Opinnäytetyö (AMK)

Bio- ja kemiantekniikka

2024

Jasmiini Huossa

Leikatun jäävuorisalaatin säilyvyyden parantaminen

TURKU AMK
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Opinnäytetyö (AMK) | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Bio- ja kemiantekniikka

2024| 58 sivua

Jasmiini Huossa

Leikatun jäävuorisalaatin säilyvyyden parantaminen

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää, mistä seikoista leikatun jäävuorisalaatin laadun heikentyminen johtuu, sekä etsiä keinoja, joilla salaatin säilyvyyttä saataisiin parannettua. Toimeksiantajana opinnäytetyölle toimi Hes-Pro (Finland) Oy, jonka tehtaalla Kaarinassa leikataan ja pakataan jäävuorisalaattia Hesburger-pikaruokaravintoloiden käyttöön. Lisäksi tehtaalla tuotetaan ja pakataan tavaramerkin majoneeseja sekä salaatin- ja ateriakastikkeita.

Opinnäytetyö toteutettiin etsimällä kirjallisuuslähteistä tietoa salaatin laatua heikentävistä seikoista. Kirjallisuushaun perusteella voitiin todeta, että laadun heikentyminen johtuu ainakin entsymaattisesta ruskistumisesta ja pakkauksen sisällä tapahtuvista suojakaasun muutoksista. Opinnäytetyössä kokeiltiin kahta erilaista pakkauskalvoa, joiden toivottiin parantavan salaatin aistinvaraisia ominaisuuksia. Pakkauskalvoista testattiin niiden soveltuvuus käytössä olevalle pakkauskoneelle ja nykyiselle pakkaustavalle aistinvaraisin arvion sekä suojakaasumittauksien avulla.

Opinnäytetyön tuloksena voidaan todeta, että testikalvo A tuotti tasaisia ja hyviä tuloksia sekä aistinvaraisissa arvioinneissa että soveltumalla paremmin nykyiseen pakkaustapaan. Suojakaasujen osalta molemmat testikalvot tuottivat melko yhteneviä tuloksia happipitoisuuden muutoksen osalta, mutta A-kalvo sieti paremmin kaasujen muutoksesta aiheutuvaa pussin turpoamista. Ennen kuin lopullista päätöstä pakkauskalvon vaihtamisesta voidaan tehdä, on kuitenkin suoritettava lisää testejä pidemmällä aikavälillä ja suuremmalla otannalla.

Asiasanat:

elintarviketeollisuus, jäävuorisalaatti, pakkausmateriaali, laatu

Bachelor’s Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Biotechnology and Chemical Engineering

2024| 58 pages

Jasmiini Huossa

Improving shelf life of cut iceberg lettuce

The purpose of the thesis was to find out what causes the deterioration in the quality of cut iceberg lettuce and to find ways to improve the shelf life of the lettuce. The client of the thesis is Hes-Pro (Finland) Oy, whose Kaarina factory is cutting and packing iceberg lettuce for the Hesburger fast food chain. In addition, the factory produces and packs Hesburger trademark’s mayonnaises and salad dressing products.

The thesis project was carried out by searching reference sources for information on factors that decrease the quality of the lettuce. Based on the reference source it was found that the deterioration in quality is at least due to enzymatic browning and changes in the protective gas inside the package. The thesis project was experimented with two different packaging films were tested, which were to improve the sensory properties of the lettuce. The packaging films were tested for their suitability for the packaging machine in use and for the current packaging method with the help of sensory evaluation and protective gas measurements.

As a result of the thesis, it was found that packaging film A produced consistent and good results in sensory evaluations and was more suitable for the current way of packaging. For protective gases, both test films produced fairly consistent results regarding changes in oxygen change, but packaging film A was more tolerant of bag bloating due to gas change. However, before a final decision can be made to replace the current packaging film, more tests must be carried out over a longer period and with a wider range of samples.

Keywords:

food industry, iceberg lettuce, packaging material, quality

Sisältö

Käytetyt lyhenteet tai sanasto **7**

1 Johdanto **9**

2 Salaatti raaka-aineena **10**
2.1 Kasvisolun rakenne 10
2.1.1 Fotosynteesi 12
2.1.2 Soluhengitys 13
2.2 Jäävuorisalaatin solurakenne 14

3 Yleisimmät salaatin laatua alentavat tekijät **17**
3.1 Entsymaattinen ruskistuminen 17
3.2 Salaatin vetistyminen 18
3.3 Mikrobiologiset tekijät 19

4 Pakkausmateriaalin vaikutus salaatin säilyvyyteen **22**
4.1 Pakkauskalvojen materiaalit 22
4.1.1 Elintarvikemuovit 23
4.2 Pakkauskalvojen hengittävyys 24
4.3 Pakkauskalvojen vesihöyryn läpäisevyys 24

5 Käytetyt menetelmät **26**
5.1 Pakkauskalvot 26
5.2 Aistinvaraiset arvioinnit 27
5.3 Suojakaasumittaukset 30
5.4 Tuotenäytteiden laboratoriomittaukset ja mikrobiologiset analyysit 30

6 Tulokset **34**
6.1 Pakkauskalvot ja niiden aistinvaraisten arviointien tulokset 34
6.1.1 Testikalvo A 35
6.1.2 Testikalvo B 40
6.2 Suojakaasumittauksien tulokset 49

6.3 Näytepussien ja tuotenäytteen laboratoriomittauksien sekä mikrobiologisten analyysien tulokset 51

7 Yhteenveto **53**

Lähteet **55**

Kuvat

Kuva 1. Kasvisolun rakenne (Kokkonen ym. 2009, 14). 11
Kuva 2. Tuore ja hyvälaatuinen jäävuorisalaattikerä. 15
Kuva 3. Lehtisolun rakenne (Adobe Stock n.d.) suom. 15.5.2024 Jasmiini Huossa. 16
Kuva 4. Leikattu ja pakattu jäävuorisalaatti, joka vastaa aistinvaraisia ominaisuuksia. 28
Kuva 5. Salaatin laatu nykyisellä pakkauskalvolla kahdeksan vuorokauden jälkeen (oik.) verrattuna juuri leikattuun salaattiin (vas.). 35
Kuva 6. A-kalvoon pakattu näyte neljän vuorokauden jälkeen. 37
Kuva 7. A-kalvoon pakattu näyte kahdeksan vuorokauden jälkeen. 38
Kuva 8. A-kalvoon pakattu näyte 11:n vuorokauden jälkeen. 39
Kuva 9. B-kalvoon pakattu näyte neljän vuorokauden jälkeen. 41
Kuva 10. B-kalvoon pakattu näyte neljän vuorokauden jälkeen, joka on päässyt hieman hapettumaan pussissa olleen viillon seurauksena. 42
Kuva 11. B-kalvoon pakattu näyte kahdeksan vuorokauden jälkeen. 43
Kuva 12. B-kalvoon pakattu näyte kahdeksan vuorokauden jälkeen, joka ei pussin pienestä viillosta huolimatta ole ruskistunut entsymaattisesti ylimääräisen hapen seurauksena. 45
Kuva 13. B-kalvoon pakattu näyte kahdeksan vuorokauden jälkeen, josta voidaan havaita selkeästi pussiin tulleesta vauriosta ja sen seurauksena hapettumisesta johtuva entsymaattinen ruskistuminen. 46
Kuva 14. B-kalvoon pakattu näyte 11:n vuorokauden jälkeen, josta ruskistumista voidaan havaita, vaikka pussi on käsin testaten tiivis. 47

Kuva 15. A- (vas.) ja B-kalvoon (oik.) pakatut näytteet rinnakkain koejakson alussa heti pakkauksen jälkeen. 48
Kuva 16. A-kalvoon pakatut näytteet, joista vasemmanpuoleinen normaali ja oikeanpuoleinen turvonnut hiilidioksidipitoisuuden nousun vuoksi. 50

Käytetyt lyhenteet tai sanasto

ADP	Adenosine diphosphate, adenosiinidifosfaatti. Yhdiste, joka osallistuu energia-aineenvaihduntaan. Sitä syntyy ATP:sta ja samalla vapautuu energiaa. Se voi myös muuttua uudelleen ATP:ksi, jolloin energiaa sitoutuu
Aseptinen	Mikrobivapaa, aseptisessa työskentelyssä pyritään välttämään mikrobien joutumista tiettyyn ympäristöön
ATP	Adenosine triphosphate, adenosiinitrifosfaatti. Solujen energialähteenä käytetty runsasenerginen yhdiste, jota syntyy mm. fotosynteesissä ja soluhengityksessä
Barrier-ominaisuudet	Materiaalin kykyä pitää mm. happi, hiilidioksidi ja vesihöyry pakkauksen ulkopuolella
CPP	Cast polypropylene, valupropyleeni. Muovikalvo on valettu venytyksen sijaan, minkä seurauksena sillä on hyvät kuumasaumausominaisuudet sekä se kestää hyvin puhkaisua
Katalyytti	Aine, joka nopeuttaa kemiallista reaktiota tietyssä lämpötilassa itse kulumatta reaktiossa
Kondensaatio	Vesihöyryn tiivistyminen nesteeksi sen seurauksena, kun lämmin ilma törmää kylmiin pintoihin
MAP-pakkaus	Modified atmosphere packaging, yleisesti käytetty elintarvikkeiden säilyvyyttä parantava menetelmä, jossa pakkauksesta poistetaan ensin ilma ja se korvataan halutulla kaasuseoksella esim. typellä ja hiilidioksidilla
NADPH	Vedynsiirtäjämolekyyli, NADP+ eli nikotiiniamidiadeniinidinukleotidifosfaatti. Kasveissa NADP+ ottaa vastaan elektroneja yhteyttämisen viimeisessä vaiheessa ja pelkistyy NADPH:ksi

OPP	Oriented polypropylene, orientoitu polypropyleeni. Muovikalvon valmistuksen aikana tuotetta on orientoitu yhteen tai kahteen suuntaan
OTR	Oxygen transmission rate, hapen läpäisykyky
Patogeeni	Taudinaiheuttaja. Eliö, esimerkiksi bakteeri, joka voi aiheuttaa sairauden
PE	Polyeteeni, maailman käytetyin muovilaatu
PPO	Polyphenol oxidase, polyfenolioksidaasi. Entsyymi, joka hapettaa fenolisia yhdisteitä kinoneiksi
Tyrosinaasi	Entsyymi, joka toimii katalyyttina melaniinin muodostamisessa tyrosiinista
WVTR	Water vapor transmission rate, vesihöyryn siirtonopeus/ läpäisevyys

1 Johdanto

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää, mistä seikoista leikatun jäävuorisalaatin laadun heikentyminen johtuu, sekä etsiä keinoja, joilla salaatin säilyvyyttä voitaisiin parantaa. Toimeksiantajana opinnäytetyölle toimi Hes-Pro (Finland) Oy, jonka Kaarinan tehtaalla leikataan jäävuorisalaattia Hesburger-pikaruokaravintoloihin. Lisäksi tehtaalla tuotetaan tavaramerkin majoneeseja sekä salaatin- ja ateriakastikkeita.

Tällä hetkellä leikatun jäävuorisalaatin säilyvyyden haasteena on tuotteen aistinvaraisten ominaisuuksien heikentyminen. Salaatti muuttuu punertavan ruskeaksi tai löysäksi ja vetiseksi, mikä vaikuttaa suurimmaksi osaksi tuotteen koostumukseen, ulkonäköön ja houkuttelevuuteen negatiivisella tavalla. Tuotteen ulkoiset muutokset eivät kuitenkaan vaikuta salaatin makuun. Säilyvyyden ongelmat ovat melko satunnaisia, mutta toimeksiantajalle tulevista reklamaatioista suurin osa koskee leikatun salaatin laatua.

Opinnäytetyö toteutettiin etsimällä kirjallisuuslähteistä tietoa salaatin laatua heikentävistä seikoista, kuten kemiallisista ja mikrobiologisista tekijöistä. Lisäksi keskusteltiin toimeksiantajan kanssa muutoksista, joita aikaisemmin on tehty sekä pohdittiin, millaisia testejä tässä opinnäytetyössä suoritettaisiin. Kirjallisuushaun perusteella päädyttiin testaamaan pakkauskalvoja, minkä lisäksi analysoitiin pakkauskalvon ominaisuuksien merkitystä tuotteen säilyvyyden sekä käytettävyyden kannalta.

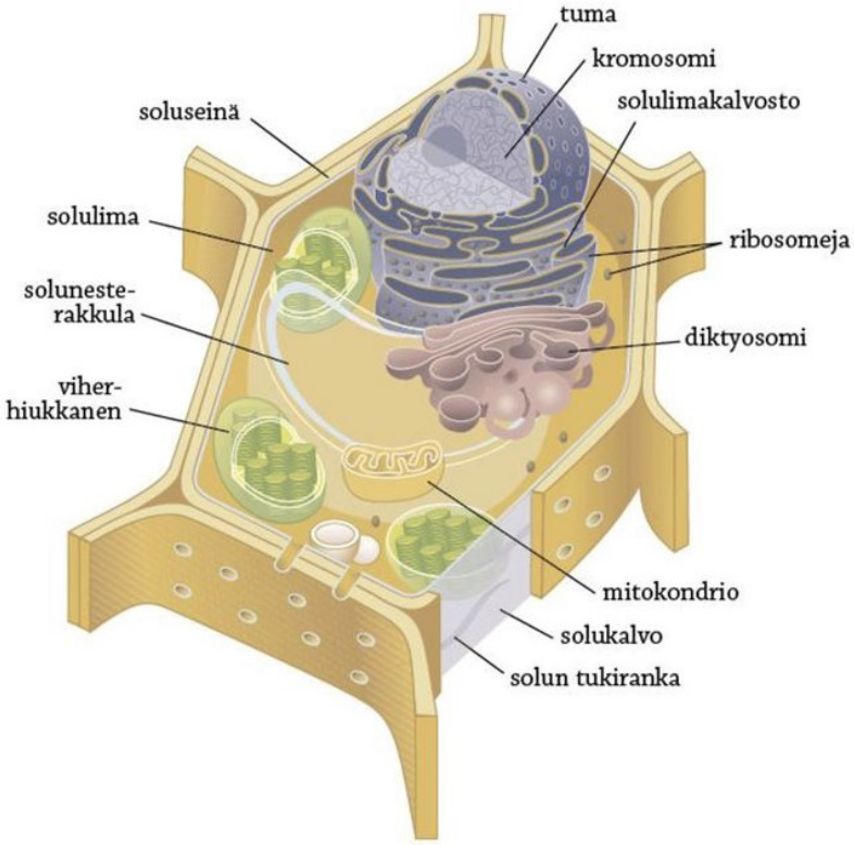
Opinnäytetyön tuloksena pyrittiin löytämään keinoja, joilla salaatin laatua saataisiin parannettua, minkä seurauksena optimaalisessa tilanteessa tulevaisuudessa salaatin säilyvyysaikaa voitaisiin mahdollisesti pidentää. Lisäksi ympäristönäkökulmasta tuotteen säilyvyyden takaaminen edesauttaa ruokahävikin minimoimisessa. Saatujen tuloksien perusteella voidaan todeta, että pakkausmateriaalin vaihtoa voidaan harkita tulevaisuudessa, mutta ennen lopullista päätöstä on tehtävä pidempiaikaisia testejä ja säädettävä myös muita parametrejä.

2 Salaatti raaka-aineena

Jäävuorisalaatti on yksivuotinen nopeasti kasvava rapea keräsalaatti. Se on alkujaan kotoisin Yhdysvalloista, minkä vuoksi se tunnetaan myös nimellä amerikansalaatti. Maultaan se on mieto, mutta kitkeryyttä voi esiintyä, mikäli se ehtii kehittämään kukkavartta. Kuten muut salaatit, jäävuorisalaatti sisältää monia eri vitamiineja, esimerkiksi A-, B9-, C-, ja E-vitamiinia. Jäävuorisalaattia voi nauttia tuoreena sellaisenaan tai esimerkiksi lyhyesti kuumentamalla pataruuissa ja grillissä. Folaatti eli B9-vitamiini tuhoutuu kuitenkin helposti ruokaa kuumentaessa, minkä vuoksi jäävuorisalaatti, kuten muutkin kasvikset, suositellaan syötävän tuoreena. (Englund 2020; Green City Farm n.d.) Jäävuorisalaatin solurakenne on lehtisoluille ominainen kasvisolukko, minkä vuoksi se soveltuu hyvin soluhengitykseen (Kokkonen ym. 2009, 9).

2.1 Kasvisolun rakenne

Kasvisolut ovat aitotumaisia soluja, joiden rakenteeseen kuuluvat soluseinä, solukalvo, solulima, useat soluelimet ja tuma (Kuva1.). Ne muodostavat erilaisia solujärjestelmiä riippuen solujen sijainnista ja tehtävistä kasvin sisällä. (Kokkonen ym. 2009, 13–15.)



Kuva 1. Kasvisolun rakenne (Kokkonen ym. 2009, 14).

Soluseinä on kasvisolulle tukea ja suojaa antava uloin kerros. Se koostuu pääosin selluloosasta, joka antaa kasvisolulle sen kestävän ja jäykän rakenteen sekä tunnusomaisen muodon. Soluseinän alla on ohut solukalvo, joka erottaa solun sisä- ja ulkopuolen sekä sallii solun aineenvaihdunnan. (Kokkonen ym. 2009, 13–15; Basic Science Series English 2020.)

Solun sisäosan täyttää geelimäinen solulima eli sytoplasma, jossa sijaitsevat soluelimet. Solulima koostuu pääosin vedestä, johon on liuennut monia yhdisteitä, kuten valkuaisaineita. Se sisältää myös lukuisasti erikokoisia proteiinisäikeitä ja -putkia, jotka muodostavat solun tukirangan. Solulimassa tapahtuu monet solun aineenvaihduntareaktiot sekä sen kautta aineet kulkeutuvat solun sisällä. (Kokkonen ym. 2009, 13–15; Basic Science Series English 2020.)

Kasvisolulle tärkeimpiä osia ovat soluelimet, jotka mahdollistavat solun eri toiminnot. Kloroplastit eli viherhiukkaset ovat vastuussa fotosynteesistä eli yhteyttämisestä, mitokondriot tuottavat energiaa soluhengityksen kautta ja suuri nestemäinen rakkula eli

vakuoli varastoi soluun vettä, ravinteita ja jätetuotteita. Keskeisin solun osa on tuma, joka sisältää solun geenit eli perintötekijät ja ohjaa solun toimintaa. (Kokkonen ym. 2009, 13–15; Basic Science Series English 2020.)

2.1.1 Fotosynteesi

Fotosynteesi eli yhteyttäminen on reaktio, jossa kasvit muuttavat auringonvalon energian orgaanisten yhdisteiden sisältämäksi kemialliseksi energiaksi (Kaava 1.). Reaktiossa ilmakehän hiilidioksidista ja vedestä syntyy happea ja glukoosia eli sokeria. Syntynyt happi vapautuu pääosin takaisin ilmakehään, kun puolestaan sokeri varastoituu kasvin soluihin energian lähteeksi. Fotosynteesi koostuu kahdesta peräkkäin tapahtuvasta tapahtumaketjusta, valoreaktiosta ja pimeäreaktiosta eli hiilen yhteyttämisreaktiosta. (Kokkonen ym. 2009, 49–53.)

$$6\,CO_2 + H_2O + valoenergia = C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2$$

Kaava 1. Fotosynteesin reaktio, jossa hiilidioksidista ja vedestä syntyy happea ja sokeria (Kokkonen ym. 2009, 51).

Valoreaktiossa auringon säteilyenergia muuttuu kemialliseksi energiaksi, kun vesimolekyyli hajoaa hapeksi ja vedyksi kasvin viherhiukkasten kalvopusseissa valokvantin säteilyenergian avulla. Syntynyt vety liittyy vedynsiirtäjämolekyyliin (NADPH) ja syntyneestä hapesta suuri osa vapautuu ilmakehään kasvin ilmarakojen kautta, minkä lisäksi kasvi käyttää omaan soluhengitykseensä loppu osan syntyneestä hapesta. Auringonvalon sisältämä energia sitoutuu viherhiukkasten pigmentteihin, minkä lisäksi sitä siirtyy kemialliseksi sidosenergiaksi ATP- ja NADPH-molekyyleihin. (Kokkonen ym. 2009, 49–53.)

Fotosynteesin seuraavassa vaiheessa, hiilen yhteyttämisreaktiossa, ilmakehän hiilidioksidi pelkistetään sokeriksi viherhiukkasten kalvopussien välitilassa. Vety saadaan reaktioon valoreaktiossa tuotetuilta NADPH-molekyyleiltä ja energiana käytetään edellisessä reaktiossa ATP- ja NADPH-molekyyleihin sitoutunutta muunnettua auringon säteilyenergiaa. Tämän reaktiosarjan lopputuloksena hiilidioksidi pelkistyy vedyn ja ATP:n avulla sokeriksi. (Kokkonen ym. 2009, 49–53.)

2.1.2 Soluhengitys

Soluhengitys on aerobinen eli happea vaativa prosessi, jonka tarkoituksena on tuottaa ATP-energiaa. Reaktiossa solut hajottavat orgaanisia yhdisteitä, kuten glukoosia eli sokeria, vapauttaen energiaa solun käyttöön. Tämän lisäksi reaktiossa syntyy myös hiilidioksidia ja vettä (Kaava 2.). Soluhengitys koostuu neljästä eri vaiheessa ja tapahtuu solun kahdessa osassa, solulimassa ja mitokondriossa. (Kokkonen ym. 2009, 58–60.)

$$C_6H_{12}O_6 + 6\,CO_2 \rightarrow 6\,CO_2 + 6\,H_2O + 38\,ATP$$

Kaava 2. Soluhengityksen reaktio, jossa sokeri hajoaa hiilidioksidiksi ja vedeksi (Kokkonen ym. 2009, 59).

Soluhengityksen ensimmäisessä vaiheessa, glykolyysissä kuusihiiliatominen glukoosi hajoaa kahdeksi pienemmäksi palorypälehappo-molekyyliksi. Reaktion alkamiseen vaaditaan kaksi ATP-molekyyliä, joten reaktiossa syntyneistä neljästä molekyylistä solu saa käyttöönsä kaksi. Samalla vapautuu neljä vetyionia ja neljä elektronia, jotka kaikki sidotaan kahteen vedynsiirtäjämolekyyliin. Glykolyysi-vaihe on anaerobinen eli reaktio ei vaadi happea ja se voi tapahtua kaikissa solutyypeissä. (Kokkonen ym. 2009, 58–60.)

Glykolyysin jälkeen palorypälehapot kuljetetaan mitokondrioon, jossa ne hapettuvat. Kummastakin molekyylistä poistuu yksi hiiliatomi ja kaksi happiatomia hiilidioksidin muodossa. Jäljellä olevat kaksihiiliatomiset molekyylit kiinnittyvät koentsyymi A-molekyyleihin, jotka avustavat reaktiossa. Tämän seurauksena muodostuu kaksi asetyylikoentsyymi A-molekyyliä. Kuten edellisessä vaiheessa, tässäkin syntyy kaksi vedynsiirtäjämolekyyliä, eikä reaktio vaadi happea tapahtuakseen. (Kokkonen ym. 2009, 58–60.)

Palorypäleen hapettumisen jälkeen seuraa sitruunahappokierto eli Krebsin sykli, jossa nimensä mukaisesti syntyy sitruunahappomolekyyli, kun asetyylikoentsyymi A hajoaa reagoimalla reaktiosarjan ensimmäisen, nelihiiliatomisen molekyylin kanssa. Sitruunahappoa muokataan entsyymien avulla, kunnes asetyylistä peräisin olevat happi ja hiili ovat irrotettu ja vedyt sekä elektronit ovat kerätty vedynsiirtäjiin talteen. Kierto on syklinen, mikä tarkoittaa sitä, että reaktion viimeinen yhdiste voi aloittaa uuden kierron reagoimalla uuden asetyylikoentsyymi A:n kanssa. Tämä vaihe tapahtuu mitokondriossa ja on edeltäjiensä tavoin anaerobinen. Kun kierto on tapahtunut kaksi

kertaa, alkuperäisestä glukoosista on vapautunut hiilidioksidina kaikki hiili ja happi sekä kaksi ATP-molekyyliä on muodostunut. (Kokkonen ym. 2009, 58–60.)

Viimeinen soluhengityksen vaihe on elektroninsiirtoketju. Se on kaikista vaiheista eniten energiaa tuottava ja siinä syntyy suurin osa koko soluhengityksen tuottamasta ATP-molekyylien määrästä. Se tapahtuu mitokondrion sisäkalvolla sekä ulkokalvon välitilassa ja on soluhengityksen ainoa aerobinen eli happea vaativa vaihe. Reaktiossa vedynsiirtäjät luovuttavat aikaisemmin sitomansa vetyionit ja elektronit. Elektronit siirtyvät sisäkalvolla kalvoproteiinista toiseen samalla luovuttaen energiaansa, jolla vetyioneja pumpataan kalvojen välitilaan. Tämän seurauksena syntyy suuri varausero, joka pyrkii tasoittumaan vetyionien virratessa sisäkalvon proteiineihin takaisin ATP-syntetaasientsyymin kautta. Vetyionin läpivirtauksen aikana entsyymi liittää uusia fosfaattiosia ADP-molekyyliin, jolloin muodostuu uusia ATP-molekyylejä, parhaimmillaan 34 kappaletta. Vetyionit ja elektronit, jotka käyvät läpi reaktion, liittyvät happeen, jolloin syntyy koko soluhengitysreaktion toinen lopputuote vesi. (Kokkonen ym. 2009, 58–60.)

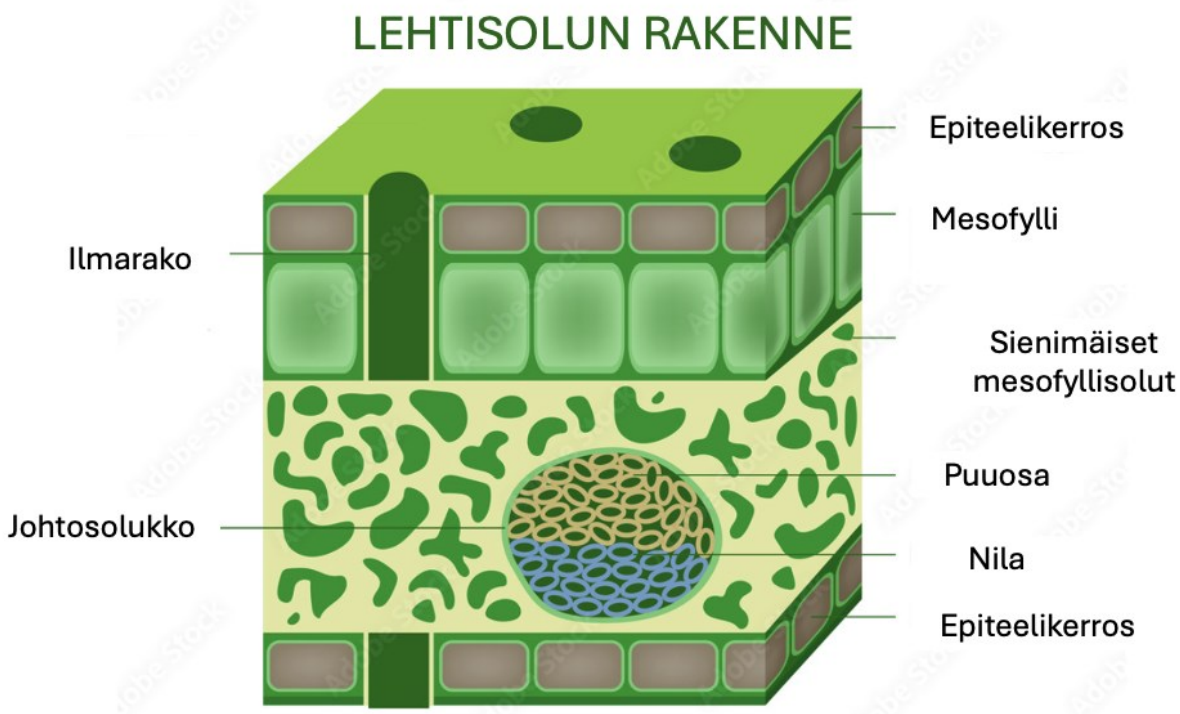
Soluhengityksessä muodostuu parhaimmillaan 38 ATP-molekyyliä, jolloin reaktion hyötysuhde on lähes 40 %. Kaikki glukoosin sisältämä energia ei kuitenkaan muutu hapeksi, vaan osa siitä muuttuu lämmöksi, joka vapautuu ympäristöön. (Kokkonen ym. 2009, 58–60.)

2.2 Jäävuorisalaatin solurakenne

Jäävuorisalaatti (lat. *Lactuca Sativa* var. *capitata*) on asterikasvien heimoon kuuluva yksivuotinen ja nopeakasvuinen salaatti. Kasvaessaan jäävuorisalaatin lehdet muodostavat tiiviin kerän, ja sen kasvu kestää kokonaisuudessaan noin 10 viikkoa. Keränmuodostuksen jälkeen se alkaa kasvattamaan kukkavartta, jonka seurauksena maku kitkeröityy, joten sadonkorjuu pyritään suorittamaan mahdollisimman nopeasti keränmuodostuksen jälkeen. Kerän uloimmat lehdet ovat vihreät ja sisemmät lähes valkoiset (Kuva 2.). (Berry n.d.; Green City Farm n.d.)

Kuva 2. Tuore ja hyvälaatuinen jäävuorisalaattikerä.

Jäävuorisalaatin solurakenne on lehtisoluille ominainen kasvisolukko (Kuva 3.), joka soveltuu hyvin fotosynteesiin, kaasujenvaihtoon sekä raviteiden kuljetukseen. Perusrakenne koostuu epiteelikerroksesta, mesofyllistä, johtosolukosta ja lehtien alapinnalla olevista ilmaraoista. (Zhou ym. 2022.; Kokkonen ym. 2009, 9.)



Kuva 3. Lehtisolun rakenne (Adobe Stock n.d.) suom. 15.5.2024 Jasmiini Huossa.

Epiteelikerros on solujen uloimmainen kerros, joka peittää salaatinlehden pinnan. Sen tehtävä on suojata lehteä fyysisiltä vaurioilta ja patogeeneiltä. Mesofylli on epiteelikerroksen alla oleva kudosrakenne, jossa suurin osa fotosynteesistä tapahtuu. Kudos jakautuu kahteen kerrokseen, pylväsmäisiin pilarimesofyllisoluihin ja sienimäisiin mesofyllisoluihin. Ensimmäinen kerros sisältää paljon lehtivihreää eli klorofylliä, joka vastaa valon energian sitomisesta fotosynteesiä varten. Jälkimmäinen kerros koostuu löyhästi järjestäytyneistä soluista, joiden väliin jää ilmatilaa. Tämä mahdollistaa kaasujen, eli esimerkiksi hapen ja hiilidioksidin vaihdon, mikä on välttämätöntä fotosynteesin kannalta. Mesofyllin sisällä on johtosolukko, joka toimii kuljetustiehyenä ja vastaa veden sekä siihen liuenneiden ravintoaineiden ja mineraalien kuljetuksesta koko kasvin sisällä. Johtosolukko koostuu nilasta ja puuosasta. (Kokkonen ym. 2009,6-9.)

3 Yleisimmät salaatin laatua alentavat tekijät

Yleisimpiä salaatin laatua alentavia seikkoja ovat salaatin muuttuminen punertavan ruskeaksi, nahistuneeksi tai löysäksi ja vetiseksi. Tällaiset muutokset vaikuttavat suurimmaksi osaksi vain tuotteen koostumukseen ja ulkonäköön, sillä salaatin maku ei juurikaan muutu. Houkuttelevuuden kannalta ulkonäköön vaikuttavat seikat ovat syy tuotetta koskeville reklamaatioille. Salaatin laatua heikentäviä tekijöitä ovat fysikaaliset, kemialliset ja mikrobiologiset tekijät.

3.1 Entsymaattinen ruskistuminen

Entsymaattinen ruskistuminen on tuoreiden kasvisten ja hedelmien värimuutosta, joka tapahtuu ilman kuumentamista. Reaktio on yleensä seurausta tuotteen leikkaamisesta paloiksi, ja se johtuu kasvisten polyfenoliyhdisteistä, jotka reagoivat hapen kanssa. (Toivonen & Brummell 2008.) Ruskistumista tapahtuu sekä tuotteen prosessoinnin, että säilytyksen aikana, ja ulkonäön lisäksi sillä voi joissain tapauksissa olla vaikutusta tuotteen makuun ja ravintoarvoihin (Eskin ym. 2013). Suurin syy kasvisten ja hedelmien laadun heikentymiseen, vähäisen käsittelyn ja jatkojalostuksen jälkeen sekä tuotteiden hylkäämiseen kuluttajien toimesta, on entsymaattinen ruskistuminen (Gawlik-Diziki ym. 2008).

Kun kasviksen tai hedelmän pinta ”vaurioituu” esimerkiksi tuotetta leikatessa, polyfenolioksidaasientsyymit (myöhemmin PPO-entsyymit) voivat reagoida fenolisten yhdisteiden, kuten katekoli- ja o-difenolien, kanssa. PPO-entsyymit katalysoivat fenolisten yhdisteiden hapettumista ja tämän seurauksena muodostuu reaktiivisia välituotteita, kuten kinoneja. Kun kinonit polymeroituvat edelleen tummiksi pigmentaatioiksi eli melaniineiksi, reaktio aiheuttaa ruskeaa väriä kasviksissa ja hedelmissä. Ruskistuminen ei kuitenkaan ole varsinainen seuraus PPO:n aktiivisuudesta kasviksen kudosten sisällä, vaan sen voidaan katsoa johtuvan leikkauspinnalla itävän, sieni-itiöistä erittyvän, tyrosinaasin vaikutuksesta. (Toivonen & Brummell 2008.) Tyrosinaasi on entsyymi, joka toimii katalyyttina melaniinin muodostamisessa tyrosiinista. Toimiakseen se tarvitsee hapettuneen ympäristön, mutta vaalentaja-aineet, kuten sitruuna- tai askorbiinihappo (C-vitamiini) voivat hidastaa tehokkaasti tyrosinaasin toimintaa. (Gawlik-Diziki ym. 2008.) Antioksidanttien lisäksi, muun muassa mekaanisen vaurioitumisen vähentäminen sekä liialliselle hapelle

altistumisen estäminen, ovat tapoja ehkäistä entsymaattista ruskistumista. Käytännössä mekaanista vaurioitumista ei voida kokonaan välttää, kun jäävuorisalaattia leikataan pieniksi paloiksi, mutta huolehtimalla leikkurin terien kunnosta, voidaan minimoida leikkauspinnan vauriot. Leikattu jäävuorisalaatti ei pysty täysin välttymään hapettumiselta, sillä jalostusprosessin vaiheissa salaattisilppu kulkee avoimella linjastolla tuotantotiloissa. Pakkausmateriaalin ominaisuuksilla voidaan kuitenkin vaikuttaa, kuinka paljon tuote on kosketuksessa hapen kanssa ollessaan säilytyksessä ja kuljetuksessa jälleenmyyntiä varten.

Polyfenolioksidaasin (PPO) merkitys kasveissa ei ole vielä täysin selvä. On arveltu, että se voi osallistua kasvien immuniteettireaktioihin tai biosynteesiin. Lisäksi sillä voi olla rooli vapaiden radikaalien neutraloinnissa fotosynteettisissä kudoksissa. (Gawlik-Diziki ym. 2008.)

3.2 Salaatin vetistyminen

Jäävuorisalaatti on erittäin vesipitoista, noin 96 % sen koostumuksesta on vettä. Kun salaatti leikataan, sen solut vaurioituvat ja vesi solujen sisältä pääsee vapautumaan. Lisäksi leikkauspinnan pääsy kosketuksiin ilman kanssa voi kiihdyttää vesihöyryn muodostumista ja veden vapautumista, mikä saa salaatin näyttämään erityisen vetiseltä. Jäävuorisalaatti on erityisen altis tälle ilmiölle sen solurakenteen ja runsaan vesipitoisuutensa vuoksi. (Iakimova & Woltering 2018.)

Tuotteen pakkaamiseen käytetyllä materiaalilla on myös vaikutusta salaatin vetistymiseen. Leikattu salaatti pyrkii päästämään solurakenteestaan enemmän vettä ympäristöön, mitä kosteammassa olosuhteessa sitä säilytetään. Pakkauskalvon pieni WVTR-arvo (water vapor transmission rate, vesihöyryn läpäisykyky), eli muovin kyky päästää vesihöyryä lävitseen, hidastaa veden vapautumista pakkauksen ulkopuolelle. Täten myös salaatin soluista vapautuva veden määrä hidastuu, jolloin salaatti säilyttää paremmin tuoreutensa ja rapean koostumuksensa. Mikäli pakkauskalvon WVTR-arvo on liian korkea, veden vapautuminen salaatin rikkoutuneesta solurakenteesta nopeutuu kosteuden poistuessa pakkauksesta liian nopeasti. Tämä johtaa salaatin kuivumiseen ja nahistuneeseen koostumukseen. Kalvon korkea kyky läpäistä vesihöyryä toimi molemmin päin eli pakkaukseen voi päästä kosteutta myös huoneilmasta, jossa salaattipakkauksia sälytetään. Tällöin liiallinen kosteus voi jäädä pakkauksen sisälle, ja ajan kuluessa aiheuttaa salaatin vetisen ja löysän koostumuksen. Lisäksi liiallinen

kosteus pakkauksen sisällä luo suotuisat olosuhteet mikrobien kasvulle, mikä osaltaan tekee salaatin käyttökelvottomaksi. (Valpe ym. 2018.)

3.3 Mikrobiologiset tekijät

Kasvikset ovat mikrobiologisesti haastavia, sillä niiden ominaisuudet, kuten neutraali pH, korkea vesipitoisuus ja kasvisten sisältämät ravintoaineet tukevat monenlaisten mikrobien kasvua. Lisäksi suurin osa kasviksista on tarkoitettu raakana syötäviksi ilman lämpökäsittelyä, jolloin on tärkeää pitää huolta hygieniasta ja huomioida mikrobiologiset tekijät jo sadonkorjuusta lähtien. Kasvisten pilaantumista voi tapahtua ennen ja jälkeen sadonkorjuun, mutta homeista johtuva pilaantuminen on erityisesti sadonkorjuun jälkeinen ongelma. (Sumner & Peters 1997.)

Elintarvikkeiden mikrobiologinen analyysi käsittää biologisten, biokemiallisten, molekyyli- tai kemiallisten menetelmien käytön mikro-organismien havaitsemiseksi, tunnistamiseksi ja määrän määrittämiseksi erilaisissa materiaaleissa, kuten ruoka- ja juomanäytteissä. Tämä analyysi on olennainen osa sairauksia aiheuttavien ja pilaavien mikro-organismien tunnistamiseksi ja valvomiseksi elintarvikeketjussa. (Merck n.d.)

Jäävuorisalaatti, yksi lehtivihannesten lajeista, on herkkä kontaminaatiolle elintarvikevälitteisillä taudinaiheuttajilla, mikä lisää riskiä elintarvikemikrobien turvallisuudesta. Erityisesti *Listeria monocytogenes* (L. monocytogenes, myöhemmin listeria) on erittäin vaarallinen patogeeni, joka voi säilyä ja lisääntyä jäävuorisalaatissa, mikä korostaa tarvetta varovaisuuteen ja asianmukaisiin hygieniakäytäntöihin. Jos salaattia ei lämpökäsitellä sen joutuessa elintarvikevälitteisten taudinaiheuttajien saastuttamaksi, on olemassa mahdollinen elintarviketurvallisuusriski. Listeria voi aiheuttaa listerioosinimisen sairauden, joka voi olla hengenvaarallinen riskiryhmään kuuluville, esimerkiksi raskaana oleville tai henkilöille, keiden vastustuskyky on heikentynyt muun muassa sairauden vuoksi. (Guan ym. 2023; Ruokavirasto 2023.) Lisäksi patogeenit *Escherichia coli* (E.coli), *Salmonella typhimurium* (S.typhimurium, myöhemmin salmonella) ja *Staphylococcus aureus* (S.aureus) ovat yleisiä ruokavälitteisiä patogeenejä, jotka voivat kontaminoida jäävuorisalaatin (Trias ym. 2008).

E.coli -bakteereja esiintyy ihmisten ja eläinten suolistossa, ja ne ovat pääosin hyödyllisiä bakteereja, jotka auttavat suojaamaan suolistoa tautia aiheuttavilta

mikrobeilta. Tietyt E.coli -kannat voivat kuitenkin aiheuttaa ripulitauteja ihmisille, kuten EHEC-bakteeri. Suomessa EHEC-bakteereja havaitaan vuosittain vain muutamilla nautatiloilla ja elintarvikkeissa bakteereja on löydetty harvoin, yleensä yksittäistapauksina tartunnan lähdettä jäljitettäessä. Vihannekset voivat kuitenkin saastua ulosteella esimerkiksi virheellisen lannoituksen tai kasteluveden välityksellä. (Ruokavirasto 2023.)

Salmonelloosi on sairaus, joka johtuu salmonellasuolistobakteerista. Tartunta tapahtuu yleensä ulosteen välityksellä. Nisäkkäät, linnut ja matelijat voivat kantaa salmonellabakteeria oireettomina ja levittää sitä ulosteidensa kautta ympäristöön, jossa bakteeri voi säilyä pitkiä aikoja. Elintarvikkeista muun muassa siipikarja ja kananmunat sekä sian-, että naudanlihat voivat sisältää salmonellaa. (Ruokavirasto 2024.) Todennäköisintä on siis jäävuorisalaatin kontaminoituminen joko ympäristön kautta tai puutteellisen käsihygienian seurauksena raaka-ainetta käsitellessä, sillä jäävuorisalaatissa itsessään ei ole salmonellaa.

S.aureus pystyy kasvamaan sekä hapellisissa että hapettomissa olosuhteissa ja poikkeuksellisen kuivassa tai korkeasuolaisessa ympäristössä. Lisäksi se pystyy lisääntymään ja tuottamaan myrkkyä eli enterotoksiinia laajasti eri pH- ja lämpötila-alueilla. (Ruokavirasto 2023.)

Vaikka edellä mainittuja mikrobeja voi löytyä kasviksista, niiden hallitseminen on melko helppoa. On tärkeää huolehtia raaka-aineen huolellisesta pesemisestä, hygieenisistä työskentelytavoista sekä tuotteen oikeista säilytystavoista. Lisäksi tehokas tapa estää mikrobien kasvua ja leviämistä on sopivaksi todettujen desinfiointiaineiden käyttäminen tuotantotilojen puhtaanapidon yhteydessä. (Vaclavik & Christian 2008.) Mikrobien leviämistä voidaan ennaltaehkäistä myös ottamalla tuotenäytteitä, joista analysoidaan mahdollisia patogeenejä. Eviran mukaan (Evira 2018) sellaisenaan syötävistä tuotteista ja eri elintarvikeryhmistä on säännöllisesti testattava salmonella ja listeria riittävän hygienian ja turvallisuuden takaamiseksi.

Jäävuorisalaatti ei itsessään pidä sisällään maitohappobakteereja, mutta raaka-aine voi kontaminoitua, sillä maitohappobakteereja esiintyy ympäristössä laajasti esimerkiksi maaperässä, vedessä sekä lisäksi useilla eri pinnoilla. Myös säilytysolosuhteet voivat luoda otolliset olot maitohappobakteerien kasvulle. Tällaisia ovat kosteat ja lämpimät olosuhteet, joissa bakteerit muutenkin kasvavat ja lisääntyvät herkemmin. Jäävuorisalaatin pieni maitohappobakteeripitoisuus ei ole kuitenkaan haitallista, sillä se ei yleensä aiheuta haittaa ihmisille. Itse asiassa maitohappobakteerien havaitsemista

pidetään usein jopa hyödyllisenä elintarviketurvallisuuden kannalta, sillä mikäli salaatti kontaminoituu epäpuhtaiden olosuhteiden tai huonon käsittelyn takia, se voi viitata laajempaan kontaminaatioriskiin koskien mahdollisesti muita haitallisia bakteereja tai taudinaiheuttajia. Tällöin maitohappobakteerien esiintyminen toimii varoitusmerkkinä huonoista elintarviketurvallisuuskäytännöistä. Lisäksi niiden esiintyminen saattaa viitata siihen, että salaatti on kärsinyt jonkinasteisen pilaantumisen olosuhteiden takia. Vaikka salaatti olisi edelleen turvallista syödä, sen laatu ja tuoreus ovat saattaneet kärsiä. Kaiken kaikkiaan, vaikka maitohappobakteerien esiintyminen jäävuorisalaatissa ei ole yleensä haitallista, on tärkeää noudattaa asianmukaisia elintarviketurvallisuuskäytäntöjä haitallisten bakteerien saastumisriskin minimoimiseksi ja salaatin laadun sekä tuoreuden säilyttämiseksi. (Trias ym. 2008.; Ibrahim ym. 2021.)

4 Pakkausmateriaalin vaikutus salaatin säilyvyyteen

Elintarvikkeiden pakkausten on sovelluttava moneen käyttötarkoitukseen. Niiden on oltava turvallisia elintarvikekäyttöön sekä taattava tuotteen säilyminen, minkä lisäksi niiden on sovelluttava ominaisuuksiltaan myös tuotteen toimitusketjun eri vaiheisiin. Lisäksi brändin ylläpitäminen ja tuotteen markkinointi mahdollistuu myös tuotepakkauksen välityksellä. (Coles 2003, 1.) Pakkausten merkitys korostuu tärkeimpänä kuitenkin tuotteen säilyvyyden ja laadun kannalta, sillä oikein valitulla pakkausmateriaalilla ja -tavalla voidaan vaikuttaa huomattavasti tuotteen säilyvyysaikaan ja laatuun (Brown & Williams 2003, 65).

4.1 Pakkauskalvojen materiaalit

Tärkein tekijä, jonka mukaan pakkausmateriaali määräytyy, on pakkauksen käyttökohde. Lisäksi pakkaustapa ja -kone asettavat omat rajoituksensa käytettävälle pakkausmateriaalille, sillä pienetkin muutokset, kuten esimerkiksi kalvon paksuus, voivat aiheuttaa ongelmia tuotteen pakkausvaiheessa. Tämän vuoksi on tärkeää ensin testata pakkauskalvoja käytössä olevilla koneilla. Mikäli kalvo todetaan toimivaksi kaikilla osa-alueilla, voidaan päättää pakkauskalvon käyttöönotosta.

Elintarvikkeita pakatessa Euroopan Unionin jäsenmaissa on myös otettava huomioon EY-direktiivi, joka säätelee elintarvikekäytössä olevien pakkausmateriaalien käyttöä ja valmistusta. EY-asetus 1935/2004 toimii kehysasetuksena kaikille kontaktimateriaaleille, jotka ovat tarkoitettu olemaan kosketuksissa elintarvikkeiden kanssa. (Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 1935/2004.) Kyseisessä asetuksessa muun muassa määritellään, että materiaalista ei saa tavallisissa tai ennakoitavissa olosuhteissa siirtyä elintarvikkeisiin ainesosia sellaisia määriä, että ne voisivat vaarantaa ihmisen terveyden, aiheuttaa muutoksia elintarvikkeen koostumuksessa tai aiheuttaa elintarvikkeen aistinvaraisten ominaisuuksien heikentymistä.

4.1.1 Elintarvikemuovit

Ns. muoviasetus, EY-asetus 10/2011, määrittää tarkemmin vaatimuksia, joita elintarvikekäytössä oleville muoveille on asetettu. Kyseinen asetus määrittää, mitä muoveilla tarkoitetaan ja mitä vaatimuksia niiden laadulle asetetaan. (Komission asetus (EY) N:o 10/2011.)

Euroopassa käytetyimmät elintarvikemuovit ovat polyeteeni (PE), polyeteenitereftalaatti (PET), polypropeeni (PP), polystyreeni (PS) ja polyvinyylikloridi (PVC). Lisäksi polyamidia (PA) käytetään joissakin muovisekoitekalvoissa PE-muovin lisäksi. (Kirwan & Strawbridge 2003, 117.) Kullakin muovilaadulla on omat ominaisuutensa, jotka vaikuttavat sen käyttökohteisiin. Esimerkiksi PA tuo kalvoon kirkkautta, kestävyyttä ja hyvät barrier-ominaisuudet, mitä PE ei pysty sellaisenaan tarjoamaan (Yritys X., keskustelu 16.2.2024). Tällaisia ominaisuuksia ovat esimerkiksi muovikalvon kyky pitää happi tai vesihöyry pakkauksen ulkopuolella (Poly Print n.d). Mikäli pakkauksen sisälle pääse ylimääräistä happea tai kosteutta ympäristöstä, tuote hapettuu tai sen koostumuksessa ja ulkonäössä voi tapahtua muutoksia.

Yleisesti muovit ovat suosittuja pakkausmateriaaleja ja laajasti käytössä, sillä ne ovat kevyitä, helposti muovattavia, pääasiassa kemiallisesti reagoimattomia ja hyvin kustannustehokkaita. Käytetyn muovilaadun valintaan vaikuttavat materiaalilta halutut ominaisuudet, kuten kaasujen ja veden läpäisevyys tai läpäisemättömyys sekä muovin lämmönsietokyky. Syväpakastetut tuotteet vaativat pakkausmuovilta hyvää kylmänkestävyyttä, kun puolestaan sterilisoitavat tuotteet vaativat muovilaadun, joka kestää korkeita lämpötiloja. Muovien helppo muovattavuus näkyy muun muassa siinä, että elintarvikemuovit ovat termoplastisia eli niitä voidaan muovata toistuvasti pehmentämällä tai sulattamalla materiaalia uudellen. (Kirwan & Strawbridge 2003, 175; Yritys X., keskustelu 16.2.2024). Termoplastisuus mahdollistaa elintarvikepakkauksille tärkeät ominaisuudet koskien pakkausten muotoilua ja sulkemista lämmön avulla. Esimerkiksi Hes-Pro (Finland) Oy:n jälkikäsittelemä jäävuorisalaatti pakataan muovikalvoon, joka pakkauskoneessa leikataan ja saumataan oikeankokoisiksi pusseiksi lämmön avulla. Pakkausmateriaalin on siedettävä korkeaa lämpötilaa, jotta pussi saadaan saumattua tarpeeksi tiiviiksi.

4.2 Pakkauskalvojen hengittävyys

Pakkaukseen käytetty muovilaatu on tärkeää myös siltä osin, että se vaikuttaa kaasujen eli hapen, hiilidioksidin ja typen sekä vesihöyryn kulkeutumiseen pakkauskalvon läpi. Muovityypin paksuuden ja pinta-alan lisäksi säilytyspaikan lämpötila vaikuttaa siihen, millä nopeudella kaasu ja vesihöyry pääsevät kulkeutumaan kalvon läpi. (Kirwan & Strawbridge 2003, 175.) Kaasujenvaihto on tärkeää, sillä salaatti jatkaa soluhengitystä sadonkorjuun jälkeen koko loppu elinkaarensa ajan.

OTR eli *oxygen transmission rate* on arvo, joka kertoo hapen kulkeutumisnopeudesta pakkauskalvon läpi. Arvo ilmoitetaan $cm^3/m^2/24$ h, joka laskennallisesti tarkoittaa hapen määrää tilavuutena, joka läpäisee kalvon neliömetrin kokoisella alueella 24 tunnin aikana standardioloissa (lämpötila 23 °C ja suhteellinen ilmankosteus 0 %). Pakkauskalvot voidaan luokitella karkeasti kolmeen luokkaan niiden OTR-arvon perusteella: high barrier -kalvot ~1–10, keskitason kalvot ~1000 ja korkean hengittävyyden kalvot ~10 000. (Poly Print n.d.)

4.3 Pakkauskalvojen vesihöyryn läpäisevyys

WVTR (*water vapor transmission rate*, vesihöyryn siirtonopeus) on tasainen tilanopeus, joka kuvaa vesihöyryn kykyä läpäistä pakkauskalvo määritellyissä lämpötilan ja suhteellisen kosteuden olosuhteissa. Arvo ilmoitetaan SI-yksiköissä g/m2/24 h, joka OTR-arvon tavoin laskennallisesti tarkoittaa vesihöyryn määrää painona, joka läpäisee kalvon neliömetrin kokoisella alueella 24 tunnin aikana standardioloissa (lämpötila 38 °C ja suhteellinen ilmankosteus 90 %). (Poly Print n.d.)

WVTR-arvo on standardimitta, jonka avulla voidaan arvioida ja verrata pakkauskalvojen kykyä kestää kosteudensiirtoa. Mitä pienempi WVTR-arvo on, sitä paremman kosteussuojan kalvo antaa eli sitä vähemmän kalvo päästää lävitseen vesihöyryä puolin ja toisin. Kalvon vesihöyryn läpäisevyys toimii molemmin päin, minkä vuoksi kalvo voi siis myös päästää ympäröivästä ilmankosteudesta vesihöyryä myös pakkauksen sisälle. (Poly Print n.d.)

Pakkauskalvomateriaaleista orientoitu polypropyleeni (OPP) tarjoaa parhaimman WVTR-arvon kaikista polymeeripakkauskalvoista. Lisäksi kalvot, jotka ovat valmistettu orientoidun sekä valupolypropyleenin (CPP) seoksesta, suojaavat tuotteita tehokkaasti kosteudelta, ilmalta ja

valolta. Tämän vuoksi OPP materiaalina on yleinen kalvoissa, joita käytetään tuoreiden kasvisten pakkaamiseen. (Poly Print n.d.; Dalian Yuanhe Paper & Plastic Co., Ltd. 2023.)

5 Käytetyt menetelmät

Tutkimuksen lähtökohtana oli toimeksiantajayrityksen (Hes-Pro (Finland) Oy) haaste koskien leikatun jäävuorisalaatin laadun heikentymistä. Salaatin ulkonäön ja koostumuksen muutokset ovat yrityksen suurin reklamaatioiden lähde, minkä vuoksi tahdottiin löytää syitä laadun heikentymiselle sekä löytää ratkaisuja, jolla säilyvyyttä saataisiin parannettua.

Kirjallisuushaun, toimeksiantajan ja asiantuntijoiden kanssa käytyjen keskustelujen sekä toimeksiantajayrityksessä aiemmin tehtyjen testien ja muutosten pohjalta rajattiin opinnäytetyössä käytetyt menetelmät, minkä jälkeen laadittiin koesuunnitelma.

5.1 Pakkauskalvot

Opinnäytetyön alussa päätettiin, että pakkauskalvot ovat yksi tutkittava tekijä. Ennen kokeellisia menetelmiä selvitettiin pakkauskalvojen valmistajia ja toimittajia, joilta kyseltiin saatavilla olevia kalvovaihtoehtoja. Kirjallisuushaun sekä erityisesti asiantuntijalausuntojen perusteella arvioitiin, että nykyinen pakkaus on liian tiivis, minkä vuoksi etsittiin testaukseen muun muassa hengittävämpiä kalvoja. Pakkauskalvot valikoituivat testiin ensisijaisesti saatavuuden perusteella, minkä lisäksi valintaan vaikuttivat asiantuntijalausunnot ja nykyinen pakkaustapa- sekä kone. Testikalvoja arvioitiin käytännössä salaattiosaston vuoroesihenkilön kanssa.

Testiin saatiin kaksi pakkauskalvoa valmistajalta, jolta toimeksiantaja tilaa muitakin pakkauskalvoja. Pakkauskalvot, jotka valikoituivat testiin, erosivat toisistaan muovilaadun, paksuuden ja kaasujenvaihto-ominaisuuksien suhteen. Testikalvot erosivat ominaisuuksiltaan nykyisestä pakkauskalvosta huomattavasti kaikilta muilta osin paitsi WVTR-arvolta. Jotta pakkauskalvojen ominaisuuksilla ja ennakko-oletuksilla ei olisi merkitystä mielipiteeseen, käytettiin merkintöihin kirjaintunnisteita A ja B, jotka annettiin testikalvoille satunnaisesti. Erot kalvojen välillä olivat seuraavanlaiset:

A-kalvo

- muovilaatu: OPP ja CPP
- paksuus: 42 μm
- OTR-arvo: 2200 cm^3/m^2/ 24 h

- WVTR-arvo: 8 g/m^2/ 24 h

B-kalvo

- muovilaatu: OPP ja PE
- paksuus: 52 μm
- OTR-arvo: 1300 cm^3/m^2/ 24 h
- WVTR-arvo: 8 g/m^2/ 24 h

5.2 Aistinvaraiset arvioinnit

Leikattua jäävuorisalaattia arvioidaan toimeksiantajayrityksessä aistinvaraisesti. Jokaisesta leikatusta erästä otetaan näytepussi (Kuva 4.), josta muun muassa tuote- ja laatuasiantuntija arvioi maistamalla ja silmämääräisesti, vastaako tuote odotettua tasoa. Salaatin kuuluu olla raikasta ja rapeaa sekä näyttää vaaleanvihreältä ja tuoreelta. Pakatun tuotteen lisäksi aistinvaraista arviointia tehdään myös tuotanto-osastolla. Salaattikeriä leikatessa tuotannontyöntekijät tarkkailevat kerien laatua; muun muassa, ovatko kerien uloimmat lehdet siistit ja ovatko laatikot, joissa raaka-ainetta toimitetaan yleisesti siistejä ja puhtaita. Lisäksi tuotantopäivän alussa suoritetaan samat aistinvaraiset arvioinnit suoraan raaka-aineesta.

Kuva 4. Leikattu ja pakattu jäävuorisalaatti, joka vastaa aistinvaraisia ominaisuuksia.

Työssä arvioitiin aistinvaraisesti salaattipusseja, jotka pakattiin nykyiseen pakkauskalvoon. Näytteeksi otettiin 12 pussia, joista yksi lähetettiin laboratorioon mikrobiologisia mittauksia varten, yhdestä suoritettiin makutesti ja loput 10 arvioitiin silmämääräisesti. Pussit valikoitiin pakkausprosessista satunnaisesti noin 30 minuutin sisällä ja niistä tarkastettiin saumat, jotta voitiin varmistaa pakkasten olevan oletusarvoisesti samanlaisia kuin asiakkaalle toimitettavat pakkaukset. Asteikkona ja

vertailukohteena käytettiin aikaisempaa kokemusta ja yleistietämystä; maistuuko ja näyttääkö tuote samalta kuin ennen sekä siltä, miltä jäävuorisalaatti tavallisesti maistuu ja näyttää. Arviointi suoritettiin toimeksiantajayrityksen tuote- ja laatuasiantuntijan kanssa.

Nykyinen säilyvyysaika tuotteelle on kahdeksan vuorokautta. Koejakson puolessa välissä, eli neljän vuorokauden kuluttua lähtöarvioinnista, otettiin viisi näytteistä väliarviointiin. Näytteistä arvioitiin tuotteen maku, koostumus sekä tehtiin huomioita tuotteen ulkonäöstä. Kahdeksan vuorokauden kuluttua lähtöarvioinnista loput viisi näytettä arvioitiin samalla tavalla kuin väliarvioinnissa.

Aistinvaraiset arvioinnit suoritettiin samalla menetelmällä testikalvoihin A ja B pakatuille tuotteille (5.1 Pakkauskalvot), ja arvioinneissa oli mukana toimeksiantajayrityksen tuote- ja laatuasiantuntija ja laatuharjoittelija. Lisäksi 11:n vuorokauden kohdalla näytteitä arvioitiin vielä silmämääräisesti, mutta niitä ei arvioitu aistinvaraisesti muilla tavoin. Tällä haluttiin selvittää, miltä tuote näyttää nykyisen säilyvyysajan jälkeen. Arviointi venyi 11:een vuorokauteen, sillä se oli seuraava arkipäivä kahdeksannen vuorokauden jälkeen. Tärkeimpänä mittarina voitiin pitää arviointia kahdeksan vuorokauden kohdalla, sillä suurimmat erot olivat oletettavissa vasta säilyvyysajan loppupuolella.

Testikalvoihin pakatessa näytepusseja otettiin 12:n sijaan 27 per testikalvo, jotta voitiin tarkastella muutoksia myös 11:n vuorokauden jälkeen. Lisäksi näytepussit valikoituivat pakkauslinjastolta lähes peräkkäin, jotta hävikki saatiin minimoitua. Pusseista 10 (per testikalvo) otettiin suojakaasumittaukseen heti pakkauksen jälkeen, jotta lähtötuloksia voitiin suojakaasun osalta vertailla nykyiseen materiaalin pakattujen pussien kanssa.

Loput 15 näytettä (per testikalvo), jotka vietiin säilytykseen väliarviointeja varten, koodattiin merkinnöillä A ja B osoittamaan, kumpaan kalvoon tuotetta oli pakattu, minkä lisäksi näytteet numeroitiin vielä satunnaisesti. Näytepussit numeroitiin selkeyden sekä suojakaasumittauksien vuoksi, sillä samoja pusseja ei voitu arvioida sekä neljän, että kahdeksan vuorokauden kohdalla. Suojakaasua mitatessa pussiin pistetään injektioneulalla pieni reikä, joka mahdollistaa hapen kulkeutumisen pussiin (pussi ns. vuotaa mittauksen jälkeen). Tämän takia saadut tulokset eivät ole absoluuttisesti verrattavissa toisiinsa, mikä on otettu huomioon tuloksia tarkastellessa.

Näytteitä säilytettiin testauksen ajan tuotantotilojen näytekylmiössä, jonka lämpötila oli koejakson aikana noin 1–3 °C, eli sama kuin varastotiloissa, joissa salaattia säilytetään

ennen kuljetukseen luovutusta. Säilytysolosuhteet on otettu huomioon tarkastellessa aistinvaraisia ominaisuuksia, sillä kondensaation seurauksena näytepussien sisälle muodostui kosteutta, kun näytteet otettiin arvioitavaksi huoneen lämpöön.

5.3 Suojakaasumittaukset

Leikattu jäävuorisalaatti pakataan suojakaasuun, jonka tavoitelluksi pitoisuudeksi toimeksiantaja on kokenut sopivaksi sekoittaa typpeä, happea ja hiilidioksidia suhteella 95 % typpeä ja loput 5 % happea ja hiilidioksidia yhteensä. Pakkausvaiheessa suojakaasun happipitoisuus valmiissa pusseissa vaihtelee satunnaisesti jonkin verran, mutta rajana pidetään, että yhteensä 10 % pussin sisältämästä kaasusta saa olla happea ja hiilidioksidia. Mikäli hapen ja hiilidioksidin yhteenlaskettu arvo nousee yli kyseisen rajan, on manuaalisesti säädettävä ja korjattava typen syöttöä pakkauskoneelle.

Opinnäytetyössä testattiin, kuinka hyvin suojakaasu pysyy pakkauksen sisällä testikalvoihin pakatessa sekä kuinka paljon hapen määrä muuttuu pakkauksessa säilyvyysajan sisällä. Suojakaasu mitattiin pakkauksesta MAP-pakkauksille tarkoitetulla happi- ja hiilidioksidianalysaattorilla heti pakkauksen jälkeen sekä neljän että kahdeksan vuorokauden kohdalla aistivaraisten arviointien yhteydessä.

Nykyisen pakkauskalvon näytteistä määritettiin suojakaasupitoisuudet aiemmin kuin koe-erän pusseista, mutta happipitoisuuden laskua/muutosta tarkasteltiin tässä työssä kaikkien näytteiden osalta vain suhteellisena muutoksena, jotta tulokset olisivat vertailukelpoisia toistensa kanssa. Kuten kohdassa 5.2. *Aistinvaraiset arvioinnit* todetaan, kaasut voitiin mitata yhdestä pussista vain kertaalleen, joten tulokset eivät kerro täysin todellista happipitoisuuden muutosta säilyvyysaikana. Tämä on otettu huomioon tuloksien tarkastelussa ja loppupäätelmissä.

5.4 Tuotenäytteiden laboratoriomittaukset ja mikrobiologiset analyysit

Toimeksiantaja suorittaa mikrobiologisia analyyseja valmistamilleen tuotteilleen omavalvontasuunnitelman mukaisesti elintarviketurvallisuuden ja yleisen hygienian kartoittamiseksi. Laboratorionäytteiden lisäksi tuotanto-osastolta otetaan säännöllisin väliajoin UltraSnap-puhtausnäytteitä sekä näytteitä, joilla tutkitaan, esiintyykö

tuotantotiloissa salmonellaa, listeriaa tai E.colia. Kuten muissakin elintarviketyötehtävissä, joissa käsitellään pakkaamattomia ja kuumentamattomina tarjoiltavia elintarvikkeita, ennen työsuhteen aloittamista toimeksiantajayritykseen on toimitettava salmonellatodistus.

Opinnäytetyötä koskevat mikrobiologiset analyysit suoritettiin ulkopuolisen akkreditoidun laboratorion toimesta, jonka analyysipalveluita toimeksiantaja käyttää muutenkin mikrobiologisissa omavalvontatutkimuksissaan. Tavallisesti jokaisena viikkona toimitetaan salaattipussi mikrobiologisiin tutkimuksiin omavalvonnan vuoksi. Pusseista tutkitaan seuraavat tekijät:

- ZM910 – Aerobiset mikro-organismit 30 °C, menetelmä NMKL 86:2013
- UMVHC – Alustava Bacillus Cereus, menetelmä NMKL: 67:2010 mod.
- UMBG4 – Hiivat ja homeet, menetelmä: NMKL 98:2005 mod.
- ZMBUG – Maitohappobakteerit 30 °C, menetelmä NMKL 140 mod.
- ZM920 – Listeria monocytogenes osoittaminen, menetelmä: Sisäinen menetelmä, Rapid L mono
- UM218 – Salmonella toteaminen, menetelmä: Sisäinen menetelmä qPCR, BACGene

Aerobisella mikro-organismianalyysilla määritetään bakteereja, hiivoja ja homeita, jotka voivat kasvaa agarmaljalla tietyissä olosuhteissa. Useita mikrobeja voidaan määrittää tällä menetelmällä, joten analyysin käyttö laajana laadun- ja puhtauden indikaattorina on yleistä. Vaikka monet patogeenit voivat tuottaa maljalle pesäkkeitä tällä analyysimenettelemällä, sillä ei ole kuitenkaan mahdollista erottaa patogeenisiä mikrobeja ei-patogeenisistä. Tämän vuoksi analyysin korkea tulos ei aina korreloi huonojen olosuhteiden kanssa, minkä seurauksena tulosta on tarkasteltava tapauskohtaisesti, eikä analyysi voi olla ainoa mikrobiologinen testi leikatun jäävuorisalaatin mikrobiologiselle laadulle. (Eurofins 2024.)

Bacillus cereus (B. cereus) on bakteeri, jota esiintyy luonnollisesti esimerkiksi ihmisten suolistossa sekä pieninä pitoisuuksina elintarvikkeissa, kuten kasviksissa. Bakteerien joutumista elintarvikkeisiin ei voida ehkäistä kokonaan, mutta korkeina pitoisuuksina se aiheuttaa kahdenlaista ruokamyrkytystyyppiä. Bakteerit muodostavat joko jo elintarvikkeessa itsessään tai vasta suolistossa toksiinia eli myrkkyä, joka aiheuttaa ruokamyrkytyksen oireet. Erityisesti leikattuun jäävuorisalaattiin kohdalla bakteerien päätyminen tuotteeseen raja-arvon ylittävänä määränä on haastavaa, sillä tuhotakseen

bakteerin, elintarviketta on kuumennettavaa vähintään yli 70 °C:seen. Bakteerit kasvavat myös hapettomissa oloissa, joten suojakaasu ei suojaa tuotetta, mikäli raaka-aine on kontaminoitunut B.cereuksella. Kyseinen analyysi tehdään siis elintarviketurvallisuuden vuoksi, sillä bakteerilla ei ole aistinvaraiseen arviointiin vaikutusta. (Ruokavirasto 2023.)

Hiivojen ja homeiden määrittäminen tuotteesta perustuu myös pitkälti elintarviketurvallisuuden kartoittamiseen ja ylläpitämiseen. Osa homeista kasvaessaan voi aiheuttaa yhtä lailla bakteerien tavoin toksiineja, minkä lisäksi korkea tulos hiiva- ja hometestissä viittaa todennäköisesti siihen, että tuote on altistunut erittäin kostealle ympäristölle tai raaka-aine on päässyt kontaminoitumaan.

Laboratorioanalyyseihin lähetettiin molemmista testikalvokoe-eristä (mainittu kohdassa 5.1 *Pakkauskalvot*) yksi näytepussi (näytteet An1 ja Bn1). Lisäksi analysoitavaksi lähetetiin myös tuotenäyte prosessin vaiheesta, jossa salaatti hienonnetaan pienemmäksi silpuksi. Jokaisen leikkausvuoron päätteeksi silppurin terä vähintään huuhdellaan vedellä sekä desinfioidaan peretikkahapolla. Hapon käyttö desinfiointiaineena perustuu sen kykyyn toimia voimakkaana hapettimena, jolloin reagoidessaan mikrobien kanssa, se voi heikentää niiden elinvoimaisuutta tehokkaasti (Mota ym. 2022). Osaston pesuja tehdessä huomattiin, että terä kerää leikattua salaattia sellaisiin koloihin, joihin huuhteluvesi tai happo ei mahdollisesti yllä, minkä vuoksi salaattisilppua voi jäädä terään ”hautumaan” ja keräämään mikrobeja. Seuraavan leikkauskerran yhteydessä kontaminoitunutta salaattia voi päätyä pakkauksiin (hyvin epätodennäköistä kuitenkin), mikä altistaa leikatun salaatin laadunalenemiselle. Tuotenäytteestä määritettiin aerobiset mikro-organismit, hiivat ja homeet sekä maitohappobakteerit.

Tarkoituksena oli lähettää näytteet koe-erän pusseista laboratorioon myös kahdeksan vuorokauden säilytyksen kohdalla, jotta mikrobiologisia muutoksia olisi voitu tarkastella säilyvyysajan sisällä. Tiedossa olemattoman logistiikkapoikkeuksen takia näytteiden lähettäminen ja analysointi olisi mennyt yli 11:n vuorokauden päähän tuotteen pakkaamisesta, joten analyysit päätettiin jättää ottamatta. Tämä on otettu huomioon tuloksien pohdinnassa.

Laboratoriotuloksia koe-erästä otettujen näytepussien osalta vertailtiin keskenään, minkä lisäksi tuloksia verrattiin omavalvontasuunnitelman mukaan suoritettuihin, opinnäytetyön ulkopuolisiin, viimeinen käyttöpäivä -analyyseihin. Tällä haluttiin selvittää

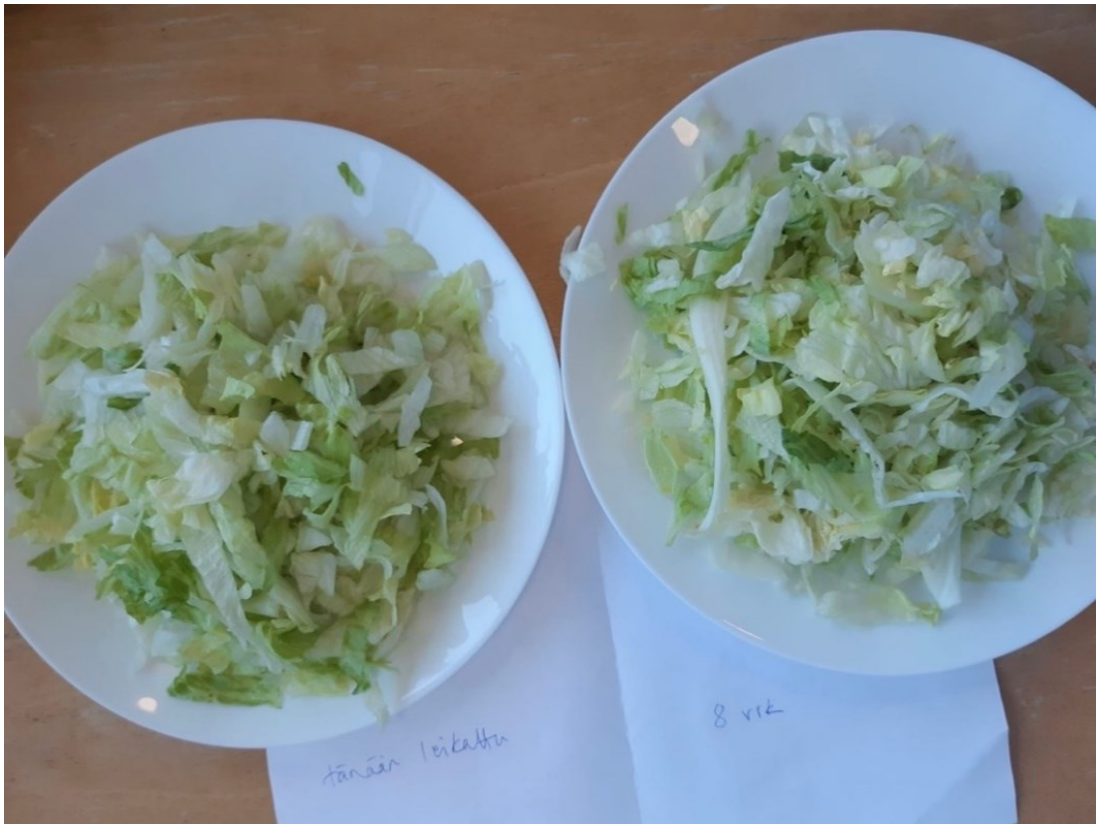
ja verrata, ovatko laboratoriotulokset myös riippuvaisia raaka-aineen lähtökohdista, esimerkiksi salaattikerien alkuperästä ja iästä.

6 Tulokset

Tässä luvussa käsitellään pakkauskalvojen testauksesta saatuja tuloksia. Testeissä arvioitiin sekä kalvojen mekaanisia ominaisuuksia eli kalvon soveltuvuutta pakkaustapaan ja -koneeseen, että pakkauskalvon ominaisuuksien vaikutusta leikatun salaatin aistinvaraisiin tuloksiin. Ensisijaisena tarkoituksena oli vertailla A- ja B-kalvoihin pakattuja näytteitä keskenään. Testiin valittiin pakkausprosessista pussit, jotka olivat käsin tunnustellen ehjiä, jotta voitiin tarkastella kalvon hengittävyys- ja läpäisevyysominaisuuksia mahdollisimman hyvin. Tämän perusteella voidaan todeta, että ainakaan salaatin ruskistumista ei esiinny tiiviissä pakkauksessa, johon ylimääristä happea ei pääse ympäristöstä.

6.1 Pakkauskalvot ja niiden aistinvaraisten arviointien tulokset

Nykyinen pakkauskalvo tuotti hyviä tuloksia aistinvaraisessa arvioinnissa. Tuote näytti ja maistui sekä neljän, että kahdeksan vuorokauden jälkeen hyvältä ja tuoreelta. Koostumus oli rapea, eikä salaatissa esiintynyt ruskistumista tai vetisyyttä. Tuote ei poikennut aistinvaraisilta ominaisuuksiltaan vastaleikatusta salaatista (Kuva 5.).



Kuva 5. Salaatin laatu nykyisellä pakkauskalvolla kahdeksan vuorokauden jälkeen (oik.) verrattuna juuri leikattuun salaattiin (vas.).

Nykyisellä pakkauskalvolla saadut hyvät tulokset eivät kuitenkaan kerro koko todellista tilannetta, sillä opinnäytetyössä otettiin hyvin pieni otanta salaattipusseja testiin ja kaikista näytepusseista varmistettiin saumojen tiiviys sekä raaka-aineen hyvä laatu. Tästä kuitenkin voidaan päätellä, että nykyisen pakkauksen kanssa joskus esiintyneet ongelmat johtuvat todennäköisimmin puutteista pussin tiiviydessä, esimerkiksi saumojen vuotamisesta, sillä epäillään, että ruskistuminen johtuu rikkonaisista pusseista, joita päätyy linjastolta eteenpäin varastoon ja asiakkaille.

6.1.1 Testikalvo A

Salaattiosaston vuoroesihenkilön kanssa huomattiin jo A-kalvorullaa avatessa, ennen pakkauksen aloitusta, että kalvo on rapisevaa ja ”kovempaa” kuin nykyisin käytössä oleva. Kalvo A toimi pakkauskoneessa suurin piirtein samalla tavalla verrattuna nykyiseen, mutta saumauslämpötilaa oli nostettava, sillä A-kalvo on ohuempaa kuin nykyinen. Kalvo sopi pakkauskoneelle kaiken kaikkiaan hyvin, sillä se kulkei koneessa

siististi rypistymättä tai repeämättä, ja oikealla vastuksen lämpötilalla saumat olivat siistit ja tiiviit.

Käsin avattuna pussi aukesi todella helposti päätysaumasta, minkä lisäksi pussi saattoi samalla revetä hallitsemattomasti pitkittäisessä suunnassa. Haittapuolena tämä saattaa vaikeuttaa tuotteen käsittelyä ravintoloissa, sillä kiireessä avattuna pussi saattaa revetä kokonaan aiheuttaen sotkua. Toisaalta pussi soveltuu helpon avattavuuden vuoksi kiireisiin hetkiin, sillä sen saa nopeasti käsin auki toisin kuin nykyiset salaattipussit, joiden avaamiseen tarvitaan teräase.

Aistinvaraisen arvion mukaan A-kalvo pärjäsi hyvin kaikissa koejakson eri vaiheissa. Lisäksi kaikki näytepussit säilyivät ehjinä koko koejakson ajan sekä tuote täytti aistinvaraisten arvioiden kriteerit jokaisella kerralla. Neljän vuorokauden jälkeen salaatti (näytteet A1–A5) näytti tuoreelta (Kuva 6.), maistui hyvältä ja koostumus oli rapea sekä kuiva.

Kuva 6. A-kalvoon pakattu näyte neljän vuorokauden jälkeen.

Myös kahdeksan vuorokauden jälkeen saatiin (näytteet A6–A10) tasaisia ja hyviä tuloksia näytteistä, jotka olivat pakattu A-kalvoon, sillä salaatti säilyi koko säilyvyysajan tuoreen näköisenä (Kuva 7.) ja makuisena. Koostumus oli edelleen rapea ja kuiva.

Kuva 7. A-kalvoon pakattu näyte kahdeksan vuorokauden jälkeen.

Näytepusseja (näytteet A11–A15) tarkasteltiin vielä silmämääräisesti arvioiden 11:n vuorokauden kohdalla, jolloin todettiin, että kaikki näytteet olivat edelleen hyvännäköisiä ja tuote täytti silmämääräisesti aistinvaraisen arvioinnin kriteerit (Kuva 8.).

Kuva 8. A-kalvoon pakattu näyte 11:n vuorokauden jälkeen.

Kaikki A-kalvoon pakatut näytteet olivat jokaisen arviointikerran kohdalla kirkkaan vihreitä ja vastaleikatun näköisiä. Tästä voidaan tämän otannan perusteella päätellä kalvon soveltuvan leikatun jäävuorisalaatin pakkaamiseen. Ennen lopullista päätöstä kalvon vaihtamisesta on kuitenkin tehtävä pidempiaikainen ja otannaltaan laajempi koe, mutta A-kalvossa on potentiaalia jatkokehitysehdotuksia silmällä pitäen.

6.1.2 Testikalvo B

Testikalvon B puolestaan huomattiin olevan hieman samankaltaista kuten nykyisin käytössä oleva; kalvo tuntui pehmeämmältä ja oli joustavampaa kuin testikalvo A. Muovisekoitteeltaan B-kalvo on lähempänä nykyistä kalvoa, sillä molemmissa on osa PE-muovia. Tästä huolimatta B-kalvo ei soveltunut pakkauskoneelle yhtä hyvin kuin A-kalvo, sillä B-kalvo repesi muutamaan otteeseen asennusvaiheessa pakkauskoneeseen. Lisäksi saumauksen kanssa oli ongelmia pystysauman suhteen; vastuksen lämpötilan nostamisen lisäksi vastuksen lyöntinopeutta oli säädettävä, jotta saatiin siisti ja toivotunlainen tulos. Tästä huolimatta osa pusseista vuoti suojakaasua saumasta, minkä vuoksi koe-erän pusseja oli pakattava useampaan otteeseen verrattuna A-kalvoon. Kuten nykyinen kalvo, B-kalvo ei käsin aukea kohtuullista voimaa käyttäen, joten avaamiseen tarvitaan apuväline.

Aistinvaraisen arvion mukaan B-kalvo pärjäsi hyvin vaihtelevasti koejakson eri vaiheissa. Osa näytepusseista rikkoutui koejakson aikana, mikä vaikutti tuloksiin negatiivisesti. Neljän vuorokauden jälkeen 4/5 näytepusseista (näytteet B1-B4) olivat silmämääräisesti arvioiden hyvännäköisiä, salaatti oli vihreää ja tuoretta (Kuva 9.) ja lisäksi maistui tavalliselta. Pussit olivat kuitenkin keränneet sisälleen enemmän kosteutta kuin A-kalvoon pakatut.

Kuva 9. B-kalvoon pakattu näyte neljän vuorokauden jälkeen.

Yhteen näytepusseista (näyte B5) oli tullut hyvin pieni viilto säilytyksen aikana, minkä vuoksi pussiin oli päässyt happea, ja salaatti oli alkanut sen seurauksena entsymaattisesti ruskistua. Tämän huomattiin vaaleiden kohtien punertavuutena (Kuva 10.), minkä lisäksi maku ei ollut yhtä raikas ja tuore kuin muissa pusseissa, vaan hieman kitkerä ja väljähtänyt.

Kuva 10. B-kalvoon pakattu näyte neljän vuorokauden jälkeen, joka on päässyt hieman hapettumaan pussissa olleen viillon seurauksena.

Kahdeksan vuorokauden kohdalla ehjinä säilyneet 3/5 näytepussia (näytteet B8-B10) näyttivät edelleen hyviltä (Kuva 11.). Maku ja koostumus olivat myös normaaleja, minkä lisäksi salaatti maistui hyvällä tavalla jopa hieman kosteammalta kuin A-kalvoon pakattu tuote. Näiden kolmen näytteen kesken koostumuksessa oli kuitenkin eroja, sillä

yksi näytteistä (B9) oli kuivempi kuin kaksi muuta (B8 ja B10), vaikkakin silti kosteampi kuin yksikään A-kalvoon pakatuista näytteistä.

Kuva 11. B-kalvoon pakattu näyte kahdeksan vuorokauden jälkeen.

Loput kaksi näytepussia (näytteet B6 ja B7) olivat repeytyneet, B6:ssa oli pieni reikä ja B7:ssa suuri pitkittäinen viilto. Näytteessä B6 ei ilmennyt ulkoisia muutoksia (Kuva 12.), mutta näytettä ei otettu suojakaasumittauksissa huomioon, sillä pussin vuotaminen olisi aiheuttanut virheellisen tuloksen keskiarvossa.

Kuva 12. B-kalvoon pakattu näyte kahdeksan vuorokauden jälkeen, joka ei pussin pienestä viillosta huolimatta ole ruskistunut entsymaattisesti ylimääräisen hapen seurauksena.

Näyte B7 puolestaan oli erityisen hapettunut ja kauttaaltaan punertava (Kuva 13.). Tämäkin näyte jätettiin suojakaasumittauksissa huomioimatta, sillä pussista ei voitu mitata suojakaasua kalvon pahan repeytymisen vuoksi. Molemmat näytteet otettiin kuitenkin huomioon arvioitaessa B-kalvon toimivuutta pakkauskäytössä sekä tehtäessä aistinvaraisia arvioita silmämääräisesti.

Kuva 13. B-kalvoon pakattu näyte kahdeksan vuorokauden jälkeen, josta voidaan havaita selkeästi pussiin tulleesta vauriosta ja sen seurauksena hapettumisesta johtuva entsymaattinen ruskistuminen.

Myös B-kalvoon pakattuja näytepusseja (näytteet B11–B15) tarkasteltiin vielä silmämääräisesti arvioiden 11:n vuorokauden kohdalla, jolloin yhden näytteistä todettiin punertavan (Kuva 14.). Pussia tarkastellessa käsin puristamalla saumat olivat tiiviit, eikä suojakaasua vuotanut pussia puristettaessa. Loput neljä näytettä (B11-B14) olivat samannäköisiä kuin koejakson alussa.

Kuva 14. B-kalvoon pakattu näyte 11:n vuorokauden jälkeen, josta ruskistumista voidaan havaita, vaikka pussi on käsin testaten tiivis.

Kuten kuvista (Kuva 6.–Kuva 14.) voidaan huomata, silmämääräisestikin todettiin, että A-kalvoon pakattu tuote oli koko koejakson ajan kirkkaan vihreää ja väriltään voimakkaampaa, kun puolestaan B-kalvoon pakattujen väri haalistui hieman koejakson aikana. Värin muutoksen ei voida katsoa johtuvan kalvojen erilaisesta materiaalista, sillä koejakson alussa molempiin kalvoihin pakattu tuote, oli väriltään samanlaista ja näytteitä säilytettiin samanlaisissa olosuhteissa (Kuva 15.). Kuvat rinnakkaisista näytteistä on otettu mahdollisimman samassa kohdassa, joten valotuksen ja kameran vääristävä vaikutus on myös vähäinen. Kaikki aistinvaraiset arviot ja tuloksissa mainitut huomiot on tehty paikan päällä, joten mahdollinen kuvien epäselkeys tai värejä vääristävä vaikutus ei vaikuta arvioiden luotettavuuteen.

Kuva 15. A- (vas.) ja B-kalvoon (oik.) pakatut näytteet rinnakkain koejakson alussa heti pakkauksen jälkeen.

Kaiken kaikkiaan testikalvoista voidaan todeta, että A-kalvo suoriutui testeistä tasalaatuisesti ja hyvin koko koejakson ajan, kun puolestaan B-kalvo tuotti hyvin vaihtelevia tuloksia, minkä lisäksi jokaisella väliarviointikerralla todettiin ainakin yhden näytepussin rikkoutuneen sekä laadun heikentyneen, vaikka näytteitä käsiteltiin

samalla tavalla ja niitä säilytettiin samoissa olosuhteissa koko koejakson ajan. Tämän tuloksen perusteella B-kalvo ei sovellu kyseisen tuotteen pakkaukseen tai säilytykseen.

6.2 Suojakaasumittauksien tulokset

Suojakaasumittauksiin käytettiin toimeksiantajan hankkimaa, MAP-pakkauksille tarkoitettua, happi- ja hiilidioksidianalysaattoria. Analysaattorin huollosta ja kalibroinnista vastaa toimeksiantaja. Kuten kaikissa analyyseissä, tuloksissa on otettava huomioon mahdolliset mittaukseen liittyvät satunnais- ja mittavirheet. Tuloksien taulukointiin ja laskentaan on käytetty Exceliä.

Nykyiseen pakkauskalvoon pakatuissa näytepusseissa hapen määrä laski keskimäärin 30,3 % neljän vuorokauden aikana ja 79,9 % kahdeksan vuorokauden aikana verrattuna alkuperäiseen hapen määrään. Vastaavasti hiilidioksidin osuus nousi molempien mittausten kohdalla alkuperäisestä. Tästä voidaan päätellä salaatin soluhengityksen onnistuvan jollakin tasolla, mutta kaikkea happea salaatti ei pysty käyttämään säilyvyysajan sisällä.

A-kalvoon pakattujen näytepussien hapen määrä laski neljän vuorokauden (näytteet A1-A5) aikana alkuperäisestä keskimäärin 96,6 % ja kahdeksan vuorokauden aikana (näytteet A6-A10) 96,1 %. Tuloksiin vaikuttaa se, että näytteissä A1-A5 mitattiin keskimäärin 0,03 % alhaisempi happipitoisuus neljän vuorokauden kohdalla kuin näytteistä A6-A10 kahdeksan vuorokauden kohdalla.. Ero tuloksissa ei ole kuitenkaan merkittävä, joten tästä voidaan päätellä hapen määrän pysyvän pussin sisällä lähes samana neljän vuorokauden jälkeen koko säilyvyysajan loppuun asti. Lisäksi voidaan päätellä, että salaatti käyttää lähes kaiken alkuperäisestä hapesta joko soluhengitykseen tai kaasu pääsee vapautumaan ympäristöön, joka puolestaan kertoo hyvästä hengittävyydestä ja kalvon korkeasta OTR-arvosta.

B-kalvoon pakattujen näytepussien hapen määrä laski neljän vuorokauden (näytteet B1-B4) aikana alkuperäisestä keskimäärin 96,9 % ja kahdeksan vuorokauden aikana (näytteet B8-B10) 88,3 %. Tuloksiin vaikuttaa merkittävästi se, että otanta kaasumittauksiin näytepusseista oli B-kalvon kohdalla pieni, sillä osa pusseista vaurioitui koeaikana. Tämän vuoksi kaasumittaukset jätettiin joistakin näytteistä tekemättä, koska tulokset eivät olisivat olleet vertailukelpoisia näytteiden kanssa, jotka olivat tiiviitä. Mittauksista kuitenkin huomattiin, että kahdeksan vuorokauden jälkeen (näytteet B8-10) hapen määrä näytepusseissa on korkeampi kuin neljän vuorokauden

jälkeen mitatuissa näytteissä B1-B4. Tämä voi selittyä sillä, että näytepusseissa oli alun perin korkeampi happipitoisuus tai tuote ei pystynyt hyödyntämään kaikkea suojakaasun sisältämää happea soluhengitykseen.

Molemmista koe-erän tuloksista voidaan todeta, että kahdeksan vuorokauden jälkeen otetuissa näytteissä happipitoisuus on korkeampi kuin neljän vuorokauden. Tämä poikkeaa nykyiseen pakkauskalvoon pakatuiden näytepussien tuloksesta, jonka mukaan hapen määrä vähenee pussin sisällä neljän vuorokaudenkin jälkeen. Tuloksia tarkastellessa huomataan hapen osuuden vaihtelevan muutenkin näytepusseissa ja osa ylittää asetetun ylärajan. Tällä tuskin on kovin suurta vaikutusta leikatun salaatin laadun heikentymiseen, sillä huonoja pusseja esiintyy samassa pakkauserässä satunnaisesti. Kuitenkin jatkossa suojakaasujen mittauksia voitaisiin suorittaa tietyin väliajoin, jotta happipitoisuus saataisiin pidettyä optimaalisena suuren osan pakkausajasta, ja happiarvon nousemiseen pystyttäisiin reagoimaan nopeammin, jottei yleisesti pääsisi muodostumaan suurta määrää pusseja, joissa happiarvot ovat korkeat.

Kuva 16. A-kalvoon pakatut näytteet, joista vasemmanpuoleinen normaali ja oikeanpuoleinen turvonnut hiilidioksidipitoisuuden nousun vuoksi.

Tuloksia tarkastellessa huomattiin myös näytepussien turpoaminen (Kuva 16.) hiilidioksidipitoisuuden nousun seurauksena. Molempien näytteiden kohdalla hiilidioksidin pitoisuus pusseissa oli noussut molempien väliarviointien kohdalla ja kummallakin kerralla suhteellisesti enemmän kuin nykyisen pakkauskalvon kohdalla. A-kalvoon pakatut näytteet sietivät turpoamista hyvin, sillä kaikki näytepussit säilyivät ehjinä koejakson ajan. B-kalvoon pakatuista näytteistä puolestaan hajosi useampi koejakson aikana, minkä katsottiin johtuvan hiilidioksidin muutoksen aiheuttamasta pussin sisäisen paineen noususta. Tuloksesta ei voida olla täysin varmoja, mutta B-kalvon tuottamien kaasumittaustuloksien perusteella voidaan todeta A-kalvon pärjänneen suojakaasumittauksissakin paremmin.

6.3 Näytepussien ja tuotenäytteen laboratoriomittauksien sekä mikrobiologisten analyysien tulokset

Mikrobiologisten analyysien tuloksia tulkittiin laboratorion antaman lausunnon perusteella. Raja-arvoina toimivat toimeksiantajan laatiman omavalvontasuunnitelman mukaiset raja-arvot mikrobiarvoille, jotka toimeksiantaja on määritellyt kyseiselle tuotteelle. Tulokset ilmoitetaan laboratoriolausunnossa määritettävän mikrobin määrän olevan ”*raja-arvojen sisällä*”, ”*koholla*” tai ”*korkea*”. Toimeksiantajan kanssa käytyjen keskustelujen pohjalta päädyttiin, ettei opinnäytetyön suorituksessa tai tuloksissa arvoteta mikrobiologisia seikkoja ja analyyseja prioriteettina, sillä aikaisempien omavalvontatutkimusten ja laboratorioanalyysien perusteella voidaan todeta laadun heikkenemisen johtuvan muista tekijöistä kuin mikrobiologisista seikoista. Opinnäytetyön tutkimuksen kannalta mikrobiologisia seikkoja ja analyyseja ei voitu poissulkea kokonaan, joten koe-erälle päädyttiin suorittamaan samat laboratorioanalyysit kuin normaalisti pakatulle tuotteelle.

A-kalvoon pakatussa näytepussissa (An1) alustava *bacillus cereus* oli korkeampi kuin näytteessä Bn1, kuitenkin toimeksiantajan asettamien raja-arvojen sisällä. Yleisesti kaikki tulokset A-näytteistä olivat hyviä. B-kalvon näytteen (Bn1) tulokset olivat myös kaikilta osin hyviä ja asetettujen raja-arvojen sisällä. Kummassakaan näytteessä ei todettu salmonella eikä listeriaa.

Keskenään näytteet olivat melko verrannolliset pois lukien *bacillus cereus* -tulos. An1-näytteen tulokset olivat hieman alhaisemmat kaikkien muiden analyysien osalta, paitsi aerobisten mikrobien tulos oli yli kaksinkertainen verrattuna Bn1-näytteen määrään.

Tulosta ei voida yksiselitteisesti yhdistää suoraan käytettyyn raaka-aineeseen tai pakkausmateriaaliin, sillä myös analyysien aseptisuus vaikuttaa tuloksiin, erityisesti näytteen osalta, joka kertoo suurimmaksi osaksi hygieniasta.

Kun koe-erän tuloksia verrattiin aikaisempiin laboratoriotuloksiin, ja laatupäällikön huomion mukaan, kaikkien analyysituloksien voitiin todeta olevan poikkeuksellisen hyviä verrattuna yleisesti omavalvontasuunnitelman mukaan suoritettujen analyysien mikrobiologisiin VKP-tuloksiin (VKP = viimeinen käyttöpäivä). Aikaisempia tuloksia verrattaessa keskenään toistensa kanssa voidaan todeta tuloksien vaihtelevan normaalistikin. Lisäksi aistinvaraiset arviot ovat olleet rinnakkaisissa näytteissä kunnossa, vaikka maitohappobakteerit ja hiivat ovat olleet toisessa koholla. Tästä voidaan todeta, että mikrobiologisilla seikoilla ei ole suoranaista vaikutusta aistinvaraisen laadun heikentymiseen.

Silppurista otetun tuotenäytteen kaikki tulokset (aerobiset mikro-organismit, hiivat ja homeet sekä maitohappobakteerit) olivat huomattavasti korkeammat verrattuna koe-erän salaattipussinäytteisiin An1 ja Bn1. Lisäksi hiivojen ja homeiden osalta arvot ylittivät toimeksiantajan asettamat raja-arvot ja molempien analyysien tulokset olivat koholla. Tulos tuotenäytteen osalta oli odotettavissa, sillä salaattisilppu on kosteaa ja kerääntyy koneessa paikkoihin, jonne kosteutta pääsee kerääntymään. Arvoja verrattiin mitä todennäköisimmin samasta leikkauserästä pakattuun tuotteeseen, jonka tulokset olivat koholla hiivojen osalta sekä korkealla maitohappobakteerien osalta. Tulosta ei voida kuitenkaan pitää absoluuttisena korrelaationa tuotantotilojen puhtaudesta laadun heikentymiseen, sillä huonoksi menneitä pusseja tulee satunnaisesti ja hyviä tuloksia VKP-analyyseistä saadaan ilman erillisiä osaston pesuja ja hygieniatoimenpiteitä. Tuloksen perusteella voidaan kuitenkin pohtia pesujen tehostamista, mutta ennen päätöksiä olisi hyvä toistaa tuotenäyteanalyysi ja sen vertailu VKP-analyysiin useamman kerran pidemmällä aikavälillä ja seurata, tapahtuuko tuloksissa muutoksia vai ovatko ne vaihtelevia.

7 Yhteenveto

Kaiken kaikkiaan työssä saatiin hyviä tuloksia pakkauskalvotesteissä näytteiden osalta, jotka pysyivät ehjinä koko koejakson ajan. A-kalvo tuotti tasaisesti hyviä tuloksia kaikissa koetuissa menetelmissä, minkä vuoksi kyseisen kalvon testaaminen tulevaisuudessa pidemmällä aikavälillä olisi yksi kehitysidea koskien opinnäytetyön aihetta ja jo tehtyä tutkimusta. Pakkauskalvo A:n etuna ovat myös sen valmistusmateriaalille (OPP&CPP) tyypilliset ominaisuudet, joita ovat muun muassa kevyt paino, josta seuraa suhteellisen energiatehokas ja edullinen valmistus ja kuljetus sekä ympäristöystävällisyys. Kalvo on valmistettu kokonaan polypropyleenistä eli se on kierrätettävä materiaali. Lisäksi A-kalvon OTR-arvo on lähes kaksinkertainen verrattuna B-kalvoon, mikä mahdollistaa paremmin kaasujen vaihdon ja salaatin soluhengityksen säilytyksen aikana. Myös kirjallisuushaun tuloksiin verratessa (4.3 *Pakkauskalvojen vesihöyryn läpäisevyys*) voidaan todeta A-kalvon olevan lähtökohtaisesti materiaaliominaisuuksiltaan soveltuva leikatun jäävuorisalaatin pakkaamiselle.

Menetelmiä koettaessa huomattiin, että testatuissa pakkauskalvoissa WVTR-arvo pysyi samana kuin nykyisessä pakkauskalvossa. Jatkokehitysehdotuksena olisi pakkauskalvojen osalta vielä kokea kalvo tai kalvoja, joissa vesihöyryn läpäisyarvo eroaa nykyisen pakkauskalvon arvosta. Tällä kokeella voitaisiin etsiä ratkaisua leikatun salaatin vetisyyshaasteisiin. Vaikka koejakson aikana yksikään näyte ei muuttunut vetiseksi, toimeksiantajalle reklamoidaan myös leikatusta salaatista, jonka koostumus on muuttunut säilyvyysajan sisällä ”märäksi, löysäksi ja vetiseksi”.

Pakkauskalvojen lisäksi kirjallisuushaun pohjalta nousi esiin pH:n säätely, jolla voitaisiin estää hapettumisen aiheuttavaa entsymaattista ruskistumista. Tällä hetkellä salaatin tuotanto-osastolla salaattisilppu pestään leikkaamisen jälkeen vesialtaassa, jonka pH:ta säädellään sitruunahapon avulla. Pesuallas mittaa ja säätää automaattisesti pesuveden pH:ta annostelemalla sitruunahappoliuosta altaaseen, kun arvo ylittää toimeksiantajan määrittämän ylärajan. Yläraja on säädetty melko korkealle, joten kehitysideana voisi olla pesualtaan veden pH:n mittaaminen käsin tietyin väliajoin, ja tarpeen mukaan sitruunahapon lisääminen manuaalisesti pesualtaaseen, mikäli pH-arvo nousee yli toimeksiantajan asetettaman tavoitteen ja suositellun pH-arvon 3–3,5 yli. Tuotteen pH:ta voitaisiin teoriassa myös säädellä lisäämällä leikattuun ja pestyyn salaattiin askorbiinihappoa (C-vitamiini) ennen pakkausta. Kyseistä hapettumisenestoainetta on käytössä muissa toimeksiantajan valmistamissa tuotteissa,

mutta tässä tapauksessa tulisi ensin vielä selvittää, millaisia toimenpiteitä täytyy mahdollisesti tehdä, ennen kuin elintarvikkeeseen voidaan lisätä C-vitamiinia, vaikka se tehtäisiin vain tuotteen säilyvyyden kannalta.

Toimeksiantajan kanssa päädyttiin, että hyviin tuloksiin vaikutti muun muassa se, että koejaksolle otetut pussit valikoitiin tarkasti siten, että pakkauskalvossa ei ollut virheitä esimerkiksi vuotavia saumoja. Myös raaka-aineen laadulla voi olla merkitystä säilyvyyden kannalta, joten tällaisella pienellä otannalla ei vielä voida todeta tietyn testatun parametrin absoluuttista vaikutusta tuotteen laatuun ja sen säilyvyyden parantamiseen. Yhtenä jatkokehitysehdotuksena on myös seurata raaka-aineen alkuperä ja elinkaarta, minkä perusteella voitaisiin pidemmän tarkkailuvälin jälkeen valikoida optimaalinen raaka-aineentoimittaja.

Lähteet

Adobe Stock, n.d. Vector of a leaf anatomy on a white background. Viitattu 3.5.2024. https://stock.adobe.com/images/vector-of-a-leaf-anatomy-on-a-white-background/133290215. Vaatii käyttäjätunnuksen.

Berry, P.E. n.d. Asterales plant order. Britannica. Viitattu 3.5.2024. https://www.britannica.com/plant/lettuce

Brown, J. & Williams, J. 2003. Packaged product quality and shelf life. R. Coles, D. Mcdowell, M.J. Kirwan (ed.) Food packaging technology. Blackwell Publishing Ltd. 65–94. Viitattu 15.4.2023 https://polymerinnovationblog.com/wp-content/uploads/2017/02/Food-Packaging-Technology.pdf

Coles, R. 2003. Introduction. R. Coles, D. Mcdowell, M.J. Kirwan (ed.) Food packaging technology. Blackwell Publishing Ltd. 1–31. Viitattu 15.4.2023. https://polymerinnovationblog.com/wp-content/uploads/2017/02/Food-Packaging-Technology.pdf

Dalian Yuanhe Paper & Plastic Co., Ltd. 2023. opp/cpp muovipussialan tiedot. Viitattu 18.5.2024. opp/cpp muovipussialan tiedot - Tieto (opppackagingbag.com)

Englund, K. 2020. Folaatti (foolihappo) on erityisen tärkeää alkuraskaudessa. Terveystalo. Tietopaketit, Folaatti. Viitattu 4.5.2024. https://www.terveystalo.com/fi/tietopaketit/folaatti

Eskin, N.A.M.; Ho, C, Shahidi, F. 2013. Browning Reactions in Foods. Biochemistry of Foods. 3. painos. Introduction. Viitattu 12.3.2024. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780080918099000066. Vaatii käyttäjätunnuksen.

Eurofins. 2024. Indicator Organism Testing: Reducing Costs and Time in Product Testing. Viitattu 25.5.2024. https://www.eurofinsus.com/food-testing/resources/indicator-organism-testing-reducing-costs-and-time-in-product-testing/

Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 1935/2004, annettu 27 päivänä lokakuuta 2004, elintarvikkeen kanssa kosketukseen joutuvista materiaaleista ja tarvikkeista ja direktiivien 80/509/ETY ja 89/109/ETY kumoamisesta. Viitattu 23.4.2024.

https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2004:338:0004:0017:fi:PDF

Evira. 2018. Eviran ohje 10501/2. Elintarvikkeiden mikrobiologinen näytteenotto ja analyysit. Ohje elintarvikeviranomaisille. Ruokavirasto. Viitattu 5.5.2024. https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/tietoa-meista/elintarvikevalvonta/eviran-ohje-10502_2.pdf

Gawlik-Diziki, U.; Złotek, U. & Michał Świeca. 2008. Characterization of polyphenol oxidase from butter lettuce (Lactuca sativa var. capitata L.). Food Chemistry. Volume 107. Issue 1. 129–135. Viitattu 4.5.2024. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814607007674?casa_token=k0niYu1OCE0AAAAA:ew8YhNBvBfcWfjGnH_aoXGz2EEbyYuNBOKwjzu23Gaie_B2_SVuUJmuccA8feUrwkmfSZ7y-Fw. Vaatii käyttäjätunnuksen.

Green City Farm. n.d. Jäävuorisalaatti – Butterhead lettuce
Lactuca Sativa var. capitata. Viitattu 3.5.2024.
https://greencityfarm.fi/naytemaa/jaavuorisalaatti-butterhead-lettuce/

Guan, H.; Sun, Y.; Hou, W.; Zhao, W.; Wang, P.; Zhao, S.; Zhao, X. & Wang, D. 2023. Infection behavior of Listeria monocytogenes on iceberg lettuce (Lactuca sativa var. capitata). Food Research International. Volume 165. Viitattu 5.5.2024. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0963996923000327. Vaatii käyttäjätunnuksen.

Iakimova, E. & Woltering, E. 2018. The wound response in fresh-cut lettuce involves programmed cell death events. National Library of Medicine. Viitattu 13.3.2024. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5994216/

Ibrahim, S.A.; Ayivi, R.D.; Zimmerman, T.; Siddiqui, S.A.; Altemimi, A.B.; Fidan, H.; Esatbeyoglu, T. & Bakhshayesh, R.V. 2021. Lactic Acid Bacteria as Antimicrobial Agents: Food Safety and Microbial Food Spoilage Prevention. Foods. Viitattu 5.5.2024. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8701396/

Kirwan, M.J. & Starwbridge J. 2003. Plastics in food packaging. In: R. Coles, D. Mcdowell, M.J. Kirwan (ed.) Food packaging technology. Blackwell Publishing Ltd. 174–240. Viitattu 24.4.2024 https://polymerinnovationblog.com/wp-content/uploads/2017/02/Food-Packaging-Technology.pdf

Kokkonen, S.; Nowak, A.; Veistola, S. & Vilkki, J. 2009. Lukion biologia. Solu ja perinnöllisyys. 1.–9. painos. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy. 9, 13–15, 49–53, 58–60.

Komission asetus (EY) N:o 10/2011, annettu 14 päivänä tammikuuta 2011, elintarvikkeiden kanssa kosketukseen joutuvista muovisista materiaaleista ja tarvikkeista (ETA:n kannalta merkityksellinen teksti). Viitattu 23.4.2024. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32011R0010&from=EN

Merck. n.d. Microbiological Analysis. Viitattu 5.5.2024. https://www.sigmaaldrich.com/FI/en/applications/food-and-beverage-testing-and-manufacturing/microbiological-analysis-for-food-and-beverage

Mota, V.; Lazado, C.; Eggen, M.L. 2022. Study validates the use of low peracetic acid doses in RAS. the fish site. Viitattu 4.6.2024. https://thefishsite.com/articles/study-validates-the-use-of-low-peracetic-acid-doses-in-ras

Plant cell Structure and Function. Opetusvideo kasvisolusta 2020. Basic Science Series English. Viitattu 13.3.2024. https://www.youtube.com/watch?v=HUN7Rrap2Jc

Poly Print. n.d. Oxygen Transmission Rate. Viitattu 24.4.2024. https://www.polyprint.com/understanding-film-properties/flexographic-otr/

Poly Print. n.d. Water Vapor Transmission Rate, Viitattu 7.5.2024. https://www.polyprint.com/understanding-film-properties/flexographic-wvtr/

Ruokavirasto. 2024. Salmonelloosi. Ruokavirasto. Viitattu 5.5.2024. https://www.ruokavirasto.fi/zoonoosikeskus/zoonoosit/bakteerien-aiheuttamat-taudit/salmonelloosi/

Ruokavirasto. 2023. Bacillus cereus. Ruokavirasto. Viitattu 25.5.2024. https://www.ruokavirasto.fi/elintarvikkeet/ohjeita-kuluttajille/ruokamyrkytykset/ruokamyrkytyksia-aiheuttavia-bakteereja/bacillus-cereus/

Ruokavirasto. 2023. Escherichia coli/EHEC (VTEC/STEC) ruokamyrkytysten aiheuttajana. Ruokavirasto. Viitattu 5.5.2024. https://www.ruokavirasto.fi/elintarvikkeet/ohjeita-kuluttajille/ruokamyrkytykset/ruokamyrkytyksia-aiheuttavia-bakteereja/escherichia-coli/

Ruokavirasto. 2023. Listeria monocytogenes. Ruokavirasto. Viitattu 25.5.2024. https://www.ruokavirasto.fi/elintarvikkeet/ohjeita-kuluttajille/ruokamyrkytykset/ruokamyrkytyksia-aiheuttavia-bakteereja/listeria/

Ruokavirasto. 2023. Staphylococcus aureus. Ruokavirasto. Viitattu 5.5.2024. https://www.ruokavirasto.fi/elintarvikkeet/ohjeita-kuluttajille/ruokamyrkytykset/ruokamyrkytyksia-aiheuttavia-bakteereja/staphylococcus-aureus/

Sumner, S.S. & Peters, D.L. 1997. Microbiology of Vegetables. Processing Vegetables. 1st Edition. Viitattu 5.5.2024. https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/9780203741863-5/microbiology-vegetables-susan-sumner-dianne-peters. Vaatii käyttäjätunnuksen.

Toivonen & Brummell, D. 2008. Biochemical bases of appearance and texture changes in fresh-cut fruit and vegetables. Postharvest Biology and Technology 48. Viitattu 12.3.2024. https://www-sciencedirect-com.ezproxy.turkuamk.fi/science/article/pii/S0925521407002888. Vaatii käyttäjätunnuksen.

Trias, R.; Bañeras, L.; Bdosa, E. & Montesinos, E. 2008. Bioprotection of Golden Delicious apples and Iceberg lettuce against foodborne bacterial pathogens by lactic acid bacteria. International Journal of Food Microbiology. Viitattu 5.5.2024. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18191266/

Vaclavik, V.A. & Christian, E.W. 2008. Essentials of Food Science. Third Edition. Viitattu 5.5.2024. https://k8449r.weebly.com/uploads/3/0/7/3/30731055/28_essentials_of_food_science-signed.pdf

Valpe, S.; Mahajan, P.V.; Rux, G.; Cvella, S. & Torrieri, E. 2018. Journal of Food Engineering. Volume 216. 132–137. Viitattu 12.3.2024. https://www-sciencedirect-com.ezproxy.turkuamk.fi/science/article/pii/S0260877417303333#bib9. Vaatii käyttäjätunnuksen.

Yritys X. 2024. Keskustelu. Yritys X:n myyntipäällikön kanssa keskusteli 16.2.2024 opinnäytetyöntekijä Jasmiini Huossa.

Zhou, J.; Li, P.; Wang, J. 2022. Temperature on the Photosynthesis Characteristics and Yield of Lettuce. Horticulturae 2022, 8, 178. Viitattu 12.3. 2024. https://www.mdpi.com/2311-7524/8/2/178