



Osaamista  
ja oivallusta  
tulevaisuuden  
tekemiseen

Urho Paakkari

# Tuoreleikattujen kasvisten laadun parantaminen erilaisten pesumenetelmien avulla

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Bio- ja kemiantekniikka

Insinöörityö

20.12.2020

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Urho Paakkari Tuoreleikattujen kasvien laadun parantaminen erilaisten pesumenetelmien avulla 66 sivua + 9 liitettä 20.12.2020
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	bio- ja kemiantekniikka
Ammatillinen pääaine	bio- ja elintarviketekniikka
Ohjaajat	Laatu- ja tutkimuspäällikkö Anssi Vuorinen Lehtori Carola Fortelius–Sarén
<p>Tämä insinöörityö tehtiin elintarviketuotantolaitokselle, jossa valmistetaan tuoreleikattuja kasviksia. Tavoitteena oli löytää optimaalisimmat pesumenetelmät tuoreleikatuille kasviksille parhaan mahdollisen säilyvyyden saavuttamiseksi. Tutkimuksessa käytetyt pesumenetelmät olivat kohdeyrityksessä käytössä. Raaka-aineiksi valittiin kukkakaali (<i>Brassica oleracea</i> L. Botrytis-ryhmä) sekä parsakaali (<i>Brassica oleracea</i> L. Italica-ryhmä). Pesumenetelmien variaatiot pitivät sisällään erilaisia esipesuja tai leikkauksen jälkeisiä pesuja. Näitä toteutettiin kukkakaalille kahdeksaa erilaista ja parsakaalille kuutta.</p> <p>Kirjallisuuskatsauksessa tarkasteltiin tuoreleikattujen kasvien tuotannossa tapahtuvia epäedullisia fysiologisia ominaisuuksia. Katsauksessa perehdyttiin myös siihen, millaisia säilyvyyttä parantavia materiaaleja ja menetelmiä on olemassa. Kokeellisessa osuudessa tutkittiin mikä valikoiduista pesumenetelmistä tai niiden yhdistelmistä olisi paras molemmille raaka-aineille. Tutkimuksessa selvitettiin ensin raaka-aineiden soluhengitysnopeudet ja tämän pohjalta määritettiin vakioksi pakkausmateriaalit sekä –kaasut. Kokeellisessa tutkimuksessa laatu määriteltiin mikrobiologisilla tutkimuksilla, aistinvaraisella arvioinnilla sekä jäännöskaasumittauksilla. Mikrobiologisissa tutkimuksissa selvitettiin kokonaismikrobien, hiivojen sekä homeiden määrää. Aistinvaraisessa arvioinnissa arvioitiin hajua, makua sekä ulkonäköä. Jäännöskaasumittauksissa mitattiin hiilidioksidi- sekä happipitoisuuksia.</p> <p>Tuloksien analysointi ei ollut täysin yksiselitteistä, koska pyrittiin löytämään kummallekin raaka-aineelle yhteinen sopiva menetelmä. Mikrobiologisesta tutkimuksesta saatiin selkeimmät tulokset, joita myös kirjallisuus tuki. Aistinvaraiset arvioinnit ja jäännöskaasumittaukset tukivat toisiaan ja olivat pääsääntöisesti mikrobiologisten tutkimusten kanssa yhtenäisiä.</p> <p>Tuloksien perusteella raaka-aineen esipeseminen esipesulinjastolla on laadun kannalta hyväksi, mutta leikkauksen jälkeisestä pesusta saatiin osittain ristiriitaisia tuloksia. Laadun kannalta huonoin menetelmä oli jättää pesemättä tuote, koska näissä tuloksissa oli eniten hajontaa.</p>	
Avainsanat	laatu, kasvis, tuotekehitys, tuoreleikattu, säilyvyyskokeet

Author Title	Urho Paakkari Improving Quality of Fresh-Cut Vegetables By Different Washing Methods
Number of Pages Date	66 pages + 9 appendices 20 December 2020
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Biotechnology and Chemical Engineering
Professional Major	Biotechnology and Food Engineering
Instructors	Quality and Research Manager, Anssi Vuorinen Lecturer Carola Fortelius-Sarén
<p>This thesis was made for a food manufacturing plant focusing on fresh-cut produce. The aim of the study was to seek the most effective washing method for fresh-cut vegetables to acquire the longest shelf-life with this type of methods. The methods used in this study were already in use at this manufacturing plant. The study focused on cauliflower (<i>Brassica oleracea</i> L. Botrytis) and broccoli (<i>Brassica oleracea</i> L. Italica). The variation of washing methods included different kinds of prewashing methods and washing methods applied after cutting. Eight combinations of methods were executed on cauliflower and six methods on broccoli.</p> <p>The literature review discusses the negative physiological effects on product caused by fresh-cut vegetable production. The possibilities to improve shelf-life of these products are also reviewed. The experimental part of this thesis shows experimental data on which was the best washing method from the selected options for both of the raw materials. At the beginning of the study the respiration rates of the two raw materials were determined and the decision of packaging materials and methods made based on the results. The quality of the samples was studied using microbiological studies, sensory evaluation and residual gas determination. The microbiological study quantified the total aerobic plate count, yeast and mold. The sensory evaluation included odor, taste and appearance of the samples. The residual gases examined included oxygen and carbon dioxide</p> <p>Analysis of the results was not straightforward because there was a need to find the best method that suit for both of the raw materials. The microbiological study provided the clearest results, which were supported by literature. Data from sensory evaluation and residual gas determinations supported each other.</p> <p>On the basis of the results of this thesis the most effective way to execute washing with these raw materials were to only prewash them in prewashing line which included sinking and rinsing the raw materials. The results of washing samples after cutting was incoherent thus cannot be recommended based on the results.</p>	
Keywords	quality, vegetables, product development, fresh-cut, shelf life

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Kirjallisuuskatsaus	3
2.1	Kasvikset ruokavaliossa ja tuoreleikattujen kasvisten rooli yhteiskunnassa	4
2.2	Tuoreleikattujen kasvisten prosessointi ja mikrobiologia	5
2.2.1	Soluhengitys	7
2.2.2	Etyleenin tuotto	10
2.2.3	Kuivuminen	13
2.2.4	Tummuminen	14
2.3	Prosessointimenetelmät säilyvyyden parantamisen kannalta	15
2.3.1	Vesipesu	16
2.3.2	Muita vaihtoehtoisia menetelmiä	17
2.4	Yleisimmät pakkausmateriaalit ja -menetelmät	18
2.4.1	Suojakaasupakkaaminen	19
2.4.2	Pakkausmenetelmät	24
2.5	Säilyvyytutkimuksien menetelmät	26
2.5.1	Mikrobiologiset tutkimukset	26
2.5.2	Aistinvarainen arviointi	27
2.5.3	Kaasuarvojen mittaaminen	27
3	Kokeellinen tutkimus	28
3.1	Työn tavoite ja toteutustapa	28
3.2	Materiaalit ja menetelmät	30
3.2.1	Soluhengityksen mittaaminen	30
3.2.2	Pakkausmateriaalit	31
3.2.3	Kokeiden olosuhteet	31
3.2.4	Tuotteiden valmistus	32
3.2.5	Mikrobiologiset tutkimukset	35
3.2.6	Aistinvarainen arviointi	36
3.2.7	Tulosten analysointi	37
3.3	Tulokset	37

3.3.1	Soluhengitysmittaus	38
3.3.2	Mikrobiologinen tutkimus	39
3.3.3	Aistinvarainen arviointi	45
3.3.4	Jäännöskaasupitoisuuden mittaus	50
4	Yhteenveto ja tulosten tarkastelu	53
4.1	Tulosten tarkastelu	54
4.2	Soluhengityksen mittaus ja mikrobiologisten tulosten tarkastelu	55
4.3	Aistinvaraisen arvioinnin sekä jäännöskaasumittausten tulosten tarkastelu	56
5	Pohdinta	57
5.1	Insinööriyön onnistuminen prosessina	57
5.2	Jatkotutkimusmahdollisuudet	60
5.3	Vaihtoehtoisia menetelmiä säilyvyyden parantamiseksi	60
	Lähteet	62
	Liitteet	
	Liite 1. Säilyvyyskokeiden ensimmäisen vaiheen työohje	
	Liite 2. Säilyvyyskokeiden toisen vaiheen työohje	
	Liite 3. Kukkakaalin soluhengitysmittauksen tulokset	
	Liite 4. Parsakaalin soluhengitysmittauksen tulokset	
	Liite 5. Ensimmäisen osion mikrobiologiset kokonaistulokset taulukoina	
	Liite 6. Toisen osion mikrobiologiset kokonaistulokset taulukoina	
	Liite 7. Ensimmäisen osion aistinvaraisen arvioinnin sekä jäännöskaasumittausten tulokset	
	Liite 8. Toisen osion aistinvaraisen arvioinnin sekä jäännöskaasumittausten tulokset	
	Liite 9. Kokeellisen tutkimuksen näytemäärät taulukoituna	

## Lyhenteet ja selitykset

BRC/IFS	Brand Reputation Compliance / International Food Standard, kansainvälinen ruokastandardi
FSSC 22000	Food Safety System Certification, Elintarviketurvallisuusjärjestelmä
Fytokemikaali	Bioaktiivisia yhdisteitä, jotka syödessä voivat olla terveydelle eduksi
GMP	Good Manufacturing Practice, hyvät valmistustavat
GN	Gastronorm-mitoitus. Standardisoitu astiakokojärjestelmä
HACCP	Hazard Analysis and Critical Control Points, vaarojen arviointi ja kriittiset hallintapisteet
HORECA	Hotelli, ravintola ja catering
ISO 14001	Kansainvälinen ympäristöjärjestelmän standardi
ISO 9001	Kansainvälinen laatujohtamisjärjestelmän standardi
MAP	Modified Atmosphere Packaging, suojakaasupakkaaminen, muunnettu ilmakehä pakkauksessa
RH	Relative humidity, suhteellinen ilmankosteus
RQ	Respiratory Quotient, hengitysosamäärä
RR	Respiration Rate, soluhengitysnopeus

## 1 Johdanto

Tuoreleikatut kasvikset ja hedelmät (engl. fresh-cut vegetables and fruits) on kehitetty alun perin HORECA-alalle (Hotels, Restaurants and Catering) helpottamaan ja tehostamaan työtä ravintoloissa ja ravitsemuspalveluksissa. Niitä on ollut kuluttajille tarjolla muualla päin maailmaa jo 1930-luvulta lähtien. Viimeisen kolmen vuosikymmenen aikana tuoreleikatut tuotteet ovat kuitenkin vasta levinneet kuluttajien keskuuteen laajemmin ja lisänneet suosiotaan ruokakaupoissakin. (Rojas-Grau ym. 2010: 1–3.) Maailmalla kuluttajille suunnatut pakkaukset ovat tuttu näky ruokakauppojen hyllyillä. Viime vuosina myös Suomessa niitä on alkanut nähdä selkeästi enemmän kauppojen vihannesosastolla tuoreleikattujen vihannesten ja hedelmien osalta. Selkeän muutoksen tämän kaltaisten tuotteiden osalta ruokakaupoissa sai nähdä vuoden 2020 koronaviruspandemian myötä, kun kuluttajat alkoivat enemmän arvostamaan käyttövalmiita kasviksia irtomyynnissä olevien rinnalla.

Tutuimpia tuoreleikattuja kasviksia kuluttajille ovat todennäköisimmin valmiiksi leikatut salaattisekoitukset tai salaatit (Murcia ym. 2009). Nykyään kaupoista voi löytää jo laajalti erilaisia tuotteita tuoreleikatuissa vihanneksissa ja hedelmissä aina kaaleista erilaisiin hedelmäsalaatteihin.

Tuoreleikatut kasvikset on nimensä mukaisesti prosessoitu leikkaamalla tuoreena. Tällaisia tuotteita voidaan kutsua myös hyvin vähän prosessoiduiksi tuotteiksi (engl. minimally processed products). Joten vaikka on kyse prosessoidusta ruoasta, on tällaisissa tuotteissa selkeä ero einesruokiin. Tuoreleikattujen kasvien prosessointi tarkoittaa, että ne on puhdistettu, pesty ja leikattu halutun kokoiseksi palakooksi, sellaiseksi tuotteeksi, joka on tarkoitettu täysin syötäväksi ja ettei sitä tarvitse heittää pois mitään. (Rojas-Grau ym. 2010: 1–3.)

Kasvien leikkaaminen muuttaa radikaalisti niiden säilyvyyttä. Kokonaisena kasvis voi säilyä monia viikkoja tai jopa kuukausia oikein säilytettynä, kun tuoreleikatun kasviksen säilyvyydestä Suomessa puhutaan parhaimmillaan päivissä. Säilyvyyden lyheneminen perustuu mm. kiihtyneeseen soluhengitykseen, etyleenin tuottoon leikkauksen myötä sekä mikrobiologiseen pilaantumiseen. On olemassa tapoja, joilla voidaan pidentää

tuoreleikattujen kasvien säilyvyyttä. Hyödyksi voidaan käyttää apuaineita, kuten esimerkiksi askorbiinihappoa tummumisen estämiseksi, suojakaasuja hidastamaan tuotteen hapettumista, oikeanlaisilla pakkausmateriaalivalinnoilla tai erilaisia pesutekniikoita tuotannon eri vaiheissa. Näillä keinoilla voidaan pidentää säilyvyyttä päivillä, kun löydetään optimaalisimmat tavat halutulle raaka-aineelle. Kasvikset kuitenkin ovat rakenteiltaan niin erilaisia, että jokaiselle on löydettävä omat parhaimmat tavat, eikä yhtä hyväksi todettua voida käyttää jokaiseen.

Työn tavoitteena oli tutkia, miten erilaiset pesumenetelmät vaikuttavat tuoreleikattujen kasvien säilyvyyteen. Tarkoituksena oli löytää yhtenäinen prosessointi molemmille, jotta tuotanto pysyisi tehokkaana. Tämän insinööriyön ajatus lähti siitä, kun yrityksen eri toimipisteissä on ollut erilaisia toimintatapoja parsan- ja kukkakaalien prosessoinnissa, erityisesti kasvien pesemisen suhteen ja vaikka tutkimustietoa löytyy pesemisen eduksi, niin kuitenkin aistinvaraisesti on saatu ristiriitaista tietoa laadusta. Tällä tutkimuksella haluttiin saada selkeää tietoa, johon voidaan nojautua. Muut prosessoinnin tekijät pysyivät vakioina tutkimuksen ajan, koska ne oli määritelty jo aiemmillä yrityksen sisäisesti tehdyillä tutkimuksilla optimaalisimmiksi menetelmiksi sekä materiaaleiksi. Näitä tekijöitä olivat pakkausmateriaalit, suojakaasut ja niiden arvot sekä raaka-aineen leikkaustapa.

Kirjallisuuskatsauksessa käytiin läpi kasvien tärkeyttä ruokavaliossa, niiden käyttäytymistä prosessoinnissa eli leikatessa, erilaisia pakkausmenetelmiä ja -materiaaleja, erilaisia prosessointimenetelmiä Suomessa ja kansainvälisesti sekä säilyvyyskokeiden teoriaa.

Kokeellisessa osuudessa selvitettiin optimaalisin pesutapa säilyvyyskokeiden avulla. Säilyvyyskokeissa käytettiin tutkimusmenetelminä mikrobiologista tutkimusta, aistinvaraista arviointia sekä jäännöskaasumittauksia. Pohdinnan osuudessa käytiin läpi koko työn onnistumista osa-alueittain, tutkimuksen jatkotutkimusmahdollisuuksia, vaihtoehtoisia menetelmiä tuoreleikattujen kasvien säilyvyyden parantamisessa sekä pohditaan yleisesti hyötyjä ja haittoja tuoreleikatuissa kasviksissa. Tutkimustyö suoritettiin kvantitatiivisena sekä kvalitatiivisena tutkimuksena. Kvantitatiivisena tutkimusmenetelmänä käytettiin kokeellisen osuuden mikrobiologisia mittauksia sekä jäännöskaasumittauksia.



Kvalitatiivisina tutkimusmenetelminä käytettiin teoretietoa, tutkimuksesta saatujen tietojen vertausta siihen sekä aistinvaraista arviointia.

## 2 Kirjallisuuskatsaus

Kasvisten rooli ruokavaliossa käydään katsauksessa läpi, koska tällä selvennetään, miten tärkeä yhteiskunnallinen vaikutus tutkimuksella on. Tutkimus edistää kasvisten syömistä helpottamalla logistiikkaketjua säilyvyyden parantamisella.

Kasvisten roolin ruokavaliossa jälkeen läpi käydään kasvisten fysiologiaa, kun niitä prosessoidaan esimerkiksi leikkaamalla tai kuorimalla. Tähän liittyy prosessoinnin lisäksi mikrobiologia, soluhengitys, etyleenin tuotto, tummuminen sekä kuivuminen. Nämä asiat ovat oleellinen osio tätä tutkimusta tehdessä, koska tällöin pystytään perustelemaan tutkimuksen tavoite, eli säilyvyyden parantaminen valikoiduissa tuotteissa. Aihe käsitellään laajemmin, kuin tutkimukseen liittyvät raaka-aineet sitä tarvitsisivat, mutta aiheen käsittely avaamatta kaikkia näitä kohtia jättäisi selkeän virhetulkinnan vaaran. Tummuminen sekä kuivuminen käsitellään suppeammin, koska valikoiduissa raaka-aineissa näiden vaikutukset ovat todennäköisimmin vähäiset.

Fysiologian jälkeen käydään läpi kansainvälisesti sekä Suomessa yleisimpiä tapoja, joilla voidaan tuotannossa parantaa säilyvyyttä. Tällä osiolla halutaan tuoda ensimmäisenä esille vaihtoehto (vesipesu), joka on tällä hetkellä eniten käytössä oleva tapa Suomessa. Muita vaihtoehtoisia tapoja kerrotaan sen takia, että halutaan selvittää myös muita toimintatapoja. Tällä osiolla myös havainnollisestaan miksi vesipesu näistä eri tavoista on eniten käytetty Suomessa ja miksi muita ei suosita ainakaan tutkimuksen tekoheikällä.

Seuraavana osiona käydään läpi yleisimpiä pakkausmenetelmiä- sekä materiaaleja, joita käytetään tuoreleikattujen kasvisten pakkaamisessa. Tässä osiossa jälleen tuodaan esille edellisten osioiden tavoin yleisimmät tavat, joilla pakataan, jotta saadaan käsitys erilaisista vaihtoehdoista, sekä myös kerrotaan miksi juuri valikoidut menetelmät ja materiaalit ovat tyypillisiä.

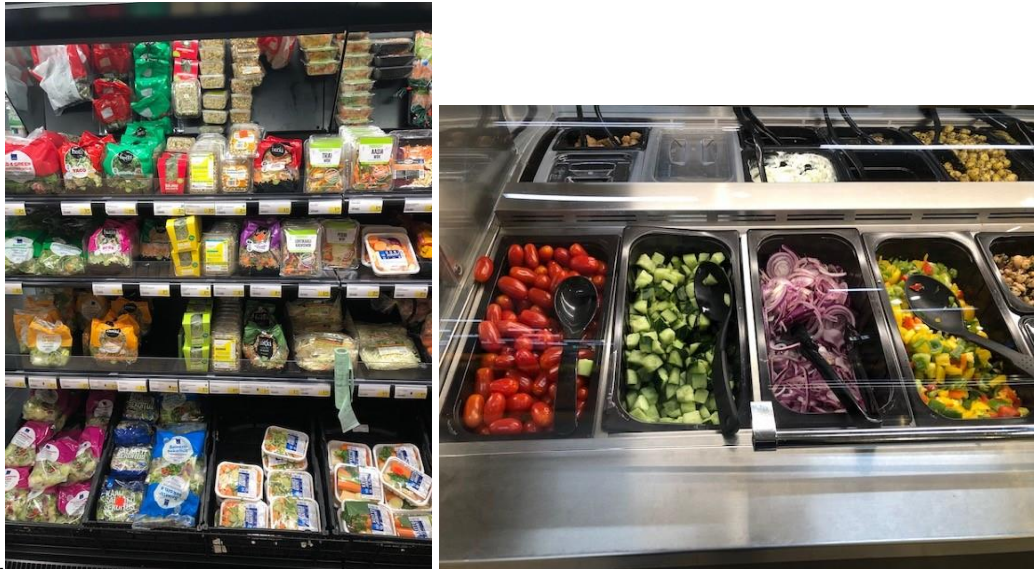
Säilyvyyskokeiden osiossa käydään läpi tämän tutkimuksen aikana tehdyt osiot säilyvyyskokeista. Tässä ei koettu tarpeelliseksi tehdä laajempaa katselmusta siitä, mitä muuta säilyvyyskokeet voisivat pitää sisällään, koska tekotapoja on niin monia. Tässä on kuitenkin otettu esille kolme kriittisintä vaihetta, jotka toistuvat käytännössä poikkeuksetta.

## 2.1 Kasvikset ruokavaliossa ja tuoreleikattujen kasvien rooli yhteiskunnassa

Kasvikseksi voidaan kutsua käytännössä kaikkea sellaista, mikä ovat kasvin osia ja ne ovat syötävää. Tunnettuja esimerkkejä kasviksista on juuret, lehdet, kukinnot, mukulat, siemenet tai hedelmät. Kasvien ryhmään ei luokitella viljoiksi luokiteltavia kasvikunnan tuotteita. (Kasvien määrittely, 2020.) Valtion ravitsemusneuvottelukunnan (2014) mukaan kasviksia suositellaan syötäväksi noin puoli kiloa päivässä eli noin kourallinen kasviksia joka aterian yhteydessä, kun syödään viisi ateriaa päivässä. Tällä määrällä kasviksia on todettu olevan terveyden kannalta edullisia vaikutuksia ihmisen ruokavaliossa. Edulliset vaikutukset oletetaan nykytutkimuksien valossa tulevan kasvien sisältämistä vitamiineista, fytokeemikaaleista, hivenaineista, kuiduista ja myös kasvien sisältämä veden määrä on todettu olevan eduksi terveydelle. (Al-Kharousi ym. 2016; Valtion ravitsemusneuvottelukunta. 2014; Murcia ym. 2009.)

Makeryn sekä K-ryhmän (2020; 2020) kuluttaja- ja markkinatutkimuksien mukaan myös tämän hetken nouseva kehityssuunta markkinoiden puolelta on ollut kasvipohjaisten ruokien yhä vahvempi tuleminen. Trendi on näkynyt tuoreleikattujen kasvien markkinoiden kehityksessä valikoiman sekä myyntien kasvun myötä. (Markkinaselvitys tuoreleikattujen kasvien nykytilasta. 2020.)

Elintarviketeollisuus on vastannut markkinoilla kysyntään tuoretuoteosastoilla tuoreiden, kokonaisten kasvien rinnalle tuoreleikatuilla, valmiiksi käytettävillä kasviksilla. Tällaisia kasviksia ovat esimerkiksi salaattisekoituspusseja, porkkanaraasteita, kaalisuikaleita tai valmiita kasvissekoitukset ruokiin laitettaviksi, kuten kuvassa 1. vasemmalla puolella nähdään. Kuvan oikealla puolella on nähtävissä tuotteita, joita käytetään salaattibaareissa ja -pöydissä, kuten esimerkiksi sipuleita, paprikoita ja hedelmiä.



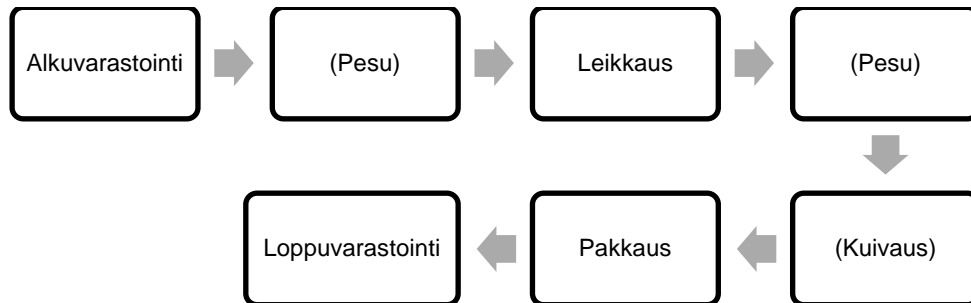
Kuva 1. Tuoreleikattuja kasviksia päivittäistavarakaupassa sekä salaattibaarissa. Prisma Malmi, Helsinki. 2020.

Yhtenä kasviksiin liittyvistä ongelmista suurimpana on hävikin syntyminen. On arvioitu, että noin 30 % tuoreista kasviksista maailman laajuisesti joudutaan heittämään hävikkiin sen takia, että ne ehtivät pilaantumaan ennen kuin kuluttaja ostaa ne. Näistä kustannukset jakautuvat niin kuluttajille, teollisuudelle kuin viljelijöillekin. (Murcia ym. 2009: 1–3; Lee ym. 2013: 1–2.) Kun tuoreiden kasvien säilyvyys on kuitenkin yleisesti viikkoja tai kuukausia, niin tuoreleikattujen säilyvyys on yleisesti vain joitakin päiviä Suomessa (Ahvenainen 1996: 179; Lajunen 2016: 74–76). Säilyvyyden lyheneminen päiviin tekee tuoreleikattujen kasvien logistiikkaketjuun vielä suuremman haasteen, kuin kokonaisten kasvien osalta.

## 2.2 Tuoreleikattujen kasvien prosessointi ja mikrobiologia

Tuoreleikattujen kasvien prosessoinnissa ei ole aina samanlaista toimintatapaa, jolla kaikki toteutettaisiin. Tuoreleikattujen prosessoinnista puhuttaessa puhutaan hyvin vähän prosessoiduista ruoista (Ahvenainen. 1996: 179). Tällainen prosessointi pitää sisällään sekä välttämättömiä että vaihtoehtoisia tapoja, joita koko prosessiketjun aikana voidaan toteuttaa. Kuvassa 2. nähdään yleinen prosessikaavio tuoreleikatuille kasviksille. Kaikkia prosessin kohtia voidaan muokata optimaalisemmaksi aina tuotekohtaisesti. Varastoinneissa voidaan säätää lämpötiloja, pesuissa säätää pesutekniikoita, jättää ne pois

tai säätää veden lämpötiloja, leikkauksessa säätää leikkausmenetelmiä (esimerkiksi erilaisia teriä, kuten raaste tai kuutio), kuivauksessa kuivausmenetelmää (esimerkiksi linoisuusnopeuksia tai valutusmenetelmää käyttäen) ja pakkauksessa pakkausmateriaaleja tai -menetelmiä.



Kuva 2. Tuoreleikatun kasviksen prosessista yleinen lohkokaavio. Lohkokaaviossa ilman suljuja olevat prosessit ovat välttämättömiä ja suluilla merkityt ovat vaihtoehtoisia.

Tutkimuksien (Gil ym. 2010: 54; Ahvenainen ym. 1996: 182) mukaan pesut prosessoinnissa ovat välttämättömiä, jotta voidaan taata tuotteille hyvä laatu ja säilyvyys. Suomessa vuoden 2016 ruokamyrkytyssepidemiaselvityksen mukaan kasvikset ja kasvituotteet ovat olleet yleisimmin tunnistettu (13 % epidemioista tunnistettu) välittäjäelintarvike (Ruokavirasto, zoonosikeskus. 2019). Kasvien pinnoilta voi löytyä käytännössä mitä tahansa, mitä kasvien logistiikan aikana pellolta varastointiin on tullut vastaan ja kasvien viljelyssä käytetty vesikin voi olla jo kontaminoitunutta. Hyvälaatuistenkin kasvien pinnalla on mikrobeja. Pinnalta voi löytyä kasviksille hyödyllisiä mikrobeita ja tällöin puhutaan kasviksen normaalifloorasta tai mikrobifloorasta. Tuoreiden kasvien normaalifloorassa on yleensä enemmän kasvikselle hyödyllisiä mikrobeja, kuin haitallisia ja ne antavat suojaa kasviksille. (Kuisma & Kymäläinen. 2016: 2; Vuorinen 2020.) Yleisesti kasvien pinnoilta löytyvät mikrobit ovat bakteereita, hiivoja tai homeita, mutta myös joi-tain tiettyjä viruksia on havaittu kasviksissa, kuten esimerkiksi norovirusta. (Ruokamyrkytyssepidemiat vuonna 2016: 2019, Beuchat. 2002: 413; Kuisma & Kymäläinen. 2016: 2.) Taulukossa 1. on esitetty tavallisimmin löydettyjä mikrobeita tuoreleikatuista kasviksista sekä Elintarviketeollisuusliiton suosittelemat raja-arvot.

Taulukko 1. Tuoreleikatuissa kasviksissa esiintyviä mikrobeita. m = arvon ylittyessä useasti, tilanne arvioitava tuotannossa, M = arvon ylittyessä tarve riskinarvioinnille ja tehtävä ehkäisevät toimenpiteet. Yksikkö on kvantitatiivinen määrittely, pmy/g. (mukailen, ETL. 2017: 5)

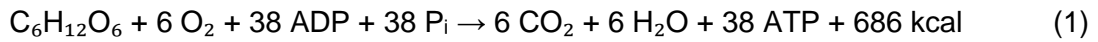
<b>Mikrobi</b>	<b>m</b>	<b>M</b>
<i>Escherichia coli</i>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>3</sup>
<b>Salmonellat</b>	neg / 25 g	-
<i>Bacillus cereus</i>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>3</sup>
<i>Listeria monocytogenes</i>	neg / 25 g	-
<i>Stafylococcus aureus</i>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>3</sup>
<b>Hiivat</b>	1 x 10 <sup>4</sup>	1 x 10 <sup>5</sup>
<b>Homeet</b>	1 x 10 <sup>3</sup>	1 x 10 <sup>4</sup>

Prosessoinnissa kasviksia eniten rasittava tekijä on leikkaus. Tällöin kasvien solurakenne rikkoutuu, kasviksen ulkoinen pinta-ala kasvaa ja näiden seurauksena mikrobitointi kiihtyy huomattavasti (Kuisma & Kymäläinen. 2016: 2) Muita kasviksissa tapahtuvia mikrobiologisia tekijöitä ovat soluhengitys, etyleenin tuotto, kuivuminen sekä tummuminen (Lajunen. 2016). Näistä kaikki vaikuttavat lopputuotteen mikrobiologiseen sekä aistinvaraiseen laatuun ja kokonaissäilyvyyteen enimmäkseen epäedullisesti. Tähän kaikkeen perustuu tuoreleikattujen kasvien lyhyempi säilyvyys verrattuna käsittelemättömiin kasviksiin. Seuraavissa luvuissa (2.2.1–2.2.4) käsitellään tarkemmin edellä mainittuja fysiologisia tekijöitä.

### 2.2.1 Soluhengitys

Soluhengitys on eksoterminen sekä oksidatiivinen reaktio. Tämä tarkoittaa sitä, että reaktiossa vapautuu energiaa ja se kuluttaa happea. Substraattina hajoamisreaktio käyttää kasviksissa tärkkelystä sekä muita hiilihydraatteja, orgaanisia happoja ja lipidejä. Hajoamistuotteena reaktiosta saadaan vettä ja hiilidioksidia. (Fonseca 2002; Kader & Saltveit. 2003: 7.) Soluhengityksen ensisijainen tehtävä kasviksessa on tuottaa adenosini-trifosfaattia (ATP), joka toimii solun energian lähteenä. (Kader & Saltveit. 2003: 7.)

Reaktioyhtälö (1) kuvaa selkeämmin vielä soluhengityksen tapahtumaketjua. Reaktiosta nähdään, että siihen tarvitaan glukoosia, happea, adenosinidifosfaattia (ADP) ja fosforia ja lopputuotteena saadaan hiilidioksidia, happea, adosiniitrifosfaattia (ATP) sekä energiaa. (Kader ja Saltveit. 2003: 7.)



Soluhengityksen merkitys on todella suuri kasvien säilyvyydessä ja laadussa. Soluhengityksenopeus (engl. respiration rate) on suoraan verrannollinen kasvien säilyvyyteen ja se tarkoittaa hiilidioksidin tuottamisnopeutta, joka lasketaan kaavan 2. yhtälön mukaisesti. Käytännössä mitä enemmän soluhengitystä tapahtuu, sitä nopeammin kasvi pilaantuu tai vaihtoehtoisesti kypsyi. (Kader & Saltveit. 2003: 9.) Merkitys kasvaa vielä entisestään tuoreleikattujen kasvien kohdalla, koska prosessointi kiihdyttää soluhengitystä (Watada ym. 2005: 152). Kaderin ja Saltveitin (2003: 9) mukaan laatuun vaikuttavia tekijöitä on neljä tärkeää kohtaa: kasvien substraatin (esimerkiksi glukoosin) häviäminen, hapen saaminen, hiilidioksidin tuottaminen sekä lämpöenergian vapautuminen. Glukoosin häviäminen kasviksesta vaikuttaa suoraan sen makuun tai makeuteen. Hapen saaminen sekä hiilidioksidin tuottaminen tulisi ottaa huomioon erityisesti kasviksia pakattaessa, jotta molempia löytyy soluhengitykselle optimaaliset määrät. Lämpöenergian vapautuminen tulisi ottaa huomioon pakkauksessa, sekä varastoidessa lämpötilat huomioida.

$$\frac{(mg)CO_2}{kg \cdot h} = CO_2 \text{ tuottamisnopeus} \quad (2.)$$

Taulukosta 2. nähdään eri kasvien soluhengityksenopeuksia. Taulukon avulla voidaan päätellä mitkä kasvikset säilyvät varastoinnissa todennäköisemmin pidempään ja mitkä eivät kestä varastointia kovinkaan hyvin. Taulukosta nähdään myös soluhengityksenopeudessa muutos, kun tuote prosessoidaan, esimerkiksi porkkana on luokiteltuna alhaiseen osioon kokonaisuutena, mutta viipaleiksi prosessoituna kohtalaiseen. Mitä enemmän kasvikseen tulee leikkuupinta-alaa, sitä suuremmaksi soluhengityksenopeus kasvaa.

Taulukko 2. Soluhengitysnopeuksia kokonaisilta ja prosessoiduilta kasviksilta (mukaiillen, Kader & Saltveit. 2003: 10).

Luokitus	Soluhengitysnopeus (mg CO <sup>2</sup> / (kg h))	Kokonainen kasvis	Prosessoitu (leikattu) kasvis
Hyvin alhainen	< 5	Valkosipuli, sipuli, hunajameloni, palsternakka, peruna, retiisi, lanttu, bataatti, vesimeloni, nauris talvikurpitsa, kurpitsa	-
Alhainen	5–10	Punajuuri, keräkaali, cantaloupe, porkkana, varsiselleri, juuriselleri, paprika, (naatti)retiisi, kesäkurpitsa, tomaatti, tomatillo, amerikansalaatti, kiinankaali, kurkku, raparperi, maa-artistokka, peruna (raaka), kajoottikurpitsa, kyssäkaali, kesäkurpitsa	Kuutioitu paprika, raastettu punajuuri, perunaviipaleet
Kohtalainen	11–20	(Naatti)porkkana, kukkakaali, kastanja, munakoiso, valkosipuli, voipapu, sokeriherne, lehtikaali, jääsalaatti, purjo, okra, mustajuuri	Cantaloupekuutio, porkkanatikka- tai viipaleet, kurkkuviipaleet, sipulirenkaat, kuorittu valkosipuli, revitty kaali ja jääsalaatti, kurpitsaviipaleet
Korkea	21–30	Artistokka, idut, karvaskurkku, ruusukaali, kevätisipuli, kiinansipuli, endiivi, pinaatti, vesikrassi	Kukkakaalin nuput, purjorengas, leikatut salaattisekoitukset (sisältäen eri värisiä salaatteja), vesikrassi, endiivi, sikuri, punasalaatti
Erittäin korkea	> 30	Parsa, parsakaali, sienet, persilja, herneet, sokerimaissi	Parsakaalin kukinnot, viipaloitunut sienet, kuoritut herneet

Hengitysosamäärä (engl. respiratory quotient, RQ) voidaan selvittää, kun tiedetään kasviksen soluhengitysnopeus. Arvo kertoo, mitä substraattia soluhengitys käyttäisi teoreettisesti. (Kader & Saltveit. 2003: 11.) Lajusen (2016) työssä esitetyllä kaavalla (3.) voidaan laskea RQ-arvo, tuotetun hiilidioksidin määrällä jaetaan kulutetun hapen määrä.

$$\frac{r_{CO_2}}{r_{O_2}} = RQ \quad (3.)$$

Taulukosta 3 nähdään RQ-arvon mukaisesti, mitä substraattia soluhengityksessä kuluisi laskennallisesti. Yleisesti kasviksilla arvot ovat 0,7–1,3. Jos RQ-arvo ylittää reilusti arvon 1,3, tulos viittaa anaerobiseen soluhengitykseen. (Kader & Saltveit. 2003: 11.) Näitä arvoja kuitenkin pidetään vain teoreettisina arvioina, joten RQ-arvoa laskiessa tulee ottaa



huomioon kyseessä olevan kasvoksen rakenne ennen kuin voidaan esittää väitteenä, että teoreettinen RQ-arvo näyttäisi kuluvaan substraattia (Vuorinen. 2020).

Taulukko 3. Laskennallisen RQ-arvon määrittämät substraatit (Kader AA ja Saltveit ME. 2003: 11).

RQ-arvo	Substraatti
~1	Hiilihydraatit
< 1	Lipidit
> 1	Orgaaniset hapot

Soluhengitystä voidaan siis hidastaa käytännössä kahdella eri tapaa, lämpötilaa tai pakkauksen kaasuarvoja muuttamalla. Kun lämpötila pidetään koko kasvoksen prosessoinnin ajan aina alkuvarastoinnista loppuvarastointiin saakka tarpeeksi alhaisena, soluhengitystä saadaan vähennettyä jo huomattavasti. Pakkauksessa suojakaasuilla pystytään luomaan sellainen atmosfääri kasvisten ympärille, että soluhengityksen nopeus saadaan oikean lämpötilan kanssa hyvin kontrolloiduksi. (Kader & Saltveit. 2003: 11–13; Lajunen. 2016: 45; Fonseca. 2002.)

Soluhengitystä voi tapahtua myös hapettomissa tai hyvin matalissa happipitoisuuksissa. Tätä kutsutaan anaerobiseksi soluhengitykseksi. Anaerobinen soluhengitys aiheuttaa käymisreaktiota kasviksissa, mikä tarkoittaa sitä, että käymistuotteina syntyy esimerkiksi maitohappoa tai etanolia, jotka tekevät virhemakuja ja -hajuja kasviksiin. Anaerobisessa soluhengityksessä voi kiihtyä myös sellaisten mikrobin toiminta, jotka tuottavat toksineja. (Watada ym. 2005: 154.)

### 2.2.2 Etyleenin tuotto

Etyleeni tai eteeni on luonnollinen kasvua tuottava kaasumainen kasvihormoni. Kasvikset tuottavat etyleeniä sitä enemmän, mitä vanhemmaksi tai kypsemmäksi tulevat. Sen aktiivisuusalue alkaa hyvin pienistä määristä, jopa niinkin alhaisista kuin ppm ja ppb (parts per million, parts per billion). (Gil ym. 2010: 91; Watkins ym. 2017: 1032.) Suurissa pitoisuuksissa etyleeni voi aiheuttaa pilaantumista (Lajunen, 2016: 16). Yleisesti etyleeni



tunnetaan hyvänä keinona kotiolosuhteissa kypsyttää kasviksia, kuten esimerkiksi avokadoja, kun ne laitetaan banaanien kanssa suljettuun tilaan (Hongell 2017).

Prosessoinnissa tapahtuva kasvikudoksen rikkoutuminen kiihdyttää etyleenin tuottoa. Etyleenin tuotto kiihdyttää kasvikudosten hajoamista, joten tämä on suora seuraus siihen, että tuoreleikattu kasvis säilyy lyhyempää kuin kokonaisena säilytetty kasvis. (Gorny. 1997: 4–5.)

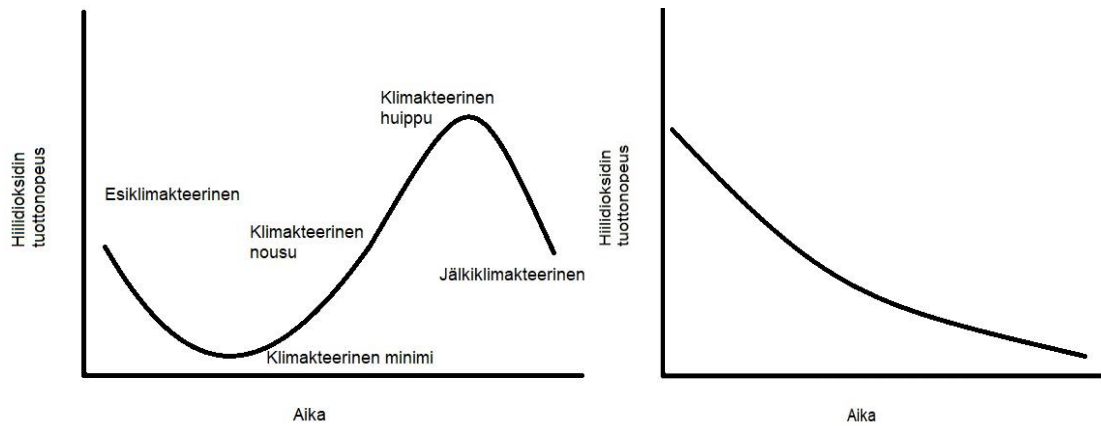
Koska etyleeni on kaasumainen, sen vaikutus muunnetussa ilmakehässä (toisin sanoen suljetussa pakkauksessa) on suurimmillaan (Mokkila ym. 1999: 9–11). Tämä tarkoittaa sitä, että jos pakkauksessa ei käytetä suojakaasuja, pilaantuminen tuoreleikatulla kasviksilla tapahtuu suhteellisen nopeasti pienessä ilmatilassa. Alhaisten, alle 5 %:n happipitoisuuksien ja korkeampien kuin 5 %:n hiilidioksidipitoisuuksien muunnetussa ilmakehässä on todettu olevan tehokkaat suojakaasukoostumuksia etyleenin tuoton hidastamiselle (Gorny 1997: 4–5). Taulukosta 4 nähdään joidenkin kasvien etyleenin tuottonopeuksia 20 °C:n lämpötilassa.

Taulukko 4. Kasvien etyleenin tuottonopeuksia (Watkins ym. 2017: 1036.)

Luokitus	Etyleenin tuotto 20 °C µl C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> / (kg h)	Kasvis
Hyvin alhainen	0,001–0,1	Kirsikka, artisokka, kukkakaali, parsat, perunat, sitrushedelmät, greippi, mansikka, granaattiomena, vihreälehtiset kasvikset, juurekset
Alhainen	0,1–1,0	Mustikka, kurkku, munakoiso, okra, oliivi, chilipaprika, kurpitsa, ananas, vadelma, persimoni
Keskiverto	1,0–10,0	Banaani, tomaatti, hunajameloni, mango, viikuna
Korkea	10,0–100,0	Omena, aprikoosi, avokado, kiivi, cantaloupe, nektariini, papaija, luumu, päärynä
Hyvin korkea	> 100	Passionhedelmä

Kasvikset voidaan jakaa etyleenin tuoton mukaan kahteen eri ryhmään, klimakteerisiin ja ei-klimakteerisiin. Klimakteeristen kasvien etyleenin sekä hiilidioksidin tuotto lisääntyy kasvien kypsyessä tai vanhetessa. Ei-klimakteerisilla taas hengitysnopeus laskee

niiden kypsyessä tai vanhetessa. Kuvasta 3. nähdään klimakteeristen ja ei-klimakteeristen eroja ajan kuluessa.



Kuva 3. Klimakteeristen kasvien elinkaari vasemmalla ja ei-klimakteeristen kasvien elinkaari oikealla. (mukaillen, Watkins & Nock. 2012: 7).

Klimakteerisilla kasveilla hiilidioksidin tuottamisen nopeus hidastuu ensin (esiklimakteerinen). Kun saavutetaan minimipiste (klimakteerinen minimi), tuottonopeus lähtee jyrkkään kasvuun (klimakteerinen nousu). Kasvun jälkeen saavutetaan huippu (klimakteerinen huippu), jota seuraa jyrkkä lasku (jälkiklimakteerinen). Kasveista vain harvat, kuten esimerkiksi tomaatti, ovat klimakteerisia, mutta muuten ryhmässä on suurin osa hedelmiä. (Watkins ym. 2017: 1034–1036.) Ei-klimakteerisille kasveille tyypillistä on se, että ne tuottavat itse vähän etyleeniä ja ovat myös täten etyleenille herkkiä. Taulukosta 5. nähdään joitain esimerkkikasveja, jotka on luokiteltu klimakteerisiin ja ei-klimakteerisiin.

Taulukko 5. Klimakteeristen ja ei-klimakteeristen kasvien jaottelu (mukailen, Watkins ym. 2017: 1034–1036.)

Klimakteeriset	Ei-klimakteeriset
Omena	Karhunvatukka
Aprikoosi	Kaakaopapu
Avokado	Kirsikka
Banaani	Karpalo
Karvakurkku	Kurkku
Mustikka	Munakoiso
Cantaloupe	Rypäle
Leipäpuun hedelmä	Sitruuna
Kiivi	Mandariini
Mango	Oliivi
Nektariini	Paprika
Annoona	Ananas
Persikka	Vadelma
Päärynä	Mansikka
Ananasguava	Kesäkurpitsa
Tomaatti	
Vesimeloni	

### 2.2.3 Kuivuminen

Kasvikset ovat eläviä organismeja ja ne sisältävät vettä hyvin runsaasti. Vettä haihtuu niistä vähitellen pois koko kasviksen elinkaaren ajan. Veden kulutusta kasviksissa aiheuttaa myös kasvien elintoiminnot. Ennen sadonkorjuuta kasvikset saavat uutta vettä juurien kautta maasta, mutta sadonkorjuun jälkeen kasvikset eivät enää pysty vastaanottamaan vettä samalla tavalla kuin aiemmin. Kuivuminen tapahtuu kasvien ulommasta kerroksesta ja se näkyy aistinvaraisesti kasviksissa näivettymisenä, kuihtumisena sekä painon häviönä, kuten kuvassa 4. nähdään kuivunut omena. (Mahajan. 2008: 1.)

Kuivumista kiihdyttäviä tekijöitä ovat prosessointi sekä liian kuiva ja lämmin varastointi-ilma. Selkeä syy-seuraussuhde prosessoidun kasviksen kuivumiselle on, kun kuivuminen tapahtuu ulommasta kerroksesta ja prosessointi lisää kasviksen ulkopinta-alaa. Ulkopinta-alan kasvaessa kasviksella on ulointa kerrosta moninkertainen määrä kokonaiseen kasvikseen, joten kuivumista tapahtuu huomattavasti herkemmin. Kuivuminen ei kuitenkaan ole kovin suuri ongelma, kun käytetään oikeaa kaasuseosta suojakaasuissa, pakkausmateriaalit on valittu oikein ja pakkaus tapahtuu nopeasti prosessoinnin jälkeen.

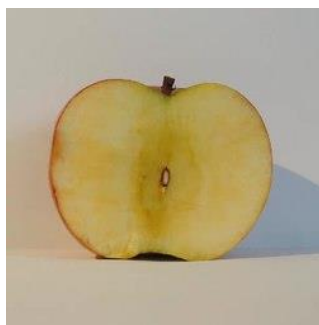
Näiden kaikkien toteutuessa tuoreleikattujen kasvien pakkaukseen saadaan hyvin korkea, lähes 100 %:n ilmankosteus. (Gorny. 1997: 4–5.)



Kuva 4. Omena, jossa on tapahtunut kuivumista.

#### 2.2.4 Tummuminen

Entsyyattinen tummuminen on kasviksissa toiseksi suurin laatua heikentävä tekijä mekaanisten vaurioiden jälkeen. Mekaaniset vauriot voivat myös kiihdyttää tummumisreaktiota. Entsyyattinen tummuminen on seuraus entsyymien ja fenolisten yhdisteiden reaktiosta. (Lonnau & Ghoul. 2013: 310; Mokka ym.: 1999: 10.) Tummumista tapahtuu eniten hedelmissä, kuten omenassa (kuva 5.) ja banaanissa ja vähän sitä havaitaan esimerkiksi parsakaalin ja sipulin tapaisissa kasviksissa.



Kuva 5. Omena, jossa entsyyattista tummumista tapahtunut

Tummumista voidaan estää tai hidastaa erilaisin menetelmin, kuten esimerkiksi suoja-  
kaasupakkaamisella, lämpö- tai kylmäsäilytyllä, pinnoitteiden tai erilaisten

apuaineiden avulla. Näistä suojakaasupakkaus, pinnoitteet sekä apuaineiden käyttö so-  
pivat tuoreleikattujen eli vähän prosessoitujen kasvien käsittelyyn. Suojakaasupakkaa-  
misessa hyödynnetään ainoastaan muunnetun ilmakehän kaasukoostumusta. Pinnoit-  
teet, kuten esimerkiksi mehiläisvaha, estävät veden haihtumista ja flavoreiden heikenty-  
mistä. Apuaineita, kuten esimerkiksi askorbiinihappoa käytetään niin, että kasvis kaste-  
taan vedessä, joka sisältää kyseistä apuainetta ja kasvis saa tästä suojaavan aineen  
pintaansa. Muitakin tapoja apuaineiden kanssa on. Apuaineiden käyttäminen perustuu  
niiden toimimiseen antioksidanteina, pH:n laskijana tai rakenteen ylläpitäjänä. (Lonnau  
& Ghoul. 2013: 310–311.)

### 2.3 Prosessointimenetelmät säilyvyyden parantamisen kannalta

Tuoreleikattujen kasvien säilyvyyden pidentämiseksi sekä laadun säilyttämiseksi on  
monia eri tapoja. Tässä luvussa käydään läpi keinoja, joilla näitä voidaan parantaa. Lu-  
vussa ei käydä läpi erilaisia prosessointitapoja, kuten miten ja millä leikataan kasviksia.

Säilyvyyttä voidaan parantaa prosessoinnin eri vaiheissa. Tärkeimpiä tekijöinä näistä  
ovat peseminen sekä tarpeeksi hyvä hygieniataso tuotannossa. Muita tärkeitä tekijöitä  
säilyvyyden kannalta prosessoinnissa on pakkaaminen, joka käsitellään luvussa 2.4 tar-  
kemmin. Kasviksilla voidaan tehdä myös kemikaalisia tai fysikaalisia käsittelyitä, jotka  
suojaavat sekä pidentävät säilyvyyttä. Tärkeä tekijä myös säilyvyyden kannalta on tuo-  
tannossa työntekijöiden suorittama aistinvarainen arviointi prosessoidessa sekä laittei-  
den ylläpito, kuten terien terävänä pitäminen. (Kuisma & Kymäläinen. 2016: 2–4.)

Kasvien peseminen on tutkimuksissa todettu olevan tehokas tapa vähentää kokonais-  
mikrobimäärää ja täten myös säilyvyyteen vaikuttavien hiivojen sekä homeiden määrää.  
(Ahvenainen. 1996: 82). Pesemistä voidaan tehdä prosessin eri vaiheissa. Tärkeimpänä  
kuitenkin pidetään ensimmäistä pesemistä, jossa kasvien pinnalta saadaan siihen ker-  
tyneet haitalliset mikrobit pois. Muita pesuja voidaan tehdä leikkausten jälkeen, mutta  
tästä on ristiriitaisia tutkimustuloksia. On lisäksi hyvin tapauskohtaista mikä kasvis on  
hyvä pestä ja mikä taas jättää pesemättä tässä vaiheessa. Hygieniatason ylläpitämiseen  
kuuluu elintarviketuotannossa kaikkien pintojen puhtaus, leikkauslaitteiden ja -välineiden  
puhtaus, tuotanto- sekä varastointilämpötilat. Elintarviketuotannossa näiden asioiden ta-  
soa seurataan HACCP-järjestelmän sekä auditointien avulla. (Ahvenainen. 1996: 83;

Lajunen 2016: 10.) Elintarvikelaitosten sisäisiä auditointeja, kuten GMP-auditointeja (Good Manufacturing Practice) käytetään kokoaikaisen laadun takaamiseksi. Muita auditointeja saatetaan järjestää esimerkiksi tiettyjen asiakkaiden pyynnöstä ja tekemänä tai sertifikaattien sekä standardien saamiseksi tai pitämäksi. Tällaisia sertifikaatteja elintarviketuotannossa on esimerkiksi BRC/IFS (British Retail Consortium / International Food Standard) ja yleisimpiä muita standardeja ovat ISO 9001 (laatu), ISO 14001 (ympäristö) sekä FSSC 22000 (elintarviketurvallisuus). (Vuorinen. 2020; Wiley ym. 2018.)

### 2.3.1 Vesipesu

Kuten luvussa 2.2 todettiin, kasvien päällä voi olla lähes mitä tahansa mikro-organismeja, multaa tai muuta likaa. Gil ym. (2010: 215) mukaan monet tutkimukset puoltavat pesemisen hyötyjä tuoreleikattujen kasvien prosessoinnissa. On selvää, että kun kasvien sadonkorjuu tehdään paikasta missä on multaa, on ehdottoman tärkeää pestä kasvikset ennen käsittelyä.

Ennen käsittelyä kasvien pesu voidaan tehdä esimerkiksi suihkuttamalla, upottamalla astiaan tai yhdistämällä näitä tapoja. Tässä voidaan myös kierrättää samaa vettä, jos pystytään takaamaan, että kierrätetty vesi pysyy tarpeeksi puhtaana. Tällä pesulla ei kuitenkaan pystytä desinfioimaan kasviksia, ainoastaan puhdistamaan. Kasvikset ovat luonnollisesti niin moniulotteisia muodoiltaan, että mikään vesipesu ei voi taata täyttä puhtautta. Tämän takia mahdollisimman puhdas vesi on tärkeä tekijä tuoreleikattujen kasvien prosessoinnissa. (Ahvenainen 1996: 82; Gil ym. 2010: 213.)

Vedellä pestessä on kolme kriittistä pistettä, jotka tulee olla kunnossa, jotta peseminen on laadulle eduksi. Ensimmäisenä kohtana, veden pitää olla mahdollisimman kylmää, jopa lähellä 0 °C. Toisena kriittisenä pisteenä, veden määrä tulee olla riittävä, noin 5–10 litraa pestävää kiloa kohden ensimmäisen pesun kohdalla ja noin 3 litraa kiloa kohden toisella pesukerralla. Kolmantena veden laadun tulee olla riittävällä tasolla. (Gil ym. 2010: 213.) Luken (2017) tutkimusten mukaan Suomessa vesijohtoveden laatu on yleisesti riittävällä tasolla, mutta ulkomailla voidaan tarvita veden puhdistukseen erillisiä apuaineita.

Tuoreleikattujen kasvisten vesipesuja voidaan tehdä käytännössä kahdessa vaiheessa, ennen prosessointia eli leikkausta ja sen jälkeen. Ensimmäinen pesu suojaa ja tehostaa toisen pesun merkitystä. Jos jonkinlainen patogeeni pääsee aiheuttamaan kontaminaation kasvoksen leikkuupinnan kautta, niin mikään pesu ei enää auta ja poista aiheutunutta kontaminaatiota (Gil ym. 2010: 213.) Toisen pesun tarkoituksena on puhdistaa solurakenteen rikkoutumisesta vapaaksi pääseviä mikro-organismeja, jotka edesauttaisivat jäljelle jääneiden haitallisten mikrobien kasvua (Gil ym. 2010: 215; Ahvenainen. 1996: 82). Toinen pesu ei kuitenkaan aina ole tuotteen eduksi laadun kannalta. Joissain tapauksissa se voi jopa vähentää tuotteen säilyvyyttä poistamalla joitain sitä suojaavia mikro-organismeja (Ahvenainen. 1996: 83).

### 2.3.2 Muita vaihtoehtoisia menetelmiä

Vesipesemisen lisäksi tuoreleikattujen kasvisten tuotannossa on monia muitakin erilaisia menetelmiä, joilla pystytään parantamaan säilyvyyttä. Yksi yleisimmin käytössä oleva on klooripesu. Klooripesussa pesuveteen lisätään ylimääräistä klooria (noin 50–100 mg/l). Tämän on todettu vähentävän mikrobeita tehokkaasti ja se on yksi halvimmista puhdistustavoista. (Xuetong ym. 2015.) Klooripesussa joudutaan kuitenkin pesemään tuotteesta ylimääräinen kloori ja senkin jälkeen voi olla kyseenalaista, voiko tuotteeseen jäädä terveydelle epäedullisia kloorijäämiä. Kansainvälisesti kloorin lisäämistä pesuveteen käytetään senkin takia, koska talousveden laatu ei olisi muuten riittävä. HSY:n mukaan Suomessa talousveteen lisätään myös klooria, mutta hyvin pieniä määriä (noin 0,35–0,5 mg/l lisättynä alun perin, josta käytössä olevassa vedessä noin 0,03–0,5 mg/l) (Juumaveden laatu, HSY).

Taulukosta 6. nähdään klooripesun lisäksi muita vaihtoehtoisia menetelmiä, joita käytetään tuoreleikatuilla kasviksilla. Paljon käytettyjä menetelmiä on apuaineiden, kuten orgaanisten happojen tai säilöntäaineiden käyttö. Orgaanisia happoja, kuten sitruunahappoa, käytetään useimmiten tuotteiden kanssa, joissa tapahtuu tummumista, esimerkiksi omenan kanssa. Luonnollisia säilöntäaineita, kuten syötäviä pinnoitteita käytetään pääasiassa kokonaisten hedelmien päällystämiseen, mutta myös joissain tapauksissa tuoreleikattujen. (Olivas & Barbosa-Cánovas. 2005: 66

Taulukko 6. Erilaisia menetelmiä tuoreleikattujen kasvien prosessoinnissa säilyvyyden parantamiseksi (mukaillen, Kuisma & Kymäläinen. 2016: 2).

Kemialliset		Fysikaaliset	
Menetelmä	Esimerkkejä	Menetelmä	Esimerkkejä
Kloori	Hypo- tai natriumkloriitti	Suojakaasupakkaaminen	Happi, hiilidioksidi, typpi
Klooridioksidi	Vedessä tai kaasuna	Valokäsittelyt	UV-valo, pulssivalo
Orgaaniset hapot	Sitruunahappo, viinihappo, askorbiinihappo	Korkea paine	Ilmalla 100–800 MPa, hiilidioksidilla 2–6 MPa
Vetyperoksidi	Vedessä	Fotokatalyysi	UV-käsittelyn yhteydessä käytetty
Otsoni	Vedessä tai kaasuna	Ultraääni	25–70 kHz
Elektrolysoitu (EO-) vesi	Hapan emäksinen tai neutraali	Fysikaalinen prosessointi	Kuorinta, leikkaus, linkoaminen
"Luonnolliset" säilöntäaineet	Eteeriset öljyt, syötävät pinnoitteet (vahat yms.)		
Muut käsittelyaineet	Bromi, jodi, natriumfosfaatti		

#### 2.4 Yleisimmät pakkausmateriaalit ja -menetelmät

Tuotteen pakkaamisella ensisijaisesti suojataan pakattua tuotetta ulkoisilta haittatekijöiltä. Näitä voivat olla valo, hajut, lika, eläimet, hyönteiset, mikrobit sekä mekaaniset vauriot. Pakkauksella voidaan myös pidentää tuotteen säilyvyyttä sekä säilyttää laatua. Laatua ei kuitenkaan voida koskaan parantaa pakkauksen avulla, ainoastaan säilyttää. Pakkauksen tulee myös antaa informaatiota logistiikkaketjulle sekä kuluttajalle, esimerkiksi säilyvyydestä, alkuperästä ja käyttötarkoituksesta. (Kuisma & Kymäläinen. 2015: 23.) Edellä mainitut asiat ovat yleisesti tuotteen primäärisen pakkauksen tehtäviä ja tässä luvussa keskitytäänkin ainoastaan primääripakkauksiin.

Tuoreleikattuja kasviksia voidaan pakata vakuumpakkauksiin, GN-rasioihin (gastrom) tai flowpack-pusseihin. Flowpack-pusseihin sekä GN-rasioihin (kuva 6.) voidaan hyödyntää suojakaasupakkaamista (MAP), mutta kumpaakin näistä voidaan käyttää myös ilman suojakaasuja. Vakumoituun pakkaukseen eli tyhjiöpakkaukseen ei voida käyttää suojakaasuja, koska pakkauksesta otetaan pakattaessa ilmat pois ja pakkaus perustuu hapettomuuteen.





Kuva 6. Vasemmalla kuvassa on flowpack-pakkaus, jossa ei ole käytetty suojakaasua. Kuvassa oikealla on elintarviketuotantoon soveltuva kertakäyttöinen GN-rasia.

Yleisimpiä pakkausmateriaaleja tuoreleikatuilla kasviksilla on polyetyleni (PE), polypropyleeni (PP) ja etyleenivinyylisetaatti (EVA). Muitakin materiaaleja käytetään ja yleisin pakkausmateriaali on monien muovien yhdistelmiä. Materiaaleina on käytössä yksikerroskalvoja (mono), jotka ovat harvinaisempia, monikerroskalvoja (coex) sekä yhdistelmä materiaaleja (laminaattikalvot), joista monikerros- ja laminaattikalvot ovat yleisimpiä elintarviketuotannossa. Yksikerroskalvoissa käytetään ainoastaan yhtä materiaalia. Monikerroskalvoilla komponentit voivat olla eri kerroksissa, esimerkiksi 3-kerros PE-kalvossa pinnalla PE-LD (helppo painettavuus), keskellä PE-HD (jäykkyys ja väri) ja sisällä PE-LD, PE-LLD (saumaus ja kitka). Yhdistelmä materiaalit ovat yleisesti esimerkiksi räätälöityjä erikoiskalvoja jonkin tietyn yrityksen tarpeisiin, jossa yhdistetään monia eri muovilaatuja samaan kalvoon. (Amerplast. 2017: 6.)

#### 2.4.1 Suojakaasupakkaaminen

Suojakaasupakkaamista eli MAP-pakkaamista hyödynnetään elintarviketuotannossa nykypäivänä todella paljon. Tällä on katsottu olevan merkittäviä hyötyjä säilyvyyden parantamiseen, kun pakkausmateriaalit kaasuarvojen kanssa ovat optimaaliset tuotteelle. Väärillä materiaali- sekä kaasuarvovalinnoilla voidaan jopa lyhentää säilyvyyttä. (Gorny. 1997: 4–5.) Suojakaasupakkaamisessa pakkaukseen tehdään ensin vakuumi pakkauksen sisälle, jonka jälkeen sinne syötetään halutut kaasut.

## Suojakaasupakkaamisessa käytettävät kaasut

Kaasuina MAP-pakkaamisessa käytetään yleisimmin happea, hiilidioksidia sekä typpeä. Muita elintarvikepakkaamiseen hyväksytyjä kaasuja ovat argon, helium, typpioksiduuli sekä vety. Alla olevassa taulukossa (taulukko 7.) nähdään kaikki sallitut suojakaasut EU:ssa, sekä niiden E-koodit. (Elintarviketieto-opas. 2019: 151.)

Taulukko 7. Sallitut suojakaasut elintarvikepakkauksiin ja niiden E-koodit.

Suojakaasut	E-koodi
Hiilidioksidi	E 290
Argon	E 938
Helium	E 939
Typpi	E 941
Typpioksiduuli	E 942
Happi	E 948
Vety	E 949

Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksen (EU N:o 1169/2011) mukaan suojakaasuja käytettäessä on oltava pakkausmerkintä ”pakattu suojakaasuun”. Elintarvikelain mukaan suojakaasuja ei tarvitse ilmoittaa ainesosaluettelossa, koska kaasut eivät jää lopulliseen tuotteeseen, vaan vapautuvat pakkausta avattaessa. (Elintarviketieto-opas. 2019: 151.)

### Hiilidioksidi

Hiilidioksidia pidetään yhtenä tärkeimmistä suojakaasuista. Se ehkäisee monien mikrobin, kuten hiivojen ja homeiden kasvua tehokkaasti alentamalla elintarvikkeen pH:ta. pH:n laskeminen on mikrobitoiminnan kannalta yksi kriittisimpiä tekijöitä, koska se hidastaa mikrobin toimintaa. Tuoreleikattuja kasviksia pakattaessa optimaaliseksi hiilidioksidipitoisuudeksi on todettu olevan 2–10 %. Liian korkea hiilidioksidipitoisuus voi aiheuttaa esimerkiksi virheellisiä flavoreita tuotteeseen. (Lajunen. 2016: 25; Järvi-Kääriäinen & Ollila. 2007: 223.) Jäännöskaasuarvoja mitattaessa korkea hiilidioksidipitoisuus indikoi lisääntyneitä mikrobitoimintaa, koska mikrobin soluhengitys on tuottanut hiilidioksidia. (Kader & Saltveit. 2003: 7.)

## Happi

Liian suuri happipitoisuus tuoreleikatuissa kasviksissa aiheuttaa hapettumisreaktioita sekä mikrobikasvua. Optimaalisin happipitoisuusväli tuoreleikatuilla kasviksilla on 3–6 %. Liian alhainen, kuten esimerkiksi 0,5–1 % happipitoisuus voi käynnistää anaerobisen soluhengityksen, joka pilaa herkästi tuotteen, kuten kohdassa 2.2.1. on kerrottu. (Järvi-Kääriäinen & Ollila. 2007: 223.) Jäännöskaasuarvoja mitattaessa alhainen happipitoisuus indikoi lisääntyntä mikrobitoimintaa, koska mikrobin soluhengitys on kuluttanut happea. (Kader & Saltveit. 2003: 7.)

## Typpi

Typpeä käytetään yleisesti kaasuna, jolla täytetään jäljelle jäävä ilmatila pakkauksessa. Typen vaikutus mikrobeihin on hyvin neutraali ja se on myös ominaisuuksiltaan hajuton ja mauton. Se ei edistä eikä myöskään ehkäise mikrobin kasvamista. Typpeä käytetään myös ehkäisemään pakkauksen painautumista kasaan, kun hiilidioksidia liukenee. (Järvi-Kääriäinen & Ollila. 2007: 223.)

## Suojakaasupakkaamisessa käytettävät kalvot

MAP-pakkaamisessa oikein valituista kaasuista ei ole kuitenkaan mitään apua, jos kalvovalinta on huono tai varastoinnin lämpötila väärä (Kuisma & Kymäläinen. 2015: 23). Oikeanlaisella kalvolla pystytään hallitsemaan suhteellista kosteutta (engl. relative humidity, RH), vallitsevien kaasujen pitoisuuksia sekä optimaalisen lämpötilan kanssa soluhengitystä. Oikeanlaisen kalvon valitsemiseen vaikuttavat lämpötilan lisäksi pakkausrasian ja tuotteen koko suhteessa toisiinsa, kalvon paksuus sekä pakkausrasian materiaali. (Caleb ym. 2013: 303.) Kasvisten pakkauksessa käytetään yleisesti polymeerisiä kalvoja niiden monipuolisuuden vuoksi. Hyvin usein kalvo on tehty jostain muovien yhdistelmästä. Kalvon tulisi olla lämpösuljettava (engl. heat sealing), läpikuultava, hyvä kemiallinen läpäisemättömyys, lämpösuojattu ja sillä tulisi olla hyvät suojaus- tai barriereeriominaisuudet (engl. barrier properties). Polymeerisen kalvon monipuolisuus perustuu siihen, että erilaisen koostumuksen myötä voidaan vaikuttaa suoraan kaasujen läpäisevyyteen. Kalvot voivat läpäistä hyvin pieniä molekyylejä tai pienimolekyylisiä yhdisteitä kuten vettä, kaasuja, aromeita. (Hussein ym. 2015: 9.) Taulukossa 8 on esitettyä

erilaisia muoveja, joita käytetään elintarvikkeiden pakkaukseen. Taulukossa on selitetty joidenkin muovien kohdalla myös heikkoudet. Tästä kohdasta taulukkoa voidaan päätellä, että muoveja yhdistetään usein kerroksittain, jotta saadaan jokaisen tietyn materiaalin parhaat ominaisuudet pakkaukseen.

Taulukko 8. Elintarviketuotannossa käytettyjä muoveja ja niiden ominaisuuksia. Hapenläpäisevyys- sekä vesihöyrynläpäisevyysarvoja on lisätty ainoastaan niiden materiaalien kohdalla, jotka löytyivät lähteistä, tyhjänä olevat ovat tuntemattomia. (muokailten, Hussein ym. 2015: 9: Järvi-Kääriäinen & Ollila. 2007: 115: Amerplast. 2017: 6.)

Kalvomateriaali	Lyhenne	Ominaisuudet	Heikkoudet
polyvinyylideenikloridi	PVdC	hyvä kuumasaumattavuus sekä kalvon aukaiseminen helppoa, erinomaiset kaasun, vesi ja haju barriereiominaisuudet. Hyvä resistanssi öljylle, rasvalle ja orgaanisille liuottimille	Korkea barriereiominaisuus rajaa käyttöä tuotteisiin, jotka eivät hengittä liikaa.
Lineaarinen pienitiheyksinen polyeteeni	LLDPE	Hyvä saumattavuus sekä kalvon aukaiseminen helppoa. Käytetään yleensä saumaukseen tehtävässä kalvokerroksessa.	-
Polyvinyylialkoholi	PVOH	Hyvät barriereiominaisuudet vesi- ja happikaasuuntumiselle. Voidaan polymerisoida etyleenin kanssa, jolloin saadaan EVOH, jossa on parempi vesihöyrynläpäisevyys	Barriereiominaisuudet ovat kosteudesta riippuvaiset
Biaksiaalisesti orientoitunut polypropeeni	BOPP	Jäykkä ja kova muovi, hyvä vetolujuus, jonka vuoksi käytetään rasian muovina. Hyvät barriereiominaisuudet veden höyryntymiselle ja kaasuille	Korkean barriereiominaisuuden vuoksi rajaa käyttötarkoitusta MAP-pakkauksessa.
Polyamidi	PA	Hyvät barriereiominaisuudet kaasuille, flavoreille ja hajun häviämiseksi. Korkea resistanssi halkeamiselle sekä lävistämiselle. Korkea veden höyryntymisen läpäisevyys	Ei sovellu paljon hengittävien tuotteiden kanssa MAP-pakkauksessa. Tappumus absorboida kosteutta kalvon ympäristöstä.

Etyylivinyylialkoholi	EVOH	Erinomaiset barriereiominaisuudet hapelle, käytetään myös muiden kaasujen barriereerikerroksena MAP-pakkauksissa. Suojaa myös öljyltä, rasvalta ja herkiltä aromeilta tai flavoreilta. Hyvät prosessointiominaisuudet	Ei herkkä kosteudelle, ei sovellu paljon hengittävien tuotteiden kanssa MAP-pakkauksessa
Polystyreeni	PS	Jäykkä ja hauras, korkea kaasun läpäisevyys. Käytetään paljon yhtenä barriereerikerroksena MAP-pakkauksessa rasiinisiin.	Ei sovellu korkean kaasuläpäisevyyden kanssa pelkästään käytettäväksi MAP-pakkauksessa, aina jonkun muun muovin kanssa
Etyylivinyylialkoholi	EVA	Puolijäykkä, hyvä lämmöneristys, iskunvaimennus, joustava, pehmeä ja erinomainen kuumasaumattavuus.	-
Korkeatiheyksinen polyeteeni	PE-HD tai HDPE	Jäykkä, hyvä iskunkestävyys, lämpötilavaihtelua kestävä, hyvä kemiallinen kestävyys	-
Polylaktidi	PLA	Biohajoava sekä -pohjainen	Kallis materiaalina

### Kalvojen läpäisevyys

Kasviksia pakatessa kalvoista halutaan tietää, miten ne läpäisevät kaasuja ja miten ne läpäisevät vesihöyryä. Kaasujen läpäisevyys kalvoissa on yleisesti niin, että mitä ohuempaa kalvoa, sitä paremmin se läpäisee kaasuja. Toisena tekijänä kaasujen sekä vesihöyryn läpäisevyyteen on materiaali, joista löytyy tietoa taulukosta 6. Tuoreleikatut kasvikset säilyvät pidempään, kun käytetään kalvoja, jotka päästävät jonkin verran kaasuja läpi. Vesihöyryn tiivistyminen on ei-haluttua, mutta kohtalaisen yleistä tuoreleikattujen kasvien pakkauksen sisällä. Pakkauksen sisälle kertyvä vesihöyry on esteettisesti haitta pakkauksessa, sekä tekee haitallisille mikrobeille suotuisimmat olosuhteet. Materiaalilla, jolla on korkea vesihöyrynläpäisevyys, voidaan ehkäistä vesihöyryn tiivistymistä pakkauksen sisäpuolelle. Kalvoihin voidaan käyttää myös huuruuntumisenestoa (engl. antifog), jolla saadaan pakkauksen tuotteet näkymään paremmin kuluttajalle. (Järvi-Kääräinen & Ollila. 2007: 118; Amerplast. 2017: 16.)

## Perforoitu kalvo

Kalvojen mikroperforointi on yksi tapa säädellä kalvon läpäisevyyttä. Mikroperforoitu kalvo tarkoittaa sellaista kalvoa, johon on tehty reikiä, joiden koko on 40–200 µm. Reikiä voi olla useampia riippuen käyttökohteesta ja niitä ei yleisesti voi nähdä pelkällä silmällä. Tällainen mikroperforointi edesauttaa tuotteen hengittävyysessä. Reikien koolla voidaan määrittää mitä kaasua ja minkäkin verran se päästää lävitse. Kalvojen mikroperforointi on hyvin suosittu tapa nykyajan MAP-pakkauksissa, koska sillä voidaan niin tarkkaa määrittää pakkauksen hengittävyys. Erityisesti mikroperforointi auttaa runsaasti hengittävien, kuten sienien tai parsakaalin kaltaisten tuotteiden pakkauksissa. Makroperforointiakin tehdään, mutta siinä reiät ovat suuremmat, joten se on harvoin käytössä tuoreleikatuilla kasviksilla. (Yahia. 2009: 466–467.)

### 2.4.2 Pakkausmenetelmät

#### **Vakuumi- ja tyhjiöpakkaus**

Vakuumpakkauksia käytettiin aiemmin, ennen MAP-pakkaustekniikan yleistymistä paljon elintarviketeollisuudessa kasviksien pakkaukseen. Vakuumpakkauksen etuina olivat kohtalaisen halpa laitteisto verrattuna MAP-pakkauslaitteistoihin, halvemmat pakkausmateriaalit ja kustannustehokkuus logistiikan puolesta, koska vie vähän tilaa. Haittoina on kuitenkin sen kohtalaisen työläs pakkaaminen sekä lyhyt säilyvyysaika anaerobisen soluhengityksen vuoksi.

#### **Flowpack**

Flowpack-pussit ovat yksi yleisimmistä tavoista pakata kasviksia. Flowpack-pakkauksessa voidaan käyttää hyödyksi MAP-pakkaustekniikkaa. Kuvassa 7. nähdään flowpack-pakkaus koneesta piirroskuva, tämä kyseinen kuva esittää pystymallia flowpack-pakkaus koneesta, mutta vaakamallejakin käytetään. Pystymallisessa flowpack-koneessa tuote syötetään syöttöaukosta sisään ja kalvo tulee putken ympäriltä tuotteen ympärille. Alhaalla kone kuumasaumaa pussin pään. Tällaista pakkauskonetta käytetään hyvin paljon salaattiteollisuudessa, mutta sopii käytettäväksi moneen muuhunkin, kuten esimerkiksi porkkanaraasteen, parsakaalin kukinnon tai sipulirenkaiden pakkaamiseen.

Flowpack-pakkauskoneen etuja ovat sen tehokkuus sekä pussien kustannustehokas pakkaaminen. (Amerplast. 2017: 7–8; Järvi-Käärinen & Ollila. 2007: 224.)



Kuva 7. Flowpack-pystypakkauskoneesta kuvitettu kuva. (Amerplast. 2017: 8)

### Rasiapakkaus

Rasiapakkaaminen (kuva 8.) on toinen suosittu ja yleinen tapa pakata tuoreleikattuja kasviksia. Kuten flowpack-pakkaamisessa, tässäkin voidaan hyödyntää MAP-pakkaus-tekniikkaa, mutta se ei ole välttämätöntä. Rasiapakkaamisessa tuote laitetaan ensin rasiaan, joka on kovempaa materiaalia ja kone kuumasaumaa pehmeämmän kalvon rasiaan. Rasiapakkauksiin voidaan laittaa täysin samoja tuotteita, kuin flowpack-pakkauksiinkin. Rasiapakkaamisen etuja on rasian tuoma suoja mekaanisilta vaurioilta ja mahdollinen valosuoja. Rasiapakkauksen huonompia puolia on sen hitaus verrattuna flowpack-pakkauskoneeseen sekä enemmän tilaa vievät pakkaukset. (Amerplast. 2017: 8–9.)



Kuva 8. Rasiapakkauskoneesta kuvitettu kuva. (Amerplast. 2017: 8)

## 2.5 Säilyvyystutkimuksien menetelmät

Säilyvyystutkimuksia tehdään elintarvikkeille, kun esimerkiksi jonkin uuden tuotteen säilyvyydestä ei ole riittävästi näyttöä, sen valmistus- tai pakkaustapa muuttuu oleellisesti tai lainsäädännön vaatimuksesta, kuten *L. monocytogenesiä* mahdollisesti sisältävät elintarvikkeet. Säilyvyystutkimuksiin kuuluu useimmiten mikrobiologinen tutkimus sekä aistinvarainen arviointi. Elintarvikekohtaisia erilaisia tutkimuksia löytyy paljon näiden lisäksi. (Säilyvyysaika ja sen määrittäminen. 2020.) MAP-pakattujen tuoreleikattujen kasvien kohdalla säilyvyystutkimuksien aikana seurataan jäännöskaasujen arvoja, koska niistä nähdään tuotteen käyttäytymistä pakkauksessa (Järvi-Kääriäinen & Ollila. 2007: 222).

### 2.5.1 Mikrobiologiset tutkimukset

Mikrobiologisia tutkimuksia säilyvyyskokeissa voidaan tehdä kasviksen mukaan hyvin laajasti. Tuoreleikattujen kasvien kohdalla seurataan kokonaismikrobimäärää, hiivoja, homeita sekä taudinaiheuttajabakteereita, joita on lueteltuna tarkemmin luvussa 2.2, taulukko 1. Taudinaiheuttajabakteereita tutkitaan tapauskohtaisemmin, kun esimerkiksi tiedetään jonkin tietyn kasviksen mukana tulevan useasti sellaista.

Hiivat ja homeet ovat ne mikro-organismit, jotka aiheuttavat pilaantumista tuoreleikatuissa kasviksissa. Ne tekevät tuotteeseen epämieluisia hajuja ja makuja ja pehmentävät rakennetta. Hiivat muodostavat pintaan pilvimäistä rakennetta tai vaaleita läikkiä ja homeet tunnistetaan helpoiten selkeistä pesäkkeistä. (Tournas ym. 2006: 684.) Kokonaismikrobien määrästä tuloksissa ei voida päätellä kasviksien laadusta paljoa. Kokonaismikrobien määrä voi heitellä näytteiden välillä ja silti tuote voi olla laadullisesti hyväksytty. Tämä johtuu siitä, että kokonaismikrobeissa ei erotella mikrobeita, jotka ovat eduksi kasvikselle ja jotka ovat haitaksi sille. Tämän takia myös kokonaismikrobien määrälle ei ole asetettu hiivojen ja homeiden tapaisesti hyväksytyyn raja-arvoja. (ETL. 2017: 5; Vuorinen. 2020.)



### 2.5.2 Aistinvarainen arviointi

Aistinvarainen arviointi tuoreleikatuille kasviksille voidaan suorittaa monin eri tavoin. Ennen aistinvaraista arviointia pitää olla selvillä arvioinnin tavoitteet, jotta voidaan määrittää millä laajuudella se tehdään. Säilyvyyskokeissa aistinvarainen arviointi olisi hyvä suorittaa vähintään kahtena peräkkäisenä päivänä, jotta saadaan vertailukohde eri säilyvyysajoista samalle tuotteelle. Arviointikohteina tulisi vähintään arvioida hajua, makua ja ulkonäköä, jotta saadaan tarpeeksi laaja käsitys laadusta aistinvaraisesti. Arviointimenetelmänä toimii monet aistinvaraisen arvioinnin erilaiset menetelmät. Yleisesti säilyvyyskokeita tehdessä maistetaan samaa kasvista useasti, joten on hyvä pitää mielessä arviointimenetelmää valitessa se, että tutkimusta tehdessä arvioinnin laatu ei heikkenisi näytteiden suuresta määrästä. (Tuorila ym. 2008: 10.)

Aistinvaraisessa arvioinnissa mittarina voidaan käyttää jotain asteikkoa, jonka päät ovat ääripäitä toisistaan (esimerkiksi miellyttävän hajuinen – epämiellyttävän hajuinen). Tällaisessa mittarissa asteikko on järkevintä tehdä vähintään viiteen lukuun asti ja aina parittomalla luvulla, jotta tuloksia tarkastellessa neutraaleja, eli keskelle jääviä tuloksia ei tulisi lainkaan.

Raadin suuruudella saadaan yleisesti tutkimuksen luotettavuutta kasvatettua. Raati voi koostua aistinvaraisen arvioinnin ammattilaisista, jolloin raadin koko voi olla hyvinkin pieni (esimerkiksi 2 arvioijaa). Se voidaan tehdä myös suurella määrällä arvioijia, jolloin arvioijat opastetaan arviointiin. (Tuorila ym. 2008: 27.) Tuoreleikattujen kasvien arviointi haastavampaa, kuin esimerkiksi makeisia arvioidessa, koska aistinvaraiset erot voivat olla hyvinkin pieniä. Tällöin olisi hyvä pohtia onko kannattavaa kouluttaa raatia käytännössä jokaiselle kasvikselle erikseen vai onko laadun ja tehokkuuden kannalta käytännöllisempää pitää raati pienenä.

### 2.5.3 Kaasuarvojen mittaus

MAP-pakkaamiseen liittyvissä säilyvyyskokeissa on tärkeää seurata, kuinka paljon on jäännöskaasuja pakkauksen sisällä. Kaasuarvoista voidaan päätellä mikrobitoiminnan kehittymistä. Kuvan 9. kaltaisella laitteella mitataan kaasuarvoja MAP-pakatuista tuotteista. Kyseinen mittausväline on nopea tapa, jota käytetään esimerkiksi tuotannossa

mitattaessa. Kuvan alaosassa olevalla neulalla lävistetään pakkauskalvo, jonka jälkeen laitteella voidaan mitata pakkauksen sisällä olevat kaasuarvot. Yleisesti seurataan hapen ja hiilidioksidin käyttäytymistä ainoastaan, koska jäljelle jäävä kaasu, typpi on neutraalina kaasuna ja muiden kaasujen osamääristä voidaan laskea jäljelle jäävä osuus, eli typen osuus.



Kuva 9. Happi- ja hiilidioksidikaasujen mittausväline. (Witt, Headspace Gas Analyser OXYBABY)

Kaasuarvojen mittaus voidaan suorittaa myös kaasukromatografisesti. Tällä tavalla saadaan tarkempaa tietoa kaasupitoisuuksista, sekä useampia kaasuja mitattua, kuten esimerkiksi etyleeniä, metaania ja typpioksiduulia. (Wills 2007: 227.)

### 3 Kokeellinen tutkimus

Kokeellisen tutkimuksen luvussa käydään läpi tutkimuksen eri osa-alueet. Ensimmäisenä määritellään työn tavoite sekä samalla kerronta tutkimuksen vaiheista työn kokonaiskuvan selkeyttämiseksi. Näiden jälkeen käydään materiaalit, menetelmät sekä tulokset.

#### 3.1 Työn tavoite ja toteutustapa

Työn tavoitteena oli tutkia ja mahdollisesti parantaa tuoreleikatun tuotteen säilyvyyttä ja optimoida sen prosessointitapaa. Työssä tutkittiin pars- ja kukkakaalinuppujen säilyvyyttä, kun prosessoinnissa käytettiin erilaisia vesipesumenetelmiä. Työssä haluttiin löytää yhtenäinen tapa molemmille tuotteille, jotta tuotanto pysyisi tehokkaana. Työn ajatus

lähti siitä, kun yrityksen sisällä oli eriäviä mielipiteitä valikoitujen tuotteiden prosessointitavoista ja niiden vaikutuksista säilyvyyteen. Tällä työllä haluttiin saada tutkimusnäyttöä tähän kysymykseen.

Kokeellinen tutkimus suoritettiin kahdessa vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa näytteitä tutkittiin taulukon 9 mukaisesti. Toisessa vaiheessa toistettiin ensimmäisen tutkimuksen laadukkaimmiksi todetut näytteet. Kummassakin kokeessa oli määritelty vakioiksi pakkausmateriaalit, tuotteiden määrät pakkauksissa sekä säilyvyysajat. Pakkausmateriaalit valittiin osittain pohjautuen yrityksen vanhoihin tutkimuksiin sekä insinööriyön aikana suoritettuun soluhengitysmittaukseen.

Taulukko 9. Näytteiden vesipesutavat ensimmäisessä vaiheessa. Tähdellä (\*) on merkitty kukkakaalien kohdalla kaksi näytettä, joista on poistettu uloimmat lehdet ennen pesuja.

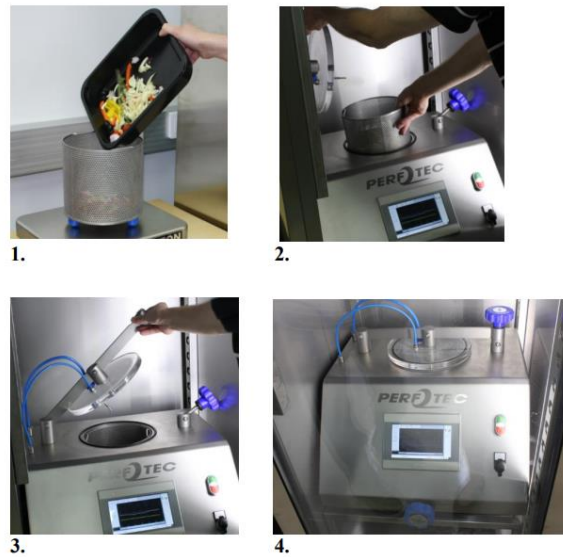
<b>Parsakaali</b>	<b>Pesutapa ennen leikkausta</b>	<b>Pesutapa jälkeen leikkauksen</b>
Ei pesua ollenkaan	-	-
Raaka-aineen pesu ennen ja jälkeen leikkauksen	Esipesulinjasto	Eräpesuri ja linkous
Raaka-aineen pesu ennen leikkausta	Esipesulinjasto	-
Raaka-aineen pesu ennen ja jälkeen leikkauksen	Letkulla suihkuttaen	Eräpesuri ja linkous
Raaka-aineen pesu ennen leikkausta	Letkulla suihkuttaen	-
Raaka-aineen pesu leikkauksen jälkeen	-	Eräpesuri ja linkous
<b>Kukkakaali</b>		
Ei pesua ollenkaan	-	-
Raaka-aineen pesu ennen leikkausta*	Letkulla suihkuttaen	-
Raaka-aineen pesu ennen leikkausta*	Esipesulinjasto	-
Raaka-aineen pesu ennen ja jälkeen leikkauksen	Esipesulinjasto	Eräpesuri ja linkous
Raaka-aineen pesu ennen leikkausta	Esipesulinjasto	-
Raaka-aineen pesu ennen ja jälkeen leikkauksen	Letkulla suihkuttaen	Eräpesuri ja linkous
Raaka-aineen pesu ennen leikkausta	Letkulla suihkuttaen	-
Raaka-aineen pesu leikkauksen jälkeen	-	Eräpesuri ja linkous

## 3.2 Materiaalit ja menetelmät

Materiaalit ja menetelmät käydään läpi kronologisessa järjestyksessä. Ensimmäisenä tehtiin soluhengityksien mittaaminen. Soluhengitysmittausten tulosten avulla saatiin tietoa millaiset pakkausmateriaalit tulisi valita. Yrityksessä oli määritelty tietyille soluhengitysnopeuksille tietyntyyppiset materiaalit, joten myös tätä hyödynnettiin. Tämän jälkeen käydään kokeiden olosuhteet mahdollisimman tarkasti läpi. Olosuhteiden jälkeen käydään kokeiden työvaiheet läpi. Koeosuuden jälkeen käydään mikrobiologisten ja aistinvaraisen arvioinnin menetelmät läpi sekä tavat, miten tuloksia analysoitiin.

### 3.2.1 Soluhengityksen mittaaminen

Soluhengityksen mittaamiseen käytettiin Perfotec Respiration meter RR 3.0 – soluhengitysmittauslaitetta (kuva 10.). Kun soluhengitysmittauslaite oli mitannut, otettiin tulokset USB-muistitikulla laitteesta muistiin ja tämän jälkeen tulokset analysoitiin laitevalmistajan omalla ohjelmalla. Tässä työssä soluhengitysmittauksen tuloksia hyödynnettiin kahteen asiaan. Siihen kuinka paljon tuotetta laitettiin rasiaan pakattavaksi sekä millaista kalvoa käytettiin. Analysoidut tulokset antoivat soluhengitysarvon, minkä jälkeen katsottiin yrityksen omaa kalvotaulukkoa, jossa oli soluhengitysarvojen mukaisesti ennalta määritellyt sopivat kalvot. Laitevalmistajan ohjelmassa pystyttiin määrittämään, kuinka paljon tuotetta olisi järkevää laittaa pakkaukseen, jotta soluhengitys pakkauksessa olisi optimaalista.



Kuva 10. Perfotec Respiration meter RR 3.0 -soluhengitysmittauslaite. Kuvan ensimmäisessä (1.) kohdassa tuoreleikattuja kasviksia laitetaan metalliseen, reiälliseen astiaan. Tämän astian vetoisuus on 7,1 litraa. Tässä vaiheessa tulee myös punnita tarkka määrä, kuinka paljon tuoreleikattuja kasviksia laitetaan astiaan. Toisessa (2.) kohdassa astia laitetaan Perfotec–soluhengitysmittauslaitteen sisälle. Kolmannessa (3.) kohdassa kansi suljetaan. Tässä vaiheessa on tärkeää katsoa, että kannessa oleva mittausanturi ei ole kosketuksissa minkään tuoreleikatun kasviksen kanssa, vaan mittaus tapahtuu ilmasta. Viimeisessä kohdassa (4.) kansi suljetaan. Tämän jälkeen mittauslaitteeseen syötetään pyydetyt arvot, tuotteen määrä sekä aika. Kun arvot on annettu, mittauslaite kytketään päälle. Tuotteen määrä voi vaihdella. Raja-arvona on yleisesti se, että tuote ei kosketa anturia. Aikana käytetään yleisesti neljää tuntia. Kuvitetut käyttöohjeet laitteesta (Lajunen. 2016: 38.)

### 3.2.2 Pakkausmateriaalit

Pakkausmateriaaleina työssä käytettiin muovirasiaa sekä -kalvoa. Muovirasiana työssä käytettiin PET–muovista valmistettua rasiaa, jonka tilavuus oli 0,68 litraa. Kalvona käytettiin perforoitua monikerroskalvoa, jossa on muoveina. PET-EVOH-PE. Kalvon pakkaus oli 62  $\mu\text{m}$  ja vesihöyrynläpäisyvyys 7  $\text{g/m}^2/24 \text{ h}$ . Kalvonvalmistaja on tehnyt perforoinnin kohdeyrityksen antamien spesifikaatioiden mukaisesti.

### 3.2.3 Kokeiden olosuhteet

Kokeiden olosuhteiden lämpötilat ovat viitteellisiä arvoja, eikä kokeen aikana otettuja tuloksia. Raaka-aineiden alkuvarastointitilan lämpötila on +3 ...+4 °C, korkean hygienian

tuotantotilan lämpötila on noin +6 °C ja tuotteen loppuvarastoinnin lämpötila on +3 ...+4 °C. Pesuvedet, joita käytettiin kokeissa, olivat enintään +4 °C.

Tuotteiden pesut, leikkaukset ja pakkaus tehtiin aina yhden päivän aikana mahdollisimman nopeasti. Kokeiden tekemiseen meni noin neljä tuntia per kerta.

### 3.2.4 Tuotteiden valmistus

#### Kokeiden ensimmäinen osio

Valmistaminen tehtiin liitteen 1. työohjeiden mukaisesti, jotka tehtiin ennen kokeiden suorittamista. Työohjeessa käydään läpi mahdollisimman tarkasti kokeiden materiaalit ja menetelmät, jotta toistettavuus olisi mahdollista.

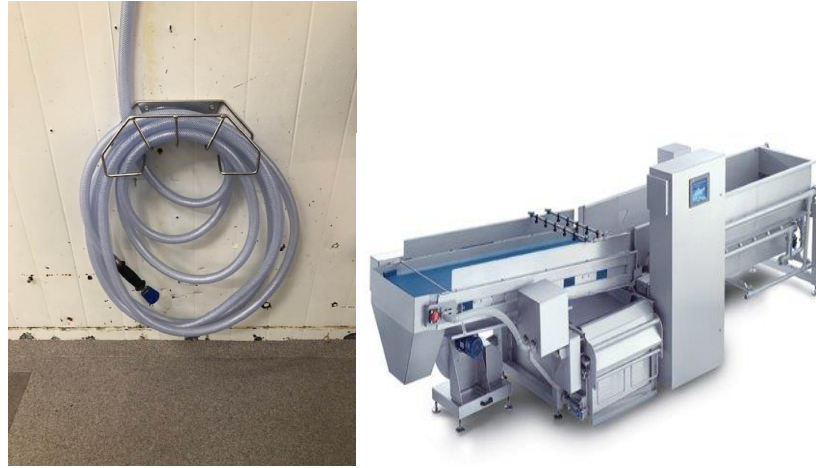
Ensimmäisenä haettiin alkuvarastosta raaka-aineet työpisteen vierelle. Raaka-aineet alkuvarastossa säilytettiin kuvan 13. mukaisesti pahvilaatikoissa. Pahvilaatikoista raaka-aineet siirrettiin elintarviketuotannossa hyväksytyihin pestäviin ja reiällisiin muovilaatikoihin.



Kuva 11. Alkuvarastossa sijaitsevaa kukkakaalia ja parsakaalia

Tämän jälkeen valmisteltiin työpiste, jossa kukintojen eli näytteiden valmistus suoritettiin. Työpiste sijaitsi korkean hygienian tuotantotilassa. Kukintojen valmistus suoritettiin veitsellä leikkaamalla. Työ suoritettiin niin, että kukintojen leikkauksessa edettiin puhtaimmasta mahdollisesta näytteestä likaisimpaan näytteeseen. Näytteet mainittiin aiemmin

luvussa 3.1, taulukko 7. Tekojärjestys on määritelty tarkemmin työohjeessa (liite 1.). Letkulla suihkutetaan esipesu tehtiin kuvan 12. vasemmalla puolella olevalla letkulla ja esipesulinjastona käytettiin kuvan 12. oikealla puolella olevan esipesulinjaston kaltaista.



Kuva 12. Vasemmalla on letku, jolla voidaan esipestä tai huuhdella tuotantoon meneviä kasviksia. Oikealla on malli esipesulinjastosta, jossa hyödynnetään kahta erilaista pesutekniikkaa, upotusta veteen, sekä suihkutusta. Tällaisista voi olla monenlaisia eri versioita riippuen käyttötarkoituksesta. (Forsfood. 2020.)

Leikattu kukinto laitettiin samankaltaiseen reiälliseen muovilaatikkoon, jossa raaka-aineet tuotiin tuotantoon. Laatikkoon laitettiin tässä vaiheessa puhdas kertakäyttöinen muovisuojus, jotta tuotteet eivät kontaminoidu.

Leikkauksen jälkeiset pesut, jotka mainittiin tarkemmin luvussa 3.1, taulukko 7., suoritettiin kuvassa 12. esitetyillä tavoilla. Eräpesurina toimi Eillert GWB-1000. Kun käytettiin eräpesuria, käytettiin sen jälkeen myös linkoa (kuva 13.), jolla kuivattiin tuote. Linkona käytettiin Kronen Spin-dryer KS-600 – rumpulinkoa, jossa pystyi säätämään linkoamis-aikaa. Linkousaikana käytettiin kokeissa noin 20–30 sekunnin linkousta. Tarkkaa aikaa ei määritetty, koska säätömahdollisuudet ovat vaurioituneet käytössä, joten linkoa ei myöskään pystytty tarkemmin säätämään. Tällä ei kuitenkaan todettu olevan merkittävää vaikutusta lopputuloksen kannalta.



Kuva 13. Vasemmalla kuvassa Eillert GWB-1000 – eräpesuri, jolla voidaan pestä tuoreleikattuja kasviksia ja oikealla kuvassa on Kronen Spin-dryer KS-600 – rumpulinko, jolla voidaan kuivata pesemisen jälkeen tuoreleikattuja kasviksia.

Esipesujen, leikkauksien ja mahdollisten toisien pesujen jälkeen tuotteet pakattiin muovirasioihin. Yhtä näytettä pakattiin 15 rasiaa. Liitteen 1 työhjeessa oli määritelty kummallekin tuotteelle oma tarkka paino. Kukkakaalia pakattiin 180 grammaa ja parsakaalia 125 grammaa. Pakkauskoon vaihteluväli sai olla kukkakaalia pakatessa 174,6–185,4 grammaa ja parsakaalilla 120,5–124,5 grammaa. Kun tuotteet oli pakattu rasioihin, vietiin ne pakkauslaitteelle suljettavaksi. Pakkauslaitteena toimi kuvan 18. mukainen Multivac T700-pakkaus kone, johon oli liitettynä CO<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>/N<sub>2</sub> -kaasunsekoittaja. Pakkauskonetta käytettiin tuotannossa jokapäiväisessä pakkauksessa samankaltaisten rasioiden sekä kalvon pakkaukseen kuin kokeessakin käytettiin. Kun ensimmäiset rasiat pakattiin, niistä tarkastettiin suojakaasukoostumukset, jotta varmistuttiin, että saadaan halutut arvot rasian sisään. Kaikkia rasioita ei ole mahdollista tarkistaa, koska mittaus tekee rasian kalvoon reiän ja siksi niitä ei myöskään tarkasteta todellisessa tuotannossa, vaan niitä tehdään riskinarvion mukaisesti, esimerkiksi kerran tunnissa tai tuotevaihdon yhteydessä. Kaasuarvot mitattiin aiemmin esitetyllä, kuvan 11. mukaisella kaasumittarilla, joka mittaa hiilidioksidin ja hapen. Kaasuarvot mitataan suljetusta rasiasta niin, että kaasunmittauslaitteen kärjessä olevalla neulalla puhkaistaan kalvo, jonka jälkeen mitataan laitteella kaasuarvot. Tämän jälkeen kyseinen rasia on pakattava uudelleen, koska mittauslaitteen neula tekee liian suuren reiän kalvoon. Kaasuarvojen tavoitearvot ovat hiilidioksidille noin 15 %, hapelle noin 5 % ja typelle noin 80 %.





Kuva 14. Multivac T700 – rasiapakkaukone, johon on liitettyä MAP-pakkaamista varten kaasuliitännät hapelle, typelle sekä hiilidioksidille.

Kun pakkaaminen oli tehty, rasiat vietiin säilytykseen loppuvarastointiin eli keräilyyn, josta tuotteet lähtisivät asiakkaille jakeluun. Loppuvarastoinnissa tuotteita säilytettiin yhteensä 1+7. Lukua tulkitaan niin, että ensimmäinen luku on valmistuspäivä (käytännössä aina luku 1) ja toisena esitetty luku on säilytettyjen päivien lukumäärä. Tällä tavalla tullaan tästä edespäin työssä kirjoittamaan näytteiden säilytyspäivistä.

Kokeiden toinen osio

Kokeiden toinen osio suoritettiin ensimmäisen osion työohjeita muokaten (liite 2). Toisella kerralla kokeet suoritettiin tuotteille, jotka saivat ensimmäisen osion säilyvyyskokeissa parhaimmat tulokset.

### 3.2.5 Mikrobiologiset tutkimukset

Mikrobiologiset tutkimukset teki ulkoistettu toimija, Metropolilab Oy. Lähetteet kirjattiin järjestelmään ja Metropolilab Oy hoiti logistiikan sekä tutkimukset näytteille. Metropolilab Oy lähetti yritykselle tulokset analysoinnin jälkeen.

Mikrobiologiset tutkimukset tehtiin aerobisista mikro-organismeista eli kokonaismikrobit, hiivat ja homeet. Aerobiset mikro-organismit tutkittiin NMKL 86 -menetelmällä, joka yksi yleisimmistä agarmaljamenetelmistä kokonaismikrobeja tutkittaessa. Hiivojen sekä homeiden tutkimiseen käytettiin OGYE-agar-alustaa. Mikrobien raja-arvoina tässä työssä sekä yrityksessä on käytetty Elintarviketeollisuusliiton (2017: 4) antamia ohjeistuksia mikrobien määristä. Ohjeistuksissa aerobisten mikro-organismien enimmäismäärä ei ole

tuoreille kasviksille määritetty, hiivoilla se on  $1 \times 10^4$  pmy/g ja homeilla  $1 \times 10^3$  pmy/g. Nämä arvot ovat taulukoituna myös luvussa 2.2, taulukko 1.

Tutkimukset tehtiin aina vähintään kolmelle rinnakkaisnäytteelle luotettavuuden lisäämiseksi. Tutkimukset tehtiin kahtena peräkkäisenä päivänä, jotta saatiin laajempaa näkemystä tulosten kehittymisestä.

### 3.2.6 Aistinvarainen arviointi

Aistinvaraiset arvioinnit suoritettiin samoina päivinä, kuin mikrobiologiset tutkimukset tehtiin. Arvioinnit suoritettiin siis päiväyksillä 1 + 6 sekä päiväyksillä 1 + 7. Aistinvaraiset arvioinnit suoritettiin kahden ihmisen raadilla. Ennen kokeiden tekemistä päätettiin, että ei ole kannattavaa resursoida suurempaa raatia kokeisiin. Tuotteiden luonteen takia raadin olisi pitänyt olla hyvin perehtynyt aiheeseen, jotta arviointi olisi ollut mahdollisimman tasalaatuista. Päätettiin siis, että kahden hyvin perehtyneen ihmisen raadilla saatiin luotettavimpia tuloksia. Näytteiden arviointi tehtiin aina samassa järjestyksessä aloittaen näytteestä 0 ja jatkaen siitä kohti suurempaa lukua.

Arviointiasteikkona käytettiin viisiportaista asteikkoa. Numerolla 1 tarkoitettiin arvioinnissa, että tuotteen laatu oli neutraali, ei havaittavia muutoksia. Numerolla 5 tarkoitettiin, että tuotteessa on havaittavissa aistinvaraisesti epämiellyttäviä muutoksia selkeästi ja paljon. Arvioitavina kohteina oli maku, haju sekä ulkonäkö. Ennen aistinvaraista arviointia tuotteesta mitattiin jäännöskaasuarvot kuvan 19. tapaisella kaasunmittauslaitteella. Jokainen aistinvarainen arviointi tehtiin samassa paikassa ja suunnilleen samaan aikaan yrityksen kokeittiossa.

Tuloksien tarkastelua on helpotettu Microsoft Excel -ohjelman ehdollisen muotoilun väriasteikoilla. Taulukosta 10. voi nähdä työssä käytettyjen väriasteikkojen ääripäiden värit. Aistinvaraisissa arvioinneissa väriasteikkona käytettiin valko-puna-asteikkoa. Valkoinen väri viittasi pienimpään numeroon (numero 1) ja punainen väri viittasi suurimpaan numeroon (numero 5). Jäännöskaasumittauksien happipitoisuuksissa käytettiin väriasteikkona vihreä-keltainen-punainen-asteikkoa. Hiilidioksidipitoisuuksissa käytettiin päinvastaisista asteikkoa punainen-keltainen-vihreä.

Taulukko 10. Väriasteikkojen ääripäät aistinvaraisissa arvioinneissa sekä jäännöskaasumittauksissa.

<b>Aistinvaraisen arvioinnin väriasteikon ääripäiden värit</b>	
1	
5	
<b>Happipitoisuuden väriasteikon ääripäiden värit</b>	
Suuri happipitoisuus	
Pieni happipitoisuus	
<b>Hiilidioksidipitoisuuden väriasteikon ääripäiden värit</b>	
Suuri hiilidioksidipitoisuus	
Pieni hiilidioksidipitoisuus	

### 3.2.7 Tulosten analysointi

Mikrobiologisista tuloksista ja jäännöskaasuarvoista laskettiin keskiarvot sekä -hajonnat. Laskemiseen käytettiin Microsoft Excel (2010) – ohjelmaa.

Tulosten analysoinnissa käytettiin Microsoft Excel (2010) – ohjelmaa. Mikrobiologisista tuloksista laskettiin keskiarvot sekä -hajonnat. Keskiarvot laskettiin yhdistämällä kahden säilyvyyspäivän keskiarvot (keskiarvojen keskiarvo). Hajonnat laskettiin samoista luvuista, eli kahden säilyvyyspäiväyksen keskiarvoista. Aistinvaraisessa arvioinnissa laskettiin keskiarvo yhteisesti kaikille osa-alueille (haju, maku, ulkonäkö). Jäännöskaasumittausten tuloksista laskettiin hapelle sekä hiilidioksidille erikseen keskiarvot sekä -hajonnat.

### 3.3 Tulokset

Tulokset käydään läpi kronologisessa järjestyksessä. Ensimmäisenä käydään läpi soluhengitysmittausten tulokset, jossa nähdään soluhengitysnopeudet hapen kulutuksesta sekä hiilidioksidin tuotosta. Sen jälkeen käydään ensimmäisen sekä toisen kokeen mikrobiologiset tulokset läpi. Aistinvaraiset arvioinnit ja jäännöskaasuarvot käydään omina osioinaan, vaikka tutkimukset suoritettiin yhtäaikaisesti.

Tuloksissa tullaan käsittelemään näytteitä näyttenumeroiden avulla. Taulukossa 11. on esitettyä tiivistetysti näytteiden numerokoodi, pesutapa sekä missä tai millä pestiin.

Taulukko 11. Näytteiden numerointi ja pesutavat. Kukkakaalilla sekä parsakaalilla numerointi samaan tapaan, mutta parsakaalista ei tehty näytteitä 1 ja 2.

<b>Numero-koodi</b>	<b>Pesutapa</b>	<b>Esipesu / toinen pesu</b>
0	Ei pesua ollenkaan	Ei pesua / ei pesua
1	Kukkakaali, josta poistettu lehdet, pesu ilman lehtiä	Letku / ei pesua
2	Kukkakaali, josta poistettu lehdet, pesu ilman lehtiä	Esipesulinjasto / ei pesua
3	Raaka-aineen pesu ennen ja jälkeen leikkauksen	Esipesulinjasto / eräpesuri, linko
4	Raaka-aineen pesu ennen leikkaamista	Esipesulinjasto / ei pesua
5	Raaka-aineen pesu ennen ja jälkeen leikkauksen	Letku / eräpesuri, linko
6	Raaka-aineen pesu ennen leikkaamista	Letku / ei pesua
7	Raaka-aineen pesu leikkauksen jälkeen	Ei pesua / eräpesuri, linko

Kokeellisen osuuden ensimmäisessä osiossa otettiin kukkakaalista sekä parsakaalista laajempi tutkimus (taulukko 11. kaikki näytteet), josta valikoitiin parhaiten menestyneet näytteet toiseen osioon. Toiseen kokeeseen valittiin näyte (näyttenumero 0) jota ei pesty lainkaan, näyte (näyttenumero 3) joka pestiin leikkausta ennen esipesulinjastolla sekä leikkauksen jälkeen eräpesurilla ja kuivaus linkouksella sekä näyte (näyttenumero 4) joka pestiin ainoastaan esipesulinjastolla ennen leikkausta. Jokaisesta näytteestä otettiin ensimmäisessä osiossa 3 kappaletta rinnakkaisnäytettä ja kokeet toistettiin kahtena peräjälkeisenä päivänä, jotta saatiin tietoa laajemmin säilyvyyteen vaikuttavista tekijöistä. Toisessa osiossa rinnakkaisnäytteitä otettiin mikrobiologiisiin tutkimuksiin 4 kappaletta ja aistinvaraisiin arviointeihin sekä jäännöskaasumittauksiin yhteensä 3 kappaletta. Käsitellyjä näytteitä työssä tuli yhteensä 264 kappaletta, jossa ei ole otettu huomioon epäonnistuneita näytteitä (liite 8).

### 3.3.1 Soluhengitysmittaus

Soluhengitysmittauksista saatiin tiedoksi arvioinnit hapen kulutuksesta sekä hiilidioksidin tuotosta. Tulokset taulukossa 12. on ilmoitettu millilitraa kiloa kohden vuorokaudessa,

kun kirjallisuudessa ilmoitetaan usein milligrammaa kiloa kohden tunnissa. Tuloksista laskettiin myös RQ-arvo, joka oli molempien tuotteiden kohdalla noin 0,7. Kader AA ja Saltveit MEn (2003: 11) mukaan tämä tarkoittaa sitä, että reaktion teoreettisena substraattina toimisi lipidi. Parsakaalin hapen kulutus sekä hiilidioksidin tuotto on selvästi suurempi kuin kukkakaalin, mutta molempien arvot ovat kohtalaisen korkeat (liite 3; liite 4).

Taulukko 12. Soluhengitysmittausten tulokset sekä teoreettiset RQ-arvot. Soluhengitysmittaus tehtiin noin 5 °C:ssa. (Liite 3; Liite 4.)

	O <sub>2</sub> / ml / (kg 24 h)	CO <sub>2</sub> / ml / (kg 24 h)	RQ-arvo
<b>Kukkakaali</b>	1830	1358	0,74
<b>Parsakaali</b>	4100	2977	0,73

Soluhengitysmittausten tuloksien perusteella valittiin kalvo, jonka hengittävyys on kohtalaisen korkea. Kyseinen kalvo on yksi yrityksen hengittävimmistä kalvoista. Valinta perustui myös yrityksen aiempiin mittaustuloksiin, jolloin oli määritelty jo optimaalisimmat kalvot kullekin yrityksessä käytettävälle raaka-aineelle. Soluhengitysmittaustulosten perusteella päätettiin myös, kuinka paljon tuotetta pakataan rasiaan. Soluhengityksen perusteella kukkakaalia päätettiin pakata 180 grammaa ja parsakaalia 125 grammaa.

### 3.3.2 Mikrobiologinen tutkimus

Tuloksien käsittely ensimmäisessä sekä toisessa osiossa tehtiin niin, että kunkin koe-kerran molemmista säilyvyyspäivistä laskettiin yhteinen keskiarvo (keskiarvojen keskiarvo) sekä näiden keskiarvojen keskihajonta. Tuloksia tarkastellessa tämä antoi selkeän kuvan näytteiden laadusta sekä näytteiden laadun hajonnasta.

Pylväsdiagrammeissa (kuvat 15.–20.) pyrittiin asettamaan pmy/g määrän yläarvoksi sellainen arvo, joka antaa realistisen kuvan näytteen laadusta. Kokonaismikrobien osalta yläarvoksi laitettiin eri arvot kussakin kuvassa ja osiossa, koska tuoreleikatuille kasviksille ei ole lain määrittelemää ohjearvoa. Hiivoissa yläarvoksi taulukkoon määriteltiin 80 000 pmy/g, kun sen enimmäismäärä tuoreleikatuissa kasviksissa saa olla 100 000 pmy/g (M-arvo). Homeiden osalta yläarvoksi määriteltiin 5000 pmy/g, kun sen

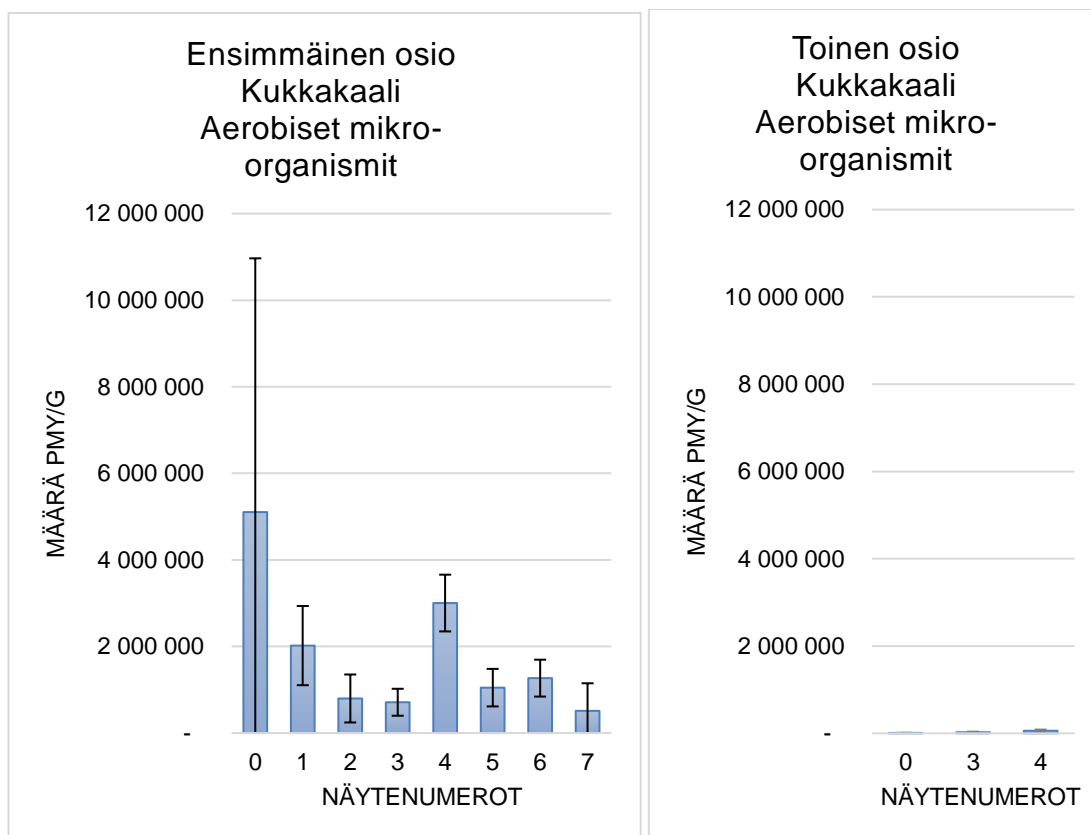
enimmäismäärä tuoreleikatuissa kasviksissa saa olla 10 000 pmy/g (M-arvo). Kaikki tulokset jäivät alle sallitun enimmäismäärän hiivojen ja homeiden osalta.

## Kukkakaali

### Kokonaismikrobit

Kokonaismikrobien hajonta oli kukkakaalien osalta hyvin laaja. Ensimmäisessä osiossa ne olivat 55 000–18 000 000 pmy/g (liite 5: 1–2) ja toisessa osiossa 10 000–150 000 pmy/g (liite 6: 1–2). Kuvasta 19. nähdään molempien osioiden tuloksien keskiarvot sekä keskiarvojen keskihajonnat.

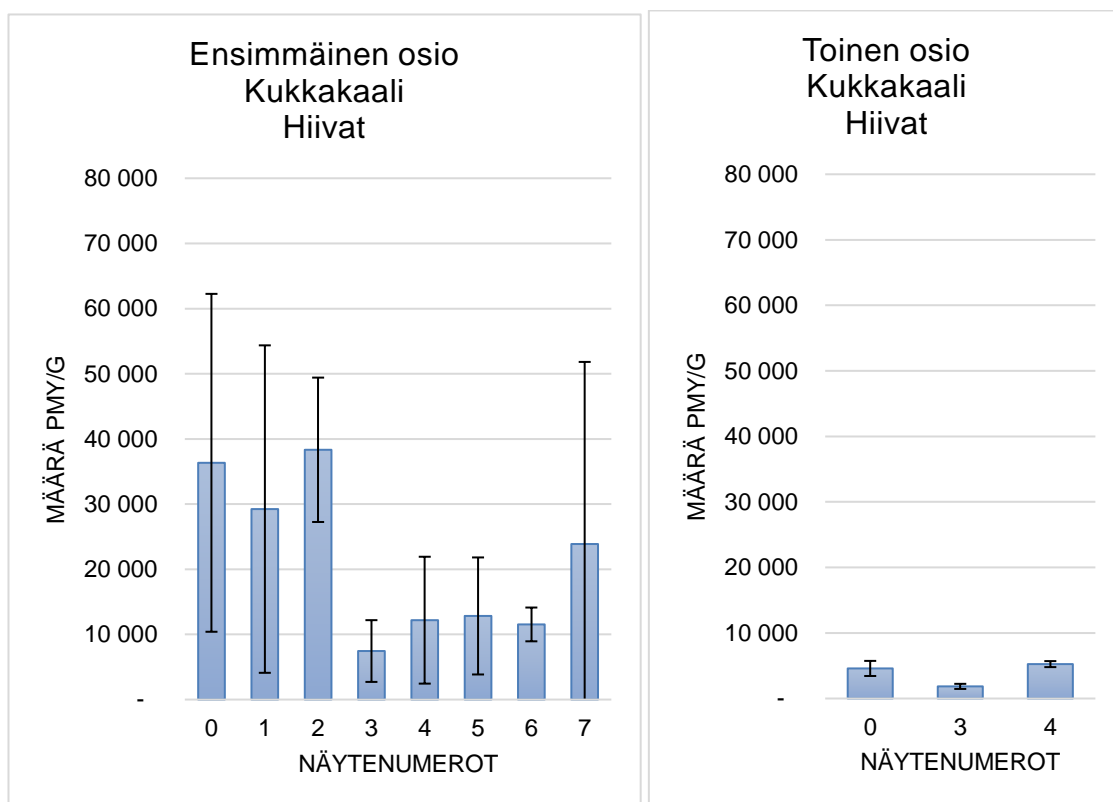
Ensimmäisessä osiossa vähiten mikrobeita oli näytteissä 2, 3 sekä 7 ja eniten lukumäärällisesti sekä hajontaa oli näytteessä 0. Toisessa osiossa kaikissa näytteissä, 0, 3 sekä 4 mitattiin hyvin pienet määrät mikrobeita. Toisen osion mikrobien määrää ei ole tarvetta vertailla keskenään tässä työssä, koska ne olivat niin pienet.



Kuva 15. Ensimmäisen sekä toisen osion kokonaismikrobien tulokset kukkakaalin osalta. Tuloksissa on yhdistettynä kunkin näytteenumeron kohdalle 1 + 6 sekä 1 + 7 säilyvyksien keskiarvot sekä näiden keskiarvojen keskihajonta. Ensimmäisen osion kullekin näytteelle  $n = 6$  ja toisen osion kullekin näytteelle  $n = 8$ .

### Hiivat

Kukkakaalien hiivat ensimmäisessä osiossa antoivat hyvin laajaa hajontaa monien näytteiden kohdalta. Hiivojen määrät vaihtelivat ensimmäisessä osiossa 400–100 000 pmy/g väliltä (liite 5: 1–2). Toisessa osiossa oli paljon pienempää hajontaa 820–17 000 pmy/g (liite 6: 1–2). Laadukkein näyte ensimmäisessä osiossa oli näyte 3, joka jäi alle m-arvon. Laadullisesti heikoimmat sekä suurinta hajontaa oli näytteissä 0, 1, 2 sekä 7. Toisessa osiossa laadukkein näyte hiivojen tuloksista oli 3, mutta kaikkien näytteiden (0, 3 ja 4) hiivojen määrät jäivät alle m-arvon, joten kaikki näytteet olivat laadullisesti hyviä (kuva 20.).

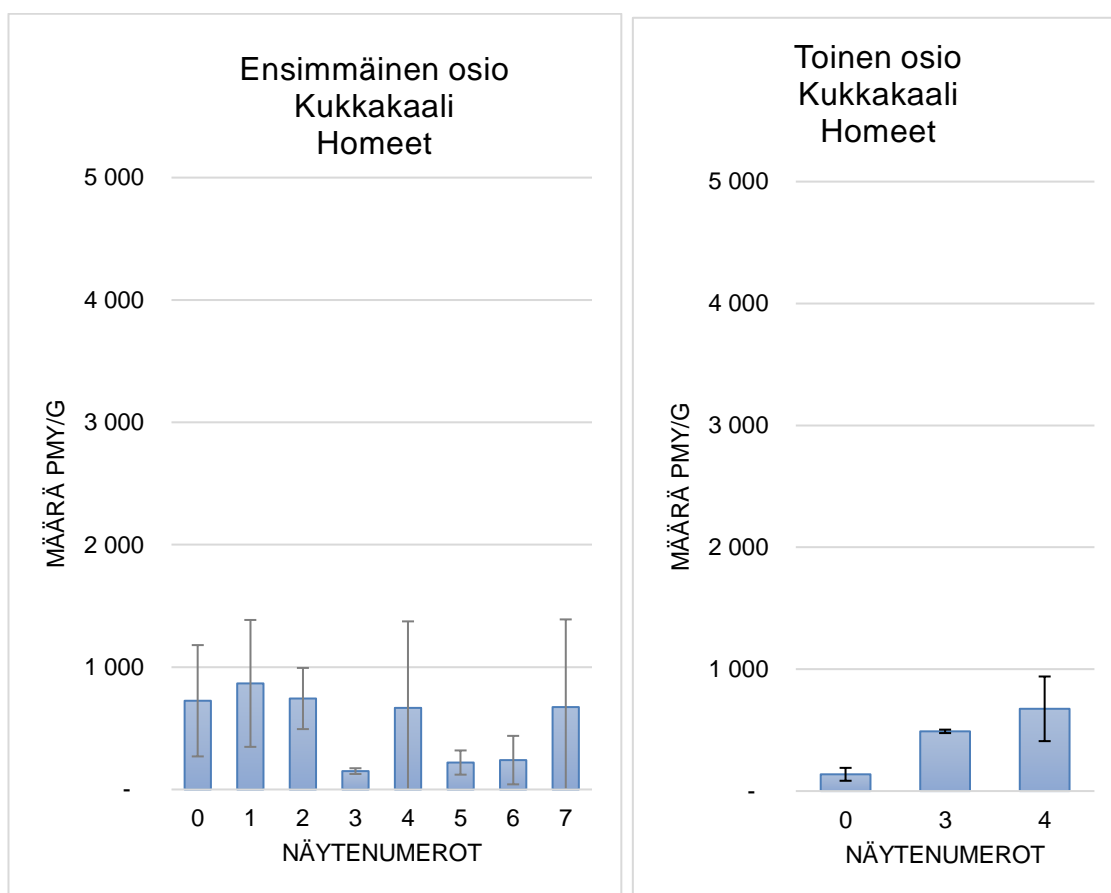


Kuva 16. Ensimmäisen sekä toisen osion hiivojen tulokset kukkakaalin osalta. Tuloksissa on yhdistettynä kunkin näytteenumeron kohdalle 1 + 6 sekä 1 + 7 säilyvyksien keskiarvot sekä näiden keskiarvojen keskihajonta. Hiivojen sallittu enimmäismäärä on 100 000 (M-arvo)

pmy/g ja hyvän raja on määritetty 10 000 (m-arvo) pmy/g. Ensimmäisen osion kullekin näytteelle n = 6 ja toisen osion kullekin näytteelle n = 8.

## Homeet

Kukkakaalien homeiden kaikki tulokset ensimmäisessä sekä toisessa osiossa jäivät alle m-arvon. Homeiden määrät vaihtelivat ensimmäisessä osiossa näytteiden välillä 100–5 400 pmy/g (liite 5: 1–2) välillä ja toisessa osiossa 100–2 100 pmy/g (liite 6: 1–2). Ensimmäisessä osiossa laadukkaimmat näytteet olivat 3, 5 sekä 6. Laadullisesti heikoimmat olivat 0, 1, 4 sekä 7. Näistä näytteessä 4 oli hajontaa kuitenkin niin, että 1 + 7 säilyvyydellä tulokset olivat yhtä laadukkaita kuin laadukkaimmalla näytteellä (näyte 3). Toisessa osiossa laadukkain näyte oli 0 (kuva 21.).



Kuva 17. Ensimmäisen sekä toisen osion homeiden tulokset kukkakaalin osalta. Tuloksissa on yhdistettynä kunkin näytteenumeron kohdalle 1 + 6 sekä 1 + 7 säilyvyyksien keskiarvot

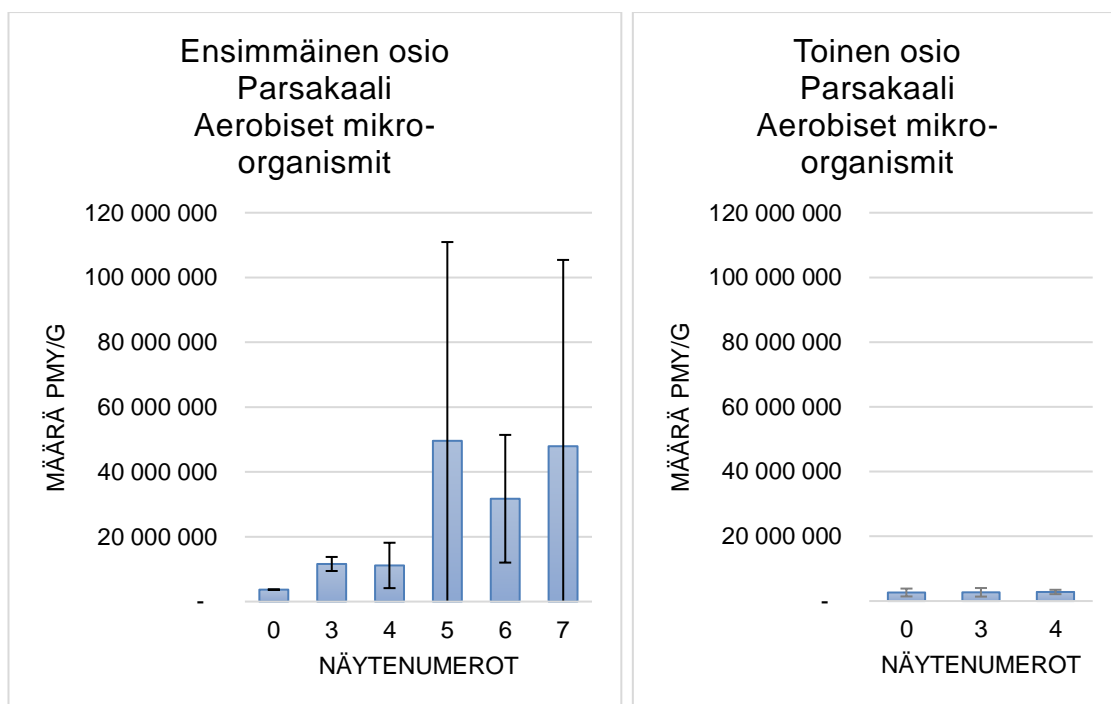


sekä näiden keskiarvojen keskihajonta. Homeiden sallittu enimmäismäärä on 10 000 (M-arvo) ja hyvän raja on määritelty 1 000 (m-arvo). Ensimmäisen osion kullekin näytteelle  $n = 6$  ja toisen osion kullekin näytteelle  $n = 8$ .

## Parsakaali

### Kokonaismikrobit

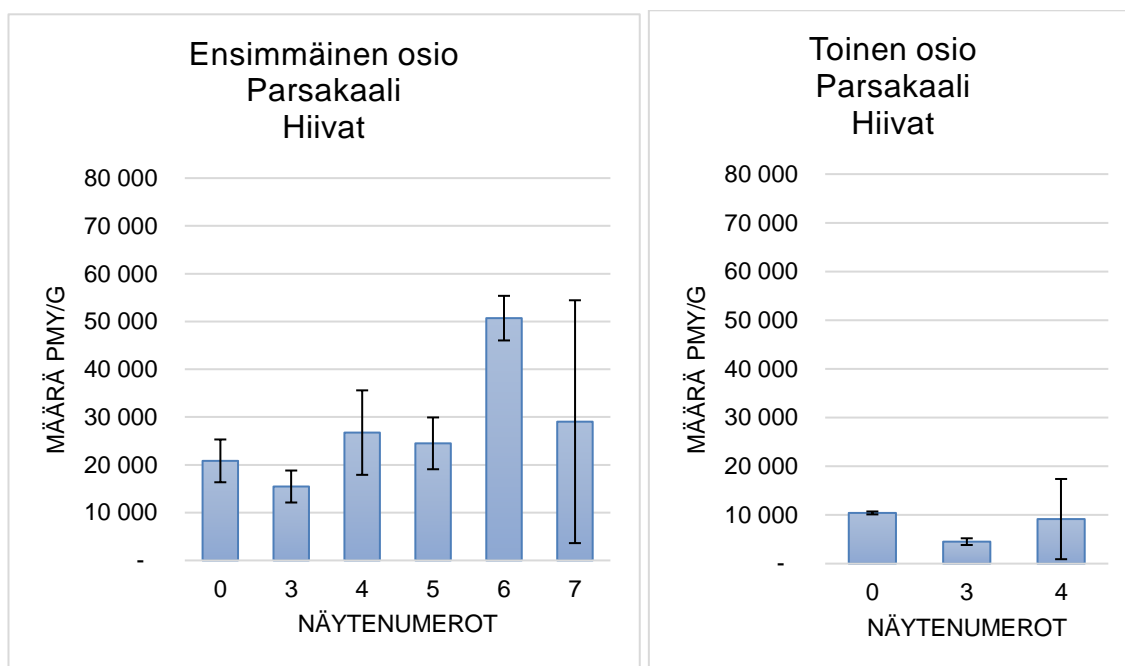
Kuvasta 22. nähdään parsakaalinäytteiden kokonaismikrobien määrien tulokset. Ensimmäisessä osiossa kokonaismikrobien määrän hajonta oli suurinta näytteissä 5, 6 ja 7. Nämä näytteet olivat myös laadullisesti heikoimmat kokonaismikrobien tuloksista. Vähiten kokonaismikrobeita oli näytteissä 0, 3 ja 4. Toisessa osiossa näytteet olivat melkein yhtä laadukkaita keskenään. Verraten ensimmäiseen osioon niissä oli kuitenkin vain murto-osa mikrobeita. Ensimmäisessä osiossa kokonaismikrobien määrä oli väliltä 250 000 000–500 000 pmy/g (liite 5: 3–4) ja toisessa osiossa vaihteluväli oli 120 000–11 000 000 pmy/g (liite 6: 3–4).



Kuva 18. Ensimmäisen sekä toisen osion kokonaismikrobien tulokset parsakaalin osalta. Tuloksissa on yhdistettynä kunkin näyttenumeron kohdalle 1 + 6 sekä 1 + 7 säilyvyyksien keskiarvot sekä näiden keskiarvojen keskihajonta. Ensimmäisen osion kullekin näytteelle  $n = 6$  ja toisen osion kullekin näytteelle  $n = 8$ .

## Hiivat

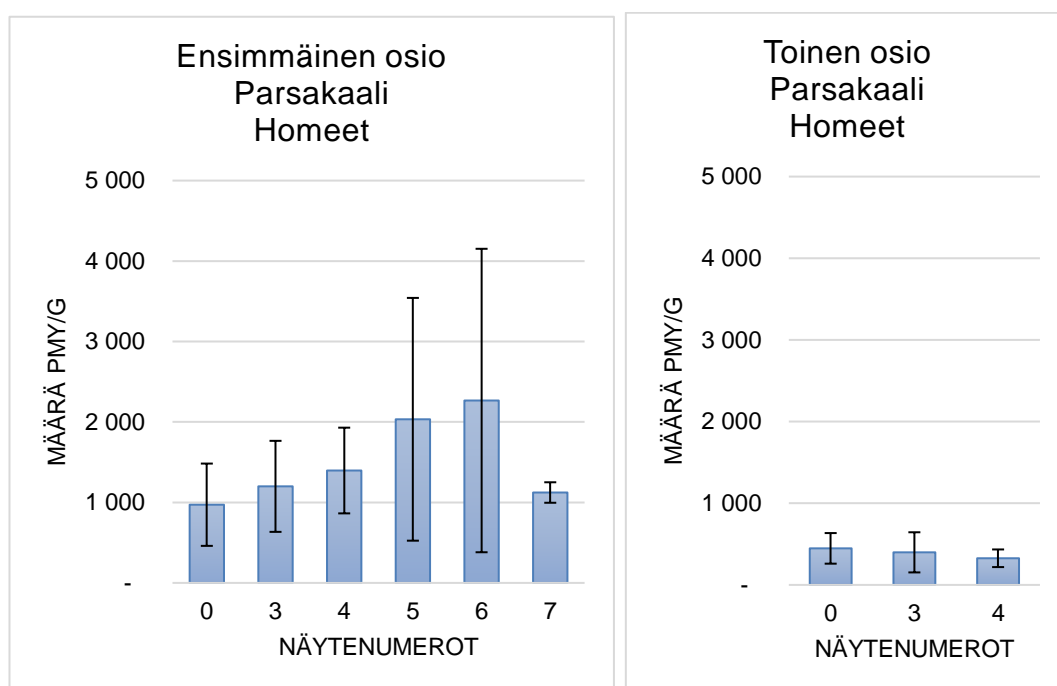
Kuvasta 23. nähdään parsakaalinäytteiden hiivamäärien tulokset. Hiivojen määrät vaihtelivat ensimmäisessä osiossa 100 000–100 pmy/g (liite 5: 3–4) ja toisessa osiossa 46 000–1 300 pmy/g (liite 6: 3–4). Ensimmäisessä osiossa laadukkain oli näyte 3 ja laadullisesti heikoimmat tulokset saatiin näytteille 6 ja 7. Näytteessä 7 oli yksi näyte M-arvolla, 100 000 pmy/g. Ensimmäisessä osiossa kaikki näytteiden keskiarvo ylitti m-arvon (10 000 pmy/g), mutta yksittäisiä näytteitä oli alle tämän näytteissä 3, 4, 6 sekä 7, joista näytteessä 3 eniten (2 kpl). Toisessa osiossa kaikkien näytteiden keskiarvo jäi alle m-arvon, joten kaikki näytteet olivat laadullisesti hyviä. Laadukkaimman tuloksen sai näyte 3. Näytteet 0 sekä 4 saivat keskiarvoltaan suunnilleen saman arvon, mutta näytteessä 4 oli enemmän hajontaa.



Kuva 19. Ensimmäisen sekä toisen osion hiivojen tulokset parsakaalin osalta. Tuloksissa on yhdistettynä kunkin näytteenumeron kohdalle 1 + 6 sekä 1 + 7 säilyvyyskierrosten keskiarvot sekä näiden keskiarvojen keskihajonta. Hiivojen sallittu enimmäismäärä on 100 000 pmy/g (M-arvo) ja hyvän raja on määritetty 10 000 pmy/g (m-arvo). Ensimmäisen osion kullekin näytteelle n = 6 ja toisen osion kullekin näytteelle n = 8.

## Homeet

Kuvasta 24. nähdään parsakaalinäytteiden homemäärien tulokset. Homeiden määrät ensimmäisessä osiossa vaihtelivat välillä 100–5 500 pmy/g (liite 5: 3–4) ja toisessa osiossa 100–820 pmy/g (liite 6: 3–4). Ensimmäisessä osiossa laadukkaimmat näytteet olivat 0, 3, 4 sekä 7, joista näytteessä 7 oli vähiten hajontaa. Näytteessä 3 kuitenkin oli suurin osa näytteistä (2 kpl) todella hyvä laatuista, luvuin 200–500 pmy/g. Laadullisesti heikoimmat ensimmäisessä osiossa oli 5 sekä 6, joissa oli myös eniten hajontaa. Laadukkain toisessa osiossa oli näyte 4, mutta koska kaikissa näytteissä keskiarvot jäivät alle m-arvon, olivat kaikki näytteet laadukkaita.



Kuva 20. Ensimmäisen sekä toisen osion homeiden tulokset parsakaalin osalta. Tuloksissa on yhdistettynä kunkin näytteenumeron kohdalle 1 + 6 sekä 1 + 7 säilyvyyksien keskiarvot sekä näiden keskiarvojen keskihajonta. Homeiden sallittu enimmäismäärä on 10 000 pmy/g (M-arvo) ja hyvän raja on määritetty 1 000 pmy/g (m-arvo). Ensimmäisen osion kullekin näytteelle  $n = 6$  ja toisen osion kullekin näytteelle  $n = 8$ .

### 3.3.3 Aistinvarainen arviointi

Aistinvaraisissa arvioinneissa hajuun, makuun tai ulkonäköön ei tullut suurta hajontaa näytteiden välillä. Aistinvaraisissa arvioinneissa tuli enimmäkseen pisteytyksiä numerolle 1, joka vastasi neutraalia tai ei virheellisiä aistinvaraisia ominaisuuksia. Pisteskaalan suurimpaan lukuun 5, ei tullut aistinvaraisissa arvioinneissa yhtään pistettä. Lähes kaikki

näytteet olivat aistinvaraisesti arvioituna laadukkaita, muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta. Liitteessä 7 nähdään ensimmäisen osion aistinvaraiset arvioinnit sekä jäänöskaasumittaustulokset ja liitteessä 8 toisen osion.

Aistinvaraisia arviointeja tehdessä huomattiin, että osa näytteiden pakkauksesta ei ollut onnistunut niin kuin olisi pitänyt. Rasioita sulkiessa osassa näytteistä oli kalvo kohdistunut väärin, joten osa perforoidun kalvon rei'istä ei ollut optimaalisessa kohdassa tai ne olivat kohdistuneet kokonaan pois rasiasta. Kuvassa 21. nähdään yksi tällainen perforoitu kalvo, jossa reikiä löydettiin ainoastaan kaksi kappaletta. Liian vähäinen määrä perforointireikiä johtaa tuotteen huonompaan hengittävyYTEEN, mikä altistaa sen säilytyksessä ei haluttuun soluhengitysnopeuteen. Tämä johtaa aistinvaraisesti havaittavasti hajuun sekä makuun, koska raaka-aineessa voi tapahtua maitohappokäymistä, jota aiheuttaa hapettomissa tai lähes hapettomissa olosuhteissa.



Kuva 21. Perforoitu kalvo, jossa merkittynä perforointireiät ympyröitynä mustalla tussilla. Kalvo on otettu näytteestä: Ensimmäinen osio, kukkakaali, 1 + 7 päivän säilyvyydellä, näytteestä 1, 3. rinnakkaisnäyte.

Kuitenkin tämänkaltaisia virheitä havaitessa pyrittiin saamaan oikein pakattuja näytteitä, jotta saatiin mahdollisimman realistiset tulokset. Näytteitä tehdessä pyrittiin varmistamaan, että jokaista näytettä valmistettaisiin ylimääräisiä, jotta esimerkiksi virheellisesti pakattuja näytteitä ei tarvitse ottaa tulosten tarkastelussa huomioon. Tämä ei kuitenkaan kaikkien näytteiden kohdalla onnistunut, koska joidenkin näytteiden kohdalla kalvo oli mennyt usein väärään kohtaan. Näytteitä arvioitaessa pyrittiin olemaan kriittisiä, kun tarkasteltiin hajua, makua sekä ulkonäköä.

Aistinvaraisen arvioinnin tuloksia tarkastellessa laskettiin kaikkien osa-alueiden eli hajun, maun sekä ulkonäön pisteytyksistä (1–5) yhteinen keskiarvo (kuvat 26.–27.).

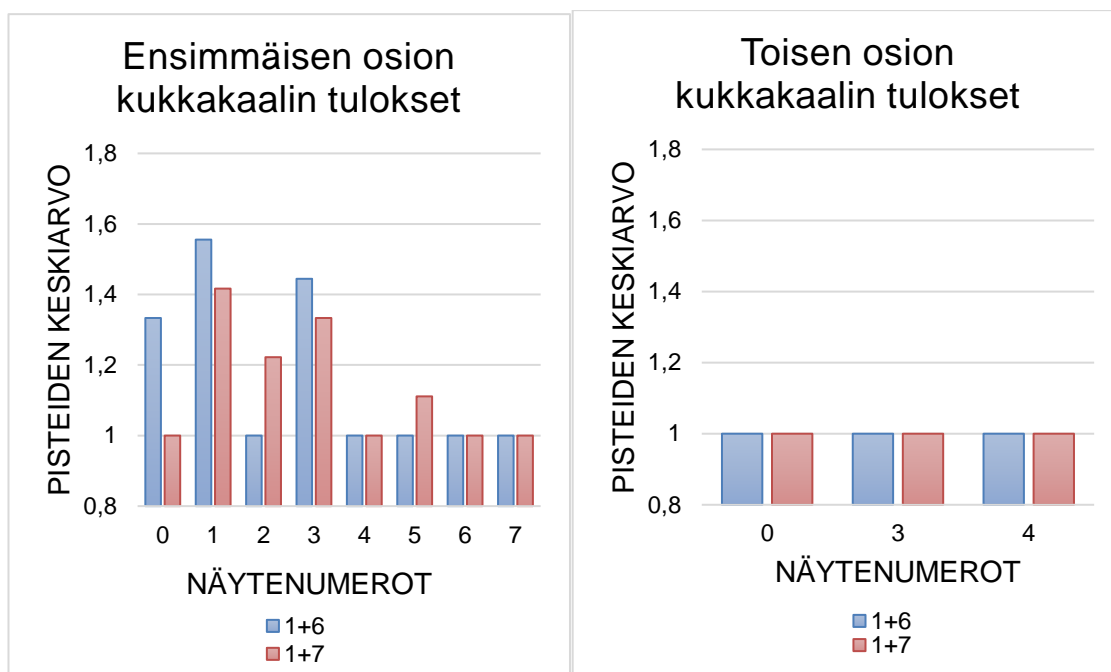
Pisteytyksien yhteisellä keskiarvolla nähdään tulokset selkeämmin kuin niitä yksittäin tarkasteltuna. Usein tuloksissa, kun yhden näytteen kohdalla jokin osa-alue sai pisteitä enemmän kuin 1, sai se muidenkin osa-alueiden pisteitä enemmän kuin 1. Tästä syystä pisteytyksien yhteistä keskiarvoa pystytään käyttämään tulosten tarkastelussa.

### **Kukkakaali**

Kuvassa 22. nähdään ensimmäisen sekä toisen osion aistinvaraisen arvioinnin pisteiden yhteinen keskiarvo kukkakaalin osalta. Tuloksia tarkastellaan niin, että mitä pienempi lukema oli, sitä laadukkaampi näyte oli aistinvaraisesti arvioituna.

Näytteet 4, 6 ja 7 saivat laadukkaimmat tulokset kumpanakin näytteenottopäivänä (1 + 6 sekä 1 + 7 päiväyksillä) keskiarvojen perusteella. Näytteessä 5 oli vähäistä poikkeamaa hajussa (liite 7: 6). Näytteet 0, 1, 2 ja 3 sisälsivät eniten hajontaa, mutta tuloksista laadullisesti huonoimman sai näyte 1. Muiden keskiarvot olivat laadukkaimpia näytteitä korkeampia yksittäisen näytteen tai sen jonkin tietyn osa-alueen pisteistä. Jonkin verran hajontaa aiheutti kalvojen kohdistamisen epäonnistuminen.

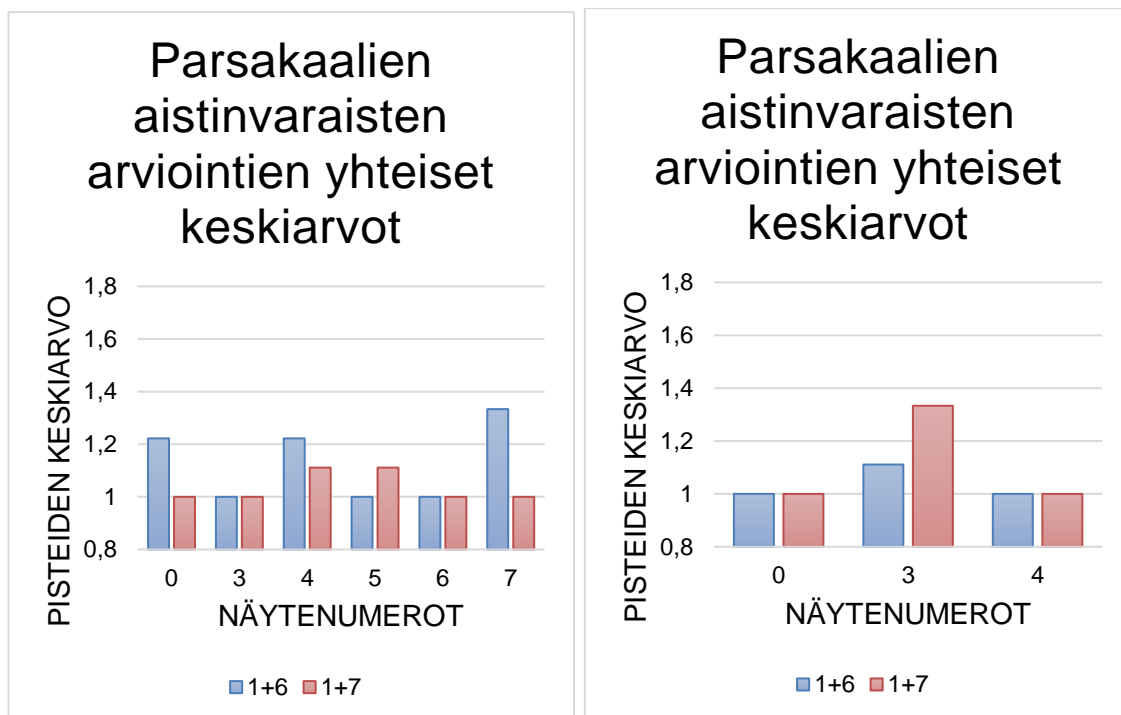
Toisessa osiossa ei tullut hajontaa yhtään pisteissä, joten kaikkien näytteiden pisteet sekä niiden keskiarvoiksi tuli 1. Tässä tapauksessa kaikki näytteet olivat yhtä laadukkaita.



Kuva 22. Ensimmäisen osion kukkakaalinäytteiden aistinvaraisten arviointien keskiarvot vasemmalla ja toisen osion oikealla. Pisteiden keskiarvoon on laskettu yhteen haju, maku sekä ulkonäkö. Arviointiasteikko oli 1–5. Ensimmäisessä ja toisessa osiossa kutakin näytettä oli  $n = 3$ .

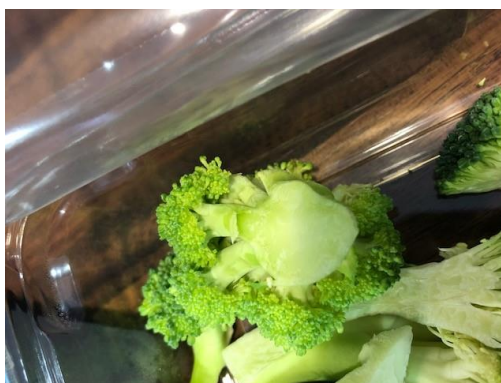
### Parsakaali

Kuvassa 23. nähdään ensimmäisen sekä toisen osion aistinvaraisen arvioinnin pisteiden yhteinen keskiarvo parsakaalin osalta. Näytteet 3 ja 6 olivat aistinvaraisesti laadukkaimpia. Näytteessä 4 sekä 5 oli pieniä poikkeamia hajun kohdalla (liite 7: 3–4). Näytteissä 0 sekä 7 oli eniten hajontaa, molempien hajut olivat useammassa näytteessä saaneet pisteitä 2.



Kuva 23. Ensimmäisen osion parsakaalinäytteiden aistinvaraisten arviointien keskiarvot vasemmalla ja toisen osion oikealla. Pisteiden keskiarvoon on laskettu yhteen hajua, maku sekä ulkonäkö. Arviointiasteikko oli 1–5. Ensimmäisessä ja toisessa osiossa kutakin näytettä oli  $n = 3$ .

Toisessa osiossa hajontaa näytteiden välillä oli vähemmän. Näytteet 0 sekä 4 saivat laadukkaimmat tulokset ja näytteessä 3 oli ulkonäössä havaittavissa kuvan 24. mukaista mahdollista kuivumista vähäisesti.



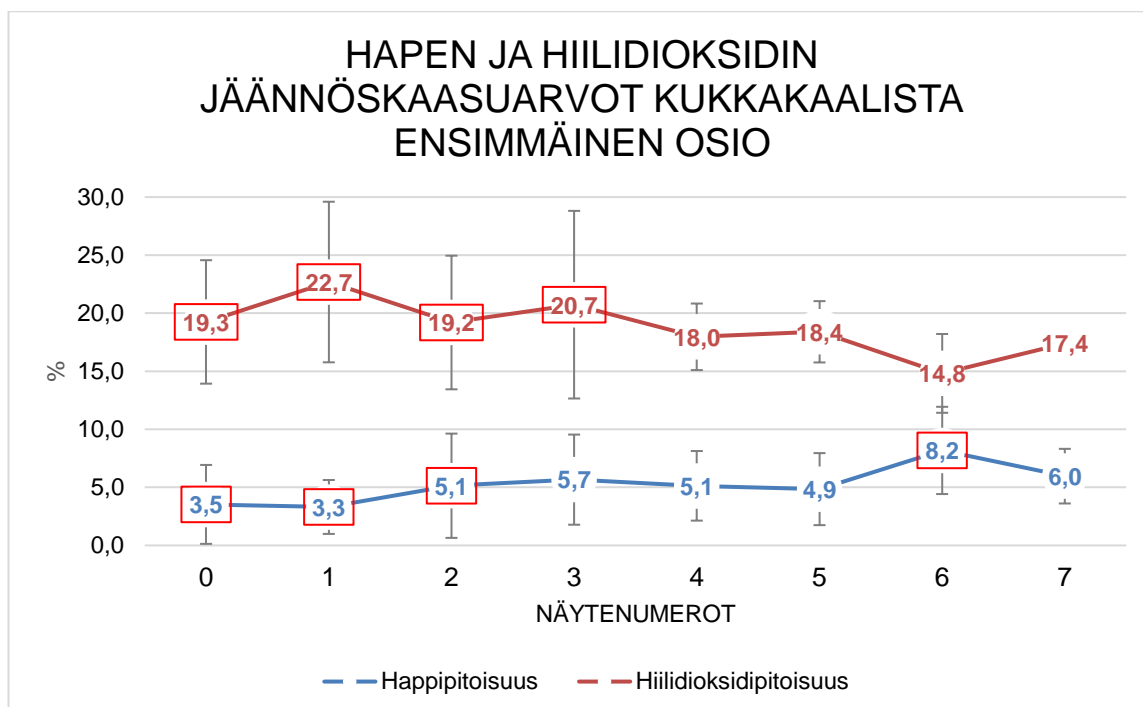
Kuva 24. Parsakaalinäytteessä mahdollista kuivumista (engl. white blush) leikkauspinnassa.

### 3.3.4 Jäännöskaasupitoisuuden mittaus

Jäännöskaasumittaukset otettiin samoista näytteistä kuin aistinvaraisessa arvioinnissa käytettiin. Mittaukset suoritettiin ennen aistinvaraista arviointia. Pakattaessa sallitut välit kaasuarvoilla olivat hapella 3–7 % ja hiilidioksidilla 13–17 %. Pakattaessa varmistettiin pakkauskaasujen arvot ensimmäisenä pakatuista näytteistä, jonka jälkeen loput näytteet pakattiin. Tuloksien tarkastelussa arvioidaan, missä näytteessä olisi vähiten kaasuarvojen muutosta. Mitä enemmän näyte on kuluttanut happea sekä mitä enemmän se on muodostanut hiilidioksidia, sitä heikompi se on todennäköisesti laadultaan. Jäännöskaasumittaukset esitellään kuvissa 25.–28.

#### Kukkakaali

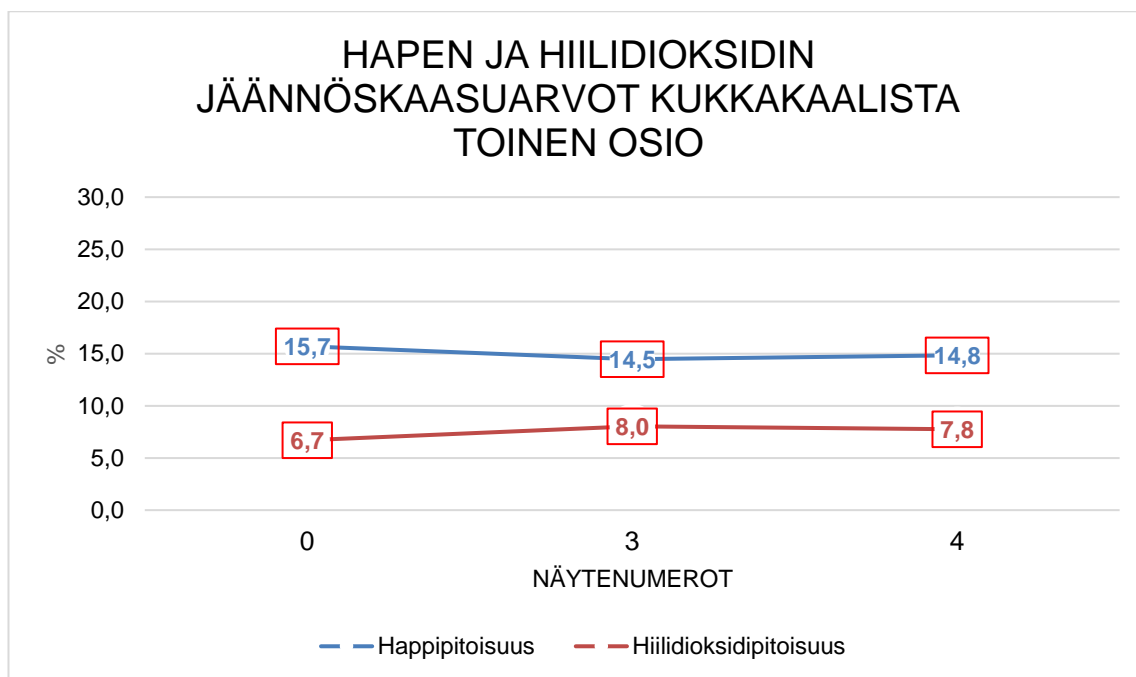
Kukkakaalin ensimmäisessä osiossa (kuva 25.) näytteet 0, 1 sekä 2 olivat kuluttaneet eniten happea, sekä muodostaneet eniten hiilidioksidia keskimääräisesti. Näytteessä 3 oli suurta hajontaa. Kahdessa näytteessä kuudesta hapen arvot olivat alle 1,5 % sekä hiilidioksidin arvot yli 28 %. Muiden näytteiden (4, 5, 6 sekä 7) tulokset olivat keskimääräisesti yhtä laadukkaita.





Kuva 25. Ensimmäisen osion kukkakaalin jäännöskaasu-arvot. Sinisellä on merkittynä jäännöskaasu-arvo hapesta ja punainen väri on hiilidioksidista. Punaisella ympyröidyt arvot sellaisia, jotka ovat viitearvojen ( $O_2$  3,5–7 %,  $CO_2$  13–18 %) ylä- tai alapuolella tai niillä esiintyy suurta hajontaa. Kullekin näytteelle  $n = 6$ .

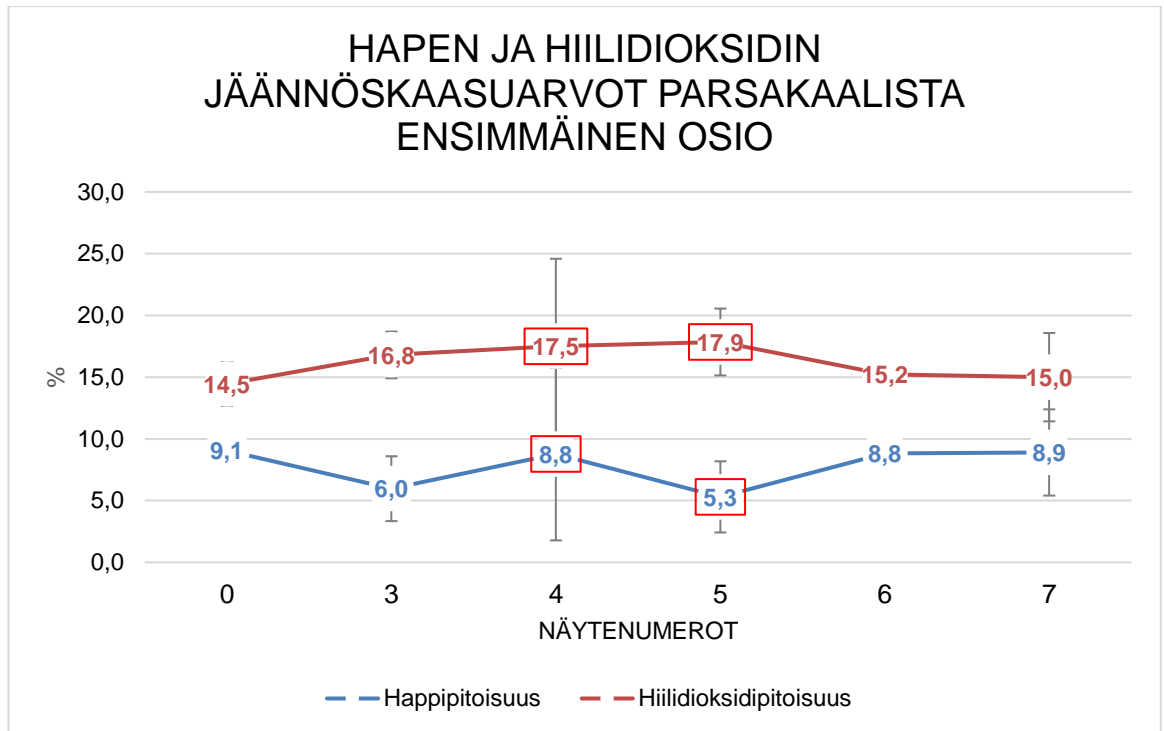
Kukkakaalin toisessa osiossa (kuva 26.) näytteet olivat tasalaatuisia toisiinsa nähden eikä näytteiden sisäistä hajontaa ollut paljoa, enintään 1,9 %. Hapen arvot olivat korkeammat kuin hiilidioksidin, niiden ollessa keskiarvoiltaan 15,7–14,5 % ja hiilidioksidin 6,7–8,0 %. Kaikkien näytteiden keskiarvot jäännöskaasu-arvoista olivat poikkeavia viitearvoista toisessa osiossa.



Kuva 26. Toisen osion kukkakaalin jäännöskaasu-arvot. Sinisellä on merkittynä jäännöskaasu-arvo hapesta ja punainen väri on hiilidioksidista. Punaisella ympyröidyt arvot on viitearvojen ( $O_2$  3,5–7 %,  $CO_2$  13–18 %) ylä- tai alapuolella tai niillä esiintyy suurta hajontaa. Kullekin näytteelle  $n = 6$ .

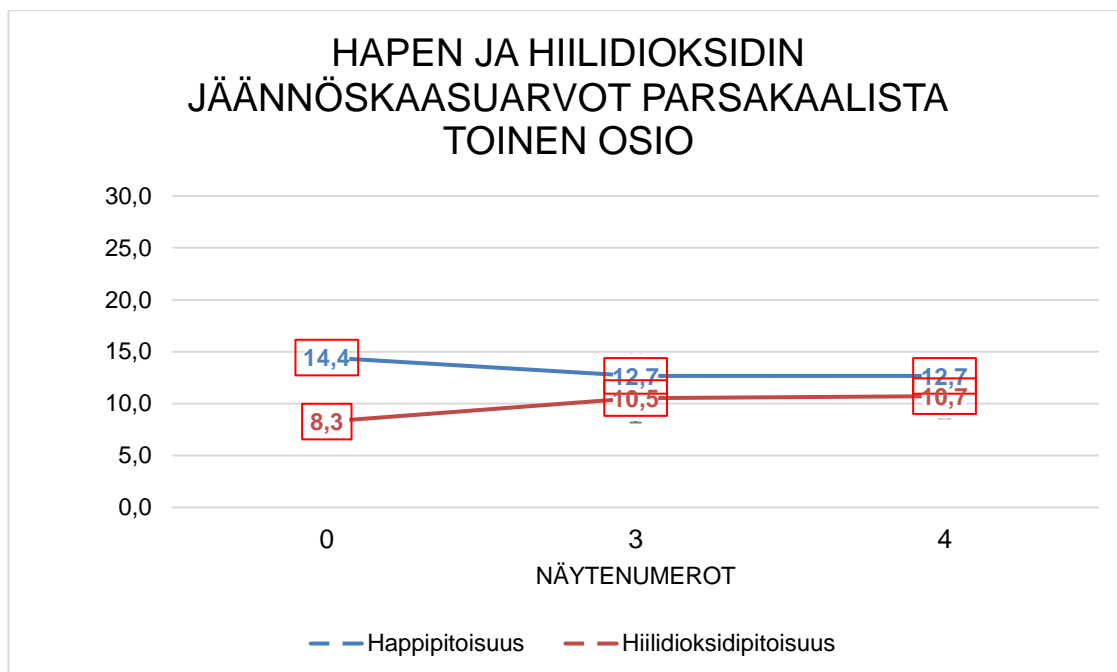
### Parsakaali

Parsakaalin ensimmäisessä osiossa (kuva 27.) näytteissä 4 sekä 5 oli yhdet näytteet, joiden happiarvot olivat alle 1 %, ja näytteessä 4 oli hiilidioksidipitoisuus yhdessä näytteessä yli 28 %. Muut näytteet 0, 3, 6 sekä 7 olivat keskimääräisesti yhtä laadukkaita. Kaikkien näytteiden keskiarvot jäännöskaasu-arvoista olivat poikkeavia viitearvoista toisessa osiossa.



Kuva 27. Ensimmäisen osion parsakaalin jäännöskaasu arvot. Sinisellä on merkittynä jäännöskaasu arvo hapesta ja punainen väri on hiilidioksidista. Punaisella ympyröidyt arvot on viitearvojen ylä- tai alapuolella tai niillä esiintyy suurta hajontaa. Kullekin näytteelle  $n = 6$ .

Parsakaalin toisessa osiossa (kuva 28.) näytteet olivat tasalaatuisia toisiinsa nähden sekä näytteiden sisäistä hajontaa ei ollut paljoa, enintään 2,4 %. Hapen arvot olivat korkeammat kuin hiilidioksidin, niiden ollessa keskiarvoiltaan 12,7–14,4 % ja hiilidioksidin 8,3–10,7 %.



Kuva 28. Toisen osion kukkakaalin jäännöskaasuarvot. Sinisellä on merkittynä jäännöskaasu-arvo hapesta ja punainen väri on hiilidioksidista. Punaisella ympyröidyt arvot on viitearvojen ylä- tai alapuolella tai niillä esiintyy suurta hajontaa. Kullekin näytteelle n = 6.

#### 4 Yhteenveto ja tulosten tarkastelu

Tässä luvussa käydään työn yhteenveto kokonaisuudessaan läpi sekä tulosten tarkastelu. Yhteenvedossa käsitellään, kuka oli työn toimeksiantaja, miksi insinööritö tehtiin ja miten tutkimus tehtiin.

Tulosten tarkastelussa käydään kokeellisten tutkimusmenetelmien tulokset läpi ja lopuksi tehdään kaikista saaduista tuloksista yhteinen päätelmä. Mikrobiologinen osuus käydään omana osiona, koska se oli tulosten laajin osuus. Aistinvarainen arviointi sekä jäännöskaasuarvot käsitellään yhdessä osiossa, koska niiden tulokset tukeutuvat vahvasti toisiinsa, joten asiayhteys nähdään selkeämmin.

#### 4.1 Tulosten tarkastelu

Työ toteutettiin elintarvikealan yritykselle, jossa valmistetaan tuoreleikattuja kasviksia. Työn tavoitteena oli tutkia, miten erilaiset pesumenetelmät vaikuttavat tuoreleikattujen kasvien säilyvyyteen. Erilaiset pesumenetelmät pitivät sisällään kahta erilaista esipesumenetelmää, letkulla suihkuttaen sekä esipesulinjastolla pesten. Toisena muuttavana tekijänä oli leikkauksen jälkeinen pesu. Tässä oli kaksi menettelytapaa, joko pestiin eräpesurissa sekä kuivattiin linkoamalla tai ei pesty näytettä ollenkaan. Verrokinäytteenä toimi täysin pesemätön raaka-aine. Tutkimus toteutettiin kahdella eri raaka-aineella, parsakaalilla ja kukkakaalilla.

Lähtökohta tutkimuskysymykselle oli, että tutkittu kirjallisuustieto osoittaa selkeästi kasvien pesemisellä olevan monia hyötyjä tuoreleikatun kasvituotteen säilyvyyden parantamiseksi, mutta yrityksen sisäisesti on ollut erilaisia mielipiteitä asiasta. Tutkimuksella haluttiin selvittää näiden tiettyjen raaka-aineiden kohdalla mikä vaikutus on erilaisilla menetelmillä.

Tutkimusmenetelminä käytettiin kirjallisuustutkimusta sekä kokeellista tutkimusta, joka piti sisällään mikrobiologisia tutkimuksia, aistinvaraista arviointia sekä jäännöskaasumittauksia. Kokeelliset tutkimukset suoritettiin kahdessa osassa. Kokeet toistettiin niin, että ensimmäisestä kokeesta valikoitiin tulostarkastelun perusteella, mitkä saivat parhaimmat tulokset yhteisesti kaikista menetelmistä. Tulostarkastelu tässä vaiheessa työtä tehtiin silmämääräisesti tuloksista katsoen, eikä tuloksia analysoitu syvällisemmin. Tavoitteena oli myös löytää yhtenäiset pesutavat molemmille raaka-aineille. Toiseen kokeeseen valittiin näyte (näytenumero 0) jota ei pesty lainkaan, näyte (näytenumero 3) joka pestiin leikkausta ennen esipesulinjastolla sekä leikkauksen jälkeen eräpesurilla ja kuivauslinkouksella sekä näyte (näytenumero 4) joka pestiin ainoastaan esipesulinjastolla ennen leikkausta.

Kun tuloksia ja kirjallisuustietoa verrataan, ne tukevat toistensa väitteitä pesujen tarpeellisuudesta tuoreleikattujen kasvien tuotannossa. Kirjallisuuskatsauksissa (Gil ym. 2010: 54, 213, 215; Ahvenainen ym. 1996: 182; Ruokamyrkytys-epidemioiden vuosi 2016. 2019; Beuchat. 2002: 413; Ruokavirasto: 2019) todettiin pesemisen vähentävän

haitallisten mikrobien, kuten homeiden ja hiivojen määrää pesemällä ja tähän tämänkin insinööriyön tulokset viittaavat.

Tuloksien perusteella esipesulinjastolla raaka-aineen peseminen on tuotteen laadulle eduksi, mutta leikkauksen jälkeisestä pesusta ja linkouksesta saatiin ristiriitaisia tuloksia. Osittain tulokset puolsivat myös leikkauksen jälkeistä pesua sekä linkousta, mutta siellä havaittiin esimerkiksi tuotteen mahdollista kuivumista sekä hajontaa kohtalaisesti raaka-aineiden sekä eri tuloksien kesken. Täten pelkästään näiden tulosten perusteella ei pystytä suosittelemaan toista pesukertaa tuotteelle, vaan kyseisen näytteen kohdalla tulisi tehdä lisätutkimuksia. Tuloksien perusteella laadullisesti heikoin tapa menetellä on, kun raaka-ainetta ei pestä ollenkaan tai se pestään vasta leikkauksen jälkeen. Myös letkulla peseminen antoi selkeästi laadullisesti heikompia tuloksia, kuin esipesulinjastolla peseminen. Tuloksia tarkastellaan tarkemmin seuraavissa luvuissa (4.2–4.3).

#### 4.2 Soluhengityksen mittaus ja mikrobiologisten tulosten tarkastelu

Soluhengitysmittausten tuloksista saatiin arvoksi 0,7 molempien raaka-aineiden kohdalla, mikä viittaisi teoreettisesti siihen, että substraattina toimisi lipidi. Tällaista väitettä ei kuitenkaan pystytä näiden tutkimustulosten perusteella toteamaan. Yleisesti kasvien lipidimäärät ovat hyvin pieniä (alle 1 g / 100 g), kun taas esimerkiksi lihatuotteissa voi olla paljonkin (3–20 g / 100 g). (USDA. 2020.)

Mikrobiologisten tulosten käsittely ei ollut täysin yksiselitteistä. Tuloksia tarkastellessa kokonaisuutena sekä vertaamalla aiempaan tutkimustietoon ja kirjallisuuteen tuloksista saatiin kuitenkin lopputulokseksi yhtenäinen päätelmä.

Mikrobiologisissa tutkimuksissa tutkittiin hiivojen ja homeiden määrää tarkemmin kuin kokonaismikrobien määrää. Kokonaismikrobien määrästä ei voitu todeta tutkimuksessa, olivatko ne kasviksen hyödyllistä mikrobiflooraa vai oliko siellä esimerkiksi taudinaiheuttajamikrobeita. Kokonaismikrobeista tarkasteltiin määriä näytteiden välillä.

Mikrobiologisissa tutkimuksissa kaikista laadukkaimpia sekä vähiten hajontaa sisältäviä tuloksia saatiin näytteistä 3 sekä 4, eli näyte, joka pestiin ennen (esipesulinjastolla) sekä jälkeen leikkauksen (3) ja näyte, joka pestiin ainoastaan ennen leikkausta

(esipesulinjastolla). Verrokinäyte (ei pesuja ollenkaan, 0) sai myös osittain yhtä laadukkaita tuloksia kuin näytteet 3 sekä 4. Verrokinäytteessä oli kuitenkin suurta hajontaa useissa eri osa-alueissa ja molempien raaka-aineiden kohdalla. Hajonnan suuruus on selitettävissä sillä, että kuten Gil ym. (2010: 54, 213, 215) sekä Ahvenainen ym. (1996: 182) kirjoittavat, raaka-aineen pinnalla voi olla mullan lisäksi käytännössä mitä tahansa. Täten laatua ei voida taata ennen kuin se on pesty. Laadullisesti heikoimmat olivat sellaiset näytteet, joissa käytettiin pesemiseen letkua tai ei esipesty raaka-ainetta (näyttenumerot 6 ja 7 sekä kukkakaalin kohdalla näyttenumero 1).

Kirjallisuus sekä yrityksen aiemmat sisäiset tutkimukset tukevat tämän työn tuloksia laadukkaimman (näyte 4) sekä laadullisesti heikoimman (näyte 0) näytteen osalta.

#### 4.3 Aistinvaraisen arvioinnin sekä jäännöskaasumittausten tulosten tarkastelu

Aistinvaraisen arvioinnin sekä jäännöskaasumittausten tuloksia tarkastellaan yhdessä. Näin saadaan kokonaisvaltaisempi näkemys näytteen laadusta ja on helpompi nähdä niiden vaikutus suoraan verrannollisesti. Kun jäännöskaasuarvot olivat poikkeavat, oli se todennäköisimmin havaittavissa myös aistinvaraisesti. Yleisin osa-alue, jossa jokin jäännöskaasuarvon muutos näkyi, oli hajun kohdalla.

Aistinvaraisesti arvioituna näyte (4), joka pestiin ainoastaan ennen leikkausta (esipesulinjasto) sai laadukkaimmat tulokset. Toiseksi laadukkaimmat sai näyte (3), joka pestiin ennen leikkausta (esipesulinjasto) sekä leikkauksen jälkeen eräpesurissa ja lingottiin. Jäännöskaasuarvojen mittauksessa näytteellä 3 oli pienempi hajonta. Kummaltakin näistä näytteistä löytyi jäännöskaasuarvona hapen osalta alle 0,5 % mennyt yksittäinen arvo. Näytteiden 3 sekä 4 jäännöskaasuarvoissa oli huomioitavia arvoja, mutta koska niitä oli ainoastaan yksittäisissä näytteissä, tämä ei vaikuta tulosten tarkastelussa. Jäännöskaasuarvojen mittaus oli tärkeä osa, mutta mikrobiologisten tulosten tarkastelulle annetaan selkeästi suurempi painoarvo. Mikrobiologiset tulokset antoivat konkreettisesti lukuja, jotka kertovat laadusta, kun taas jäännöskaasumittaukset kertoivat lukuja, joiden pohjalta voidaan lähinnä tulkita ja arvioida mitä on tapahtunut.

Toisessa osiossa jäännöskaasumittausten tulokset olivat haasteellisia tulkita. Happi- sekä hiilidioksidiarvot olivat päinvastaiset, kuin ne tavallisesti olisivat. Tämä todettiin jo

arvoja mitattaessa, joten tällöin poissuljettiin virhemerkinnän mahdollisuus. Tulosten kanssa tultiin siihen johtopäätökseen, että tuotteet eivät kärsineet aistinvaraisesti arvioituna kohtalaisen suuresta määrästä happea mitattuna säilyvyysaikana. On mahdollista, että raaka-aineen soluhengityksissä on suurta hajontaa riippuen sen iästä ja kunnosta. Täten on tärkeää, että pakkaus on tarpeeksi hengittävä.

## 5 Pohdinta

Pohdinnan luvussa tarkastellaan työn eri vaiheiden onnistumista, validiteettia, reliabiliteettia, insinööriyön ajankohtaisuutta, tärkeyttä sekä jatkotutkimusmahdollisuuksia. Pohdinnan viimeisinä osuuksina käydään läpi vaihtoehtoisia tapoja, joilla tuoreleikattujen kasvien säilyvyyttä voitaisiin pidentää sekä vertaillaan, mitä hyötyjä ja haittoja tuoreleikatuista kasviksista on.

### 5.1 Insinööriyön onnistuminen prosessina

Tässä insinööriyössä saavutettiin tutkimukselle asetettu tavoite löytää optimaalisin pesumenetelmä säilyvyyden parantamisen kannalta parsakaalille ja kukkakaalille. Validiteetin tälle työllä voidaan todeta olevan hyvä, koska tutkimuksessa kohderyhmä sai tavoiteltua tietoa kysymykseen. Työ oli sekä kvantitatiivinen että kvalitatiivinen tutkimus, mikä tuo työhön luotettavuutta lisää. Täten voidaan todeta, että insinööriyö oli kokonaisuutena onnistunut prosessi.

Työn sisältö muuttui työn edetessä syventymään tuoreleikattujen kasvien laatuun, säilyvyyteen sekä tuotannossa tapahtuviin epäedullisiin fysiologisiin muutoksiin. Työtä aloitettaessa aiheina oli myös tehdä hävikistä oma osio, johon olisi yhdistetty tuotekehitystä hävikkiin päätyvistä raaka-aineiden osista. Työn laajuus olisi hävikin sekä tuotekehityksen kanssa ollut insinööriyöksi liian laaja, joten ne päätettiin jättää pois. Työn tulosten kannalta oli hyvä, että työtä päätettiin rajata näin, jotta tuloksien analysointia voitiin tehdä tarpeelliseksi todetulla laajuudella. Työn eteneminen pysyi alkuperäisesti suunnitellussa aikataulussa erittäin hyvin.

Insinööri työ on ajankohtainen ja tärkeä sekä yhteiskunnallisesti että tuoreleikatun kasvituotannon kannalta. Yhteiskunnallisesti tuoreleikatut kasvikset ovat yhä tärkeämmässä roolissa ihmisten terveyden lisäämisessä, joten on hyödyllistä tutkia keinoja, kuinka tehdä mahdollisimman pitkään säilyviä tuoretuotteita niiden menettämättä laatua. Tuotannon kannalta työllä on tärkeä osa kustannustehokkuuden kannalta. Säilyvyyden parantamisella on suora vaikutus tuotannon sekä logistiikan tehokkuuteen, jos parantaminen tehdään tuotannon kannalta tehokkaasti.

Työn validiteetti oli hyvä, koska tutkimuksen kohderyhmä sai tutkimuksessa asetettuun tavoitteeseen vastauksen. Reliabiliteetti työssä oli erittäin hyvä, koska kokeellinen osuus toistettiin kaksi kertaa ja kummallakin kerralla rinnakkaisnäytteitä otettiin vähintään 3 kappaletta. Kokeellisten osuuksien toistettavuus on myös mahdollistettu tekemällä työohjeet, kuinka näytteet valmistettiin.

Kirjallisuustutkimuksessa käytettiin osittain sekä vanhaa että uutta lähdemateriaalia. Vanhoista lähdemateriaaleista pyrittiin löytämään sellaista tietoa, jonka pystyi oletta-  
maan, että uusi tutkimustieto ei ole kumonnut sitä. Osittain vanhoista lähdemateriaaleista käytettiin myös tuoreleikattujen kasvisten markkinointiin perustuvaa tietoa, joka saattoi olla vanhentunutta. Tällaista tietoa käytettiin kuitenkin niin, että kirjallisuuden osuudessa ei koettu sillä olevan tietoperustaan epäedullista vaikutusta. Tuoreleikattuja kasviksia tutkitaan hyvin paljon, joten työhön pyrittiin löytämään laajasti tuoreitakin lähteitä.

Kirjallisuuskatsauksen jokainen osio oli työn kokeellisen osuuden ymmärtämiseksi tarpeellinen. Kaikkea katsauksessa kirjoitettua tietoa ei käytetty suoranaisesti työssä, mutta siellä oli kaikki oleellinen, jotta ymmärrettiin työn lähtökohdat sekä tavoitteet. Kirjallisuuskatsaus tehtiin pääosin vasta kokeellisen osuuden jälkeen. Jos se olisi tehty kokonaan ennen kokeellista osuutta, se olisi antanut kokeellisen osuuden tekemiseen enemmän sekä tuloksia analysoidessa olisi osannut jo pohtia saatua tietoa tarkemmin.

Kokeellinen osuus onnistui hyvin selkeän suunnittelun ja työohjeen avulla. Kokeiden aikana eteen tuli muutamia asioita, jotka saattoivat vaikuttaa jollain tapaa tuloksiin. Näitä olivat esipesulinjaston puhtaus, veitsien terävyys sekä kalvojen sulkeminen täysin oikein.



Esipesulinjastoa käytettiin niin kuin se olisi todennäköisimmin realistisessakin tuotannossa eli linjastolla oli osittain edellisestä prosessista jäänyttä raaka-ainetta. Jos esipesulinjasto olisi puhdistettu täysin, olisi voitu saada vielä selkeämpiä tuloksia esipesulinjaston puolesta. Veitsien terävyys ei ollut kokeita suorittaessa täysin optimaalinen, mutta se oli todennäköisesti realistinen terävyys, jolla tuotantotyöntekijä tuotteita leikkaisi. Saalalaisesta sekä ei tarpeeksi terävästä veitsestä saattoi tulla näytteeseen vaaleahkoja jälkiä, jotka muistuttivat samankaltaista reaktiota, joka syntyy tuotteen pinnan kuivuessa (kuva 29.). Ensimmäisessä osiossa kalvojen perforointireiät eivät olleet kaikkien näytteiden kohdalla niin kuin ne oli tarkoitettu. Tuloksia tarkastellessa kaikkia tällaisia näytteitä ei saatu poissuljettua tarkastelusta, joten sillä oli jonkin verran vaikutusta tuloksien analysoinnissa.

Tuloksia analysoidessa tuli haasteiksi raaka-aineiden puhtauksien eroavaisuus, sekä näytteiden määrä jossain määrin. Raaka-aineiden puhtaus toi haastetta tuloksien analysointiin siten, että pesemätön raaka-aine saattoi vaikuttaa yhtä puhtaalle tai jopa puhtaammalle kuin pesty raaka-aine. Jos pystyttäisiin takaamaan, että raaka-aine olisi aina yhtä puhdasta kuin kukkakaali oli toisessa osiossa, voitaisiin tuotannossa käyttää pesemätöntä raaka-ainetta näiden tutkimustulosten perusteella. Tuloksia tarkastellessa piti ymmärtää siis pesemättömän raaka-aineen suuri hajonta ja sen epävarmuus puhtaudesta. Rinnakkaisnäytteiden määrää olisi voitu kasvattaa vielä suuremmaksi, jotta olisi saatu vielä luotettavampaa tutkimusnäyttöä tuloksista. Tällä näytteiden määrällä tuloksia tarkastellessa jotkin tuloksista antavat valheellisen kuvan tuotteen laadusta, jos tarkastellaan ainoastaan keskiarvoja. Esimerkiksi aistinvaraisessa arvioinnissa pienikin haju- virhe saattoi antaa tuloksien tarkasteluun selkeän eroavaisuuden näytteiden välillä. Tuloksia piti siis osata lukea keskiarvoja tutkimalla, mutta myös tutkia yksittäisiä näytteitä ja osata pohtia aina tietyn osa-alueen merkitystä tuloksissa. Toisaalta aistinvaraista arviointia tehdessä tällainenkin määrä näin samankaltaisia näytteitä oli haastavaa arvioida. Viimeisten näytteiden kohdalla saattoi arvioinnissa aistit turtua, mikä saattoi vaikuttaa varsinkin näytteiden 5, 6 sekä 7 kohdalla. Tämä olisi voitu estää arvioimalla näytteet satunnaisjärjestyksessä sekä tehdä arvioinnissa pieniä taukoja. Pienien taukojen pitäminen ei tosin aina olisi ollut mahdollista aikataulujen takia.

Tulokset tarkasteltiin ainoastaan keskiarvojen sekä -hajontojen perusteella. Varianssi-analyysin tekemistä pohdittiin tulosten käsittelyvaiheessa, mutta päätettiin jättää se

tekemättä. Vaikka varianssianalyysi olisikin tehnyt tutkimuksesta luotettavamman, pidän tuloksia luotettavana, koska tutkittu kirjallisuus sekä tulokset tukevat toisiaan.

## 5.2 Jatkotutkimusmahdollisuudet

Tutkimukselle olisi mahdollista tehdä hyvin laajasti eri jatkotutkimuksia. Ehdotettuja aiheita olisi hävikin tutkiminen ja tuotekehitys, tuotantotehokkuus, samankaltaisen tutkimuksen toistaminen laajemmin tai eri näytteillä, pakkausmateriaalien sekä ravitsemuksellisen arvon tutkiminen.

Työstä poisrajattu hävikin seuranta sekä tuotekehitystyö hävikkiin päätyvistä osista olisi aiheellista tehdä, koska hävikin vähentäminen olisi hyväksi sekä tuotannolle, että ekologisesti ajateltuna. Yhtenä työstä nousevana aiheena voisi olla myös tuotannon tehokkuuden tutkiminen eri säilyvyyttä parantavien tekijöiden muuttuessa. Kun tutkitaan säilyvyyden parantamista tietyissä tuotteissa, tulisi myös huomioida sen vaikutukset tuotannon tehokkuuteen. Tutkimuksen toistaminen laajemmalla rinnakkaisnäytemäärällä toisi tutkimukselle merkittävyyttä, sekä voitaisiin myös tutkia muita vaihtoehtoisia menetelmiä. Tutkimukset voisi tehdä myös esimerkiksi hedelmillä, jotka olisi täysin erilainen tutkittava raaka-aine. Tutkimuksen aiheena voisi olla myös erilaiseen pakkausmateriaaliin, kuten esimerkiksi flowpack-pakkaukseen pakkaaminen ja sen vaikutukset säilyvyyteen. Ahvenainen ym. (1996) kirjoittivat kirjassaan, että tuoreleikattujen kasvien osalta tulisi tehdä tutkimuksia enemmän myös siitä, miten paljon tällainen prosessointi vaikuttaa kasvien ravitsemukselliseen arvoon. Insinööriyön tekopäivään mennessä on todennäköisesti tutkittu jo asiaa jonkin verran.

## 5.3 Vaihtoehtoisia menetelmiä säilyvyyden parantamiseksi

Työn aikana tuli pohdittua vaihtoehtoisia menetelmiä, joilla säilyvyyttä voitaisiin pidentää tuoreleikatuissa kasviksissa. Vaihtoehtoina kävin läpi syötäviä pinnoitteita, apuaineiden käyttämistä, esipesulinjaston sijoittamista eri tavalla sekä pakkausmateriaalin muuttamista.

Syötävien pinnoitteiden sekä apuaineiden kohdalla voitaisiin tuotteille saada säilyvyyttä lisää. Kummankin kohdalla tuotannossa se tarkoittaisi yhtä työvaihetta lisää prosessoinnissa, mikä olisi työtä hidastava tekijä. Tähän jouduttaisiin tuotannossa siis panostamaan, jotta tuotteen virtaus saataisiin kustannustehokkaaksi. Tällöin pitäisi laskea kustannushyödyt säilyvyyspäivien lisäyksestä ja verrata niitä apuaineiden, tuotantolaitteistojen sekä työtuntien kustannuksiin. Syötävien pinnoitteiden osalta pitäisi myös selvittää, mitkä olisivat Suomen lainsäädännön puitteissa mahdollisia keinoja käyttää tuoreleikatujen kasvisten säilyvyyden parantamiseksi.

Esipesulinjastoon sijoittaminen voisi olla kohtuullisen realistinen ratkaisu. Raaka-aineet voisi pestä jo ennen tuotantoa (esimerkiksi edellisinä päivinä), jolloin tuotannon prosesseja olisi yksi vähemmän. Esipesulinjaston tulisi toisaalta sisältää tehokas tuotteiden kuivauslinjasto, jolloin raaka-aineiden säilytyksessä veden aktiivisuus ( $a_w$ ) ei olisi liian korkea useiden päivien säilytykseen. Tähän järjestelmään tulisi myös saada tehtyä sisälogistiikan kannalta käytännölliset ratkaisut vähintäänkin siihen millaisissa laatikoissa raaka-aineet varastoidaan sekä miten varastossa käytettävien laatikoiden puhtaanapitoa voitaisi pitää yllä.

## Lähteet

Ahvenainen Raija. 1996. New approaches in improving the shelf life of minimally processed fruits and vegetables. *Trends in Food Science & Technology* 7 (6). E-kirja. 82–87; 179–187.

Al-Kharousi Zahra Sulaiman, Guizani Nejb, Al-Sadi Abdullah, Al-Bulushi Ismail Mohameh & Shaharoon Baby. 2016. Hiding in Fresh Fruits and Vegetables: Opportunistic Pathogens May Cross Geographical Barriers. *International Journal of Microbiology*. E-kirja s. 1–2.

Amerplast Oy. 2017. Tuote-esittelymateriaali. Pakkausmuovien raaka-aineiden esitys. Joustopakkaukset. Tampere.

Caleb Oluwafemi James, Mahajan Pramod V., Al-Said Fahad Al-Julanda & Opara Umezuruike Linus. 2013. Modified atmosphere packaging technology of fresh and fresh-cut produce and the microbial consequences. *Food and Bioprocess Technology* 6. E-kirja. s. 303–329.

Elintarvikealan yrityksiä (anonyymejä) 2020. Sähköpostikeskustelu. Markkinaselvitys tuoreleikattujen kasvien nykytilasta. Yritysten nimet salattu. 26.10.2020.

Elintarviketeollisuusliitto ry (ETL). 2017. Elintarvikkeiden mikrobiologisia ohjausarvoja viimeisenä käyttöpäivänä. Suositus 8.6.2017. Helsinki.

Elintarviketieto-opas. Ruokaviraston ohje 17068/2. Ruokavirasto. Elintarviketieto-opas elintarvikevalvojille ja elintarvikealan toimijoille. 4/2019. s. 150–152.

Fonseca Susana Caldas, Oliveira Fernanda A.R. & Brecht Jeffrey K. 2002. Modelling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere packages: Teoksessa *Journal of Food Engineering* osa 52, julkaisu 2. E-kirja. s. 99–119.

FoodData Central Search Results. 2020. Verkkoaineisto. USDA. <<https://fdc.nal.usda.gov/index.html>> Luettu 8.12.2020.

Forsfood Oy. 2020. Elintarviketeollisuuden koneiden- ja laitteiden ammattilainen. < <https://www.forsfood.fi/fi/teollisuus-tuotetiedot/product/eillert-vihannesten-pesukone-sarja-wash-20.html> > Luettu 16.11.2020

Gil IM, Allende A & Selma MV. 2010. Treatments to Ensure Safety of Fresh-Cut Fruits and Vegetables. *Advances in Fresh-cut Fruits and Vegetables Processing*. Martin-Beloso O & Soliva-Fortuny R. E-kirja. s. 212–220.

Gorny James R. 1997. Modified Atmosphere Packaging and Fresh-Cut Revolution. *Perishable Handling Newsletter* 90. E-kirja. s. 4–5.

Hongell Annika. Näin nopeutat hedelmien kypsymistä kotona. *ET-lehti*. Haastateltuna Satotukun myyntipäällikkö, Hongell Annika, teksti Klemetilä Annika. 2017. < <https://www.etehti.fi/artikkeli/ruoka/nain-nopeutat-hedelmien-kypsymista-kotona> >. Luettu 28.10.2020.

Hussein Zaharan, Caleb Oluwafemi James & Opara Umezuruike Linus. 2015. Perforation-mediated modified atmosphere packaging of fresh and minimally processed produce – A review. *Teoksessa Food Packaging and Shelf Life* 6. s. 9–11.

Ioannou Irina & Ghoul Moh. 2013. Prevention of Enzymatic Browning in Fruit and Vegetables. *Teoksessa European Scientific Journal* 9 (30). s. 310–341.

Juomaveden laatu. Verkkoaineisto. HSY. < <https://www.hsy.fi/vesi-ja-viemarit/juomaveden-laatu/> > Luettu 9.12.2020.

Järvi-Kääriäinen Terheen & Ollila Margareetta. 2007. *Toimiva pakkaus*. Helsinki, Suomi: Hakapaino Oy. 313 s. 220–224.

Kader AA, Zagory D & Kerbel EL. 1989. Modified Atmosphere Packaging of Fruits and Vegetables. *Teoksessa Critical Reviews of Food Science and Nutrition* 28. E-kirja. s. 50–101.

Kader AA & Saltveit ME. 2003. Atmosphere Modification. Teoksessa: Bartz JA & Brecht JK. Teoksessa Postharvest Physiology and Pathology of Vegetables. Boca Raton, Florida, USA. CRC Press. s 229–247.

Kasvisten määrittely. 2020. Verkkoaineisto. Kotimaiset Kasvikset Ry. <<https://kasvikset.fi/kasvitieto/kasvisten-maarittely/>> Luettu 21.10.2020.

Kierrätys perustuu tuottajavastuuseen. 2017. Verkkoaineisto. Suomen Rengaskierrätys Oy. <[www.rengaskierratys.com/tuottajat/tuottajavastuu](http://www.rengaskierratys.com/tuottajat/tuottajavastuu)>. Luettu 30.5.2017.

Kokonaisvaltaista hyvinvointia, alkoholittomuutta, fuusioruokaa – ruokatrendit 2020. Makery Oy. 2020. Verkkoaineisto. < <https://makery.fi/makeryn-ruokatrendit-2020/> > Luettu 16.10.2020.

Kuisma Risto ja Kymäläinen Hanna-Riitta. 2015. Pilkottujen tuorekasvisten hygieniä: Kirjallisuuskatsaus. Maataloustieteiden laitos, julkaisu 37. Helsinki. Unigrafia. s. 11–23.

Kuisma Risto ja Kymäläinen Hanna-Riitta. 2016. Hygieniasointikäsittelyjen vaikutus pilkottujen tuorekasvisten laatuun. Suomen maataloustieteellisen seuran tiedote nro 33, Helsingin yliopisto.

Lajunen Anna. 2016. Optimaalisten pakkausolosuhteiden määrittäminen ruoanlaittoon tarkoitetuille pilkotuille tuorekasvissekoituksille. Helsingin yliopisto, Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta, maisterintutkielma. Helsinki.

Mokkila Mirja, Sariola Juha & Hägg Margareta. Mansikan korjuun ja korjuunjälkeisen käsittelyn avaintekijät. VTT. 1999. s. 9–11.

Murcia MA, Jimenez-Monreal AM, Garcia-Diz L, Carmona M, Maggi L & Martinez-Tome M. 2009. Antioxidant Activity of Minimally Processed (in Modified Atmospheres), Dehydrated and Ready-To-Eat Vegetables. Teoksessa Food Chemistry Toxicology, 47. s. 2103–2110.

Olivias GI & Barbosa-Cánovas GV. 2005. Edible Coatings for Fresh-Cut Fruits. Teoksessa *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. s. 657–662.

Raak Norbert, Symmank Claudia, Zahn Susan, Aschemann-Witzel Jessica & Rohm Harald. 2017. Processing and Product-related Causes for Food Waste and Implications for The Food Supply Chain. *Waste Management*, Issue 61. s. 461–472.

Rojas-Grau MA, Garner E & Martin-Belloso O. 2010. The Fresh-Cut Fruit and Vegetables Industry: Current Situation and Market Trends. *Advances in Fresh-cut Fruits and Vegetables Processing*. Food Preservation Technology Series. Martin-Belloso O & Soliva-Fortuny R. E-kirja. s. 1–5.

Ruokamyrkyksiä aiheuttavia bakteereja. Verkkoaineisto. Ruokavirasto. 2020. < <https://www.ruokavirasto.fi/henkiloasiakkaat/tietoa-elintarvikkeista/elintarvikkeiden-turvallisen-kayton-ohjeet/ruokamyrkytykset/ruokamyrkytyksia-aiheuttavia-bakteereja/> > Luettu 30.10.2020.

Ruokamyrkytysepidemiät vuonna 2016. 2019. Verkkoaineisto. Ruokavirasto. Zoonosikeskus. < <https://www.ruokavirasto.fi/teemat/zoonosikeskus/ruokamyrkytykset/ruokamyrkytys-epidemiät-suomessa/ruokamyrkytys-epidemiät-vuonna-2016/> >. Luettu 31.10.2020.

Ruokatrendit 2020. K-ryhmä. 2020. Verkkoaineisto. < <https://www.k-ruoka.fi/artikkelit/k-kaupassa/ruokatrendit-2020> > Luettu 16.10.2020.

Säilyvyysaika ja sen määrittäminen. Verkkoaineisto. Ruokavirasto. 2020. < <https://www.ruokavirasto.fi/yritykset/elintarvikeala/elintarvikealan-yhteiset-vaatimukset/omavalvonta/sailyvyysaika-ja-sen-maarittaminen/> > Luettu 27.10.2020.

Tournas VH, Heeres J & Burgess L. 2006. Moulds and Yeasts in Fruit Salads and Fruit Juices. Teoksessa *Food Microbiology*. Osa 23, julkaisu 7. s. 684–688.

Tuorila Hely, Parkkinen Kirsti & Tolonen Katri. 2008. Aistit ammattikäyttöön. Helsinki: WSOY Oppimateriaalit. s. 8–20.

Valtion ravitsemusneuvottelukunta (VRN). Fogelholm Michael, Hakala Paula, Kara Raija, Kiuru Sanna, Kurppa Sirppa, Kuusipalo Heli, Laitinen Jaana, Mamiemi Annika, Misikangas Marjo, Roos Eva, Sarlio-Lähteenkorva Sirpa, Schwab Ursula & Virtanen Suvi. Terveyttä ruoasta. Suomalaiset ravitsemussuositukset 2014. s. 20–21.

Veden laatu ja käyttö. Luke. 2017. Verkkoaineisto. < [https://www.luke.fi/ruoka-fakta/yleista-tietoa/veden\\_laatu/](https://www.luke.fi/ruoka-fakta/yleista-tietoa/veden_laatu/) > Luettu 20.10.2020.

Vuorinen Anssi. laatu- ja tutkimuspäällikkö, Salico Oy. Sähköpostikeskustelut. 23.10.2020–4.12.2020.

Watada AE, Izumi H, Luo Y & Rodov V. 2005. Fresh-cut produce. Ben-Yehoshua S. Teoksessa Environmentally friendly technologies for agricultural produce quality. Boca Raton. CRC Press. s. 150–188.

Watkins Christopher B, Damodaran Srinivasan & Parkin Kirk L. 2017. Fennema's Food Chemistry. Postharvest Physiology of Edible Plant Tissues. CRC Press. E-kirja. s. 1017–1085.

Watkins Christopher B, Mahajan Pramod V, Caleb James Oluwafemi, Zora Singh & Nock Jacqueline F. 2012. Production Guide for Storage of Organic Fruits and Vegetables. Department of Horticulture, Cornell University. s. 6–8.

Wills RBH, McGlasson WB & Graham D, Joyce DC. 2007. Postharvest – An Introduction to The Physiology and Handling of Fruit, Vegetables and Ornaments. 5. p. Sydney, Australia: University of New South Wales Press Ltd. s. 227.

Witt, Headspace Gas Analyser OXYBABY. Tuote-esittelymateriaali. < <https://www.witt-gas.com/products/gas-analysers/mobile-analysers/gas-analyser-oxybaby-60/> > Luettu 4.11.2020.

Yahia Elhadi M. 2009. Modified and Controlled Atmospheres for the Storage, Transportation and Packaging of Horticultural Commodities. CRC Press. E-kirja. s. 465–470.



## Liite 1. Säilyvyyskokeiden ensimmäisen vaiheen työohje

### Säilyvyyskokeiden tuotannon työohje

#### Työ

Työssä tehdään parsaa- ja kukkakaalinuppujen säilyvyyskokeisiin erilaisin valmistusmenetelmin tuotteita. Esikokeissa valmistetaan ja pakataan raaka-aineet työohjeen mukaisesti.

#### Materiaalit ja menetelmät

- Kukkakaali 40 kg
- Parsakaali 40 kg
- Veitsi
- Työlauta 2 kpl
- Raaka-ainelaatikat (punaiset) 15 kappaletta
- Sinisiä pusseja laatikoille 14 kappaletta
- Pakkausmateriaalit
  - o Tuorekset rasia
  - o Tuorekset pakkauskalvo (musta, punainen)
- Eräpesuri
- Pesuletku
- Pesulinjasto, tuorekset

#### Työohje

1. Valmistele työlauta ja veitsi työpisteelle, hae työpisteelle tarvittava määrä laatikoita sekä pusseja.
2. Hae raaka-aineet varastosta punaisissa laatikoissa (koko määrät yhdellä kerralla) ja jaa tästä raaka-aineet eri menetelmille taulukon 1. mukaisesti. Tässä vielä lueteltuna
  - a. Ensimmäisenä otetaan erikseen ei pesua ollenkaan (0) ja raaka-aineen pesu leikkauksen jälkeen (7).
  - b. Seuraavana erotellaan kukkakaalit, joista otetaan lehdet pois ennen pesua (1, 2), muut kukkakaalit esipestään lehtien kanssa (3, 4, 5, 6).
  - c. Pese tuorekset pesulinjalla ilman lehtiä oleva (2) ja tämän jälkeen muut tuoreksien pesulinjalta tulevat (3, 4).
  - d. Pese letkulla ilman lehtiä oleva (1) ja tämän jälkeen muut letkulla pestävät (5, 6).

- e. Leikkaa nupuiksi, merkitse laatikoihin selkeästi numeroilla mikä on mikä.
3. Aina kun yksi erä on leikattu nupuiksi, laita valmiit nuput punaiseen laatikkoon, jossa on sininen muovipussi ja sulje pussi taittelemalla.
  4. Kun kukka- ja parsakaalit ovat leikattu, pese eräpesurilla **3, 5, 7** ja lingota kiviä.
  5. Vaihda laatikoihin uudet sisäpussit ja tee merkinnät laatikoihin.
  6. Käytä pakkaukseen pientä tuorekset-rasiaa
    - a. Parsakaalia pakataan 125 grammaa per rasia ja vähintään 15 rasiaa per tuote, 6 eri tuotetta (yhteensä 90 rasiaa)
    - b. Kukkakaalia pakataan 180 grammaa per rasia ja vähintään 15 rasiaa per tuote, 8 eri tuotetta (yhteensä 120 rasiaa)
  7. Pakkaa kaikki parsakaalituotteet mustalla kalvolla ja kukkakaalituotteet punaisella? Merkitse pakkaukset ennen pakkausta numeromerkinnöin taulukon 1. mukaisesti
  8. Laita näytteet keräilyssä sijaitsevalle laadun hyllykölle, josta ne lähetetään MetropolilABille.
    - a. Näytteet MetropolilABille lähetään 6 päivän jälkeen tuotantopäivästä, jokaista näytettä 3 kappaletta. Sama toistetaan seuraavana päivänä, eli 7 päivän jälkeen tuotantopäivästä. Näytteistä otetaan hiivat, homeet sekä kokonaismikrobimäärä.
  9. Aistinvarainen arviointi järjestetään pienessä ryhmässä, jossa arvioidaan maku, haju sekä ulkonäkö. Jokainen kohta pisteytetään 1–5 pisteillä. Aistinvarainen arviointi tehdään 5–7 päivän päästä tuotannosta

	Parsakaali	Kukkakaali	Pesutavat (ennen/jälkeen)
0 Ei pesua ollenkaan		5	5 Ei pesua/ei pesua
1 Kukkakaali, josta poistettu lehdet, pesu ilman lehtiä	-		5 Letku/ei pesua
2 Kukkakaali, josta poistettu lehdet, pesu ilman lehtiä	-		5 Tuorekset pesulinja/ei pesua
3 Raaka-aineen pesu ennen ja jälkeen leikkauksen		5	5 Tuorekset pesulinja/eräpesuri, linko
4 Raaka-aineen pesu ennen leikkaamista		5	5 Tuorekset pesulinja/ei pesua
5 Raaka-aineen pesu ennen ja jälkeen leikkauksen		5	5 Letku/eräpesuri, linko
6 Raaka-aineen pesu ennen leikkaamista		5	5 Letku/ei pesua
7 Raaka-aineen pesu leikkauksen jälkeen		5	5 Ei pesua/eräpesuri, linko
Raaka-aineen määrä yhteensä (kg)		30	40

## Parsakaali

1875 per tuote (grammoina)

11250 kokonaismäärä parsakaalituotteelle vähintään (grammoina)

Noin 12 000 g parsakaalia vähintään tuotteena (~2 kg/tuote, 6 erilaista)

Hävikkiprosentti 30 %

**15600 grammaa, parsakaalin määrä raaka-aineena vähintään**

## Kukkakaali

2700 per tuote (grammoina), kun tehdään väh. 15 rasiaa

21600 kokonaismäärä kukkakaalituotteelle vähintään (grammoina)

Noin 24 000 g kukkakaalia vähintään tuotteena (~3 kg/tuote, 8 erilaista)

Hävikkiprosentti 30 %

**31200 grammaa, kukkakaalin määrä raaka-aineena vähintään**

Kuva 1. Laskelmat kukka- ja parsakaalille, kuinka paljon tarvitaan, jotta saadaan vähimmäismäärä rasioita tehdyksi. Laskelmat on tehty 15 rasiaa per tuote mukaan.

**Liite 2. Säilyvyyskokeiden toisen vaiheen työohje****Säilyvyyskokeiden esikokeiden työohje**

Koodi	Tapa	Kukkakaali	Parsakaali
X1	kokonaisina, pesty (pesuvalidointi)	3	3 pusseissa
X2	kokonaisina, ei pesty (pesuvalidointi)	3	3 pusseissa
0	verrokki (ei pesuja)	3600	2500 g
3	tuorekset pesulinjalta+eräpesurit	3600	2500 g
4	tuorekset pesulinjalta	3600	2500 g
		19440	13500 (1,8 kertoimella)

**Muistiinpanot**

Kaasu-arvot: CO<sub>2</sub>      O<sub>2</sub>

**Työ**

Työssä tehdään parsaa- ja kukkakaalinuppujen säilyvyyskokeisiin erilaisin valmistusmenetelmin tuotteita. Esikokeissa valmistetaan ja pakataan raaka-aineet työohjeen mukaisesti.

**Materiaalit ja menetelmät**

- Kukkakaali            20 kg + 2 kpl kokonainen kukkakaali
- Parsakaali            15 kg + 2 kpl kokonainen parsakaali
- Veitset                2 kpl
- Työlautat             2 kpl
- Raaka-ainelaatikot (punaiset) 8 kappaletta
- Sinisiä pusseja laatikoille 10 kappaletta
- Pakkausmateriaalit
  - o Tuorekset rasia
  - o Tuorekset pakkauskalvo (musta, punainen)
- Eräpesuri

- Pesuletku
- Pesulinjasto, tuorekset
- ”kukkakaalikalvo”

## Työohje

10. Valmistelevä työlaute ja veitsi työpisteelle, hae työpisteelle tarvittava määrä laatikoita sekä pusseja.
11. Hae raaka-aineet varastosta punaisissa laatikoissa (koko määrät yhdellä keralla) ja jaa tästä raaka-aineet eri menetelmille taulukon 1. mukaisesti. Tässä vielä lueteltuna
  - a. Ota pesuvalidointia varten kokonaiset kukka- ja parsakaalit, ensin ei pesty ja sitten pesty, pussita
  - b. Käsittele verrokkit (ei pesuja)
  - c. Käsittele tuorekset-pesulinjalta tulevat kukkakaalit
  - d. Käsittele tuorekset-pesulinjalta tulevat parsakaalit
  - e. Tee eräpesu ja linkous
  - f. Leikkaa nupuiksi, merkitse laatikoihin selkeästi numeroilla mikä on mikä.
12. Aina kun yksi erä on leikattu nupuiksi, laita valmiit nuput punaiseen laatikkoon, jossa on sininen muovipussi ja sulje pussi taittelemalla.
13. Vaihda laatikoihin uudet sisäpussit ja tee merkinnät laatikoihin.
14. Käytä pakkaukseen pientä tuorekset-rasiaa
  - a. Parsakaalia pakataan 125 grammaa per rasia ja vähintään 20 rasiaa per tuote, 3 eri tuotetta (yhteensä 60 rasiaa)
  - b. Kukkakaalia pakataan 180 grammaa per rasia ja vähintään 20 rasiaa per tuote, 3 eri tuotetta (yhteensä 60 rasiaa)
15. Pakkaa kaikki parsakaalituotteet mustalla kalvolla ja kukkakalituotteet punaisella? Merkitse pakkaukset ennen pakkausta numeromerkinnöin taulukon 1. mukaisesti
16. Laita näytteet keräilyssä sijaitsevalle laadun hyllykölle, josta ne lähetetään MetropolilABille.
  - a. Näytteet MetropolilABille lähetetään 6 päivän jälkeen tuotantopäivästä, jokaista näytettä 3 kappaletta. Sama toistetaan seuraavana päivänä, eli 7 päivän jälkeen tuotantopäivästä. Näytteistä otetaan hiivat, homeet sekä kokonaismikrobimäärä.
17. Aistinvarainen arviointi järjestetään pienessä ryhmässä, jossa arvioidaan maku, haju sekä ulkonäkö. Jokainen kohta pisteytetään 1–5 pisteillä. Aistinvarainen arviointi tehdään 5–7 päivän päästä tuotannosta

## Liite 3. Kukkakaalin soluhengitysmittauksen tulokset

### Kukkakaali

**Selected date and time** 2020-07-17 08:20:25

**DTL filename**

20200717081701R9GSF.dtl

**Produce age**

0 Days

**Cut type**

--

**Cut size**

--

**Average measured RR O2** 1830  
*mL air/kg.24hr*

**Average measured RR CO2**  
*1358 mL air/kg.24hr*

**Measured at**

4.7 °C and 19.8 % O2 and 0.8 % CO2

**Amount of produce per pack**

180 gr

**Packed in**

Tray 70 µm PET of 0.0257 m<sup>2</sup>

**with OTR of unperforated film of**

3 ml air/m<sup>2</sup>.24hr at Temperature 23 °C with RV and 50 %

**COTR**

13.5 ml air/m<sup>2</sup>.24hr at Temperature 23 °C with RV 50 %

**Initial O2 in pack**

5 %

**Initial CO2 in pack**

15 %

**Final target O2 level in pack**

5 %

**Storage/chill chain temperature**

4 °C

**Transmission value**

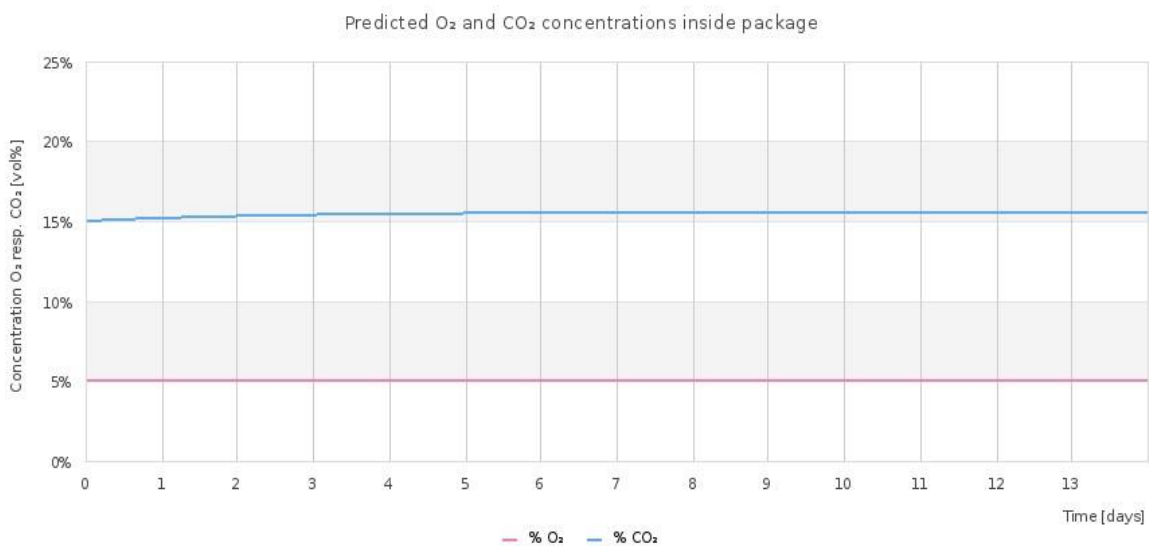
361 mL/pack.24hr (without product factor)

**Corrected transmission value**

361 mL/pack.24hr (with product factor; input for laser)

**Product factor**

1.0



## Liite 4. Parsakaalin soluhengitysmittauksen tulokset

### Parsakaali

**Selected date and time** 2020-07-21 08:15:00

**DTL filename**

20200721081101R9OGSF.dtl

**Produce age**

0 Days

**Cut type**

--

**Cut size**

--

**Average measured RR O2** 4100

*mL air/kg.24hr*

**Average measured RR CO2**

2977 *mL air/kg.24hr*

**Measured at**

5.2 °C and 18.5 % O2 and 1.5 % CO2

**Amount of produce per pack**

125 gr

**Packed in**

Tray 70 µm PET of 0.0257 m<sup>2</sup>

**with OTR of unperforated film of**

3 ml air/m<sup>2</sup>.24hr at Temperature 23 °C with RV and 50 %

**COTR**

13.5 ml air/m<sup>2</sup>.24hr at Temperature 23 °C with RV 50 %

**Initial O2 in pack**

5 %

**Initial CO2 in pack**

15 %

**Final target O2 level in pack**

5 %

**Storage/chill chain temperature**

4 °C

**Transmission value**

542 mL/pack.24hr (without product factor)

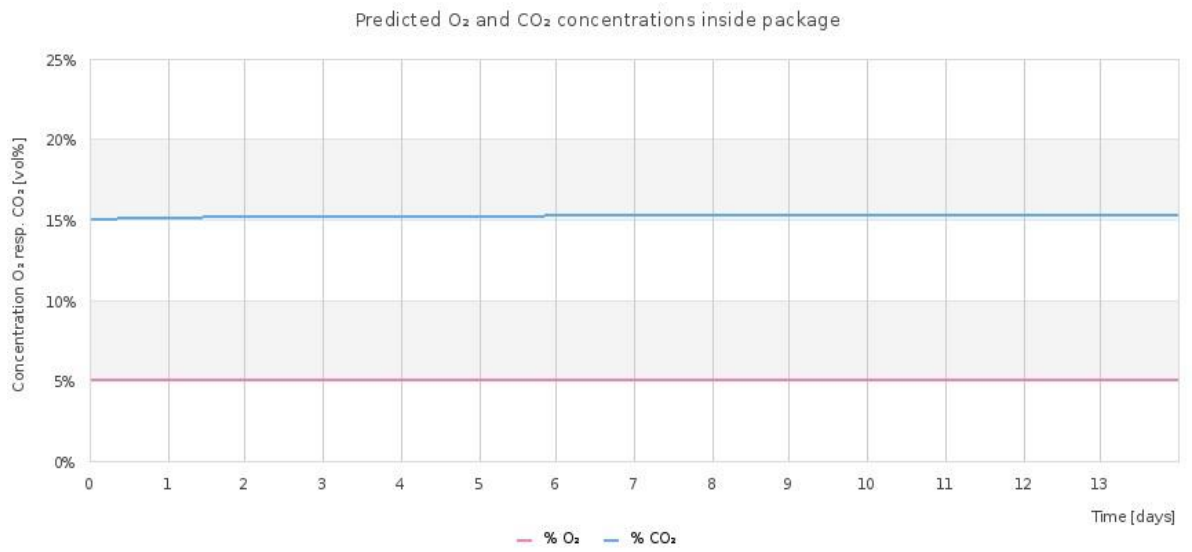
**Corrected transmission value**



542 mL/pack.24hr (with product factor; input for laser)

**Product factor**

1.0



Liite 5. Ensimmäisen osion mikrobiologiset kokonaistulokset taulukoina

Kukkakaalin mikrobiologiset tulokset 1 + 6 säilyvyydellä

Koodinumero	Aerobiset mikro-Hiivat	Homeet	Mikrobi KA	Mikrobian KH	Hiivojen KA	Hiivojen KH	Homeiden KA	Homeiden KH
0	9 100 000	7 000	200	9 250 000	7 083 902	18 000	13 491	403
0	18 000 000	37 000	910					361
0	650 000	10 000	100					
1	510 000	11 000	100	1 373 333	1 438 294	47 000	38 271	500
1	3 400 000	30 000	300					432
1	210 000	100 000	1 100					
2	3 100 000	100 000	1 100	1 190 000	1 351 616	46 167	40 179	567
2	170 000	3 500	300					377
2	300 000	35 000	300					
3	870 000	7 800	300	491 000	326 540	4 100	3 021	167
3	530 000	4 100	100					94
3	73 000	400	100					
4	5 600 000	6 700	1 800	3 466 667	1 528 252	19 067	18 344	1 167
4	2 700 000	45 000	1 200					531
4	2 100 000	5 500	500					
5	280 000	23 000	360	1 926 667	1 603 358	18 000	10 033	307
5	4 100 000	4 000	100					152
5	1 400 000	27 000	460					
6	82 000	19 000	100	967 333	1 088 106	13 367	5 972	100
6	2 500 000	16 000	100					-
6	320 000	5 100	100					
7	250 000	4 900	400	963 333	877 889	43 633	28 157	1 180
7	2 200 000	71 000	2 500					939
7	440 000	55 000	640					

Kukkakaalin mikrobiologiset tulokset 1 + 7 säilyvydellä

Koodinumero	Aerobiset mikro-organismit	Hilvat	Homeet	Mikrobi keskiarvo	Mikrobin KH	Hilvojen keskiarvo	Hilvojen KH	Homeiden keskiarvo	Homeisen KH
0	620 000	90 000	730	960 000	326 190	54 667	32 263	1 047	329
0	1 400 000	12 000	1 500						
0	860 000	62 000	910						
1	5 200 000	18 000	600	2 666 667	1 820 867	11 467	5 565	1 233	1 190
1	1 000 000	4 400	2 900						
1	1 800 000	12 000	200						
2	360 000	33 000	910	406 667	142 673	30 500	17 847	920	306
2	260 000	7 500	550						
2	600 000	51 000	1 300						
3	55 000	1 000	100	931 667	1 111 548	10 800	11 539	133	47
3	240 000	4 400	200						
3	2 500 000	27 000	100						
4	720 000	3 600	200	2 540 000	2 659 173	5 300	4 138	167	47
4	6 300 000	11 000	100						
4	600 000	1 300	200						
5	140 000	1 500	100	170 000	24 495	7 667	6 712	133	47
5	170 000	4 500	100						
5	200 000	17 000	200						
6	510 000	5 500	100	1 570 000	994 217	9 700	4 537	380	221
6	2 900 000	16 000	400						
6	1 300 000	7 600	640						
7	14 000	600	100	62 333	35 910	4 110	4 872	167	94
7	73 000	730	100						
7	100 000	11 000	300						

Parsakaalin mikrobiologiset tulokset 1 + 6 säilyvyydellä

Koodinumero	Aerobiset mikro-organismit	Hivut	Homeet	Mikrobi keskarvo	Mikrobin KH	Hivojen keskarvo	Hivojen KH	Homeiden keskarvo	Homeiden KH
0	5 300 000	39 000	730	3 700 000	2 262 742	24 000	10 801	610	85
0	500 000	19 000	550						
0	5 300 000	14 000	550						
3	7 400 000	7 500	1 800	13 133 333	4 370 609	17 833	7 706	1 600	216
3	14 000 000	20 000	1 700						
3	18 000 000	26 000	1 300						
4	1 900 000	19 000	400	6 200 000	4 864 155	20 500	12 090	1 020	835
4	13 000 000	36 000	2 200						
4	3 700 000	6 500	460						
5	7 500 000	16 000	3 100	6 233 333	899 383	20 667	8 055	3 100	1 960
5	5 500 000	32 000	700						
5	5 700 000	14 000	5 500						
6	43 000 000	67 000	1 200	45 666 667	25 381 533	54 000	13 140	933	309
6	78 000 000	59 000	500						
6	16 000 000	36 000	1 100						
7	8 200 000	26 000	910	7 286 667	5 079 011	11 067	10 939	1 213	561
7	660 000	7 100	730						
7	13 000 000	100	2 000						

Parsakaalin mikrobiologiset tulokset 1 + 7 säilyvyydellä

Koodinumero	Aerobiset mikro-ori	Hivvat	Homeet	Mikrobi keskiarvo	Mikrobi keskihajonta	Hivojen keskiarvo	Hivojen keskihajonta	Homeiden keskiarvo	Homeisen keskihajonta
0	5 900 000	12 000	2 200	3 666 667	1 579 733	17 667	5 437	1 333	896
0	2 600 000	25 000	100						
0	2 500 000	16 000	1 700						
3	2 700 000	13 000	1 700	10 066 667	11 277 214	13 100	4 777	800	648
3	26 000 000	19 000	200						
3	1 500 000	7 300	500						
4	33 000 000	44 000	820	16 100 000	12 466 756	33 000	10 985	1 773	1 028
4	12 000 000	37 000	3 200						
4	3 300 000	18 000	1 300						
5	28 000 000	14 000	900	92 986 667	111 572 639	28 333	21 700	967	47
5	960 000	12 000	1 000						
5	250 000 000	59 000	1 000						
6	5 400 000	6 200	3 400	17 800 000	9 356 638	47 400	34 661	3 600	1 395
6	28 000 000	45 000	2 000						
6	20 000 000	91 000	5 400						
7	250 000 000	100 000	1 100	88 600 000	114 128 466	47 000	37 974	1 033	492
7	7 200 000	13 000	400						
7	8 600 000	28 000	1 600						

Liite 6. Toisen osion mikrobiologiset kokonaistulokset taulukoina

Kukkakaalin mikrobiologiset tulokset 1 + 6 säilyvyydellä

Koodinumero	Aerobiset mikro-organismit	Hiviat	Homeet	Mikrobi keskarvo	Mikrobin KH	Hiviojen keskarvo	Hiviojen KH	Homeiden keskarvo	Homeiden KH
0	10 000	2 000	200	10 000	-	3 775	2 437	175	43
0	10 000	1 500	100						
0	10 000	7 700	200						
0	10 000	3 900	200						
3	50 000	2 300	400	33 500	24 016	2 125	402	500	300
3	10 000	2 100	200						
3	64 000	1 500	400						
3	10 000	2 600	1 000						
4	10 000	1 500	300	40 000	46 368	4 925	3 124	863	721
4	20 000	4 400	550						
4	10 000	10 000	500						
4	120 000	3 800	2 100						

Kukkakaalin mikrobiologiset tulokset 1 + 7 säilyvyydellä

Koodinumero	Aerobiset mikro-organismit	Hiivat	Homeet	Mikrobi keskiarvo	Mikrobin KH	Hiivojen keskiarvo	Hiivojen KH	Homeiden keskiarvo	Homeiden KH
0	10 000	1 300	100	10 000	-	5 405	6 722	100	-
0	10 000	2 500	100						
0	10 000	820	100						
0	10 000	17 000	100						
3	10 000	1 100	600	15 000	5 000	1 575	444	480	245
3	20 000	1 400	300						
3	10 000	2 300	820						
3	20 000	1 500	200						
4	50 000	3 200	100	77 500	48 670	5 575	4 392	488	391
4	20 000	1 700	200						
4	90 000	4 400	550						
4	150 000	13 000	1 100						

Parsakaalin mikrobiologiset tulokset 1 + 6 säilyvyydellä

Koodinumero	Aerobiset mikro-organismit	Hiivat	Homeet	Mikrobi keskarvo	Mikrobien KH	Hiivojen keskarvo	Hiivojen KH	Homeiden keskarvo	Homeiden KH
0	1 300 000	13 000	820	1 780 000	1 215 566	10 200	6 787	580	253
0	1 000 000	3 200	200						
0	1 100 000	4 600	500						
0	1 300 000	20 000	800						
3	4 200 000	7 000	300	3 633 333	2 752 373	4 025	2 164	225	43
3	7 200 000	5 000	200						
3	500 000	2 800	200						
3	3 200 000	1 300	200						
4	460 000	1 800	300	2 320 000	3 026 814	3 325	2 195	403	92
4	240 000	1 500	360						
4	120 000	7 000	550						
4	6 600 000	3 000	400						



Parsakaalin mikrobiologiset tulokset 1 + 7 säilyvyydellä

Koodinumero	Aerobiset mikro-organismit	Hivvat	Homeet	Mikrobi keskiarvo	Mikrobien KH	Hivojen keskiarvo	Hivojen KH	Homeiden keskiarvo	Homeiden KH
0	11 000 000	14 000	500	3 494 000	3 887 434	10 625	4 204	315	169
0	470 000	9 000	200						
0	1 300 000	15 000	100						
0	1 200 000	4 500	460						
3	3 500 000	3 800	460	1 756 667	1 798 450	5 000	3 556	573	148
3	470 000	1 700	460						
3	500 000	3 500	820						
3	4 300 000	11 000	550						
4	5 800 000	5 800	200	3 280 000	2 939 524	14 975	17 939	250	150
4	7 400 000	46 000	100						
4	740 000	3 100	500						
4	1 700 000	5 000	200						

## Liite 7. Ensimmäisen osion aistinvaraisen arvioinnin sekä jäännöskaasumittausten tulokset

### Kukkakaalin aistinvaraisen arvioinnin sekä jäännöskaasumittausten tulokset 1 + 6 säilyvyydellä

#### Kukkakaali 0

Näytenro	Maku	Haju	Ulkonäkö	Happi	Hiilidioksidi	Kommentti
1.	2	3	1	0,6	29,4	
2.	1	1	1	4,8	16,8	
3.	1	1	1	0,5	18,4	

#### Kukkakaali 1

	Maku	Haju	Ulkonäkö	Happi	Hiilidioksidi	
1.	1	2	1	0,6	24,7	
2.	2	3	1	0,2	31,8	Hengityselärit eivät todennäköisesti olleet käytössä
3.	1	2	1	5,8	16,8	

#### Kukkakaali 2

	Maku	Haju	Ulkonäkö	Happi	Hiilidioksidi	
1.	1	1	1	8,8	14,5	
2.	1	1	1	8,8	14,3	
3.	1	1	1	-	-	Kalvo auennut reunasta

#### Kukkakaali 3

	Maku	Haju	Ulkonäkö	Happi	Hiilidioksidi	
1.	1	1	1	7,6	15,4	
2.	2	4	1	0,2	33	
3.	1	1	1	9,3	14,5	

#### Kukkakaali 4

	Maku	Haju	Ulkonäkö	Happi	Hiilidioksidi	
1.	1	1	1	5,3	17,5	
2.	1	1	1	6,6	16,5	
3.	1	1	1	7,9	15,8	

#### Kukkakaali 5

	Maku	Haju	Ulkonäkö	Happi	Hiilidioksidi	
1.	1	1	1	6,3	16,4	
2.	1	1	1	6,2	17,4	
3.	1	1	1	6,9	16,6	

#### Kukkakaali 6

	Maku	Haju	Ulkonäkö	Happi	Hiilidioksidi	
1.	1	1	1	10,8	12,3	
2.	1	1	1	2,9	18,5	
3.	1	1	1	10,3	13	

#### Kukkakaali 7

	Maku	Haju	Ulkonäkö	Happi	Hiilidioksidi	
1.	1	1	1	5,8	17,4	
2.	1	1	1	5,2	18,2	
3.	1	1	1	3,2	18,6	

## Kukkakaalin aistinvaraisen arvioinnin sekä jäännöskaasumittausten tulokset 1 + 7 säilyvyydellä

Kukkakaali 0					
	Maku	Haju	Ulkonäkö	Happi	Hiilidioksidi
1.		1	1	1	3,4 18,6
2.		1	1	1	9,6 13,7
3.		1	1	1	7,3 18,6
Kukkakaali 1					
	Maku	Haju	Ulkonäkö	Happi	Hiilidioksidi
1.		1	1	1	5,8 1,7
2.		1	1	1	3,2 18,9
3.		1	1	1	4,9 17,4
4.	2	4	2	2	2,7 32,2
Tästä otettu neljä näytettä, koska kalvo oli huonosti					
Kalvo huonosti, kalvoista otetaan testaus missä kohti reiät oikeasti					
Ulkonäkö kostea (leikkuupinta kannasta), haju voimakas					
Kukkakaali 2					
	Maku	Haju	Ulkonäkö	Happi	Hiilidioksidi
1.		1	2	1	0,2 26,3
2.		1	1	1	7,6 16,4
3.		1	2	1	0,3 24,5
Kukkakaali 3					
	Maku	Haju	Ulkonäkö	Happi	Hiilidioksidi
1.		1	1	1	7,4 16,5
2.		1	1	1	8,2 16
3.	2	2	2	2	1,3 29
Maku väljähtynyt/laimea (ei maistunut paljoa), ulkonäkö kostea					
Kukkakaali 4					
	Maku	Haju	Ulkonäkö	Happi	Hiilidioksidi
1.		1	1	1	0,2 23,3
2.		1	1	1	7,7 15,8
3.		1	1	1	3,1 18,9
Kukkakaali 5					
	Maku	Haju	Ulkonäkö	Happi	Hiilidioksidi
1.		1	1	1	1,6 20,8
2.		1	1	1	7,8 16,6
3.		1	2	1	0,3 22,6
Kukkakaali 6					
	Maku	Haju	Ulkonäkö	Happi	Hiilidioksidi
1.		1	1	1	12,4 10,5
2.		1	1	1	8,2 16
3.		1	1	1	4,5 18,6
Näissä näytteissä erityisesti tasalaatuista sekä hyvää laadultaan					
Kukkakaali 7					
	Maku	Haju	Ulkonäkö	Happi	Hiilidioksidi
1.		1	1	1	9,2 14,6
2.		1	1	1	4,1 19,2
3.		1	1	1	8,3 16,4
Näissä näytteissä erityisesti tasalaatuista sekä hyvää laadultaan					

## Parsakaalin aistinvaraisen arvioinnin sekä jäännöskaasumittausten tulokset 1 + 6 säilyvyydellä

Parsakaali 0						
	Maku	Haju	Ulkonäkö	Happi	Hiilidioksidi	Kommentit
1.	1	2	1	8,7	15,9	
2.	1	1	1	10,1	13,8	
3.	1	2	1	7,2	16,9	
Parsakaali 3						
	Maku	Haju	Ulkonäkö	Happi	Hiilidioksidi	
1.	1	1	1	1,9	19,7	
2.	1	1	1	7,7	16,6	
3.	1	1	1	7,5	17	
Parsakaali 4						
	Maku	Haju	Ulkonäkö	Happi	Hiilidioksidi	
1.	1	1	1	9,8	14	
2.	1	3	1	0,4	29,9	
3.	1	1	1	-	-	Näytteen kalvo auennut ennen mittausta
Parsakaali 5						
	Maku	Haju	Ulkonäkö	Happi	Hiilidioksidi	
1.	1	1	1	6,7	16,2	
2.	1	1	1	7,9	15,6	
3.	1	1	1	6,6	17	
Parsakaali 6						
	Maku	Haju	Ulkonäkö	Happi	Hiilidioksidi	
1.	1	1	1	8,5	15,8	
2.	1	1	1	8,5	16	
3.	1	1	1	9,8	13,6	
Parsakaali 7						
	Maku	Haju	Ulkonäkö	Happi	Hiilidioksidi	
1.	1	2	1	9,8	14,9	
2.	1	2	1	4,6	18,4	
3.	1	2	1	6,6	17,9	

**Parsakaalin aistinvaraisen arvioinnin sekä jäännöskaasumittausten tulokset 1 + 7 säilyvyydellä**

Parsakaali 0							
	Maku	Haju	Ulkonäkö	Happi	Hilidioksidi	Kommentit	
1.		1	1	1	7,7	14,9	
2.		1	1	1	10,2	12,7	
3.		1	1	1	10,4	12,5	
Parsakaali 3							
	Maku	Haju	Ulkonäkö	Happi	Hilidioksidi		
1.		1	1	1	4,6	16,4	
2.		1	1	1	9,1	13,8	
3.		1	1	1	5	17,3	
Parsakaali 4							
	Maku	Haju	Ulkonäkö	Happi	Hilidioksidi		
1.		1	1	2	9	14,1	Yksi näytteen nupuista pehmentynyt
2.		1	1	1	19,4	12,7	
3.		1	1	1	5,3	16,8	
Parsakaali 5							
	Maku	Haju	Ulkonäkö	Happi	Hilidioksidi		
1.		1	2	1	0,3	22,8	
2.		1	1	1	6,9	16,4	
3.		1	1	1	3,4	19,1	
Parsakaali 6							
	Maku	Haju	Ulkonäkö	Happi	Hilidioksidi		
1.		1	1	1	11	12,9	
2.		1	1	1	8	15,9	
3.		1	1	1	7,2	17,1	
Parsakaali 7							
	Maku	Haju	Ulkonäkö	Happi	Hilidioksidi		
1.		1	1	1	14,1	8,9	Pakkaus aukesi kesken mittauksen
2.		1	1	1	7	16,8	
3.		1	1	1	11,3	13,1	

## Liite 8. Toisen osion aistinvaraisen arvioinnin sekä jäännöskaasumittausten tulokset

### Kukkakaalin aistinvaraisen arvioinnin sekä jäännöskaasumittausten tulokset 1 + 6 sekä 1 + 7 säilyvyyksillä

#### 1 + 6 säilyvyydellä kukkakaali

Kukkakaali 0						
Näytenro	Maku	Haju	Ulkonäkö	Happi	Hiilidioksidi	Kommentti
1.	1	1	1	15,4	7	
2.	1	1	1	16,2	5,9	
3.	1	1	1	14,6	8	
Kukkakaali 3						
	Maku	Haju	Ulkonäkö	Happi	Hiilidioksidi	
1.	1	1	1	11,9	10,7	
2.	1	1	1	14,8	8	8 maku on pehmeämpi/makeampi vrt 0:aan
3.	1	1	1	15,7	6,7	maku samanlainen kuin Ossa
Kukkakaali 4						
	Maku	Haju	Ulkonäkö	Happi	Hiilidioksidi	
1.	1	1	1	15,7	6,8	
2.	1	1	1	11,7	11,1	
3.	1	1	1	14,9	7,8	

#### 1 + 7 säilyvyydellä kukkakaali

Kukkakaali 0						
	Maku	Haju	Ulkonäkö	Happi	Hiilidioksidi	
1.	1	1	1	16,3	5,7	
2.	1	1	1	16	6,6	
3.	1	1	1	15,7	7	
Kukkakaali 3						
	Maku	Haju	Ulkonäkö	Happi	Hiilidioksidi	
1.	1	1	1	13,2	8,5	
2.	1	1	1	15,6	6,9	
3.	1	1	1	15,6	7,4	
Kukkakaali 4						
	Maku	Haju	Ulkonäkö	Happi	Hiilidioksidi	
1.	1	1	1	16,3	6,1	
2.	1	1	1	16,1	6,3	
3.	1	1	1	14,3	8,4	

## Parsakaalin aistinvaraisen arvioinnin sekä jäännöskaasumittausten tulokset 1 + 6 sekä 1 + 7 säilyvyyksillä

### 1 + 6 säilyvyydellä parsakaali

Parsakaali 0							
Näytenro	Maku	Haju	Ulkonäkö	Happi	Hiilidioksidi	Kommentti	
1.		1	1	1	13,8	9	
2.		1	1	1	15,3	7,2	
3.		1	1	1	14	8,6	

Parsakaali 3							
	Maku	Haju	Ulkonäkö	Happi	Hiilidioksidi	Kommentti	
1.		1	1	1	14,5	8	pehmeämpi maku
2.		1	1	1	13	10,4	
3.		1	2	1	9,1	14,2	haju hiukan tunkkainen

Parsakaali 4							
	Maku	Haju	Ulkonäkö	Happi	Hiilidioksidi	Kommentti	
1.		1	1	1	13,4	9,9	Ulkonäkö muuten hyvä, löytyi jotain likaa yhdestä nupusta
2.		1	1	1	10	13,8	
3.		1	1	1	13,2	10	

### 1 + 7 säilyvyydellä parsakaali

Parsakaali 0							
	Maku	Haju	Ulkonäkö	Happi	Hiilidioksidi	Kommentti	
1.		1	1	1	14,8	7,7	
2.		1	1	1	14,3	8,6	
3.		1	1	1	14,4	8,5	

Parsakaali 3							
	Maku	Haju	Ulkonäkö	Happi	Hiilidioksidi	Kommentti	
1.		1	1	2	11,7	12,2	Kaikkista rasloista löytyi nuppuja joiden leikkuupinnassa oli white blush
2.		1	1	2	13	10,1	
3.		1	1	2	14,7	8,3	

Parsakaali 4							
	Maku	Haju	Ulkonäkö	Happi	Hiilidioksidi	Kommentti	
1.		1	1	1	15	7,5	
2.		1	1	1	13	11,1	
3.		1	1	1	11,4	12	

## Liite 9. Kokeellisen tutkimuksen näytemäärät taulukoituna

### Ensimmäinen osio

Näytenu- mero	Kukkakaali				3
	1+6 päivää säily- tetty Mikrobiologiset (kpl)	1+6 päivää säilytetty Aistinvaraiset ja jäännöskaasut (kpl)	1+7 päivää säily- tetty Mikrobiologiset (kpl)	1+7 päivää säilytetty Aistinvaraiset ja jäännöskaasut (kpl)	
0	3		3	3	3
1	3		3	3	3
2	3		3	3	3
3	3		3	3	3
4	3		3	3	3
5	3		3	3	3
6	3		3	3	3
7	3		3	3	3

Näytteiden lukumäärä yhteensä

96 kappaletta

Näytenu- mero	Parsakaali				3
	1+6 päivää säily- tetty Mikrobiologiset (kpl)	1+6 päivää säilytetty Aistinvaraiset ja jäännöskaasut (kpl)	1+7 päivää säily- tetty Mikrobiologiset (kpl)	1+7 päivää säilytetty Aistinvaraiset ja jäännöskaasut (kpl)	
0	3		3	3	3
2	3		3	3	3
3	3		3	3	3
4	3		3	3	3
5	3		3	3	3
6	3		3	3	3
7	3		3	3	3

Näytteiden lukumäärä yhteensä

84 kappaletta



**Toinen osio**

Näytenu- mero	Kukkakaali				
	1+6 päivää säily- tetty	1+6 päivää säilytetty	1+7 päivää säily- tetty	1+7 päivää säilytetty	
	Mikrobiologiset (kpl)	Aistinvaraiset ja jäännöskaasut (kpl)	Mikrobiologiset (kpl)	Aistinvaraiset ja jäännöskaasut (kpl)	
0	4		3	4	3
3	4		3	4	3
4	4		3	4	3

Näytteiden lukumäärä yhteensä

42 kappaletta

Näytenu- mero	Parsakaali				
	1+6 päivää säily- tetty	1+6 päivää säilytetty	1+7 päivää säily- tetty	1+7 päivää säilytetty	
	Mikrobiologiset (kpl)	Aistinvaraiset ja jäännöskaasut (kpl)	Mikrobiologiset (kpl)	Aistinvaraiset ja jäännöskaasut (kpl)	
0	4		3	4	3
3	4		3	4	3
4	4		3	4	3

Näytteiden lukumäärä yhteensä

42 kappaletta

**Näytteiden luku-  
määrä yhteensä  
kokeissa**

**264**

**kappaletta**