

Pekka Hänninen

Biohajoavan kartonkipakkauksen käyttöönotto

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Bio- ja elintarviketekniikka

Insinöörityö

4.5.2018

Tekijä Otsikko	Pekka Hänninen Biohajoavan kartonkipakkauksen käyttöönotto
Sivumäärä Aika	32 sivua + 2 liitettä 4.5.2018
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Bio- ja elintarviketekniikka
Ammatillinen pääaine	
Ohjaajat	Lehtori Mikko Halsas Yrittäjä Samuli Laurikainen
<p>Insinöörityössä selvitettiin, onko Snafu Oy:llä mahdollisuutta ottaa käyttöön biohajoavaa Aegle Barrier Plus -kartonkipakkausta muovisen tuotepakkauksen tilalle Silmusalaatti - tuotteelleen. Tiedettiin, että uuden pakkausmateriaalin käyttöönotto tulisi vaikuttamaan tuotantoprosessiin, joten insinöörityössä tuli selvittää, onko kartonkipakkauksen käyttöönotto mahdollista tuotantoteknisesti ja tuotelaadullisesti.</p> <p>Tässä insinöörityössä selvitettiin uuden pakkausmateriaalin vaatimat muutokset tuotteen versotusprosessiin sekä pakkausmateriaalin mahdolliset laadulliset vaikutukset silmusalaattiin. Muovinen kuluttajapakkaus osallistuu silmusalaatin versotusprosessiin, mutta uuden kartonkisen kuluttajapakkauksen myötä tiedettiin tämän prosessin vaiheen muuttuvan. Insinöörityössä testattiin vaihtoehtoinen ratkaisu silmusalaattien säilyttämiseen versotusprosessissa sekä dokumentoitiin koeversotuksissa tapahtuvat painonmuutokset. Painonmuutoksesta ja tuotteen värissä tapahtuvasta muutoksesta voitiin päätellä, oliko versotusprosessi onnistunut. Työssä tehtiin myös tuotteen laatua mittaavia testejä, joissa arviointiin silmusalaatin säilyvyyttä kartonkirasiassa. Tuotelaatutestissä käytettiin mittarina tuotteen massan muutosta ja sitä verrattiin muovirasiassa tapahtuvaan massan muutokseen. Työssä testattiin säilyvyyskokein myös lopuksi kaksi muuta kartonkipakkausvaihtoehtoa.</p> <p>Työssä saatiin selville, että prosessimuutos on tuotantoteknisesti mahdollinen, mutta tuotelaadullisesti silmusalaatti ei säily Aegle Barrier Plus -kartonkirasiassa. Työn tulosten perusteella voitiin päätellä, että biohajoavassa kartonkirasiassa barrier-kerros ei estä tarpeeksi silmusalaatin soluhengitystä ja näin ollen silmusalaatti kuivuu muutamassa päivässä, kun sitä säilytetään kyseisessä kartonkirasiassa.</p>	
Avainsanat	elintarvikepakkaus, biohajoava, barrier, kartonkipakkaus

Author Title	Pekka Hänninen Introduction of a biodegenerable cardboard box in process
Number of Pages Date	32 pages + 2 appendices 4 th of May 2018
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Biotechnology and Food engineering
Professional Major	
Instructors	Mikko Halsas, Senior Lecturer Samuli Laurikainen, Entrepreneur
<p>The thesis investigated whether Snafu Oy can introduce a biodegradable Aegle Barrier Plus cardboard box in place of a plastic packaging material for their product called Silmusalad. It was known that the introduction of the new packaging material would have an impact on the production process. It was necessary to find out whether the introduction of a cardboard box could be implemented in production and whether the implementation has a qualitative impact for product.</p> <p>This thesis defines the changes required for the growing process of the product by the new packaging material as well as the possible qualitative effects of the new packaging material on Silmusalad. The plastic consumer package material contributes to the Silmusalad sprouting process, but with the new cardboard consumer packaging, the stage of this process was known to change. An alternative solution for the preservation of Silmusalad in the sprouting process was tested, and the weight changes in the test distributions were documented. From the weight change and the change in the color of the product, it could be concluded whether the sprouting process was successful. Product quality based tests were also made to evaluate the stability of Silmusalad in the cardboard box. The product-based test used the change in the mass of the product as a measure, and compared it with the change in mass in plastic packaging material. Also, two other carton options were tested for stability.</p> <p>The thesis found that the process change is possible in the production process, but the product-quality of the Silmusalad will not survive in the Aegle Barrier Plus cardboard box. On the basis of the results of the work, it could be concluded that the barrier layer in the biodegradable cardboard box does not block enough cellular respiration of the plant cell and therefore the Silmusalad dries within a few days.</p>	
Keywords	biodegenerable, food packaging, barrier coating, cardboard

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Itu ja idättäminen	2
3	Lähtötilanne	3
3.1	Tuotantoprosessi	3
3.2	Elintarvikkeiden pakkaaminen	5
3.3	Nykyinen muovipakkaus	7
3.4	Asiakastoiveet ja tuotteen imago	9
4	Kartonkipakkaus	10
4.1	Kartonki	11
4.2	Pinnoitetut materiaalit	13
4.2.1	Nestepakkauskartonki	13
4.2.2	Biobarrier -materiaali	14
4.3	Kartonkipakkauksen ikkuna	14
4.3.1	Muovikalvojen ominaisuuksia	14
4.3.2	Biomateriaalien ominaisuuksista	15
5	Tutkimusongelmat	16
6	Työn kokeellinen osuus	18
6.1	Versotuskärry	18
6.2	Kehikkoratkaisu	19
6.2.1	Prototyypin testaus	20
6.2.2	Ensimmäinen koeversotus, tulokset ja havainnot	21
6.2.3	Toinen koeversotus, tulokset ja havainnot	23
6.3	Tuotelaadulliset testit	23
6.3.1	Ensimmäinen koeversotus, tuotelaadullinen osuus	24
6.3.2	Toinen koeversotus, tuotelaadullinen osuus	25
6.3.3	Lisätutkimukset eri kartonkivaihtoehdoilla	26
7	Tulosten arviointi	27
7.1	Prosessin toimivuus	27
7.2	Laadulliset vaikutukset	28

8	Yhteenveto	30
	Lähteet	31
	Liitteet	
	Liite 1. PE 500 -tuotekortti	
	Liite 2. Silmusalaatin massan muutoksen seurantataulukko	

Lyhenteet

Barrier	Estokerros
PE	Polyeteeni
PEHD	Korkeatiheyksinen polyeteeni
PS	Polystyreeni
TB	Tambrite-kartonki

1 Johdanto

Tämän työn tilaajana on Snafu Oy. Projektin taustalla on yrityksen halu siirtyä pois perinteisestä muovipakkauksesta biohajoavaan kartonkipakkaukseen. Kartonkipakkaukseen siirtymisen syynä on halu ottaa entistä enemmän huomioon muovipakkausten ympäristökuormitus sekä toisaalta yrityksen brändistrategia. Yrityksen tuotteilla (iduilla ja versoilla) on myönteinen imago ympäristökuormituksen kannalta, koska valmistettavat tuotteet ovat ravinnerikkaita, mutta kuitenkin vähän ympäristöä kuormittavia, nopean ja vähän energiaa vaativan valmistusprosessin ansiosta. Uusi pakkaus mahdollistaa myös kuluttajalle annettavan informaation lisäämisen, mikä tuo lisäarvoa siirryttäessä uuteen pakkausmateriaaliin.

Tämän insinööriyön tarkoituksena on selvittää, onko uuden kuluttajapakauksen käyttöönotto mahdollista sekä tuotantoteknisesti että tuotelaadullisesti. Uusi kuluttajapakkaus on tarkoitus valmistaa muoville vaihtoehtoisesta biohajoavasta kartonkimateriaalista. Uuden pakkausmateriaalin käyttöönotto vaikuttaa osaltaan Silmusalaatin kasvatusprosessiin, joten insinööriyössä on tarkoitus selvittää haasteet liittyen kasvatusprosessin vaiheisiin, joissa uuteen pakkausmateriaaliin siirtyminen vaatii muutoksia. Prosessin lisäksi tutkitaan uuden pakkausmateriaalin vaikutusta tuotteen säilyvyyteen ja aistinvaraiseen laatuun, massan muutoksen ja ulkonäön muutoksen kautta.

Snafu Oy on elintarvikealan yritys, joka valmistaa kuluttajapakattuja versosalaatti- ja itu-tuotteita, tuotemerkillä Silmusalaatti. Yritys itse määrittelee silmusalaatin olevan ”sekoite erilaisia versoja, jotka on kasvatettu siemenestä”. Kaikki Silmusalaatin tuotteet ovat luonnonmukaisesti tuotettuja ja luomusertifioituja. Yrityksen tuotantotilat sijaitsevat Vantaan Vaaralassa, missä tapahtuu koko kasvatus- ja pakkausprosessi, siemenistä kuluttajapakkaukseen saakka. Tuotteiden kauppanimet ovat Silmusalaatti Alfalfa, Silmusalaatti Tulinen, Silmusalaatti Parsakaali ja Silmusalaatti Rouskuva. Näistä neljästä Rouskuva eroaa muista tuotteista siten, että sitä ei ole kasvatettu versoiksi asti, vaan tuote on jätetty iduiksi. Alfalfa, Tulinen ja Parsakaali on idätetty versoiksi. Alfalfa on sekoite puna-apilaa ja sinimailasta, näistä sinimailanen tunnetaan myös nimellä alfalfa. Silmusalaatti Tulinen on sekoite retikan, sinimailasen ja puna-apilan versoja. Parsakaalissa sekoite on 50 % parsakaalin versoja ja 50 % sinimailasen ja puna-apilan versoja. Näin ollen kaikissa versosalaattituotteissa pohjana on sinimailasen ja puna-apilan sekoite. Nämä kolme tuo-

tetta myös poikkeavat Rouskuvasta kasvatusprosessin muiltakin osin. Kasvatusprosessista on kerrottu tarkemmin luvussa 4. Silmusalaatti Rouskuva on herneen, sekä punaisen- ja vihreänlinssin ituja. Rouskuvassa herneitä ja linssejä ei ole kasvatettu versoiksi asti. [1.]

Biohajoavan kartonkipakkauksen käyttöönotto on tarkoitus toteuttaa ensimmäisessä vaiheessa ainoastaan tuotemerkeille Alfalfa, Tulinen ja Parsakaali, joten insinööriyössä ei käsitellä Rouskuvan kasvatus- eikä pakkausprosesseja.

2 Itu ja idättäminen

Euroopan komission täytäntöönpanoasetuksen N:o 208/2013 mukaan:

Iduilla tarkoitetaan tuotteita, jotka saadaan idättämällä siemeniä ja antamalla niiden kehittyä vedessä tai muussa liuoksessa ja joiden sato korjataan ennen varsinaisten lehtien kehittymistä ja jotka on tarkoitettu syötäväiksi kokonaisina siemen mukaan luettuna [4].

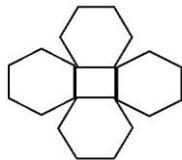
Idättämisellä tarkoitetaan prosessia, missä siemeniä kasvatetaan kosteassa ja lämpimässä olosuhteessa ja sato korjataan ennen varsinaisten lehtien kehittymistä [2; 3. s. 233].

3 Lähtötilanne

Tässä luvussa käsitellään Silmusalaatin nykyistä tuotantoprosessia versotuotteiden osalta. Teoriatasolla käsitellään elintarvikkeiden pakkaaminen, ja lisäksi käydään läpi nykyisen kuluttajapakkauksen ominaisuudet.

3.1 Tuotantoprosessi

Silmusalaattien raaka-aineina käytetään vain siemeniä ja vettä. Silmusalaateissa käytettävät siemenet ovat idätyskäyttöön tarkoitettuja ja mikrobiologisesti testattuja [1]. Tämän lisäksi siemenet pastöroidaan ennen kasvatuksen aloittamista 75 °C:n lämpötilassa noin 20 sekunnin ajan. Pastöroinnin jälkeen siemenet huuhdellaan ja jäädytetään, minkä jälkeen siemenet ovat valmiina rumpukasvatukseen. Kasvatuksessa on kolme vaihetta: idätys, versotus ja pakkaus. Idätysvaiheessa siemeniä idätetään niin sanotuissa idätysrummuissa, missä tietokoneohjelma valvoo mm. ilman lämpötilaa, kosteutta ja virtausnopeutta sekä veden lämpötilaa. Yksi idätysrumpu koostuu neljästä lohkoista. Idätysrummun rakenne edestä katsottuna näkyy kuvassa 1.



Kuva 1. Idätysrummun rakenne edestä katsottuna

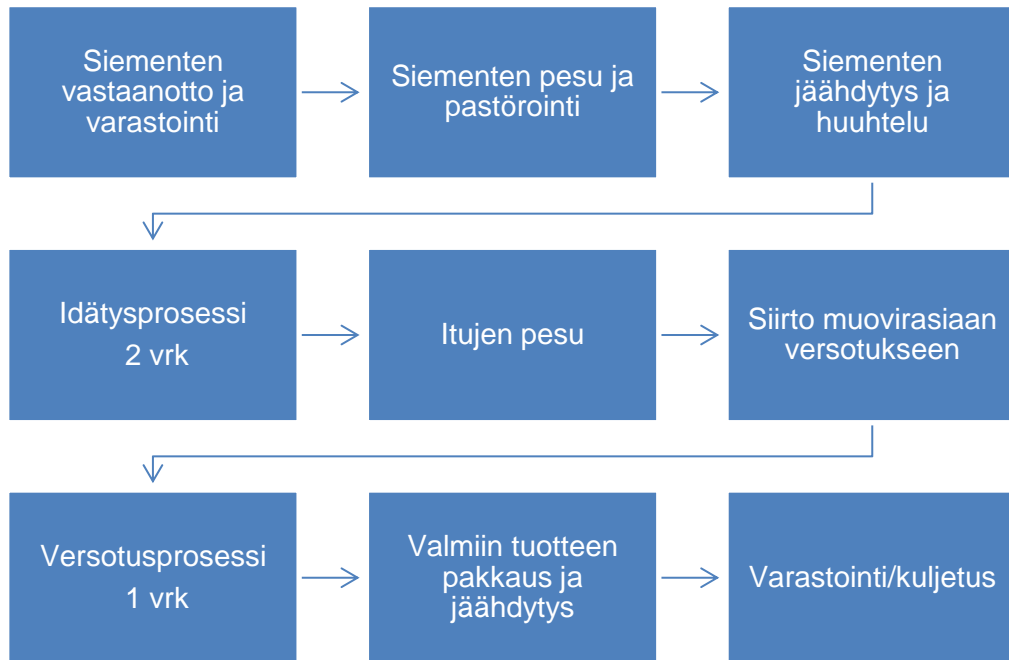
Idätysvaihe kestää kaksi vuorokautta, ja ennen versotusvaiheeseen siirtymistä idätetyt versot kulkevat pesulinjaston läpi, missä versot puhdistuvat ja itämättömät siemenet erottuvat iduista. Versotukseen siirrossa idut siirretään muoviseen kuluttajapakkaukseen, missä versot kasvavat lopulliseen kokoonsa Silmusalaatiksi sekä saavat vihreän värin. Nykyisessä kasvatusprosessissa tuotteen loppukasvatus eli versotus tapahtuu myyntivalmiissa kuluttajapakkauksessa.

Muovinen kuluttajapakkaus mahdollistaa Silmusalaattien kastelun rasiassa. Uuden kuluttajapakkauksen myötä tämä ei ole enää mahdollista, koska versotusprosessissa ituja kastellaan runsaasti ja voidaan todeta, ettei kartonkipakkaus kestä näin runsasta vettä. Versotuksessa muovirasiat on sijoitettu niin sanotun tarjottimen päälle. Yhteen tarjottimeen mahtuu 30 muovirasiaa. Tarjottimet sijoitetaan ns. versotuskärryyn, johon mahtuu maksimissaan 20 tarjotinta useaan kerrokseen. Yhdessä versotuskärryssä pystytään versottamaan tämän hetkisessä prosessissa 600 rasiaa Silmusalaattia. Kuvassa 2 näkyy ituja versotuksessa.



Kuva 2. Ituja versotuksessa.

Versotusvaiheessa silmusalaatteja kastellaan ja ne saavat valoa, minkä ansiosta versot aloittavat yhteyttämisen ja muuttuvat vihreiksi. Versotusvaihe kestää yhden vuorokauden. Pakkausvaiheessa Silmusalaatit suljetaan käsin kansilla, etiketöidään koneellisesti, pakataan kuljetuslaatikoihin ja jäähdytetään vakuumijäähdytyslaitteistolla, ennen siirtoa varastointikylmiöön odottamaan jatkologistiikkaa. Kokonaisprosessi on esitetty kaaviona kuvassa 3.



Kuva 3. Silmusalaattien valmistuksen kokonaisprosessikaavio

Tässä insinööriyössä keskitytään vain prosessin vaiheisiin versotukseen siirrosta tuotteen pakkaamiseen.

3.2 Elintarvikkeiden pakkaaminen

Yleiset vaatimukset elintarvikkeen pakkaukselle ovat, että pakkaus suojaa tuotetta likaantumislta, mikrobisaastumiselta, hapen ja valon vaikutukselta, kosteuden siirtymiseltä, vierailta hajuilta ja mekaanisilta vaurioilta. Elintarvikepakkauksen pakkausmerkintöjen tulee olla asianmukaisia ja sisältää vähintään lainsäädännön vaatimat seikat. Näiden lisäksi pakkauksen tulee myös esitellä ja myydä tuotetta. [5, s. 51].

Euroopan Parlamentin ja neuvoston asetuksessa N:o 1935/2004 elintarvikkeiden kanssa kosketukseen joutuville materiaaleille ja tarvikkeille vaaditaan seuraavaa:

1. Materiaalit ja tarvikkeet, myös aktiiviset ja älykkäät materiaalit ja tarvikkeet, on valmistettava hyvää valmistustapaa noudattaen niin, että niistä ei tavallisissa tai ennakoitavissa käyttöolosuhteissa siirry ainesosia elintarvikkeeseen sellaisia määriä, jotka voisivat:

- a) vaarantaa ihmisten terveyden tai
- b) aiheuttaa sopimattomia muutoksia elintarvikkeen koostumukseen tai
- c) aiheuttaa elintarvikkeen aistinvaraisten ominaisuuksien heikentymistä.

2. Materiaalin tai tarvikkeen merkinnät, mainonta ja esillepano eivät saa johtaa kuluttajia harhaan. [6]

Elintarvikepakkauksen on myös oltava ympäristöä säästävä ja täytettävä lainsäädännön vaatimukset tähtäen osin. Oikein valitulla pakkausmateriaalilla ja pakkaustavalla on suuri vaikutus elintarvikkeen laatuun ja säilyvyyteen vaikuttaviin tekijöihin.

Kasvien pakkaaminen

Elintarvikepakkauksen tärkeimpiä tehtäviä on säilyttää tuote aistittavilta, mikrobiologisilta ja ravitsemuksellisilta ominaisuuksiltaan ja laadultaan moitteettomassa kunnossa. Esimerkiksi tuoreita, kypsentämättömiä kasviksia ei tule koskaan säilyttää täysin hapettomissa olosuhteissa, koska niiden on saatava jatkaa soluhengitystään. Mutta esimerkiksi kasvien, kuten myös marjojen, hedelmien ja sienienkin, säilyvyys paranee, mikäli happitasoa lasketaan normaalin ilman tasoa alemmaksi. Voidaan sanoa, että soluhengitys on sisäinen syy kasvien pilaantumiseen ja aiheuttaa virrehajun ja maun muodostumista sekä ulkonäkövirheitä. Soluhengitys vaatiikin tuotepakkaukselta sopivasti happea ja hiilidioksidia läpäisevän pakkausmateriaalin. Soluhengitys on suurinta kasvavilla osilla, kuten salaattituotteilla, mutta varastokypsät kasvikset ja juurekset tarvitsevat vähemmän happea. Varastoimistappioiden välttämiseksi soluhengitys pyritään pitämään niin vähäisenä kuin mahdollista kuitenkin solua tappamatta. Tähän päästään alentamalla lämpötilaa ja myös muuttamalla ympäröivän kaasun koostumusta. Hapen vähentäminen ja hiilidioksidin lisääminen hidastavat soluhengitystä. Näihin muutoksiin kaasu-koostumuksissa päästään esimerkiksi käyttämällä sopivasti happea ja hiilidioksidia läpäiseviä pakkauskalvoja, jolloin happipitoisuus automaattisesti vähenee ja hiilidioksidipitoisuus lisääntyy soluhengityksen ansiosta. Pakkausmateriaalin tulee myös läpäistä hengityksessä pieniä määriä syntyviä orgaanisia kaasuja, kuten eteeniä, asetaldehydiä ja

asetonia. Näiden lisäksi materiaalin vesihöyrynläpäisevyyden tulee olla alhainen tuotteen nahistumisen estämiseksi. [5, s. 53–54, 56]

3.3 Nykyinen muovipakkaus

Nykyinen Silmusalaatin tuotepakkaus on valmistettu polystyreenistä (PS 6), joka on yleinen materiaali kertakäyttötuotteissa edullisen hintansa vuoksi. Styreenin polymeroinnissa saadaan valmistettua kirkasta, jäykkää ja kovaa muovia, joka on kuitenkin suhteellisen haurasta [7]. Tuotepakkaus koostuu rasia- ja kansiosasta, johon kiinnitetään tuotetiedot sisältävä tarra. Itse pakkaus on kokonaisuudessaan läpinäkyvää kirkasta muovia, mikä mahdollistaa tuotteen hyvän näkyvyyden asiakkaalle ja osaltaan myös lisää tuotteen yhteyttämistä pakkaamisprosessin jälkeen, jolloin Silmusalaatin vihreä väri voi vielä voimistua tuotteen ollessa jo myymälässä. Kuvassa 4 on esitetty pakkauksen rasia ja kansiosat.



Kuva 4. Muovirasia. Rasiaosa ja kansi erillään.

Muovipakkauksen pinta-ala on rasiaosan pohjasta 85 mm x 85 mm ja yläreunasta 100 mm x 100 mm. Rasia on siis kartion mallinen, ylöspäin levenevä ja sen kokonaiskorkeus kansi suljettuna on 100 mm. Muovirasiaan pakattuna Silmusalaatille on annettu painolupaus 110 g.

Muovipakkauksen pohjassa on reikiä, jotka parantavat ilman kiertämistä pakkauksessa. ja osaltaan lisäävät tuotteen hyllyikää. Muovipakkauksen hyviä puolia on ollut sen toimivuus tuotteen suhteellisen pitkän myyntiajan takaamiseksi, sillä silmusalaatille on muovirasiaan pakattuna annettu 14 vuorokauden säilyvyys. Polystyreenin hyvät ominaisuudet onkin olleet omiaan takaamaan tuotteelle säilyvyyden kuluttajapakkauksessa, vaikka polystyreenituotteilla lähteen mukaan on sekä korkea vesihöyryn että hapen läpäisevyys [5, s. 95]. Kuvassa 5 on esitetty silmusalaatti muovirasiaan pakattuna.



Kuva 5. Muovirasia pakattuna. Kannen sisäpinnalla näkyy kondensoitunutta vettä.

Pakkaus on ohutta suhteellisen haurasta muovia, eikä sinällään kovin kestävä. Muovirasian erityisen huonona ominaisuutena on sen herkkä taipumus haljeta joltain sivulta, jolloin tuotepakkaus ei enää toimi optimaalisella tavalla. Nykyisen pakkauksen haasteena on ollut sen herkkä rikkoutuminen. Erityisesti kuluttajien käsittelyssä tuotepakkaus on koettu liian herkäksi. Muovipakkauksen kansi on ollut yksi ongelmakohtista, ja se on irronnut herkästi esimerkiksi kuluttajan ostoskassissa tai pakkauksen pudottua maahan. Tuotepakkaus onkin saanut jonkin verran palautetta kuluttajilta liittyen sen kestävyys. Taulukossa 1 on esitetty nykyisen tuotepakkauksen etuja ja haittoja.

Taulukko 1. Polystyreenirasian edut ja haitat

Edut	Haitat
mahdollistaa hyvän säilyvyyden	materiaalin ympäristöhaitta
edullinen hankintakustannus	heikko kestävyys/hauras rakenne
voi osallistua versotusprosessiin	kansi irtoaa helposti
tuotteen hyvä näkyvyys asiakkaalle	materiaalin imagollinen vaikutus
	pakkaamisprosessin hitaus

3.4 Asiakastoiveet ja tuotteen imago

Kuten aiemmissa luvuissa on mainittu, tuote asettaa pakkaukselle tiettyjä fysikaalisia vaatimuksia säilyvyyden kannalta. Tuotepakkauksella on kuitenkin muitakin vaatimuksia kuin pelkästään tuotteen säilyminen, se on myös tärkeä osa yrityksen brändiä ja tunnistettavuutta. Viime aikoina muovi ja varsinkin muoviset pakkaukset ovat herättäneet paljon keskustelua ja kertakäyttömuovia on alettu välttämään monilta osin ja pakkauksille haetaan aktiivisesti ympäristöystävällisempiä vaihtoehtoja. Muovin keräys on yksi ratkaisu muoviroskan vähentämiseksi ja muovin kertakäyttöisyyden poistamiseksi sekä kiertotalouden parantamiseksi. Myös Snafu Oy:n vastaanottamissa asiakaspalautteissa on viime aikoina esiintynyt kritiikkiä yrityksen muovipakkausta kohtaan. Palaute on koskenut yleisesti muovia materiaalina ja pakkauksen ympäristövaikutuksia, mutta myös muovipakkauksen huonoa kestävyttä. Snafu Oy on halunnut ottaa haasteen vastaan ja alkanut aktiivisesti etsiä omalle tuotteelleen ekologisempaa kuluttajapakkausta.

4 Kartonkipakkaus

Uusi tuotepakkaus on ensisijaisesti tarkoitettu valmistaa täysin biohajoavasta Aegle Barrier Plus -kartongista, jossa on selluloosa-asetaatista tehty ikkunakalvo. Kyseinen kartonki on niin sanottu suojakerroskartonki, jossa on hyvin kosteutta ja rasvaa kestävä vesipohjainen dispersiopäällyste [8]. Ilman barrier-kerrosta Silmusalaatti ei säily kartonkipakkauksessa.

Barrier-kerros estää veden haihtumista pakkausmateriaalin läpi sekä vaikuttaa pakkauksen kaasukoostumukseen ja näin ollen mahdollistaa tuotteen säilymisen tuotepakkauksessa. Uusi tuotepakkaus koostuu yhdestä muotoon leikatusta taiteltavasta osasta, jossa pakkauksen kansi muodostaa lipan pakkauksen päälle. Pakkauksessa ilma pääsee kiertämään pohjassa olevien taitteiden sekä kannen ja muun pakkauksen väliin jäävien rakojen kautta. Kartonkipakkauksessa on yhdellä sivulla kanteen yltävä ikkuna, mitä kautta silmusalaatti näkyy asiakkaalle. Tämä ikkuna on tarkoitettu olla muun pakkauksen ohella biohajoavaa materiaalia. Kuvassa 6 on esitetty kartonkipakkaus varastointimuodossa, kuvassa näkyy kartonkipakkauksen ikkunan malli.



Kuva 6. Kartonkipakkaus varastointimuodossa

Kartonkipakkaukseen voidaan painaa enemmän tuoteinformaatiota ja mainontaa verrattuna muoviseen rasiaan. Kartonkipakkauksen mahdollistama tuotetietojen lisääminen ja yrityksen brändin esille tuominen on omalta osaltaan myös vauhdittanut yrityksen halua

siirtyä kartonkipakkaukseen. Kuvassa 7 on esitetty kartonkipakkaus koottuna ilman painatusta.



Kuva 7. Kartonkipakkaus koottuna.

4.1 Kartonki

Pääpiirteiltään kartongin valmistus ei eroa paperin valmistuksesta. Paperi on yleensä yksikerrostuote, kartonki puolestaan on valmistettu useasta eri kuitukerroksesta. Monikerrosrakenteen avulla voidaan kartonki optimoida vaikuttamalla kuhunkin kerrokseen erikseen niin raaka-aineen käytön kuin kartongin laadunkin suhteen. Kartongin keskeisiä ominaisuuksia painettavuuden ohella on sen jäykkyys. Kartonki eroakin paperista korkeamman neliömassan suhteen, jonka vuoksi kartonki on paksumpaa ja jäykempää kuin paperi. Kartongin neliömassa on yleensä 150–600 g/m². Sen sijaan raskaita, usein kartongista liimaamalla laminoituja tuotteita kutsutaan pahveiksi. Vaikka selvää rajaa paperin ja kartongin välille ei voidakaan vetää, voidaan kuitenkin todeta, että paperista poiketen kartonkia käytetään lähinnä vain pakkaustarkoituksiin. [9, s. 8–9]

Kartonki on kierrätyskelpoinen materiaali ja sitä kerätään Suomessa erillisellä kartonginkeräyksellä. Kartonkikeräykseen kelpaa muun muassa seuraavat materiaalit: kartonkiset

nestepakkaukset, kuten mehu- tai maitotölkit (myös alumiinivuoratut), kartonkipakkaukset, paperipussit ja -kassit, aaltopahvi ja voimapaperi [10].

Kartonkimateriaalin etuna voidaan pitää sen toimivuutta kaupan hyllyssä. Kartonkikotelo pysyy hyvin pystyssä ja painettu kuva sekä tekstit ovat helposti havaittavissa. Kartonki valmistetaan myös uusiutuvista luonnonvaroista ja on näin ympäristömyönteisempi kuin esimerkiksi fossiilisesta polttoaineesta valmistettu muovipakkaus.

Sisäpakkaukartongit

Kartonkipakkaukset on tehty pahviarkeista, jotka on leikattu ja suunniteltu taiteltavaksi haluttuun muotoon. Pakkaukset varastoidaan litistettynä ja muotoillaan vasta pakkausvaiheessa. Taitettavia kartonkipakkauksia on monista eri materiaaleista ja monilla ominaisuuksilla. [11, s. 183.]

Kuluttajapakkauksiin tarkoitetut kartongit voidaan jakaa neljään pääluokkaan:

- sellukartonki (SBS = Solid Bleached Sulphateboard tai SBB = Solid Bleached Board)
- valkopintainen keräyskuitukartonki (WLC = White Lined Chipboard)
- taivekartonki (FBB = Folding Box Board)
- valkaisuamaton sellukartonki (CNK = Coated Natural Kraft)

Sellukartonki (SBS) sisältää vain valkaistua lehti- ja havupuumassaa. Pohjoismaissa SBS on monikerroskartonkia, muualla usein yksikerroskartonkia. Sellukartongin käyttökohteita ovat esimerkiksi nestepakkaukset, juomakupit ja lautaset. Valkopintaista keräyskuitukartonkia kutsutaan myös uusiokartongiksi. Rakenteeltaan se on monikerroskartonkia, jonka pinta on valkaistua sellua ja sisäosissa on kierrätyskuitua. Valkopintaista keräyskuitukartonkia käytetään pääosin samoihin tarkoituksiin kuin taivekartonkia, mutta sisältämänsä uusiomassan vuoksi sen käytölle elintarvikepakkauksiin on tiettyjä rajoituksia. Taivekartonkia käytetään elintarvike-, kosmetiikka-, alkoholi-, lääke- ja savukepakkauksiin sekä erilaisten kotitaloustavaroiden pakkaamiseen. Taivekartongilta vaaditaan sekä ulkonäköön liittyviä että toiminnallisia ominaisuuksia. Käyttötarkoituksiinsa nähden kartongilla on oltava muun muassa riittävä jäykkyys. Etenkään elintarvikekäyttöön tarkoitettu pakkauksesta ei saa myöskään irrota tuotteeseen vierasta hajua tai makua, eikä mitään haitallisia aineita. Jäykkyyden ja puhtauden lisäksi pakkauksen ulkonäkö on

erittäin tärkeä. Neljästä mainitusta kartonkiluokasta valkaisuaton sellukartonki on yleensä yksikerroskartonki. [9, s. 72–73]

4.2 Pinnoitetut materiaalit

Kartonkiin voidaan myös lisätä niin sanottu barrier-kerros, mikäli pakattava tuote vaatii pakkaukselta esim. rasvan tai kosteuden kestoa. Tällöin kartonki voidaan päällystää sopivalla polymeerillä, joko yksi- tai kaksipuoleisesti. Yleisimmin käytetään tapaa, missä kartonki päällystetään erillisessä jalostusvaiheessa sisäpuolelta polyeteenikerroksella. Polyeteenikerros saa aikaan kosteussuojan ja johonkin mittaankin myös rasvankeston. Mikäli pakkaukselta vaaditaan myös lämmönkestoa, käytetään polypropeenipäällystettä. Päällysteitä voidaan myös valmistaa niin sanottuina dispersioina. Dispersiolla tarkoitetaan sitä, että tiettyyn faasiin sekoittuu jokin toinen faasi. Dispersiopäällystys on kehitetty korvaamaan tavanomaisia ekstruusiopäällystyksiä, kuten polyeteenipäällystystä. [12, s. 7–8].

4.2.1 Nestepakkaukskartonki

Kun puhutaan pinnoitetuista, erityisiä ominaisuuksia tuotteen säilyvyydelle vaativista kartonkipakkauksista, puhutaan yleensä nestepakkaukskartongista. Nestepakkaukskartongin keskeisiin ominaisuuksiin kuuluvat sen lujuus sekä kaasuilta, aromeilta, kosteudelta ja nesteiltä suojaavat ominaisuudet. Läpäisemättömyysominaisuuksista puhuttaessa käytetäänkin termiä barrier-ominaisuudet, ja nämä ovat erityisen tärkeitä elintarvikkeita pakkattaessa. Useimmiten riittävän suojan antaa kuitenkin vain erillisessä jalostuskoneessa kartonkiin liitetty muovikalvo, laminoitu alumiinifolio, vahakäsittely tai erikoislakkaus. Elintarvike- ja nestepakkausten täytyy olla elintarvikkeille turvallisia, eikä niistä saa siirtyä elintarvikkeeseen selvästi havaittavaa vierasta makua, hajua tai väriä. Pakkausmateriaalin tulee myös olla mikrobiologisesti puhdas. Ensikuitu täyttää nämä vaatimukset, mutta kiertokuitu ei saisi olla suorassa kontaktissa itse tuotteeseen, koska ensikuituun verrattuna kiertokuitu sisältää jopa satojatuhansia kertoja enemmän mikrobeja. Nestepakkaukskartonki on joko valkaistua tai valkaisuamatonta yksi- tai kolmikerroskartonkia. Kartonki päällystetään jatkojalostuksessa molemmin puolin ohuella polyeteenifilmillä (PE). Muovifilmi estää nestepakkauksen vuotamisen. [9, s. 76.]

Nestepakkauskartongit kierrätetään Suomessa normaalin keräyskartongin seassa. Muovin erottaminen kierrätettävästä puukuidusta vaatii kuitenkin erityisen prosessin, jota ei ole joka kierrätyslaitoksessa. [8.]

4.2.2 Biobarrier -materiaali

Perinteisesti biopohjaiset materiaalit ovat olleet barrier-ominaisuuksiltaan heikkoja, varsinkin korkean kosteuspitoisuuden omaavien tuotteiden pakkausmateriaaleina. Tämän vuoksi biopohjaisiin materiaaleihin on jouduttu lisäämään synteettinen polymeerikalvo. [11, s. 74.] Suomalainen Kotkamills Oy on kuitenkin kehittänyt täysin biohajoavaa suoja-kerroskartonkia elintarvikekäyttöön. Kotkamillsin suojakerroskartongissa on vesipohjainen dispersiopäällyste, jonka ansiosta kartongin voi kierrättää paperijätteen mukana tai kompostoida [8].

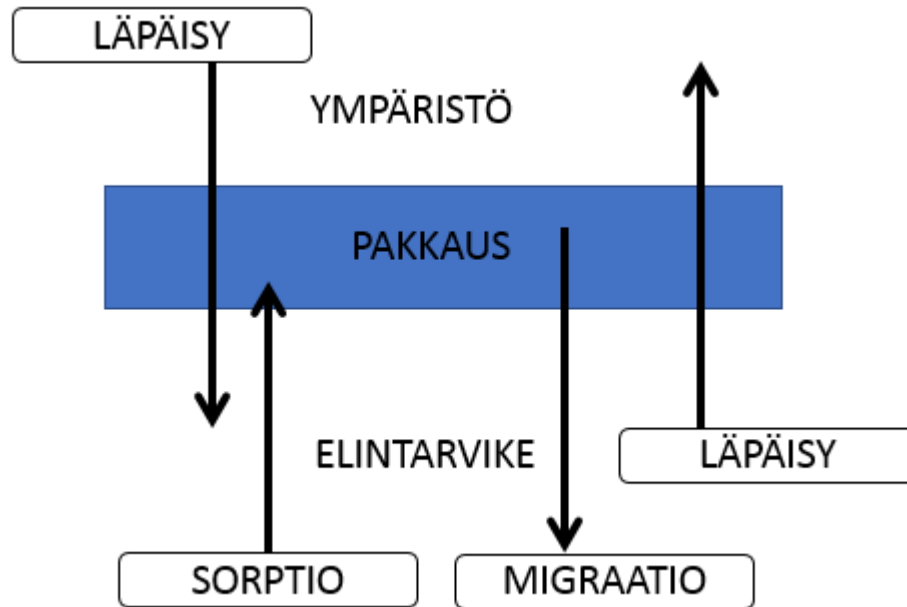
4.3 Kartonkipakkauksen ikkuna

Kuten edellä kerrottiin, uudessa kartonkipakkauksessa on yhden sivun mittainen ikkuna. Ikkunakalvomateriaalin on tarkoitus olla biohajoavasta materiaalista valmistettu. Kahdessa seuraavassa luvussa on käsitelty muovikalvon ominaisuuksia elintarvikepakkauksessa, biohajoavia materiaaleja yleisesti sekä lyhyesti selluloosa-asettiin ominaisuuksia.

4.3.1 Muovikalvojen ominaisuuksia

Muoveista valmistetuissa elintarvikepakkauksissa, mukaan lukien kalvot, tapahtuu neljää erilaista elintarvikkeen laatuun vaikuttavaa aineiden liikkumista, joita ovat läpäisy pakkauksen läpi sekä elintarvikkeesta että ympäristöstä päin, migraatio ja sorptio. Näiden periaate on esitetty kuvassa 8. Jos hapen osapaine pakkauksen ympäristössä on suurempi kuin pakkauksen sisällä, pyrkii happi tasoittamaan pakkauksen ulko- ja sisäpuolella olevat osapaineet liikkumalla pakkausmateriaalin läpi. Hapen lisäksi polymeerimatriisissa liikkuvina aineina voivat olla eri kaasut, höyryt, nesteet tai muut matriisiin liukenevat aineet. Epähomogeenisessä polymeerikalvossa pienet molekyylit voivat kulkea kalvon läpi kalvossa olevien huokosten ja mikromeikien läpi. Molekyylien kulkeutumista

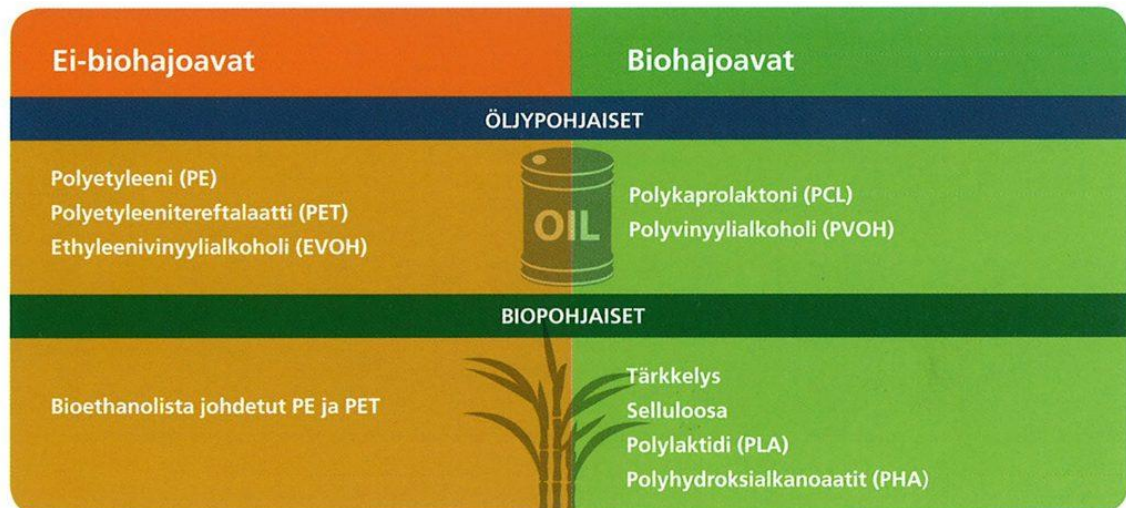
kalvon läpi voidaan kuitenkin välttää tekemällä monikerroskalvoja tai paksumpia kalvo-rakenteita. Useimmissa polymeereissä kalvon läpi kulkevat mikroreiät häviävät, jos kal-von paksuus on noin 25 mikrometriä. [5, s.118.]



Kuva 8. Aineiden liikkuminen pakkausmateriaalissa [5, s.118].

4.3.2 Biomateriaalien ominaisuuksista

Biopohjaisten ja biohajoavien materiaalien käyttö on viime vuosina laajentunut ja näiden materiaalien kehityksessä on tapahtunut paljon edistystä. Näistä materiaaleista puhutta-essa on hyvä erottaa termien biopohjainen ja biohajoava merkitykset. Biopohjainen ma-teriaali ei välttämättä ole biohajoavaa eikä biohajoava materiaali ole välttämättä biopoh-jaista. Nykyään voidaan valmistaa esimerkiksi kasvipohjaisesta etanolista biomuoveja, jotka käyttäytyvät kuin öljypohjaiset muovit, jolloin puhutaan biopohjaisesta materiaa-lista. Samaten biohajoaviksi materiaaleiksi määriteltäviä muoveja voidaan nykyään val-mistaa myös öljypohjaisista raaka-aineista. Oman ryhmänsä muodostavat kuitenkin niin sanotut biopohjaiset biohajoavat tuotteet. [13.] Asiaa on selvennetty kuvassa 9.



Kuva 9. Muovien jaottelua raaka-ainepohjan mukaan biohajoaviin ja ei-biohajoaviin [16].

Biohajoava materiaali määritellään aineeksi, joka kohtuullisessa ajassa hajoaa, joko bakteerien entsyymitoiminnan tai hydrolyyttisen hajoamisen seurauksena [14, s.13].

Selluloosa-asetaatti

Biohajoavassa Aegle Barrier Plus -kartonkipakkauksessa on selluloosa-asetaatista valmistettu ikkunakalvo. Selluloosa-asetaatti on amorfinen, termoplastinen ja hyvin ohut materiaali, joka kuuluu selluloosaestereiden ryhmään. Selluloosa-asetaatin valmistus koostuu kolmesta osasta, selluloosan esikäsitteystä, asetyloinnista ja hydrolyysistä. Materiaalina sitä voidaan käyttää esimerkiksi biohajoaviin muoveihin, komposiitteihin, laminaatteihin, optisiin filmeihin ja erotuskalvoihin. [15, s. 37.] Selluloosa-asetaatilla on korkea vesihöyryn- ja kaasujenläpäisevyys arvo, minkä takia sitä on käytetty tuoreiden hedelmien ja vihannesten pakkausmateriaalina. [11, s. 66.]

5 Tutkimusongelmat

Uuteen pakkausmateriaaliin siirryttäessä tiedettiin tämän vaikuttavan kasvatusprosessin versotusvaiheeseen. Versotusvaiheessa silmusalaatit eivät enää voi olla kuluttajapakkausissa, koska kartonkipakkaus ei kestä versotuksen vaatimaa kasteluprosessia, piti ratkaista kaksi keskeistä ongelmaa:

- Miten prosessia muutetaan, kun versotus ei enää tapahdu kuluttajapakkausissa?

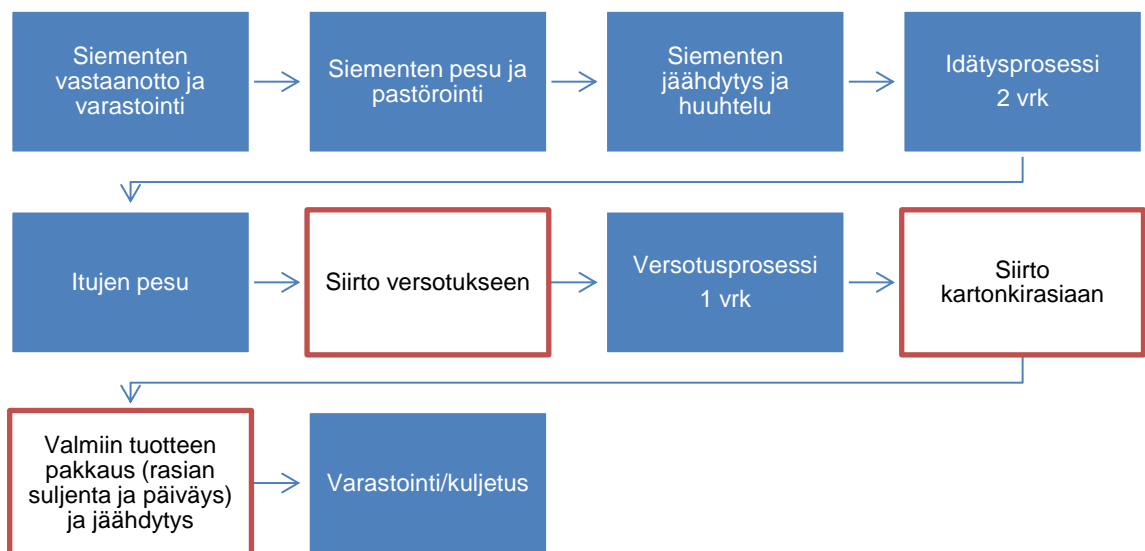
- Vaikuttaako prosessin muutos tuotteen laatuun, ja jos vaikuttaa, niin missä kohtaa prosessia?

Tuotantotekniset muutokset ja tuotelaadulliset haasteet

Tuotteen versotusvaihe ei siis enää ole mahdollinen kuluttajapakkauksessa. Tämä vaikuttaa prosessiin siten, että versotusvaiheeseen siirryttäessä versoja ei enää siirretä muovirasiaan, vaan tilalle täytyi keksiä jokin muu ratkaisu. Vasta versotusvaiheen jälkeen valmiit Silmusalaatit siirretään kartonkirasiaan. Käytännössä prosessiin tulee kolme muutosta:

- Itujen pesun jälkeen versot siirretään johonkin muuhun kuin muovirasiaan versotusta varten.
- Versotuksen jälkeen Silmusalaatit siirretään kuluttajapakkaukseen.
- Tuotteen pakkausprosessi muuttuu.

Muutosten vuoksi prosessiin tulee yksi työvaihe lisää: Silmusalaattien siirto versotuksesta kuluttajapakkaukseen. Uusi silmusalaattien valmistuksen kokonaisprosessikaavio on esitetty kuvassa 10.



Kuva 10. Tuotantotekninen muutos silmusalaatin valmistuksen kokonaisprosessissa.

Prosessimuutoksilla arvioitiin olevan tuotelaadullisesti seuraavia haasteita:

- Vaikuttaako versotusprosessin muutos tuotteen laatuun?
- Vaikuttaako kartonkipakkaus tuotteen laadullisiin ominaisuuksiin heikentävästi?

6 Työn kokeellinen osuus

Koska uutta pakkausmateriaalia käytettäessä versotusvaihetta ei enää voi toteuttaa kulluttajapakkauksessa, tuli miettiä uusi vaihtoehto tai prosessi versotusvaiheelle. Potentiaalisin vaihtoehto oli jonkinlainen kehikko, joka olisi joko kertakäyttöinen tai uudelleen käytettävä. Kehikon rakenne olisi sellainen, että se mahdollistaa versosalaattien kasvun valmiiksi paakuksi omassa kasvatuskehikon *lokerossa*. Lähtökohtaisesti ajatus oli, että kehikossa olisi pohja ja itse kehikko-osa olisi erillinen. Kertakäyttöisyyden etuna ajateltiin pesuprosessin poisjäämistä ja mahdollista tilansäästöä kehikkojen varastoinnissa, mikäli kehikko valmistettaisiin esimerkiksi kokoontaitettavana kartongista. Kertakäyttöisyyden haittapuolena kuitenkin on materiaalivaihtoehtojen rajallisuus, jätemäärän lisääntyminen sekä mahdolliset ongelmat versotusvaiheen kasteluprosessin yhteydessä. Uudelleenkäytettävyyden etuna olisi kehikon kestävä rakenne sekä mahdollinen säästö materiaalikustannuksissa pidemmällä aikavälillä. Kertakäyttöisen ja uudelleen käytettävän kehikon kustannuseroa ei kuitenkaan alettu selvittämään, vaan päädyttiin suoraan tilaamaan ensimmäinen prototyyppi muovivalmistajalta.

Kasvatuskehikon alustaksi ajateltiin joko samasta muovimateriaalista valmistettua levyä tai teräksestä valmistettua tarjotinta/levyä. Käytännössä alustan materiaalin merkityksen ajateltiin olevan pieni. Tärkeintä, että alusta on helppo pitää hygieenisenä ja on tarpeeksi tukeva kannattelemaan kasvatuskehikkoa versotuskärryssä. Alustan ei myöskään tulisi olla kohtuuttoman painava, jotta sen käsittely olisi helppoa.

6.1 Versotuskärry

Tällä hetkellä kasvatuskehikon mittoihin vaikuttaa kasvatusprosessissa käytössä olevat niin sanotut versotuskärryt, jotka pitävät nykyisessä prosessissa käytössä olevien muovirasioiden alla olevat tarjottimet paikoillaan versotusprosessin aikana. Versotuskärryt ovat 530 mm leveitä ja 1200 mm syviä, missä tarjottimet asettuvat muovitetuille kiskoille.

Nämä mitat määrittelevät osittain kasvatukseen mittoja. Leveyssuunnassa versotuskärry määrittelee tarkemmin kasvatukseen maksimimitan, mutta syvyysuunnassa kasvatukseen voi olla syvempikin kuin versotuskärryn oma syvyys, eli käytännössä kasvatukseen voi tulla versotuskärryn reunan yli syvyysuunnassa.

6.2 Kehikkoratkaisu

Kasvatukseen suunnittelu aloitettiin kartoittamalla yhdessä työn tilaajan kanssa kehikon vaatimukset. Kasvatukseen suunnittelussa tehtiin erillinen vaatimusmäärittely, joka toimitettiin alkuvaiheessa kahdelle teknisten muovituotteiden valmistajalle. Muovi valikoitua ensisijaiseksi materiaalivaihtoehdoksi lähinnä saatavuuden, kestävyuden, elintarvikehyväksyttävyyden ja edullisen hinnan vuoksi. Teknisten muoviratkaisuiden valmistajia elintarviketeollisuudelle löytyy pääkaupunkiseudultakin useita. Muiden materiaalivaihtoehtojen kanssa ongelmaksi muodostui vaikeat hankintakanavat ja elintarviketähtämyksen täytyminen.

Kasvatukseen mallin ja materiaalin täytyi ensisijaisesti täyttää seuraavat kriteerit:

- elintarvikehyväksytty
- kestää konepesua
- hygieenisuus
- voi olla kosketuksissa kostean elintarvikkeen kanssa.

Näiden vaatimuksien perusteella tavattiin kaksi teknisten muovituotteiden valmistajaa, jotka molemmat ehdottivat edellä mainittujen vaatimusten perusteella kehikon materiaaliksi PE-HD-muovia. PE-HD-muovilevyn ominaisuudet on kuvattu tarkemmin liitteessä 1 olevassa muovivalmistajan laatimassa tuotekortissa [16]. PE-HD eli korkeatiheyksinen polyeteeni on samea, kova ja kestävä, mutta samalla joustava muovityyppi. Sillä on hyvä iskunkestävyys kylmissäkin lämpötiloissa. PE-HD:lla on hyvä kemiallinen kestävyys ja se on hajuton sekä mauton [17]. Molempien valmistajien prototyyppi-vaihtoehto oli 4 - 5 mm:n paksuisesta PE-HD 500 -muovilevystä leikatuista osista koostuva ristikkorakenteinen kehikko, mihin muodostuisi *versotuslokerot*. Toinen valmistajista ehdotti myös valmiiksi kasaan hitsattua vaihtoehtoa, mutta tässä vaihtoehdossa tuotteen hankintahinta nousi liian korkeaksi, ainakin projektin ensimmäisessä vaiheessa.

6.2.1 Prototyypin testaus

Ensimmäiset testit kehikolle tehtiin vajaalla prototyypillä, joka saatiin toiselta muovivalmistajalta ensimmäisen tapaamisen yhteydessä malliksi, vaikka tässä prototyypissä ei vielä ollut kaikkia tarvittavia osia. Kasvatuskehikon ensimmäinen prototyyppi näkyy kuvassa 11. Ensimmäinen prototyyppi oli valmistettu mustasta PEHD 500 -muovista ja sen mitat olivat 500 x 580 x 70 mm. Kasvatusmoduulin mitat olivat 80 x 80 x 70 mm. Ensimmäisten kokeiden perusteella kasvatuskehikko toimi ja saatiin todennettua onnistunut versotus. Samalla tehtiin myös ensimmäisiä testejä versopaakun siirrosta kehikosta kartonkirasiaan. Sekä versotus että varsojen siirto rasiaan sujuivat hyvin, joten projektia voitiin jatkaa versotuskehikon prototyypin pohjalta.



Kuva 11. Kasvatuskehikon 1. prototyyppi

Ensimmäisen testin jälkeen toiselle muovivalmistajista tehtiin tilaus kasvatuskehikon varsinaisesta, kokonaisesta prototyypistä. Kasvatuskehikon ensimmäinen prototyyppi tilattiin ulkomitoilla 500 x 580 x 70 mm. Kehikkoja tilattiin kahdella eri paksuudella, 3 mm ja 4 mm. Näillä mitoilla yhteen kasvatuskehikkoon muodostui 42 *versotuslokeroa*, joiden mitat olivat 70 x 70 x 70 mm, mikä oli pienempi kuin muovirasian sisämitta. Kokonaisella prototyypillä tehtiin myös versotustestejä, joista tarkemmin seuraavissa luvuissa.



Kuva 12. Kokonainen kehikkoprototyyppi koeversotuksessa.

6.2.2 Ensimmäinen koeversotus, tulokset ja havainnot

Ensimmäisessä koeversotuksessa kokeiltiin sekä 3 mm:n ja 4 mm:n kehikko. Havaittiin, että 3 mm:n paksuista kehikkoa oli hankalampi käsitellä kuin 4 mm:n kehikkoa. Ohuempi kehikko tuntui käsitellessä liian heikolta. Molemmat kehikot olivat suhteellisen vaikeita ja hitaita koota, koska kehikon osien mitoitus oli tiukka ja kehikon kasaamisessa jouduttiin käyttämään apuna kumivasaraa.

Ensimmäiseen versotukseen siirrettiin 4 mm:n paksuiseen kehikkoon 30 versopaakkua ja 3 mm:n kehikkoon 26 versopaakkua. Versotukseen siirrettyjen itujen painot punnittiin molemmista kehikoista ennen ja jälkeen versotuksen. Versopaakut siirrettiin kehikkoon käsin punnitsemalla n. 90 - 100 g versoja per lokero. Siirtoprosessin painot näkyvät taulukossa 2.

Taulukko 2. Ensimmäinen koeversotus.

4 mm kehikko, siirretty 30 versopaakkua		
	Versojen yhteispaino, g	paino/versopaakku, g (keskiarvo)
0 vrk	2818	93,9
1 vrk	3613	120,4
painon muutos, g	795	26,5
painon muutos, %	28,2	28,2
3 mm kehikko, siirretty 26 versopaakkua		
	Versojen yhteispaino, g	paino/versopaakku, g (keskiarvo)
0 vrk	2340	90
1 vrk	2923	112,4
painon muutos, g	583	22,4
painon muutos, %	24,9	24,9

Taulukosta 2 nähdään, että versojen painot nousevat molemmilla kehikoilla tehdyissä koeversotuksissa. 4 mm paksuisessa kehikossa painon muutos oli 28 % ja 3 mm kehikossa 25 %. Koeversotuksesta ja tuloksista voitiin tehdä johtopäätös, että versotusprosessi on mahdollinen kehikon prototyypissä. Idut kasvavat versotusprosessin aikana ja muuttuvat myös tarpeeksi vihreiksi. Ensimmäisen koeversotuksen yhteydessä dokumentoitiin painot myös neljästä muovirasiaan siirretystä silmusalaatista, ennen ja jälkeen versotuksen. Muovirasiaan siirrettyjen silmusalaattien painot näkyvät taulukossa 3.

Taulukko 3. Muovirasiaan siirrettyjen itujen painon muutos versotusprosessissa.

Näyte	paino (g), 0 vrk	paino (g), 1 vrk	painon muutos, g	paino muutos, %
1	99	122,5	23,5	23,7
2	91	104	13	14,3
3	103	112	9	8,7
4	120	146,5	26,5	22,1
		keskiarvo	18	17,2

Taulukossa 3 voidaan nähdä, että itujen painon muutos muovirasiassa on jopa pienempää kuin kasvatukseen kehikossa. Muovirasiassa tehdyssä versotuksessa painon muutos versotusprosessin jälkeen oli 17 %. Painonmuutoksessa voidaan nähdä suurta hajontaa eri rasioiden välillä ja tämä voi johtua rasiaan versojen ympärille jääneen veden määrästä.

Ensimmäisestä koeversotuksesta tehtiin myös koesiirrot kartonkirasiaan. Tulokset rasiin siirrosta käsitellään luvussa 7.2.1.

6.2.3 Toinen koeversotus, tulokset ja havainnot

Toinen koeversotus suoritettiin ainoastaan 4 mm paksuisella kehikolla. Tällä kertaa kehikkoon siirrettiin versopaakkua yhteensä 42 kappaletta. Siirto tehtiin samalla menetelmällä kuin ensimmäisessä koeversotuksessa. Toisen koeversotuksen tulokset näkyvät taulukossa 4.

Taulukko 4. Toinen koeversotus

4 mm kehikko, siirretty 42 versopaakkua		
	Versojen paino, g	paino/versopaakku, g (keskiarvo)
0 vrk	4120	98,1
1 vrk	4923	117,2
painon muutos, g	803	19,1
painon muutos, %	19,5	19,5

Toisessa koeversotuksessa havaittiin, että versot ovat kasvaneet kehikossa ja saaneet runsaasti vihreää väriä versotusprosessissa. Toisessa koeversotuksessa havaittiin kuitenkin myös, että kehikon lokerot ovat todennäköisesti liian pieniä, koska paakut irtosivat huonosti kehikosta ja versot olivat kasvaneet runsaasti yhteen yläosasta. Tämä aiheutti sen, että versojen irrottaminen kehikosta oli vaikeaa ja hidasta sekä sen, että kehikkoon jäi liikaa hävikkiä (irto-versoja). Myös toisesta koeversotuksesta tehtiin koesiirrot kartonkirasiaan ja tulokset käsitellään luvussa 7.2.2.

6.3 Tuotelaadulliset testit

Koeversotuksista tehtiin myös tuotelaadulliset säilyvyystestit siirtämällä koeversotuksessa olleet versot kartonkirasiaan. Siirto suoritettiin käsin tyhjentämällä ensin versotuskehikko alustalle ja tämän jälkeen nostamalla versopaakku kartonkirasiaan.

6.3.1 Ensimmäinen koeversotus, tuotelaadullinen osuus

Tuotelaadullinen osuus suoritettiin yksinkertaisella säilyvyystestillä, missä seurataan Silmusalaatti Alfalan sekä Parsakaalin massan ja ulkonäön muutosta kartonkirasiassa. Näytteitä otettiin yhteensä kuusi kappaletta, kolme molemmista tuotteista. Tuotelaadullisen testin ensimmäisessä vaiheessa kiinnitettiin huomiota Silmusalaatin massan ja ulkonäön muutokseen seitsemän vuorokauden ajan. Silmusalaattien painot punnittiin ja dokumentoitiin päivittäin. Punnitukseen käytettiin digitaalista OBH Nordica 9825 keittiövaakaa. Punnituksen yhteydessä tuote myös kuvattiin. Pakattuja näytteitä säilytettiin kotijääkaapissa alle +6 asteessa. Näytteitä sijoitettiin eri korkeuksille ja sijainneille jääkaapin hyllyillä, jotta mahdollinen säilytyksen sijainnin merkitys saataisiin selville.

Ensimmäisessä tuotelaadullisessa testissä havaittiin, että kartonkirasiaan pakattujen silmusalaattien massat pienenivät seitsemässä vuorokaudessa Alfalan osalta 27 % ja Parsakaalin osalta 24 %. Massan muutoksen havaitsi myös selkeästi versojen ulkonäössä, koska jo parin päivän säilytyksen jälkeen versot olivat selkeästi kuivuneita eivätkä näyttäneet myyntikuntoisilta. Ensimmäisen säilyvyysseurannan tarkempi tulos massan muutoksen seurannasta liitteessä 2 taulukossa 1. Ensimmäisen säilyvyysseurannan tuloksen koonti taulukossa 5.

Taulukko 5. Tuotelaadullinen testi, ensimmäinen koeversotus. Silmusalaatin massan muutos Aegle Barrier Plus -kartonkirasiassa.

Alfalfa	paino, g 0 vrk	paino, g 7 vrk	kokonaismuutos (7 vrk) (g)	kokonaismuutos (7 vrk) (%)
1.	92,5	65	27,5	29,7
2.	109,5	82	27,5	25,1
3.	117	86	31	26,5
		keskiarvo	28,7	27,1
Parsakaali	paino, g 0 vrk	paino, g 7 vrk	kokonaismuutos (7 vrk) (g)	kokonaismuutos (7 vrk) (%)
1.	110	79	31	28,2
2.	140,5	110	30,5	21,7
3.	114,5	89	25,5	22,3
		keskiarvo	29,0	24,1

Tuotelaadullisessa testissä otettiin referenssinäyte yhdestä muovirasiaan pakatusta tuotteesta. Tulokset on esitetty taulukossa 6 ja niistä näkee selvästi, että polystyreenirasiassa silmusalaatin massan muutos on hyvin pientä seitsemän vuorokauden aikana.

Taulukko 6. Massan muutoksen seuranta polystyreenirasiassa.

aika	massa (g)
0 vrk	98
1 vrk	97
2 vrk	97
3 vrk	97
4 vrk	95,5
5 vrk	92
6 vrk	92
7 vrk	91,5
kokonaismuutos 7 vrk (g)	6,5
kokonaismuutos 7 vrk (%)	6,6

6.3.2 Toinen koeversotus, tuotelaadullinen osuus

Toinen tuotelaadullinen testaus tehtiin samoin kuin ensimmäinen osuus. Tällä kertaa haluttiin varmistaa, toistuuko ensimmäisen tuotetestauksen havainnot myös toisella säilyvyyskokeella. Toisesta koeversotuksesta otettiin neljä kartonkirasiaa säilyvyydestiin ja näytteenä oli Silmusalaatti Tulinen. Pakattuja näytteitä säilytettiin samassa kotijääkaapissa, samoilla lämpötilasetuksilla kuin ensimmäisen testin näytteitä. Myös toisessa säilyvyydestissä voitiin havaita sama massan ja ulkonäön muutos kuin ensimmäisessä testissä. Toisen koeversotuksen tuotelaadullisen testin tulokset ovat taulukossa 7.

Taulukko 7. Tuotelaadullinen testi, toinen koeversotus. Silmusalaatin massan muutos. Yksiköt grammoina.

Näyte	paino, g 0 vrk	paino, g 3 vrk	paino, g 7 vrk	kokonais muutos (7 vrk), g	kokonais muutos (7vrk), %	paino, g 12 vrk	kokonais muutos (12 vrk), g	kokonais muutos (12 vrk), %
1.	101,5	89	75	26,5	26	58	43,5	42,9
2.	106	90	73	33	31	59	47	44,3
3.	116,5	102	87	29,5	25	68	48,5	41,6
4.	101,5	88	73	28,5	28	54	47,5	46,8
keskiarvo	106,4	92,3	77,0	29,4	27,7	59,8	46,6	43,9

6.3.3 Lisätutkimukset eri kartonkivaihtoehdoilla

Kahden ensimmäisen tuotelaadullisen testin perusteella tehtiin myös lisätutkimus kolmella eri kartonkivaihtoehdolla, jotka työn tilaaja sai kartonkipakkauksen toimittajalta. Lisätutkimuksella oli tarkoitus varmistua kahden edellisen säilyvyytestin havaintojen johduttavan nimenomaan biohajoavan kartonkipakkauksen ominaisuuksista. Kartonkivaihtoehdot olivat kahdessa ensimmäisessä säilyvyytestissä ollut täysin biohajoava Aegle Plus Barrier -kartonkipakkaus, sekä kaksi PE-pinnoitettua kartonkipakkausta; Tambrite PE, neliöpainoiltaan 230 g/m² ja 270 g/m². Näiden lisäksi mukana oli myös referenssinäytteenä käytössä oleva muovirasia (PS). Tulokset näkyvät taulukossa 8.

Taulukko 8. Silmusalaatin massan muutos eri kartonkivaihtoehdoissa.

TB230 PE			TB270 PE			BARRIER PLUS			PS		
paino, g 0 vrk	paino, g 9 vrk	painon muutos, g	paino, g 0 vrk	paino, g 9 vrk	painon muutos, g	paino, g 0 vrk	paino, g 9 vrk	painon muutos, g	paino, g 0 vrk	paino, g 9 vrk	painon muutos, g
116,5	110	6,5	122	106,5	15,5	122	73	49	125	106	19
134	125	9	116	101	15	97,5	53	44,5	157	135	22
145	134	11	91	76	15	131	84,5	46,5	137,5	120,5	17
muutos*		8,8			15,2			46,7			19,3
muutos**		6,6			14,0			40,4			13,9
muutos* = painon muutoksen keskiarvo, g											
muutos** = painon muutoksen keskiarvo, %											

Näytteitä säilytettiin vähittäiskaupan tuotehyllyn olosuhteita mukailevassa vitriinikylmiössä, alle + 6 asteessa. Näytteet oli sijoitettu eri puolille kylmähyllyjä. Vitriinihylly näkyy kuvassa 13.



Kuva 13. Säilyvyyskokeet vitriinikyliössä

7 Tulosten arviointi

Tässä luvussa arvioidaan luvussa seitsemän esitettyjen tulosten perusteella prosessin toimivuutta ja prosessimuutosten tuotelaadullisia vaikutuksia.

7.1 Prosessin toimivuus

Jo ensimmäisen koeversotuksen jälkeen voitiin todeta, että varsinainen versotusprosessi on mahdollinen muovisessa versotuskehikossa. Versojen massa kohosi ensimmäisessä versotuksessa 4 mm kehikossa 28 % ja 3 mm kehikossa 25%. Kehikon paksuudella on kuitenkin tuskin ollut merkitystä massan kasvun eroon. Referenssinä olleiden muovirasiain siirrettyjen Silmusalaattien massat nousivat keskimäärin 17 %. Muovirasiat valittiin eri puolilta versotuskärryä. Voitiin siis havaita, että muovikehikossa versojen painot nousivat jopa enemmän kuin muovirasiassa versoneiden. Virhettä tähän tulokseen voi tuoda versojen kosteuden määrä eli versokehikon sisään versojen ympärille jäänyt

vesi. Voidaan siis pitää mahdollisena, että versotuskehikkoon jää enemmän vettä tai versot jäävät kosteammiksi kehikossa kuin muovirasiassa. Sekä kehikossa että muovirasiassa olleet versot olivat olleet viimeksi kastelussa samaan aikaan.

Toisessa koeversotuksessa havaittiin myös prosessin toimivuus. Tällä kertaa massan muutos oli hieman pienempi, joten voidaan päätellä, että ensimmäisessä versotuksessa kehikko oli todennäköisesti liian märkä tai versojen pinnassa ja ympärillä oli ylimääräistä vettä. Toisessa koeversotuksessa Silmusalaattien massat nousivat 20 %.

Versotuskehikko mahdollistaa Silmusalaattien versomisen ja lehtivihreän muodostumisen. Kehikkoratkaisun haasteena on kuitenkin prosessin toimivuus pitkällä aikavälillä, kun prosessia toistetaan kolme kertaa viikossa, noin 150 kertaa vuodessa. Voidaankin olettaa, että muoviosat tulevat löystymään jossain vaiheessa ja kehikon pitäminen kassassa tulee olemaan vaikeampaa. Tämä aiheuttaa sen, että kehikon muoviosilla tulee olemaan rajallinen käyttöikä.

Prosessissa täytyy ottaa huomioon myös se, että kehikon havaittiin jäävän erittäin märäksi versotuksen jälkeen. Tämä aiheuttaa sen, että pakkausprosessissa täytyy ottaa jollain tavalla huomioon versojen kosteus, kun niitä siirretään kartonkirasiaan. Sekä ensimmäisessä että toisessa koeversotuksessa huomattiin ylimääräisen veden aiheuttavan ongelmia kartonkirasiaan siirrossa. Kartonki, myös pinnoitettu, on muoviin verrattuna herkkä materiaali liialliselle kosteudelle, mikäli se pääsee vaikuttamaan kartongin pinnoittamattomaan ulkopintaan. Kosteus täytyy ottaa huomioon esimerkiksi, kun pakkauslinjaston layoutia suunnitellaan uuden pakkausmateriaalin tarpeisiin.

7.2 Laadulliset vaikutukset

Ensimmäisen tuotelaadullisen testauksen perusteella havaittiin, että biohajoavassa kartonkipakkauksessa Silmusalaatti ei säily optimaalisella tavalla. Sekä ensimmäisessä että toisessa säilyvyystestissä Silmusalaateissa havaittiin nopeaa ja merkittävää massan pienenemistä. Massan muutoksen pystyi helposti havaitsemaan myös tuotteen ulkonäöstä, koska versot näyttivät jo muutaman päivän jälkeen kuivuneilta. Muovirasiaan pakattuna tuotteelle annetaan 14 vuorokauden säilyvyys, joten Aegle Barrier Plus -kartonki ei selvästikään pysty tässä suhteessa samaan kuin polystyreeni. Sama voitiin havaita, kun

säilyvyytutkimuksia tehtiin usealla eri kartonkivaihtoehdolla ja näiden lisäksi PS-muovirasiolla. Voitiin havaita, että biohajoava barrier ei tarjoa yhtä hyviä ominaisuuksia kuin esimerkiksi polystyreeni tai PE-kalvo. Aegle Barrier Plus -kartongissa heikkoutena on joko pakkauksen selluloosa-asetaatti -ikkunakalvo tai kartongin sisäosan barrier-kerros. Tämän saisi testattua tilaamalla ikkunattomia kartonkirasioita pakkausmateriaalin toimitajalta. Ongelmana voi olla myös sekä ikkunan materiaali että barrier-kerros. Massan muutoksen ja pakkauksen ulkonäön tarkastelun perusteella voidaan kuitenkin havaita, että ongelmaksi muodostuu biohajoavan kartonkipakkauksen vesihöyrynläpäisevyys. Biohajoavan kalvomateriaalin ongelmat havaittiin myös Helsingin yliopiston elintarvike- ja ravitsemustieteen tutkimusraportissa ET475, missä tutkittiin Silmusalaatin ja jääsalaatin säilyvyyttä biohajoavassa kalvomateriaalissa [18, s. 21].

Taulukossa 8 on esitetty eri pakkausvaihtoehtojen tulokset 9 vuorokauden säilyvyydestissä. Tuloksista nähdään, että Aegle Barrier Plus -kartongissa Silmusalaatin massa pienenee eniten ja selkeästi paras säilyvyys oli TB230 -kartongissa. Tämän pystyi havaitsemaan myös aistinvaraisesti tutkimalla tuotteen ulkonäköä ja salaatin rakennetta. TB230:ssa yhdeksän vuorokautta säilytetty Silmusalaatti on kuvassa 14.



Kuva 14. TB230. Rasian kalvolla näkyy kondensoitunutta vettä.

Eri säilyvyydestien tuloksista nähtiin, että Aegle Barrier Plus -kartongissa Silmusalaatin massan muutos oli testeissä 7 vuorokauden jälkeen noin 26-28 %, 9 vuorokauden jälkeen noin 40 % sekä 12 vuorokauden jälkeen jo lähes 44 %. Tuloksista voidaan päätellä, ettei kyseinen kartonkimateriaali sovi Silmusalaatin pakkausmateriaaliksi. Mikäli kyseiseen pakkausmateriaaliin halutaan kuitenkin siirtyä, vaikuttaa se merkittävästi tuotteen säilyvyysaikaan.

8 Yhteenveto

Koska tuloksista voitiin havaita, että Silmusalaatti kasvaa ja saa vihreän värin vaihtoehtoisessa, kasvatukseen tapahtuvassa versotusprosessissa, voidaan sanoa versotusprosessin muutoksen olevan mahdollinen. Kasvatukseen tapahtuva versotus aiheuttaa kuitenkin muutoksia prosessiin pakkausprosessin osalta, mutta tässä insinööriydessä ei voida arvioida näiden muutosten vaikutusta kokonaisprosessiin. Jos versotuskehikko -ratkaisuun päädytään, on lisätutkimisen tarvetta pakkauslinjaston layoutin suunnittelussa. Luvussa 8.1 mainitut kosteusongelmat tulee ottaa huomioon erityisesti layoutia suunnitellessa, jotta prosessi on toimiva ja hävikkiä syntyy mahdollisimman vähän.

Biohajoavan kartonkipakkauksen käyttöönotto ei tämän insinööriyden perusteella ole mahdollista. Tuotteen säilyvyys Aegle Barrier Plus -kartonkirasiassa on erittäin huono verrattuna työssä testattuihin muihin pakkausmateriaaliratkaisuihin. Mikäli kuitenkin halutaan siirtyä kartonkipakkaukseen, tarvitaan lisätutkimusta esimerkiksi TB 230 ja TB 270 kartonkivaihtoehtojen välillä. Nämä kartonkimateriaalit eroavat toisistaan vain neliömassansa suhteen. Tässä työssä tehdyn säilyvyyskokeen perusteella TB 230:ssa on hyvät ominaisuudet säilyttää Silmusalaatti myyntikuntoisena ainakin yhdeksän vuorokautta. Syytä, mikä aiheuttaa TB 230:n ja 270:n eron tuotteen laadun kannalta, ei voi tämän työn perusteella päätellä.

Tämän työn perusteella kartonkipakkaukseen siirtymistä voi kuitenkin suositella, koska prosessimuutokset versotuksen osalta ovat mahdollisia ja kartonkipakkauksen malli on havaittu hyväksi tuotteelle. Kartonkipakkaus on oikein säilytettyä ja pakattuna kestävämpi ja kuluttajaystävällisempi vaihtoehto kuin hauraaksi todettu polystyreenirasia. Kartonkipakkauksen kierrätettävyys, vaikka pakkaus ei olisikaan biohajoava, on kuitenkin imagon kannalta parempi vaihtoehto kuin muovirasia.

Lähteet

- 1 Silmusalaatti. Verkkoaineisto. <www.silmusalaatti.fi>. Luettu 24.4.2018.
- 2 Itujen tuotanto. 31.5.2017. Verkkoaineisto. <<https://www.evira.fi/elintarvikkeet/alkutuotanto/kasvikset/itutuotanto/>>. Luettu 24.4.2018
- 3 Korkeala, Hannu. 2007. Elintarvikehygieniä. WSOY
- 4 Komission täytäntöönpanoasetus (EU) N: o 208/2013. Ituihin ja itujen tuotantoon tarkoitettuihin siemeniin sovellettavista jäljitettävyyksivaatimuksista.
- 5 Järvi-Kääriäinen Terhen, Ollila Margareetta. 2007. Toimiva pakkaus. Pakkausteknologia-PTR ry.
- 6 Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N: o 1935/2004. Elintarvikkeiden kanssa kosketukseen joutuvista materiaaleista ja tarvikkeista ja direktiivien 80/509/ETY ja 89/109/ETY kumoamisesta.
- 7 Muoviyhdistys. 15.7.2016. Verkkoaineisto. <http://www.muoviyhdistys.fi/2016/07/15/osa-3-valtamuovit-ja-muita-muoveja/> Luettu 24.4.2018.
- 8 VTT. 14.12.2017. Verkkodokumentti. <http://www.vttexpertservices.fi/ajankoh-taista/uutiset/news201712_kotkamills_kehitti_dispersiobarrierkartongin>. Luettu 24.4.2018.
- 9 Häggblom-Ahnger Ulla, Komulainen Pekka. 2003. Paperin ja kartongin valmistus. Opetushallitus.
- 10 HSY. 1.8.2017. Verkkoaineisto. <<https://www.hsy.fi/fi/asukkaalle/lajittelujakier-ratys/lajitteluohjeet/kartonki/Sivut/default.aspx>>. Luettu 24.4.2018.
- 11 Robertson Gordon L. Food packaging, Principles and Practice, third edition. 2013.
- 12 Koskinen Ida. 2013. Kandityö. Rasvankestävät paperit ja kartongit. Kemian tekniikan osasto, Lappeenrannan Teknillinen Yliopisto.
- 13 Mikkonen, Kirsi. Biopohjainen ja biohajoava muovi – eivät tarkoita samaa. 7.9.2017. Verkkodokumentti. <<http://www.pakkaus.com/biopohjainen-ja-bioha-joava-muovi-eivat-tarkoita-samaa/>>. Luettu 24.4.2018.
- 14 Majamaa Lauri. 2012. Opinnäytetyö. Biohajoavien muovikalvojen ominaisuuksia. Lahden Ammattikorkeakoulu. Lahti.

- 15 Halonen, Essi. 2015. Aineen opettajan Pro gradu -tutkielma. Kemian koulutusohjelma.
- 16 ETRA Oy. PE 500 Tuotekortti. Verkkoaineisto. <<http://tuotteet.etra.fi/tuotekuvat/e23669926/>>.
- 17 Muoviteollisuus ry. Verkkoaineisto. <<http://www.plastics.fi/fin/muovitieto/sanasto/?ltr=16&tag=119>>. Luettu 24.4.2018.
- 18 Jauhiainen, Kanth. 2018. ET475 Tutkimusharjoitus. Helsingin Yliopisto, Elintarvike- ja ravitsemustieteen osasto.

Taulukko 1. PE 500 -tuotekortti [17].

PE 500 (PE-HMW)	Yksiköt	Arvo	Testausmenetelmä
OMINAISUUDET Tiheys Molekyylipaino (keskiarvo) Vedenimeytyminen vedessä 23°C	g/cm ³ 10 ⁶ g/mol %	0,96 0,5 <0,1	ISO 1183-1
LÄMPÖOMINAISUUDET Sulamislämpötila Lämmönjohtavuus 23°C -asteessa	°C W/(K.m)	135 0,4	ISO 11357-1/-3
Lämpölaajenemiskerroin: Keskimääräinen arvo 23 ja 100°C -asteen välillä	m/(m.K)	150 x 10 ⁻⁶	
Suurin sallittu käyttölämpötila ilmassa: Lyhyillä aikajaksoilla (=muutama tunti jolloin materiaaliin kohdistuu kuormaa erittäin vähän tai ei ollenkaan) Jatkuvasti: 20000 h	°C °C	120 80	
Minimi käyttölämpötila Paloluokitus UL 94 (6mm paksuus)	°C	-100 HB	
MEKAANISET OMINAISUUDET LÄMPÖTILASSA 23 °C Vetomyötölujuus	MPa	28	ISO 527-1/-2
Myötövenymä Murtovenymä	% %	10 >50	ISO 527-1/-2 ISO 527-1/-2
Kimmomoduuli Puristuslujuus 1 / 2 / 5 % muodonmuutokset (kuiva koekappale) Iskulujuus - Charpy Lovi-iskulujuus - Charpy Shore kovuus D	MPa MPa kJ/m ² kJ/m ²	1300 12 / 18,5 / 26,5 ei murru 105P 62	ISO 527-1/-2 ISO 604 ISO 179-1/1eU ISO 179-1/1eA ISO 2039-2

Taulukko 1. Silmusalaatin massan muutoksen seuranta Aegle Barrier Plus -kartonkirasiassa.

Näyte																	
	paino, g	paino, g	<i>painon muutos (g)</i>	paino, g	<i>painon muutos (g)</i>	paino, g	<i>painon muutos (g)</i>	paino, g	<i>painon muutos (g)</i>	paino, g	<i>painon muutos (g)</i>	paino, g	<i>painon muutos (g)</i>	paino, g	<i>painon muutos (g)</i>	kokonaismuutos viikossa (g)	kokonaismuutos viikossa (%)
Alfalfa	0 vrk	1 vrk		2 vrk		3 vrk		4 vrk		5 vrk		6 vrk		7 vrk			
1.	92,5	89	-3,5	82	-7	78	-4	75	-3	72	-3	66	-6	65	-1	27,5	29,7
2.	109,5	106	-3,5	101	-5	97	-4	93	-4	90	-3	84	-6	82	-2	27,5	25,1
3.	117	114	-3	107	-7	104	-3	99	-5	93	-6	88	-5	86	-2	31	26,5
															keskiarvo	28,7	27,1
Parsakaali	0 vrk	1 vrk	<i>painon muutos (g)</i>	paino, g	<i>painon muutos (g)</i>	paino, g	<i>painon muutos (g)</i>	paino, g	<i>painon muutos (g)</i>	paino, g	<i>painon muutos (g)</i>	paino, g	<i>painon muutos (g)</i>	paino, g	<i>painon muutos (g)</i>	kokonaismuutos viikossa (g)	kokonaismuutos viikossa (%)
1.	110	106	-4	99	-7	96	-3	92	-4	88	-4	82	-6	79	-3	31	28,2
2.	140,5	136	-4,5	130	-6	126	-4	122	-4	118	-4	112	-6	110	-2	30,5	21,7
3.	114,5	110	-4,5	104	-6	101	-3	96	-5	95	-1	90	-5	89	-1	25,5	22,3
															keskiarvo	29,0	24,1