristuminen että palautuminen. Materiaalin kokoonpuristuminen HPP-käsittelyssä on 15–19 % (Juliano, Pablo, Koutchma, Tatiana, Sui, Qian, Barbosa-Cánovas, Gustavo & Sadler, George 2010, 275; Huang, WU,

Lu, Shyu & Wang 2017, 6). Kovat materiaalit, kuten lasi ja metalli eivät siis sovellu käytettäväksi HPP-käsittelyssä. Pakkauksen tulee myös kestää korkean paineen mahdollisesti muodostamat kolot tai rypyt pakkauksessa. (Juliano, Pablo, Koutchma, Tatiana, Sui, Qian, Barbosa-Cánovas, Gustavo & Sadler, George 2010, 275-276.)

Kun tuotteita pakataan, tulisi pakkaukseen jättää mahdollisimman pieni ilmatila, koska paine kohdistuu eri tavalla ilmatilaan kuin käsiteltävään tuotteeseen. Jotta käsittely olisi kaikille tuotteille samanlainen, tulee ilmatilan olla sama tasalaatuisuuden varmistamiseksi. Liian iso ilmatila pakkauksessa voi aiheuttaa myös pakkauksen muodonmuutoksen. Siksi vakuumpakkaaminen, jossa ylimääräinen ilma imetään pois pakkauksista, on yleistynyt.

Vakuumpakkauksen positiivista vaikutusta säilyvyyteen voidaan vielä lisätä tuotteen koostumuksella. Kun tuotteeseen lisätään orgaanisia happoja (sitruunahappo ja askorbiinihappo), pystytään jatkamaan HPP-käsitellyn tuotteen säilyvyyttä. Esimerkiksi näin on pystytty jatkamaan persikan palojen säilyvyyttä viileässä. (Denoya, Vaudagna & Polenta 2015, 806.) Kun tuote pakataan vakuumiin, se ei vaikuta mitenkään tuotteen muotoon. Vakuumpakkauksella pystytään helposti säilyttämään tuotteen tuoreus, väri ja rakenne. Vakuumpakkauksessa tuotteen ulkonäkökin on helposti kuluttajan todettavissa. (Ng, Tan, Tan, Chong, & Tan 2020, 675.)

Toripiha Oy tarjoaa useita eri pakkausvaihtoehtoja. Tuotteet on mahdollista pakata 250 ml ja 750 ml pulloihin, 1–20 kg bag-in-box -pakkauksiin tai pikareihin (kuva 4).



Kuva 4. Toripihalla käytössä olevat pakkaukset. Bag-in-box -pakkauksista on mahdollista saada muita kokoja (Piitulainen 2021)

HPP-käsittelyyn soveltuvia bag-in-box -pakkauksia tarjoavat mm. Hutek Oy ja Epoca products s.a, ja esimerkiksi Plastikse toimittaa pullopakkauksia. Pakkauksissa käytettävien etikettien tulee olla kosteutta kestäviä, jotta ne pysyvät pakkauksissa kiinni HPP-käsittelyn ajan. Pullopakkaukseen voidaan Toripihalla pakata tuotteita, joiden viskositeetti ei ole paksu ja jotka sisältävät vain vähän pieniä partikkeleita. Toripihan pullootuskoneen täyttöpään läpi eivät mene paksut tuotteet tai isot partikkelit. Täyttöpäätä ei voida koneeseen vaihtaa. (Kylmälä 2021.)

3.7 Käsittelyn taloudellisuus ja vaikutukset ympäristöön

HPP-käsittely on kustannustehokas menetelmä käyttää, ja sen ympäristövaikutukset ovat hyvin pienet verrattuna muihin uusiin prosessiteknologioihin (Cacace, F, Bottani, E, Rizzi, A & Vignali, G 2020, 1). Jos HPP-käsittelyä verrataan perinteiseen lämpökäsittelyyn, niin HPP-laitteiston kallis hinta ja kalliit ylläpitokustannukset nostavat HPP-käsittelyjen tuotteiden kustannuksia. Tästä syystä HPP-käsittelyjen tuotteiden valmistaminen on hieman kalliimpaa kuin perinteisellä lämpökäsittelyllä valmistaminen. (Huang, Wu, Lu, Shyu & Wang 2017, 5; Cacace, F, Bottani, E, Rizzi, A & Vignali, G 2020, 1.) Tutkimuksessa on todettu, että yhden mehukilon valmistaminen HPP-käsittelyllä maksaa n. 1,4–1,78 kertaa enemmän kuin perinteisellä lämpökäsittelyllä tehty. Kerroin riippuu siitä, mitä lämpökäsittelymenetelmää on käytetty. (Cacace, F, Bottani, E, Rizzi, A & Vignali, G 2020, 20.) Jos halutaan pienentää HPP-käsittelyn kustannuksia, niin rahtivalmistus on hyvä vaihtoehto. Rahtivalmistusta käytettäessä koko kustannus laitteen hankinnasta, ylläpidosta ja käyttämättömästä kapasiteetista ei tule yksittäisen tuotteen hintaan.

Vaikka HPP-käsittely on kustannuksiltaan hieman kalliimpi kuin perinteiset lämpökäsittelymenetelmät, niin se on ympäristöystävällisempi. HPP-käsittelyllä voidaan säästää vettä ja toimia energiatehokkaasti. HPP-käsittelyssä energiaa ei tarvita kuumennukseen ja jäähdytykseen. HPP-laitteisto toimii sähköllä eikä prosessoinnin aikana tarvita lämpöä niin kuin perinteisissä lämpökäsittelymenetelmissä. Energiankulutus on siis HPP-käsittelyssä pienempi kuin perinteisessä lämpökäsittelyssä. Lisäksi kammiossa paineen muodostuksessa käytettävä vesi voidaan hyödyntää muussa prosessissa. Perinteisissä lämpökäsittelymenetelmissä kuluu sekä sähköä että kaasua. Lämpö tuotetaan yleensä polttamalla kaasua, josta syntyy kasvihuonepäästöjä. (Rastogi, Raghavarao, Balasubramaniam, Niranjan & Knorr 2007, 103; Pereira & Vicente, 2010, 1940; Cacace, Bottani, Rizzi, & Vignali 2020, 21.)

HPP-käsittelyn kustannuksia ja ympäristöystävällisyyttä on verrattu myös suojakaasupakkaamiseen. Yhden kilon Parman kinkun pakkaaminen suojakaasuun on 3,16 kertaa kalliimpaa kuin saman määrän HPP-käsittely. Jos kinkku pakataan 200 g pakkauksiin, ero on 2,5 kertainen. Suurin kustannus suojakaasupakkaamisessa on pakkausmateriaalian suuri menekki. Suojakaasuun pakkaamisella on suurempi ympäristövaikutus kuin HPP-käsittelyllä. Lisäksi suojakaasupakkaamisessa on vähän ympäristöhyötyjä. (Cacace, F, Bottani, E, Rizzi, A & Vignali, G 2020, 21.)

Tuotteiden pakkaaminen vakuumiin laskee HPP-käsittelykustannuksia, koska kun ylimääräinen ilma poistetaan pakkauksista, laitteistoon mahtuu enemmän käsiteltäviä tuotteita. HPP-käsittelyssä on mahdollista käyttää erilaisia bag-in-box -pakkauksia (Kylmälä 2021). Käyttämällä HPP-käsittelyssä

bag-in-box -pakkauksia lämpökäsittelyssä käytettävien sarkojen sijaan, pystytään vähentämään muovijätteen määrää jopa 70 % ja varastointikuluja jopa 90 %. Lisäksi bag-in-box -pakkaukset ovat täysin kierrätettävissä. (Hutek Oy 2021.)

4 INNOVAATIOPROSESSI

4.1 Mikä on innovaatio?

Innovaationa voidaan pitää tuotetta tai palvelua, jonka yritys tuo markkinoille. Uuden tuotteen tai palvelun tulee kuitenkin erota merkittävästi yrityksen aiemmin markkinoille tuomista tuotteista. (Tilastokeskus 2021.) Eli pelkkää uutta tuotetta tai palvelua ei voida pitää innovaationa. Innovaatio pitää sisällään myös kaikki ne prosessit, joita uuden tuotteen tai palvelun markkinoille saattamiseksi tarvitaan. (Kylliäinen 2019.)

Innovaatioprosessi eroaa tavallisesta tuotekehitysprosessista sen laajemman sisällön takia. Innovaatioprosessiin osallistuu muitakin osastoja kuin tuotekehitys. (Apilo & Taskinen 2006, 43.) Innovaatioprosessin aikana tuote tai palvelu kehitetään ideasta valmiiksi tuotteeksi tai palveluksi, ottaen huomioon asiakastarpeet, markkinointi, taloudellinen kannattavuus ja muut tuotteen lanseeraukseen ja valmistukseen liittyvät asiat.

4.2 Innovaatioprosessin vaiheet

Innovaatioprosessissa on tarkoitus löytää reitti ideasta ratkaisuehdotukseen, joka saatetaan markkinoille. Vaikka innovaatioprosessissa edetään vaiheittain, on tärkeää muistaa, että jokaisen vaiheeseen voidaan palata takaisin, jos ideaa halutaan rajata uudelleen tai miettiä uusia ratkaisuehdotuksia. (Helsingin yliopisto 2018.)

Kirjallisuudessa innovaatioprosessia on kuvattu monin eri tavoin. Yksi tapa on jakaa innovaatioprosessi jakaa neljään vaiheeseen: asiakasymmärrys, tuotteen tai palvelun konseptointi, tuotteen tai palvelun suunnittelu ja toteuttaminen sekä liiketoiminnan suunnittelu. Näiden prosessivaiheiden kautta uusi tuote tai palvelu saadaan markkinoille.

Innovaatioprosessissa lähdetään liikkeelle asiakasongelmien tunnistamisesta. Tunnistettujen asiakastarpeiden pohjalta ideoidaan uusia tuote- ja palvelumahdollisuuksia. Ideoita jatkojalostetaan ja arvioidaan innovaatioprosessin ensimmäisessä vaiheessa. Idean arvioinnissa katsotaan mitä ratkaisuja asiakasongelmaan on jo tarjolla, kenelle kaikille ratkaisusta olisi hyötyä ja onko asiakas valmis maksamaan ratkaisusta. Kun löydetään potentiaalinen idea, siirrytään innovaatioprosessin seuraavaan vaiheeseen eli konseptointiin.

Idean jalostaminen valmiiksi tuotteeksi tai palveluksi jatkuu konseptoinnilla. Konseptointivaiheessa selvitetään, mikä on palvelun tai tuotteen etu kuluttajalle, minkälainen markkinapotentiaali tuotteella tai palvelulla on, mitä kautta tuotetta tai palvelua myydään ja ketkä ovat asiakkaita. Konseptointivaiheessa on tarkoitus kirkastaa ideaa ja tehdä valintoja, jotka helpottavat idean kehittämistä loppuun asti seuraavissa vaiheissa. Konseptia on hyvä testata ennen lopullisia päätöksiä. Konseptointiin ja konseptin testaamiseen sopii esimerkiksi Lean service creation -canvasohjat, joiden avulla voidaan testata konseptia ja huolehtia siitä, että kaikki osa alueet on konseptin osalta mietitty (Futurice 2021).

Konseptoinnin pohjalta voidaan aloittaa tuotteen tai palvelun suunnittelu ja toteuttaminen. Suunnitteluvaiheessa tuotetta ja palvelua aletaan kehittämään, ja siitä tehdään prototyyppisiä, joita kehitetään eteenpäin. Tätä opinnäytetyötä voidaan pitää osana suunnitteluvaihetta. Suunnitteluvaiheen aikana viedään eteenpäin jo konseptoinnin aikana mietittyä taloudellista kannattavuutta, markkinointi-, logistiikka-, valmistus- ja huoltoasioita. Suunnitteluvaiheen tavoitteena on, saada aikaan toimiva tuote tai palvelu, joka on valmis myytäväksi.

Viimeisenä vaiheena liiketoiminnan suunnittelu eli tuotteen markkinoille saattaminen. Viimeisen vaiheen aikana suunnitellaan tuotteen markkinointi loppuun ja mietitään mahdolliset myynnin haasteet. Tarkennetaan talouslaskelmat ja varmistetaan tuotteen hinnoittelu. Lisäksi varmistetaan, että kaikki tarvittavat kumppanit ovat tuotteessa tai palvelussa mukana. Kun kaikki nämä vaiheet on käyty läpi, on tuote tai palvelu valmis edelleen myytäväksi asiakkaille tai sijoittajille.

5 KEHITYSTYÖSSÄ KÄYTETYT MENETELMÄT

5.1 Kehitystyön tausta

Kasvituotteiden kysyntä teollisuudessa ja ammattikeittiöissä lisääntyy. Kasvisten käsittely perinteisillä lämpökäsittelymenetelmillä on haastavaa. Kasvikset pilaantuvat helposti, jos niitä ei pystytä tehokkaasti jäähdyttämään lämpökäsittelyn jälkeen. Kuluttajat ovat myös enemmän ja enemmän kiinnostuneita vähemmän käsitellyistä tuotteista. Tämä kehitystyö on osa innovaatioprosessin suunnitteluvaihetta. Työn tarkoituksena oli selvittää, saadaanko HPP-käsittelyllä valmistettua mahdollisimman vähän lämpökäsiteltyjä soseita ja minkälainen säilyvyysaika soseille saadaan. Kasvikset soseutettiin Valio Oy Suonenjoen hillotehtaalla, ja HPP-käsittely tehtiin Toripiha Oy:ssa Suonenjoella. Näytteistä seurattiin mikrobiologista säilyvyyttä, kemiallisia ominaisuuksia ja väriä.

5.2 Prosessoitavat kasvikset

Kasvissoseiden raaka-aineiksi valittiin tomaatti, paprika, punajuuri, bataatti, herne, avokado ja lehtikaali. Soseutuksessa käytettiin pakastekasviksia. Paprika, punajuuri ja bataatti oli kuutioitu ja ryöpätty, ja herne ryöpätty ennen pakastusta. Lehtikaali oli silputtu ennen pakastusta ja pakastettu pelleteiksi. Avokadopaloihin oli paloitteluvaiheessa lisätty suolaa, sitruuna- ja askorbiinihappoa, ja tämän jälkeen palat oli pakastettu. Tomaatinpalat oli osittain uunikuivattu paloittelun jälkeen. Kuivauksen jälkeen tomaatinpalat oli pakastettu.

5.3 Kasvisten prosessointi

Kasvisten soseutukseen käytettiin masukomyily MKZA15-40J (Masuko Sangyo Co. Ltd). Ennen soseutusta kasviksia kuumennettiin vedessä höyryllä kuumennettavassa sulatusaltaassa (kuva 5).



Kuva 5. Kasvisten käsittely sulatusaltaassa (Nycter 2021, CC-BY-SA)

Kuumennusaika vaihteli 5–10 minuuttiin riippuen soseutettavasta kasviksesta (taulukko 2). Kun kasvikset olivat sulaneet, kasvis-vesi-seos soseutettiin masukomyllä kivivälillä 0.

Taulukko 2. Kasvissoseiden vesi-kasvissuhde ja kuumennuskäsittelyaika

	kasviksen määrä	veden määrä	kuumennusaika
Avokado	25 kg	25 kg	6 min
Bataatti	30 kg	30 kg	10 min
Herne	25 kg	25 kg	4 min
Lehtikaali	25 kg	25 kg	5 min
Paprika	40 kg	17 kg	10 min
Punajuuri	30 kg	30 kg	14 min
Tomaatti	40 kg	34 kg	5 min

Soseutuksen jälkeen näytteet pulloettiin 250 ml PET-pulloihin, jotka suljettiin tiiviisti korkilla. Pakatut näytteet toimitettiin Toripiha Oy:lle HPP-käsittelyä varten. Näytteet käsiteltiin HPP-laitteistolta (Thyssenkrupp 2018) 6 000 bar paineella 6 minuuttia, jonka jälkeen näytteet siirrettiin kylmäsäilytykseen säilyvyysseuranta varten.

Ensimmäisestä HPP-käsittelystä ylijäänyt sose pakastettiin. Pakastettua sosetta käytettiin uusien näytteiden valmistukseen. Pakastetut soseet sulatettiin yön yli huoneenlämmössä, ja soseen sekaan lisättiin 1 % sitruunamehutiivistettä. Soseet pulloettiin 250 ml PET-pulloihin ja toimitettiin Toripiha Oy:lle HPP-käsittelyä varten. Näytteet siirrettiin käsittelyn jälkeen kylmään säilyvyysseuranta varten.

5.4 Mikrobiologiset määritykset ja säilyvyysseuranta

Mikrobiologiset määritykset tehtiin soseutetuille raaka-aineille ennen HPP-käsittelyä ja HPP-käsittelyn jälkeen. Kirjallisuudesta saatujen tietojen pohjalta soseista tutkittiin hiivat ja homeet, kokonaisbakteerit ja enterobakteerit. Lisäksi tutkittiin myös maaperästä usein peräisin olevat bacillukset, jotka voivat myös muodostaa itiöitä. Samat määritykset tehtiin myös HPP-käsitellyille näytteille säilyvyysseurannan aikana. Säilyvyysseurannassa näytteet viljeltiin kahden viikon välein.

Näytteistä määritettiin kokonaisbakteerit 3M™ Petrifilm™ Aerobic Count Plate -petrifilmillä, jota inkuboitii + 30 °C 3 vuorokautta. Hiivat ja homeet määritettiin 3M™ Petrifilm™ Yeast and Mould Count Plate -petrifilmillä, jota inkuboitii 3 vrk + 25 °C. Bacillukset määritettiin MYP-maljoilla, joita inkuboitii 30 °C 21 tuntia. Enterobakteerit määritettiin VRB-maljoilla, joita inkuboitii 37 °C 22–26 tuntia.

5.5 Kemialliset määritykset ja aistinvarainen arviointi

Soseutetuista raaka-aineista ja HPP-käsitellyistä soseista tutkittiin liukoinen kuiva-aine, pH, viskositeetti ja väri. HPP-käsitellyistä näytteistä seurattiin samoja ominaisuuksia säilyvyysseurannan aikana. Liukoisen kuiva-aineen mittaamiseen refraktometrisesti käytettiin Refraktrometri RFM 330 -laitetta. pH mitattiin pHenomemenal® pH1100L-mittarilla (VWR). Viskositeetti mitattiin visco F-laitteella huoneenlämmössä 30 s.

Näytteiden väriä seurattiin aistinvaraisesti vertaamalla kylmäsäilytettyjä HPP-käsiteltyjä näytteitä pakastettuun HPP-käsiteltyyn näytteeseen. Väriin määrittämisessä käytettiin apuna NCS-värijärjestelmän värikarttoja.

5.6 Taloudellinen kannattavuus (Salattu)

6 KEHITYSTYÖN TULOKSET

6.1 Sosenäytteiden säilyvyysseuranta

Tulokset ensimmäisten näytteiden säilyvyysseurannasta olivat huonot. Näytteistä tehdyt viljelyt kasvoivat niin paljon pesäkkeitä, ettei niitä pystytty laskemaan. Tämän seurauksena ensimmäisten näytteiden säilyvyysseuranta keskeytettiin kahden viikon jälkeen. Ennen päätöksen tekoa osa näytteistä viljeltiin uudestaan, ja tulos oli sama. Jotta säilyvyysseuranta pystyttäisiin tekemään, tehtiin uudet näytteet. Uusien sosenäytteiden pH:t laskettiin sitruunamehutiivisteellä. Ensimmäisten näytteiden ja pH-säädettyjen näytteiden pH:t on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3. HPP-käsittelyyn valmistettujen näytteiden pH:t ensimmäisessä käsittelyssä ja toisessa käsittelyssä, jossa näytteiden pH:ta säädetty sitruunamehutiivisteellä.

	1. näyte	2. näyte
Avokadosose	5,4	3,7
Bataattisose	6,3	3,8
Hernesose	6,8	4,4
Lehtikaalisose	6,8	3,9
Paprikasose	5	3,5
Punajuurisose	6,2	3,6
Tomaattisose	4,3	4,1

Ensimmäisten näytteiden pH oli 5–6,8, pois lukien tomaattisose, jonka pH oli 4,3. Muiden soseiden pH oli niin lähellä neutraalia, että soseen pH ei estänyt mikrobien kasvua soseissa.

6.2 Mikrobiologiset tulokset

Näytteistä, joiden pH:ta oli laskettu sitruunamehutiivisteellä, aloitettiin uusi säilyvyysseuranta. Säilyvyysseurannan aikana näytteistä tehtiin mikrobiologisia määrytyksiä kahden viikon välein. Mikrobiologisten määrytysten tulokset on esitetty taulukoissa 4–8. Näytteiden kokonaisbakteerit tuhoutuivat hyvin HPP-käsittelyssä lukuun ottamatta tomaattisosea, jossa kokonaisbakteereista tuhoutui vain puolet soseen sisältämästä kokonaisbakteerimäärästä. Säilyvyysseurannan aikana soseiden kokonaisbakteerimäärät pysyivät samalla tasolla kuin heti HPP-käsittelyn jälkeen. Ainut sose, jossa tapahtui merkittävä kokonaisbakteerimäärän muutos 8 viikon ikäisenä, oli punajuurisose.

Taulukko 4. Kokonaismikrobien määrä (pmy/g) näytteissä säilyvyysseurannan aikana

	Käsitlemätön sose	HPP-käsitelty sose	2 viikkoa	4 viikkoa	6 viikkoa	8 viikkoa
Avokadosose	1 500 000	77	59	14	45	23
Bataattisose	1 500 000	27	9	14	18	5
Hernesose	7 727	114	68	113	59	347
Lehtikaalisose	29 545	81	54	72	77	32
Paprikasose	56 818	118	90	185	99	203
Punajuurisose	1 802	10	9	41	0	1 818
Tomaattisose	1 430 000	500 000	633 000	395 000	185 455	589 545

Soseiden sisältämät hiivat tuhoutuivat hyvin HPP-käsittelyssä. Poikkeuksena tästä oli avokadosose, jossa alle puolet soseen sisältämistä hiivoista kuoli HPP-käsittelyn aikana. Säilyvyysseurannan aikana avokadososeen hiivojen määrä kasvoi, ja hiivojen määrä oli 8 viikon ikäisessä näytteessä suurempi kuin käsittelemättömässä soseessa. Muissa kasvissoseissa oli 4 viikon ikäisissä näytteissä pientä kasvua, mutta 6 viikon ikäisissä näytteissä ei taas hiivoja havaittu.

Taulukko 5. Hiivojen määrä (pmy/g) näytteissä säilyvyysseurannan aikana

	Käsittelemätön	HPP-käsitelty				
	sose	sose	2 viikkoa	4 viikkoa	6 viikkoa	8 viikkoa
Avokadosose	1 500	910	1 802	1 802	585	3 198
Bataattisose	694	0	0	0	0	0
Hernesose	432	0	0	0	0	0
Lehtikaalisose	671	0	0	0	0	0
Paprikasose	8 273	0	5	90	0	9
Punajuurisose	91	0	5	45	0	0
Tomaattisose	2 928	0	0	180	0	5

HPP-käsittelyllä pystyttiin tuhoamaan kaikki kasvissoseiden sisältämät homeet. HPP-käsittelyn jälkeen tehdyissä määrityksissä ei näytteistä havaittu homeita. Homeita ei myöskään havaittu näytteissä säilyvyysseurannan aikana.

Taulukko 6. Homeiden määrä (pmy/g) näytteissä säilyvyysseurannan aikana

	Käsittelemätön	HPP-käsitelty				
	sose	sose	2 viikkoa	4 viikkoa	6 viikkoa	8 viikkoa
Avokadosose	232	0	0	0	0	0
Bataattisose	45	0	0	0	0	0
Hernesose	10	0	0	0	0	0
Lehtikaalisose	32	0	0	0	0	0
Paprikasose	0	0	0	0	0	0
Punajuurisose	10	0	0	0	0	0
Tomaattisose	35	0	0	0	0	0

Kaikki kasvissoseet sisälsivät alle määritysrajan (<10 pmy/g) enterobakteereja ennen HPP-käsittelyä. HPP-käsittelyn jälkeen tai säilyvyysseurannan aikana ei ole havaittu enterobakteereja sosenäytteissä.

Taulukko 7. Enterobakteerien määrä (pmy/g) näytteissä säilyvyysseurannan aikana

	Käsittelemätön	HPP-käsitelty			
	sose	sose	2 viikkoa	4 viikkoa	6 viikkoa
Avokadosose	<10	<10	<10	<10	<10
Bataattisose	<10	<10	<10	<10	<10
Hernesose	<10	<10	<10	<10	<10
Lehtikaalisose	<10	<10	<10	<10	<10
Paprikasose	<10	<10	<10	<10	<10
Punajuurisose	<10	<10	<10	<10	<10
Tomaattisose	<10	<10	<10	<10	<10

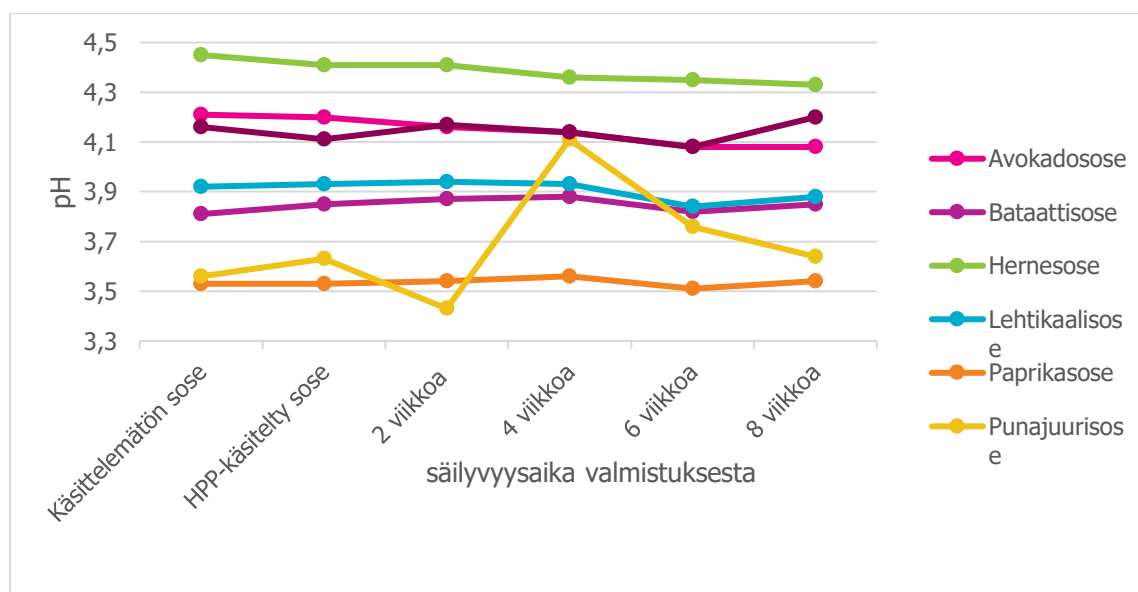
Kasvissoseista paprikasoseessa ja tomaattisoseessa havaittiin bacilluksia ennen HPP-käsittelyä, muissa soseissa ei ollut bacilluksia yli määritysrajan (10 pmy/g). Paprikasoseessa ja tomaattisoseessa oli ennen HPP-käsittelyä 20 pmy/g bacilluksia. HPP-käsittelyn jälkeen vain paprikasoseessa havaittiin 20 pmy/g bacilluksia. Kahden viikon ikäisissä soseissa ei havaittu bacilluksia, mutta 4 ja 6 viikkoa vanhoissa tomaattisoseissa bacilluksia havaittiin 50 pmy/g. Paprikasoseessa neljän viikon säilyvyysseurantanäytteessä oli alle 10 pmy/g bacilluksia, mutta 6 viikon ikäisessä näytteessä oli 40 pmy/g. Muissa soseissa ei säilyvyysseurannan aikana ole havaittu bacilluksia.

Taulukko 8. Bacillusten määrä (pmy/g) näytteissä säilyvyysseurannan aikana

	Käsittelemätön	HPP-käsitelty			
	sose	sose	2 viikkoa	4 viikkoa	6 viikkoa
Avokadosose	<10	<10	<10	<10	<10
Bataattisose	<10	<10	<10	<10	<10
Hernesose	<10	<10	<10	<10	<10
Lehtikaalisose	<10	<10	<10	<10	<10
Paprikasose	20	20	<10	<10	40
Punajuurisose	<10	<10	<10	<10	<10
Tomaattisose	20	<10	<10	50	50

6.3 Kemialliset määritysten tulokset ja aistinvarainen arviointi

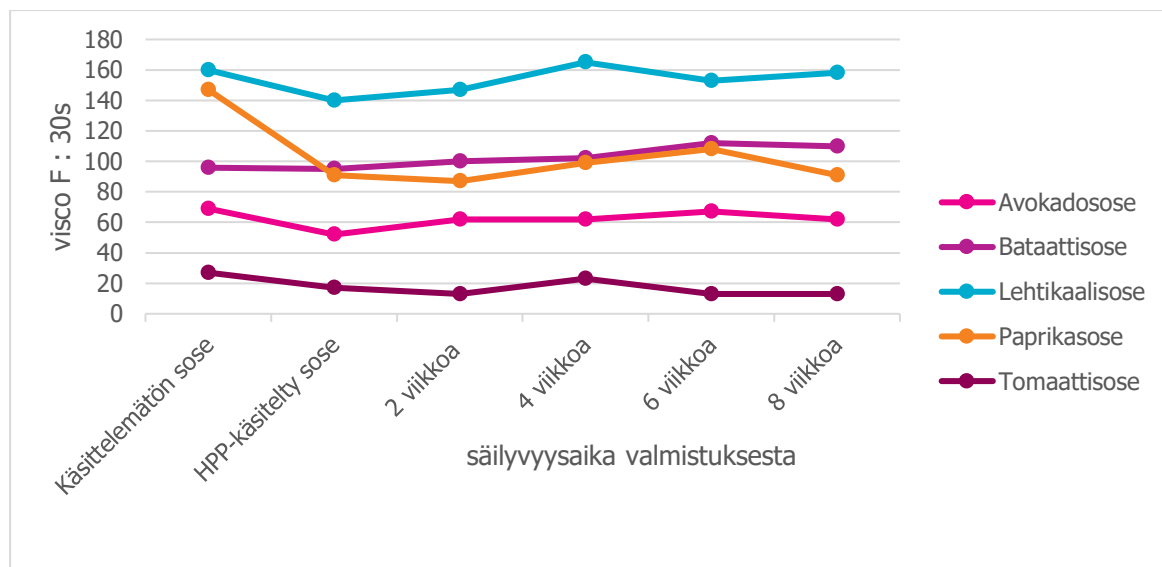
Säilyvyysseurannan aikana näytteistä tutkittiin myös pH, kuiva-aine, viskositeetti sekä arvioitiin näytteet aistinvaraisesti. Tulokset pH, viskositeetti ja kuiva-ainemäärityksistä on esitetty kuvissa 6–8. HPP-käsittelyllä ei ollut vaikutusta tuotteen pH-arvoon.



Kuva 6. Kasvissoseiden pH ja sen muutos säilyvyysseurannan aikana.

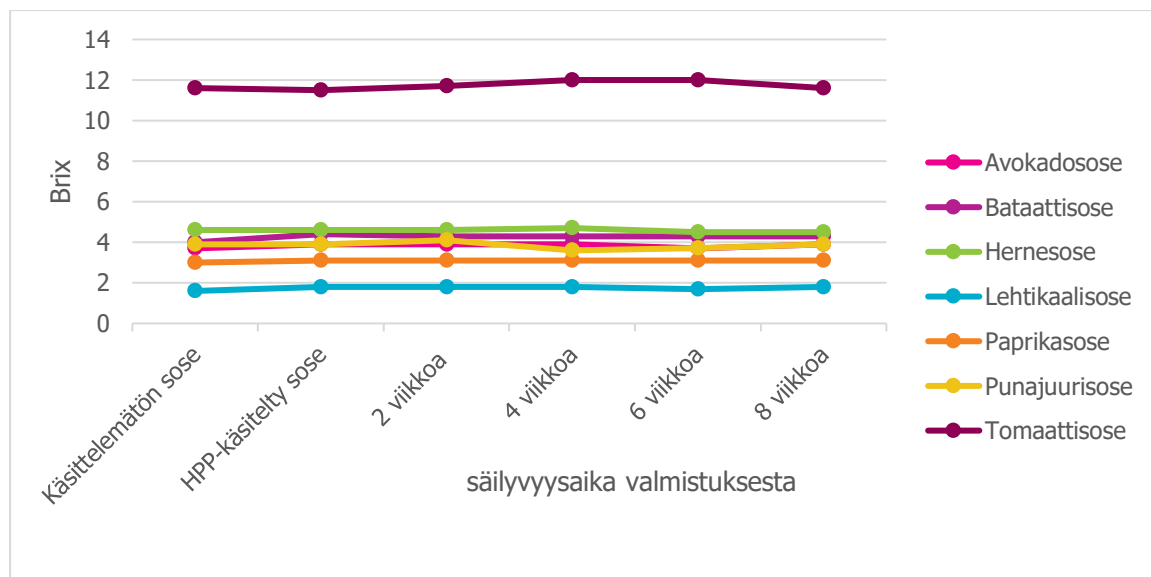
Viskositeettiin HPP-käsittelyllä oli vaikutusta. Kaikkien soseiden viskositeetti laski, eli sose muuttui paksummaksi HPP-käsittelyssä. Suurin muutos viskositeetissa oli paprikalla, mutta myös lehtikaalisoseen ja avokadososeen rakenne muuttui selvästi paksummaksi HPP-käsittelyssä. Tomaattisoseella ja

bataattisoseella viskositeetin muutos oli pienempi. Säilyvyysseurannan aikana tuotteen viskositeetti muuttui aavistuksen löysemmäksi.



Kuva 7. Kasvissosoiden viskositeetti HPP-käsittelyn jälkeen ja säilyvyysseurannan aikana

HPP-käsittelyllä ei ollut vaikutusta soseen kuiva-aineeseen. Kuiva-aine pysyi lähes samana koko säilyvyysseurannan ajan.



Kuva 8. Kasvissosoiden kuiva-aine HPP-käsittelyn jälkeen ja säilyvyysseurannan aikana.

Tuotteen aistinvaraista laatua seurattiin näytteistä säilyvyysseurannan aikana. Näytteitä säilytettiin normaalisti kotijääkaapissa. Ensimmäisen kahden viikon jälkeen huomattiin, että avokado oli alkanut ruskistua pinnalta sekä lehtikaalin väri oli ruskistunut (kuva 9), kun kylmäsäilytettyjä soseita verrattiin HPP-käsiteltyyn pakastettuun soseeseen.



Kuva 9. Avokadososeen ja lehtikaalisoseen värin muutos 8 viikon kylmäsäilytyksen jälkeen. (Nykter 2021, CC-BY-SA)

Muiden soseiden värissä ei ollut tapahtunut muutosta. Avokadososeen väri ruskistui lisää säilyvyysseurannan aikana. Lehtikaalisoseen väri ei enää ensimmäisen kahden viikon jälkeen muuttunut ruskeammaksi. Värien määrittämisessä säilyvyysseurannan aikana yritettiin käyttää apuna NCS-värijärjestelmän värikarttoja. Värikarttojen avulla oli hankala löytää täsmälleen sama väri kuin tuotteessa oli. Paremmin ero tuli näkyviin vertaamalla pakastettuun soseeseen.

Mauillisesti kaikki soseet säilyivät ensimmäiset kaksi viikkoa. Neljän viikon ikäisenä huomattiin, että osa hernesosenäytteistä on pilaantunut. Selvä merkki tästä oli korkin pullistuminen, ja näyte maistui selvästi käyneeltä. Pilaantuneet näytteet hävitettiin.

6.4 Taloudellinen kannattavuus (Salattu)

Tulokset taloudellisesta kannattavuudesta ovat salassa pidettävää yrityskohtaista tietoa, joten ne on toimitettu vain työn tilaajalle.

7 TULOSTEN TARKASTELU JA POHDINTA

7.1 Mikrobiologisten, kemiallisten ja aistinvaraisten tulosten tarkastelu

Kehitystyössä saadut tulokset osoittavat, että HPP-käsittelyllä pystytään valmistamaan kylmässä säilyviä kasvissoseita. Ensimmäiset näytteet kuitenkin osoittivat, että pH:lla on iso merkitys soseen säilyvyyteen. Kun pH on lähellä neutraalia, mikrobit pystyvät helposti lisääntymään myös HPP-käsittelyssä tuotteessa. HPP-käsittelyllä ei pystytä tuhoamaan täysin mikrobien itiöitä. Joten on mahdollista, että ne pystyvät heräämään ja kasvamaan korkeamman pH:n tuotteessa myös HPP-käsittelyn jälkeen. Myös pakkausmateriaalilla voi olla merkitystä korkeamman pH:n soseiden säilyvyyteen. Soseiden säilyvyyttä saatiin huomattavasti parannettua toisissa näytteissä, kun pH laskettiin alle 5. Näissä näytteissä mikrobikasvu pysyi maltillisena säilyvyysseurannan aikana.

HPP-käsittely tuhosi suurimman osan pH säädettyjen näytteiden mikrobeista ja teki niistä turvallisia käyttää, tomaattisoseita lukuun ottamatta. Tomaattisoseen kokonaisbakteerimäärä jäi hyvin korkeaksi HPP-käsittelyn jälkeenkin ja ylitti elintarviketeollisuusliiton suositukset. Tomaattisose oli rakenteeltaan paksumpaa kuin muut soseet, ja näin ollen se sisälsi vähemmän vettä. Tästä syystä HPP-käsittely ei ole vaikuttanut tomaattisoseeseen samalla tavalla kuin muihin kehitystyön soseisiin. pH säädettyjen näytteiden säilyvyysseurannassa mikrobimäärät eivät kasvaneet kuin hiivojen osalta avokadososeessa ja bacilluksien osalta tomaatti- ja paprikasoseessa. Hiivojen määrä avokadososeessa alitti kuitenkin elintarviketeollisuusliiton suosituksen raaoille kasviksille. Myös bacillusten määrä jäi elintarviketeollisuusliiton suositusten alapuolelle.

Aistinvaraisesti pH-säädetyt näytteet säilyivät hyvin. Suurin värin muutos havaittiin lehtikaali- ja avokadososeissa, joissa soseen väri ruskistui säilyvyysseurannan aikana. Muutos johtui todennäköisesti soseeseen jääneestä entsyymiaktiivisuudesta, joka tuhoaa klorofylliä säilytyksen aikana. Hernesose oli aistinvaraisen arvioinnin poikkeus. Osassa hernesosenäytteitä huomattiin aistinvaraisesti selvää pilaantumista säilyvyysseurannan aikana, mutta mikrobiologisesti sose oli kunnossa. Hernesoseen pilaantuminen voi johtua huonosti suljetuista tai viallisista pakkauksista.

Soseiden pH ja kuiva-aine pysyivät samoina koko säilyvyysseurannan ajan. Tulos vastaa kirjallisuudessa löytyneitä aikaisempia tutkimuksia. Soseiden viskositeetti muuttui paksummaksi HPP-käsittelyssä, tämäkin tulos vastaa aikaisemmin tehtyjä tutkimuksia.

7.2 HPP-käsittelyn taloudellisuus (Salattu)

Taloudellisen tarkastelun tulosten tarkastelu ja pohdinta on toimitettu työn tilaajalle

7.3 Tutkimuksen virhelähteet

Kehitystyössä pakkausmateriaalina käytettiin 250 ml PET-pulloja, jotka pakattiin ja suljettiin käsin. Kirjallisuudessa on kerrottu, että ilmatilan pitäisi olla kaikissa pakkauksissa sama tasalaatuisuuden varmistamiseksi. Liian iso ilmatila aiheuttaa pakkauksen muodon muutoksen HPP-käsittelyssä. Koska soseet pulloitettiin käsin, ei voida olla varmoja, että kaikissa pulloissa on sama määrä käsiteltävää tuotetta. Lisäksi pulloitettiin käsin, jolloin kaikki korkit eivät välttämättä ole yhtä tiiviisti kiinni.

Nämä voivat olla syitä sille, että osa hernesosenäytteistä pilaantui ja myös muissa sosenäytteissä saattoi näkyä mikrobien kasvua joillakin tutkimusviikoilla.

Säilyvyysseurannassa mikrobimääritykset tehtiin kahden viikon välein ja näihin määrityksiin oli varattu omat pullo, eli avattuja pulloja ei säilytetty. Tästä syystä käsin pakkaamisen erot näkyvät myös mikrobiologisissa tuloksissa. Työssä käytetyt pullo eivät myöskään ole käytössä Toripihalla myyntipakkauksina, vaan ne on hankittu koeajoja varten. Siksi ei varmuudella pystytä sanomaan, onko ne täysin soveltuvia HPP-käsiteltyjen tuotteiden säilytykseen. Jotta voidaan varmasti sanoa, että mikrobikasvu osassa näytteitä johtui pakkauksista, niin koe pitäisi uusaa. Uudessa kokeessa näytteet tulisi pakata koneellisesti, että voitaisiin varmistua näytteiden tasalaatuisuudesta.

7.4 Jatkotutkimukset

Kehitystyön perusteella voidaan sanoa, että HPP-käsittelyä voidaan käyttää hyödyksi kasvituotteiden kehityksessä. Jotta kasvissoseita voitaisiin valmistaa HPP-käsittelyllä, on vielä syytä tutkia asiaa enemmän. Soseiden säilyvyyttä pystyttäisiin vielä parantamaan optimoimalla HPP-käsittelyssä käytettävää käsittelypainetta ja -aikaa, jolloin saataisiin varmasti kaikki mikrobit tuhottua näytteistä, etenkin tomaattisoseesta. Käsittelyä voisi testata myös korkeammalla paineella, jotta myös entsyymit saataisiin tuhottua lehtikaali- ja avokadososeesta. Hyvä olisi myös kokeilla menetelmää, jossa painekäsittelyä syklitetään. Sykleissä voisi käyttää samaa painetta, tai painetta voisi myös nostaa osaan sykleistä. Kirjallisuudessa on kerrottu, että entsyymit tuhoutuvat paremmin painekäsittelyä syklittämällä.

Tomaatti- ja paprikasoseissa oli pieniä määriä bacilluksia, jotka muodostavat itiöitä. Näiden tuhoaminen on hankalaa HPP-käsittelyllä. Tästä syystä olisi hyvä myös miettiä lämpökäsittelyn ja HPP-käsittelyn yhdistämistä. Kehitystyössä kasviksia lämmitettiin mahdollisimman vähän, mutta saataisiinko paremmin säilyviä kasvituotteita, jos kasvikset lämpökäsiteltäisiin ennen HPP-käsittelyä. Näin saataisiin varmemmin tuhottua myös HPP-käsittelystä selviävät itiöt ja mikrobit. Lämpökäsittely toki tuhoaa soseiden väriä, mutta jos käytetään esimerkiksi suorahöyrykuumennusta ja tehokasta jäähdytystä, niin värin muutos kuumennuksessa pystyttäisiin minimoimaan. Lisäksi tomaatin ja paprikan sisältämä punainen väri kestää kuumennusta paremmin kuin vihreä väri.

Kasvisten lisäkuumentaminen helpottaisi myös soseutusta masukomyllä. Pehmeämmät kasvikset kulkisivat helpommin prosessissa eteenpäin. Kuumennusvaiheessa käytettävän veden määrää pystyttäisiin optimoimaan, jolloin vettä voisi siirtää käytettäväksi soseutuksessa tai vähentämään vesimäärää soseessa. Näin pystyttäisiin valmistamaan vähemmän vettä sisältäviä, paksumpia soseita. Paksumpien soseiden valmistus vaatisi HPP-käsittelyssä käytettävien prosessiparametrien optimoinnin ja uuden säilyvyysseurannan.

Näiden lisäksi, olisi mielenkiintoista testata myös muun tyyppisiä kasvituotteita ja HPP-käsittelyn vaikutusta niihin. Jos testejä jatketaan, on hyvä muistaa yhdistää testeihin kattava säilyvyysseuranta ja aistinvarainen arviointi, jotta saadaan varmistettua, että tuotteet säilyttävät kaikki halutut ominaisuudet koko halutun säilyvyysajan.

8 YHTEENVETO

Kasvisten käyttö lisääntyy koko ajan, ja kuluttajat etsivät uusia ratkaisuja lisätä kasviksia ruokavalioon. Opinnäytetyössä selvitettiin Valio Oy Suonenjoen hillotehtaan pyynnöstä, minkälaisia mahdollisuuksia HPP-käsittely tarjoaa kasvissoseiden valmistukselle. Työ on osa innovaatioprosessin suunnitteluvaihetta. Kasvissoseet valmistettiin hillotehtaalla ja käsiteltiin Toripiha Oy:n HPP-laitteistolla.

Työn kirjalliseen osuuteen on koostettu tietoa kasviksista ruokavaliossa, kasvisten käyttöön vaikuttavista tekijöistä ja kasvisten mikrobiologisesta laadusta, HPP-käsittelystä ja innovaatioprosessista. Innovaatioprosessi kuvataan neljän vaiheen kautta. Nämä neljä vaihetta ovat: asiakasymmärrys, tuotteen tai palvelun konseptointi, tuotteen tai palvelun suunnittelu ja toteuttaminen ja liiketoiminnan suunnittelu. HPP-käsittelystä on kerrottu laajasti kirjallisessa osuudessa. Työssä käsitellään mm. HPP-käsittelyn hyödyntämistä elintarviketeollisuudessa, mitkä ovat menetelmän edut verrattuna perinteiseen lämpökäsittelyyn, sen vaikutus mikrobiologiseen säilyvyyteen, ravinteisiin ja aistittavaan laatuun.

Suunnitteluvaiheen kehitystyössä valmistettiin paprika-, tomaatti-, punajuuri-, bataatti-, herne-, lehtikaali-, ja avokadososenäytteet, jotka käsiteltiin HPP-laitteistolla. Käsiteltyjä näytteitä tutkittiin mikrobiologisesti, kemiallisesti ja aistinvaraisesti 8 viikon ajan. Lisäksi tarkasteltiin soseiden taloudellista kannattavuutta, josta tulokset luovutettiin vain työn tilaajalle. Kehitystyössä huomattiin, että pH:lla on suuri merkitys HPP-soseiden säilyvyyteen. Ensimmäiset näytteet olivat mikrobiologisesti pilaantuneita jo kahden viikon jälkeen. Kun pH säädettiin sitruunamehutiivisteellä alemmaksi, saatiin soseiden säilyvyyden osalta erittäin lupaavia tuloksia. Näytteet säilyivät hyvin 8 viikon säilyvyysajan, lukuun ottamatta hernesosetta, jossa havaittiin aistinvaraisesti pilaantumista ja tomaattisosetta, jossa kokonaismikrobimäärä jäi korkeaksi HPP-käsittelyn jälkeen. Säilyvyysseurannan tuloksista kuitenkin huomataan, että mikrobien määrä ei juurikaan lisäännä säilyvyysajan aikana.

Kehitystyön perusteella voidaan sanoa, että HPP-käsittelyä voidaan käyttää kasvituotteiden kehitykseen. Ennen varsinaisten tuotteiden valmistusta on kuitenkin syytä vielä tehdä lisäkokeita, joissa etsitään kasvissoseille soveltuvin käsittelyaika ja -paine. Lisäksi on hyvä etsiä kasvissoseille parhaiten soveltuva pakkausratkaisu ja kokeilla saadaanko lämpökäsittelyllä ennen HPP-käsittelyä jatkettua tuotteen säilyvyyttä.

Mielenkiintoista olisi myös testata HPP-käsittelyä muun tyyppisille kasvituotteille. Valio Oy Suonenjoen hillotehtaalla valmistetaan hyvin erityyppisiä tuotteita. Tuotteiden viskositeetit vaihtelevat hyvin löysistä tuotteista paksuihin tahnamaisiin tuotteisiin. Ennen kuin HPP-käsittely otetaan laajempaan käyttöön, olisi hyvä selvittää miten esimerkiksi eri tärkkelykset ja sakeuttamisaineet toimivat HPP-käsittelyssä.

LÄHTEET

Aaby, Kjersti, Grimsbo, Ingunn, Hovda, Maria & Rode, Tone 2018. Effect of high pressure and thermal processing on shelf life and quality of strawberry purée and juice. *Food chemistry*, 260, 115-123. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.03.100>

Abadias, M, Usall, J, Anguera, M, Solsona, C & Viñas, I 2008. Microbiological quality of fresh, minimally-processed fruit and vegetables, and sprouts from retail establishments. *International journal of food microbiology*, 123(1), 121-129. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2007.12.013>

Apilo, Tiina & Taskinen, Tapani 2006. innovaatioiden johtaminen. VTT:n tiedotteita, 2330, 1-126. <https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/tiedotteet/2006/T2330.pdf>

Asetus EY2073/2005, Euroopan yhteisöjen komission asetus elintarvikkeiden mikrobiologisista vaatimuksista. Euroopanunionin virallinen lehti 22.12.2005. <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2005:338:0001:0026:FI:PDF>. Viitattu 2.6.2021

Borda, Daniela, Bleoanca, Iulia & Turtoi, Maria 2013. Advancements in high pressure processing & applications in vegetal origin foods and food safety indicators. *The Annals of the University Dunarea de Jos of Galati. Fascicle VI, Food technology*, 37(2), 18-34.

Butz, P, Edenharder, R., García, A, Fister, H, Merkel, C & Tauscher, B 2002. Changes in functional properties of vegetables induced by high pressure treatment. *Food research international*, 35(2), 295-300. [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(01\)00199-5](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(01)00199-5)

Cacace, Federica, Bottani, Eleonora, Rizzi, Antonio & Vignali Giuseppe 2020. Evaluation of the economic and environmental sustainability of high pressure processing of foods. *Innovative food science & emerging technologies*, 60, 102-281. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2019.102281>

Chai, Changhoon, Lee, Jooyoung, Lee, Younjung, Na, Sangyoul & Park, Jiyong 2014. A combination of TiO₂-UV photocatalysis and high hydrostatic pressure to inactivate *Bacillus cereus* in freshly squeezed Angelica keiskei juice. *Food science & technology*, 55(1), 104-109. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.08.015>

Daher, Dahlia, Le Gourrierc, Soléne & Pérez-Lamela, Concepción 2017. Effect of High Pressure Processing on the Microbial Inactivation in Fruit Preparations and Other Vegetable Based Beverages. *Agriculture (Basel)*, 7(9), 72. <https://doi.org/10.3390/agriculture7090072>

Darian, Jean & Tucci, Louis 2013. Developing marketing strategies to increase vegetable consumption. *The Journal of consumer marketing*, 30(5), 427-435. <https://doi.org/10.1108/JCM-02-2013-0468>

Denoya, Gabriela, Vaudagna, Sergio & Polenta, Gustavo 2015. Effect of high pressure processing and vacuum packaging on the preservation of fresh-cut peaches. *Food science & technology*, 62(1), 801-806. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.09.036>

Elintarviketeollisuusliitto, 2017, Elintarvikkeiden mikrobiologisia ohjausarvoja viimeisenä käyttöpäivänä. Etl.fi. <https://www.etl.fi/media/aineistot/suosituksset-ja-ohjeet/elintarvikkeiden-mikrobiologisia-ohjausarvoja-viimeisena-kayttopaivana-2017-suositus.pdf>. Viitattu 2.6.2021

Fernandez, M, Denoya, G, Agüero, M, Jagus, R & Vaudagna, S 2018. Optimization of high pressure processing parameters to preserve quality attributes of a mixed fruit and vegetable smoothie. *Innovative food science & emerging technologies*, 47, 170-179. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2018.02.011>

Fernandez, M., Denoya, G., Jagus, R., Vaudagna, S. & Agüero, M. 2019. Microbiological, antioxidant and physicochemical stability of a fruit and vegetable smoothie treated by high pressure processing

and stored at room temperature. *Food science & technology*, 105, 206-210.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.02.030>

Futurice 2021. Lean Service Creation. Verkkojulkaisu. <https://futurice.com/lean-service-creation> viitattu 18.9.2021

Helsingin yliopisto 2018. Kiertotalouden keksinnöt koulussa. Verkkojulkaisu. <https://blogs.helsinki.fi/kiertotaloudenkeksinnot/keksintojen-tekeminen/innovaatioprosessi/> viitattu 25.8.2021

Hsu, Kuo-Chiang, Tan, Fu-Jui & Chi, Hsin-Yi 2008. Evaluation of microbial inactivation and physico-chemical properties of pressurized tomato juice during refrigerated storage. *Food science & technology*, 41(3), 367-375. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2007.03.030>

Huang, Hsiao-Wen, Wu, Sz-Jie, Lu, Jen-Kai, Shyu, Yuan-Tay & Wang Chung-Yi 2017. Current status and future trends of high-pressure processing in food industry. *Food Control*, 72, 1-8.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.07.019>

Hurtado, Adriana, Picouet, Pierre, Jofré, Anna, Dolors Guàrdia, Maria, Ros, José, ja Bañón, Sancho 2015. Application of High Pressure Processing for Obtaining "Fresh-Like" Fruit Smoothies. *Food and Bioprocess Technology* 8, 12. 2470-2482. <https://dx.doi.org/10.1007/s11947-015-1598-5>.

Hutek Oy, 2021. BIB on tulevaisuuden pakkausratkaisu. hutek.fi yrityksen internet-sivut. Päivitetty 2021. <https://www.hutek.fi/bag-in-box/>. Viitattu 7.6.2021

Hyldelund, Nicoline, Worck, Signe & Olsen, Annemarie 2020. Convenience may increase vegetable intake among young consumers. *Food quality and preference*, 83, 103925.
<https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2020.103925>

Juliano, Pablo, Koutchma, Tatiana, Sui, Qian, Barbosa-Cánovas, Gustavo & Sadler, George 2010. Polymeric-Based Food Packaging for High-Pressure Processing. *Food engineering reviews*, 2(4), 274-297. <https://doi.org/10.1007/s12393-010-9026-0>

Kaitaranta, Jukka 2014. Korkeapaineprosessointi on lyönyt läpi elintarviketuotannossa. *Kehittyvä elintarvike*, 4, 24-27. <https://vanha.kehittyvaelintarvike.fi/lehdet/2014/4.pdf>

Kambhampati, Vivek, Singh, Surayjoy, Ritesh, W, Soberly, M, Baby, Z, Baite, H, Mishra, S & Prdhan R 2019. A Review on Postharvest Management and Advances in the Minimal Processing of Fresh-cut Fruits and Vegetables. *Journal of microbiology, biotechnology and food sciences*, 8(5), 1178-1187.
<https://doi.org/10.15414/jmbfs.2019.8.5.1178-1187>

Kauppinen-Räisänen, H, Leipämaa-Leskinen H & Pentikäinen, N 2020. Kasviruoka on muuttumassa yhä useammin lisukkeesta pääruuaksi. *Kehittyvä elintarvike*, verkkolehti 17.8.2020. <https://kehittyvaelintarvike.fi/artikkelit/toimialat/kasviteollisuus/kasviruoka-on-muuttumassa-yha-useammin-lisukkeesta-paaruuaksi/>. Viitattu 2.6.2021

K-ruoka 2018. Tuoteinnovaatiot vähentävät ruokahävikkiä. Verkkojulkaisu. k-ruoka.fi verkkopalvelu. Päivitetty 16.5.2018. <https://www.k-ruoka.fi/artikkelit/k-kaupassa/tuoteinnovaatiot-vahentavat-ruokahavikkia>. Viitattu 14.5.2021

Kylliäinen, Julia 2019. Innovaatio ja sen johtaminen – Mitä se on ja kuinka onnistua? Viima a hype innovation company blogi. 4.3.2019. <https://www.viima.com/fi/blogi/innovaatio#mit%C3%A4-on-innovaatio>. Viitattu 25.8.2021

Kylmä, Juho 2021. Toimitusjohtaja Toripiha Oy. Mahdollisia pakkauksia HPP laitteistoon. Yksityinen sähköpostiviesti 4.6.2021. Viestin saaja: Merja Nykter

- López-Fandiño, Rosina 2005. High pressure-induced changes in milk proteins and possible applications in dairy technology, 16, 119-1131. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2005.11.007>. Viitattu 2.6.2021
- Luonnonvarakeskus 2020. Ravintotase 2018 ja ennakko 2019. Luke.fi. Päivitetty 25.6.2020. https://stat.luke.fi/ravintotase-2018-lopullinen-ja-ennakko-2019_fi. Viitattu 14.5.2021.
- Marangoni Júnior, Luís, Cristianini, Marcelo, Padula, Marisa & Anjos, Carlos 2019. Effect of high-pressure processing on characteristics of flexible packaging for foods and beverages. *Food research international*, 119, 920-930. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.10.078>
- Mintel 2021. GNPD market tracker. www.gnpd.com. Viitattu 16.6.2021
- Ng, S, Tan, T, Tan, P, Chong, G & Tan, C 2020. Effect of selected high pressure processing parameters on the sensory attributes and shelf life of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* L.) bulb packed using different packaging materials. *International food research journal*, 27(4), 675-682.
- Nykter, Merja 2021. Avokadososeen ja lehtikaalisoseen värin muutos 8 viikon kylmäsäilytyksen jälkeen. valokuva, kuvauspäivä tuntematon, 2021. Kuopio: Merja Nykterin kokoelma
- Nykter, Merja 2021. Esimerkkejä HPP-käsitellyistä tuotteista Suomen markkinoilla. valokuva, kuvauspäivä tuntematon, 2021. Kuopio: Merja Nykterin kokoelma
- Nykter, Merja 2021. Kasvisten käsittely sulatusaltaassa. valokuva, kuvauspäivä tuntematon, 2021. Kuopio: Merja Nykterin kokoelma
- Oey, Indrawati, Van der Plancken, Iesel, Van Loey, Ann ja Hendrickx, Marc 2008. Does high pressure processing influence nutritional aspects of plant based food systems? *Trends in Food Science & Technology* 19, 300-308. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2007.09.002>
- Oey, Indrawati, Lille, Martina, Van Loey, Ann ja Hendrickx, Marc 2008. Effect of High-pressure processing on colour, texture and flavour of fruit and vegetable-based food products: a review. *Trends in Food Science & Technology* 19, 320-328) <http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2008.04.001>
- Olsen, Nina, Grunert, Klaus & Sonne, Anne-Mette 2010. Consumer acceptance of high-pressure processing and pulsed-electric field: A review. *Trends in food science & technology*, 21(9), 464-472. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2010.07.002>
- Patrignani, Francesca, Siroli, Lorenzo, Serrazanetti, Diana, Gardini, Fausto & Lanciotti, Rosalba 2015. Innovative strategies based on the use of essential oils and their components to improve safety, shelf-life and quality of minimally processed fruits and vegetables. *Trends in food science & technology*, 46(2), 311-319. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.03.009>
- Pereira, R & Vicente, A 2010. Environmental impact of novel thermal and non-thermal technologies in food processing. *Food research international*, 43(7), 1936-1943. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.09.013>
- Petrus, Rodrigo, Churey, John & Worobo, William 2020. High pressure processing of apple juice: the most effective parameters to inactivate pathogens and reference. *British Food Journal*, 122(12)3969-3979. <https://doi.org/10.1108/BFJ-03-2020-0178>
- Piitulainen, Mikko 2021. Toripihalla käytössä olevat pakkaukset. Bag-in-box pakkauksia on mahdollista saada muitakin kokoja. valokuva, kuvauspäivä tuntematon, 2021. Suonenjoki: Toripiha Oy
- Porretta, Sebastiano, Birzi, Alessandra, Ghizzoni, Claudio. & Vicini, Enzo 1995. Effects of ultra-high hydrostatic pressure treatments on the quality of tomato juice. *Food chemistry*, 52(1), 35-41. [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(94\)P4178-I](https://doi.org/10.1016/0308-8146(94)P4178-I)

- Rastogi, N. K., Raghavarao, K. S. M. S., Balasubramaniam, V. M., Niranjan, K., & Knorr, D. (2007). Opportunities and challenges in high pressure processing of foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 47, 69e112.
- Roos, E, Talala, K, Laaksonen, M, Helakorpi, S, Rahkonen, O, Uutela A & Prättälä, R 2008. Trends of socioeconomic differences in daily vegetable consumption, 1979-2002. *European journal of clinical nutrition*, 62(7), 823-833. <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1602798>
- San Martín, M, Barbosa-Cánovas, G, & Swanson, B 2002. Food Processing by High Hydrostatic Pressure. *Critical reviews in food science and nutrition*, 42(6), 627-645. <https://doi.org/10.1080/20024091054274>
- Smelt, J 1998. Recent advances in the microbiology of high pressure processing. *Trends in Food Science & Technology*, 9, 152-158. [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(98\)00030-2](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(98)00030-2)
- Sonne, Anne-Mette, Grunert, Klaus, Olsen, Nina, Granli, Britt-Signe, Szabó, Erzsébet & Banati, Diana 2012. Consumers' perceptions of HPP and PEF food products. *British food journal (1966)*, 114(1), 85-107. <https://doi.org/10.1108/00070701211197383>
- Sravani, V., Ravi, N. Roopa, N, Kumar, S, Pandey, A & Chauhan, O 2017. Use of high pressure technology for the development of novel jam and its quality evaluation during storage. *Journal of food science and technology*, 54(11), 3562-3568. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2814-2>
- Stinco, Carla, Szczepańska, Justyna, Marszałek, Krystian, Pinto, Carlos, Inácio, Rita, Mapelli-Brahm, Paula, Barba, Franciso, Lorenzo, Jose, Saraiva Jorge & Meléndez-Martínez, Antonio 2019. Effect of high-pressure processing on carotenoids profile, colour, microbial and enzymatic stability of cloudy carrot juice. *Food chemistry*, 299, 125112. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125112>
- Tilastokeskus 2018. Lihasta luovutaan pikkuhiljaa -myös muualla kuin pääkaupunkiseudulla. Verkkójulkaisu. Stat.fi verkkopalvelu asiantuntija-artikkeli ja ajankohtaisblogit. Päivitetty 14.8.2018. <https://www.stat.fi/tietotrendit/artikkelit/2018/lihasta-luovutaan-pikkuhiljaa-myos-muualla-kuin-paa-kaupunkiseudulla/> Viitattu 31.5.2021
- Tilastokeskus 2021. Suomen virallinen tilasto (SVT): Innovaatiotoiminta. verkkójulkaisu. <http://www.stat.fi/til/inn/kas.html> Viitattu 25.8.2021
- Tola, Yetenayet & Ramaswamy, Hosahalli 2014. Combined effects of high pressure, moderate heat and pH on the inactivation kinetics of *Bacillus licheniformis* spores in carrot juice. *Food research international*, 62, 50-58. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.02.006>
- Toripiha, 2018. HPP-käsittely. Prosessikuvaus. <https://www.toripiha.fi/fi/hpp-kasittely>. Viitattu 19.5.2021
- Torres, Antonio & Velazquez, Gonzalo 2005. Commercial opportunities and research challenges in the high pressure processing of foods. *Journal of Food Engineering*, 67, 95-112. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.05.066>
- Valio 2020. Ruokatrendit koronaviruspandemian myllerryksessä. Verkkójulkaisu. Valio.fi ammattilaiset pinnalla ammattikeittiöissä. Päivitetty 23.11.2020. <https://www.valio.fi/ammattilaiset/artikkelit/ruokatrendit-koronaviruspandemian-myllerryksessa/>. Viitattu 31.5.2021
- Valsta, Liisa, Kaartinen, Niina, Tapanainen, Heli, Männistö, Satu & Sääksjärvi, Katri 2018. Ravitsemus Suomessa - Fin Ravinto 2017 -tutkimus. https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/137433/Raportti_12_2018_nettiluusi%202024.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Viitattu 14.5.2021

Valtion ravitsemusneuvottelukunta 2014. Terveyttä ruoasta - Suomalaiset ravitsemussuositukset 2014. Verkkojulkaisu. Ruokavirasto.fi verkkopalvelu terveyttä edistävä ruokavalio. Päivitetty 8.4.2021. https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/teemat/terveytta-edistava-ruokavalio/kuluttaja-ja-ammattilaismateriaali/julkaisut/ravitsemussuositukset_2014_fi_web_versio_5.pdf. Viitattu 14.5.2021.

Zhang, Yan, Liu, XingChen, Wang, Yongtao, Zhao, Feng, Sun, Zhijian & Liao, Xiaojun 2016. Quality comparison of carrot juices processed by high-pressure processing and high-temperature short-time processing. *Innovative food science & emerging technologies*, 33, 135-144. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2015.10.012>

Zhang, Helen, Yamamoto, Etsuko, Murphy, Johanna & Locas, Annie 2020. Microbiological safety of ready-to-eat fresh-cut fruits and vegetables sold on the Canadian retail market. *International journal of food microbiology*, 335, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108855>