



**KARTONGIN RAAKAREUNAN SUOJAAMINEN KUPPIEN VALMISTUKSESSA
JA TIIVEYSTESTAUKSESSA**

**PROTECTION OF THE RAW EDGE OF PAPERBOARD IN MANUFACTURING
AND TIGHTNESS TESTING OF PAPERBOARD CUPS**

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT

Konetekniikan kandidaatintyö

2023

Jyri Ruohola

Ohjaajat: TkT Panu Tanninen

DI Titta Lammi

Tarkastaja: TkT Panu Tanninen

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT

LUT Energiajärjestelmät

Konetekniikka

Jyri Ruohola

Kartongin raakareunan suojaaminen kuppien valmistuksessa ja tiiveystestauksessa

Konetekniikan kandidaatintyö

2023

56 sivua, 30 kuvaa, 3 taulukkoa ja 15 liitettä

Ohjaajat: TkT Panu Tanninen ja DI Titta Lammi

Tarkastaja: TkT Panu Tanninen

Avainsanat: kartonki, kartonkikuppi, raakareuna, tiiveystestaus, raakareunan suojaus

Tämän kandidaatintyön tavoitteena oli kartoittaa erilaisia laboratorio-olosuhteissa käytettäviä keinoja kartongin raakareunan suojaamiseksi kartonkikupeissa. Työ toteutettiin yhteistyössä Stora Enson kanssa. Työn kokeellinen osuus suoritettiin kokonaisuudessaan LUT-yliopiston pakkaustekniikan laboratoriossa.

Raakareunan suojaamiseen valittiin helposti saatavilla olevia kaupallisia liimoja, massoja ja teippejä. Näiden lisäksi Stora Enson Imatran tutkimuskeskukselta saatiin kokeisiin testattavaksi raakareunateipattuja aihioita, joista valmistettiin kartonkikuppeja.

Kokeisiin valikoitui yhteensä 14 erilaista testimenetelmää. Valituilla suojausmenetelmillä suojattiin kuppeja, joille suoritettiin erilaisia tiiveystestejä. Jokaisessa tiiveystestissä testattiin myös raakareunaltaan suojaamattomia kuppeja. Tiiveystestit aloitettiin kupeille reunaimeytymän kannalta helpoiten läpäistävällä testillä. Reunaimeytymää ei kupeissa saanut esiintyä, jotta testi läpäistään hyväksytysti. Jokaisen tiiveystestin jälkeen kupeissa saavutettua suojaustasoa ja suojausmenetelmien toimivuutta arvioitiin. Huonoiten menestyneet suojausmenetelmät karsittiin jatkotesteistä pois. Suojausmenetelmien toimivuutta testattiin sekä polyeteenillä että polypropeenilla päällystetystä kartongista valmistetuissa kupeissa.

Testeissä huomattiin kuppien kaasutiiveyden olevan monen tekijän summa. Kuppien kansisaumauksessa oli ongelmia, eikä luotettavaa tulosta kuppien raakareunan suojaamisen vaikutuksesta kupin kaasutiiveyteen saatu. Parhaiten testeissä suoriutuivat epoksi- ja kontaktiliima sekä raakareunateipatut aihiot. Laboratorio-olosuhteissa kartongin raakareunaa oli mahdollista suojata erilaisilla menetelmillä. Oikein valitulla menetelmällä tavoiteltu suojaus oli toteutettavissa luotettavasti ja tasalaatuisesti.

ABSTRACT

Lappeenranta–Lahti University of Technology LUT

School of Energy Systems

Mechanical Engineering

Jyri Ruohola

Protection of the raw edge of paperboard in manufacturing and tightness testing of paperboard cups

Bachelor's thesis

2023

56 pages, 30 figures, 3 tables and 15 appendices

Supervisors: D. Sc. (Tech.) Panu Tanninen and M. Sc. (Tech.) Titta Lammi

Examiner: D. Sc. (Tech.) Panu Tanninen

Keywords: paperboard, paperboard cup, raw edge, protection of raw edge

The purpose of this bachelor's thesis was to find out different ways to protect the raw edge of paperboard cups under laboratory conditions. The thesis was conducted in collaboration with Stora Enso. The experimental part of this thesis was conducted in the packaging technology laboratory at LUT University.

Easily available commercial adhesives, masses and tapes were chosen to protect the raw edge of paperboard. Raw edge taped blanks were received from Stora Enso's Imatra research center from which paperboard cups were manufactured.

A total of 14 different test methods were selected for the experiments. The selected methods were used to protect the cups, which were tested in various tightness tests. Cups with unprotected raw edges were also tested in each tightness test. The tightness tests started with the easiest test for the cups to manage. After each tightness test the level of protection that was achieved in the cups were evaluated as well as the functionality of the protection methods. The least successful protection methods were excluded from further tests. Cups made from polyethylene and polypropylene coated paperboard were used in the experiments.

It was noticed that there are many factors that affect the achievable gas tightness of paperboard cups. There were problems with closing the cups with plastic film and therefore a reliable result for the effect of raw edge protection to the gas tightness of paperboard cups was not achieved. Epoxy and contact adhesive as well as raw edge taped blanks performed best in the experiments. It was possible to protect the raw edge under laboratory conditions with different methods. With a correctly chosen method, the desired protection was achieved reliably and consistently.

SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO

Roomalaiset

<i>l</i>	pituus	[m]
<i>m</i>	massa	[mg]
<i>t</i>	paksuus	[μm]

Lyhenteet

CO ₂	Hiilidioksidi
CTMP	Chemi Thermomechanical Pulp, Kemihierre
EWI	Edge Wicking Index
EWT	Edge Wicking Test
MAP	Modified Atmosphere Packaging, suojakaasupakkaaminen
N ₂	Typpikaasu
O ₂	Happikaasu
PE	Polyeteeni
PP	Polypropeeni

Sisällysluettelo

Tiivistelmä

Abstract

Symboli- ja lyhenneluettelo

1	Johdanto.....	7
1.1	Tutkimuksen tavoite.....	7
1.2	Tutkimusongelma ja -kysymykset	8
1.3	Tutkimuksen rajaukset	8
1.4	Tutkimuksen rakenne ja menetelmät	9
2	Kirjallisuuskatsaus.....	10
2.1	Kuppikartongin rakenne.....	10
2.2	Kartonkikuppien valmistusprosessi	11
2.3	Kartongin raakareuna ja reunaimeytymä	12
2.4	Raakareunan suojaaminen.....	13
2.5	Reunaimeytymän testaaminen	14
2.6	Suojakaasupakkaaminen	14
3	Materiaalit ja menetelmät	16
3.1	Valitut suojausmenetelmät	17
3.2	Kuppimateriaalit.....	17
3.3	Suojausvaihe	18
3.4	Tiiveystestaus.....	19
3.4.1	Nesteillä suoritettut testit	20
3.4.2	Kannen saumaaminen	21
3.4.3	Kaasutesti.....	22
4	Tulokset.....	24
4.1	Kuppien suojausvaihe	24
4.1.1	Teipit.....	24
4.1.2	Liimat.....	26
4.1.3	Massat	30
4.2	Tiiveystestien tulokset.....	31

4.2.1	Vesi- ja saippuavesitesti.....	32
4.2.2	Kahvitesti	36
4.2.3	Etanolitesti	36
4.2.4	Kansisaumauskokeet.....	38
4.2.5	Kaasutesti.....	40
4.3	Tutkimuksen reliabiliteetti ja tarkastelu.....	42
4.4	Virhetarkastelu	42
5	Johtopäätökset	43
	Lähteet	46

Liitteet

Liite 1. Scotch alumiiniteippi.

Liite 2. Tesa Professional suojausteippi.

Liite 3. Stora Enson raakareunateipattu kuppiaihio.

Liite 4. Loctite Power Epoxy -epoksiliima.

Liite 5. Loctite Flex Gel Control -pikaliima.

Liite 6. Pattex Liquid -kontaktiliima.

Liite 7. CAR-REP -sprayliima.

Liite 8. Kokeissa käytetty kuumaliimapistooli.

Liite 9. Bison Rubber Seal -paikkausmassa.

Liite 10. Bison Liquid Rubber nestekumi.

Liite 11. CAR-REP RUBBERcomp -kumimaali.

Liite 12. Sikasil-C -silikoni.

Liite 13. Casco Paintflex -saumausmassa.

Liite 14. Casco Clearseal -liima- ja tiivistemassa.

Liite 15. Kaasutesteissä mitatut happipitoisuudet.

1 Johdanto

Kartonki on maailmanlaajuisesti tuotettua ja yksi tavanomaisimmista käytössä olevista pakkausmateriaaleista. Suojaamattoman kartongin käyttö elintarvikepakkauksissa tuottaa ongelmia, sillä muun muassa nesteet, rasvat ja kaasut läpäisevät kartongin. Tämän takia on yleistä, että kartongin ominaisuuksia parannetaan päällystämällä tai kyllästämällä kartonki. (Chamberlain & Kirwan 2013, s. 1–5.)

Kertakäyttöisten kartonkikuppien valmistusta varten kartonki päällystetään yleensä polyeteenillä, eli PE-muovilla, mutta myös muilla muovilaaduilla päällystäminen on mahdollista. Näin kartongin läpäisyominaisuuksia saadaan parannettua. (Baschetti et al. 2014, s. 59.)

Kuppien valmistusta varten kartonki leikataan ahioksi. Päällystetyn kartongin leikkaaminen paljastaa leikkauskohdasta kartongin huokoisen rakenteen, jonka kautta neste pääsee imeytymään kartonkiin. Tätä suojaamatonta reunaa kutsutaan kartongin raakareunaksi. (Pat. FI 124502 B 2007, s. 2.) Raakareunan suojaamisella saadaan estettyä esimerkiksi nesteiden aiheuttamia haittoja kartongin rakenteessa.

Tässä kandidaatintyössä keskityttiin kyseiseen raakareunaan ja sen suojaamiseen kartongista valmistetuissa kupeissa. Työ toteutettiin yhteistyössä Stora Enson kanssa.

1.1 Tutkimuksen tavoite

Tämän kandidaatintyön tavoitteena oli kartoittaa erilaisia laboratorio-olosuhteissa käytettäviä keinoja kartongin raakareunan suojaamiseksi kartonkikupeissa. Tavoitteena oli saavuttaa mahdollisimman kestävä, luotettava ja tasalaatuinen suojaus, joka olisi myös neste- sekä kaasutiivis. Saavutettua raakareunan suojaustasoa testattiin erilaisilla tiiveystesteillä. Työn tuloksia voidaan tulevaisuudessa hyödyntää kartongin raakareunan suojaamiseen liittyvissä lisätutkimuksissa. Raakareunan suojaamiseen soveltuvilla menetelmillä voidaan laboratorio-olosuhteissa suojata kupeista raakareuna ja täten keskittyä kuppien muiden ominaisuuksien tutkimiseen.

1.2 Tutkimusongelma ja -kysymykset

Raakareunaa suojatessa täytyi tarkastella suojauksen riittävää neste- ja kaasutiiveyttä sekä kestävyyttä. Sauman täytyy kupin tiiveystestauksessa ja käytössä pysyä tiiviinä määrätyn ajanjakson ilman nesteen imeytymistä kartongin kuituihin tai suojakaasujen vuotamista kupista. Lisäksi tutkittiin suoja-aineen tarttumista kartongin muovipäällysteeseen sekä sen pysymistä kupissa kiinni.

Kupin käyttötarkoitus oli myös otettava huomioon. Juoman lämpötila tai etanolipitoisuus vaikuttavat raakareunan kestävyteen ja sen kautta kupin käyttöikään. Saumasta pyritään saamaan kaasutiivis, jotta mahdollisessa elintarvikekäytössä pakkauksessa käytetty suoja-kaasu pysyisi pakkauksen sisällä ja säilyttäisi pakatun elintarvikkeen käyttökelpoisena.

Eri aineiden ja metodien toimivuutta raakareunan suojaamisessa oli mahdoton ennustaa. Tämän takia työssä suoritettiin kokeellinen osuus, jossa valittujen aineiden ja metodien tiiveyttä, kestävyyttä ja sopivuutta raakareunan suojaamiseen testattiin.

Työssä etsittiin vastauksia seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

- Miksi kartongin raakareuna tarvitsee suojausta?
- Minkälaisilla erilaisilla keinoilla kartongin raakareunaa voidaan suojata kartonkikupeissa?
- Minkälainen suojaustaso raakareunan suojaamisella on mahdollista saavuttaa?
- Kuinka raakareunan suojaaminen kupeissa vaikuttaa kupin kaasutiiveyteen?

1.3 Tutkimuksen rajaukset

Tutkimus rajattiin kartongin raakareunan suojaamiseen kartonkikupeissa sekä kuppien tiiveystestaukseen. Tiiveystestauksessa keskityttiin kupin sisäsauman raakareunan nesteitiiveyteen sekä kupissa raakareunan suojauksella mahdollisesti saavutettavaan kaasutiiveyteen. Muualla kupin rakenteessa aiheutuneita nesteiden imeytymiä ei otettu huomioon tulosten tarkastelussa. Imeytymät voivat tulla pohjasauman kautta tai johtua esimerkiksi kartongissa olevista mahdollisista pinholeista. Pinholeilla tarkoitetaan kartongin käsittelyssä syntyneitä pieniä vauriokohtia kartongin päällysteessä (Kuusipalo et al. 2008, s. 136).

1.4 Tutkimuksen rakenne ja menetelmät

Tutkimus noudattaa yleisesti tieteellisissä tutkimuksissa käytössä olevaa IMRAD-rakennetta. Työssä käsitellään ensin kirjallisuuskatsauksen muodossa aiheeseen liittyvää kirjallisuutta. Tämän jälkeen käsitellään työssä suoritettua kokeellista osuutta. Kokeellisessa osuudessa kokeisiin valituilla suojausmenetelmillä suojattiin kartongin raakareunaa joko valmiissa kupeissa tai kuppiaihioissa. Saavutettua raakareunan suojaustasoa testattiin erilaisilla tiiveystesteillä. Lopuksi käytiin läpi kokeellisessa osuudessa saatuja tuloksia ja johtopäätöksiä.

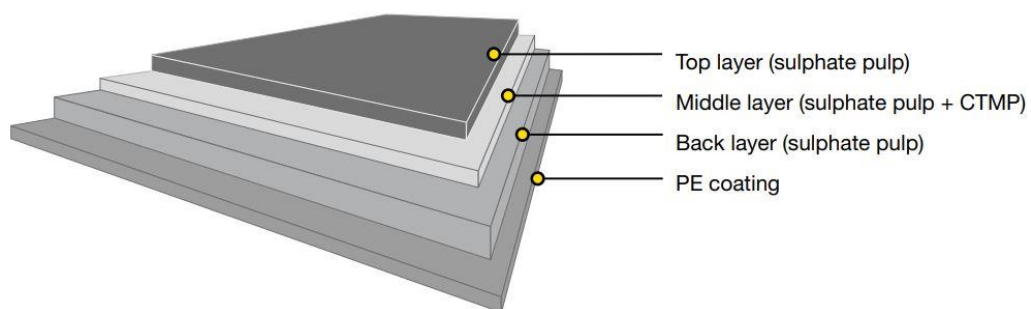
2 Kirjallisuuskatsaus

Tässä kappaleessa käydään yleisesti läpi aihetta käsittelevää kirjallisuutta. Aiheet käsittelevät yleisesti kuppien valmistuksessa käytettyä kartonkia ja kuppien valmistusta. Näiden lisäksi käydään myös läpi aihepiirin muita osa-alueita.

2.1 Kuppikartongin rakenne

Kartonkikuppien valmistuksessa käytetty kuppikartonki on ekstruusiopäällystettyä kartonkia. Kuppien valmistuksessa kuppikartonki on yleisimmin päällystetty PE-muovilla, mutta myös muita päällysteitä voidaan käyttää. Päällyste voi olla joko yhdellä puolella tai kummallakin puolella kartonkia, riippuen kupin käyttötarkoituksesta. Kuumia juomia varten valmistetut kupit päällystetään vain yhdeltä puolelta, kun taas kylmiä juomia varten valmistetut kupit päällystetään kummaltakin puolelta. Näin pyritään estämään kylmästä juomasta kupin ulkopuolelle aiheutuvan kondensation vaurioittamasta kupin rakennetta. (Kuusipalo et al. 2008, s. 160–161.)

Kuppikartongilta ja siinä käytetyltä päällysteeltä vaaditaan myös hyvää muotoiltavuutta, jotta kuppiin saadaan valmistusprosessissa taitettua suurulla. Suurullalla on tärkeä rooli kupin rakenteessa. Se auttaa kuppia pitämään muotonsa ja vahvistaa kupin rakennetta. (Kuusipalo et al. 2008, s. 161.) Kuvassa 1 on eräs yhdeltä puolelta PE-muovilla päällystetty Stora Enson valmistama kuppikartonki.

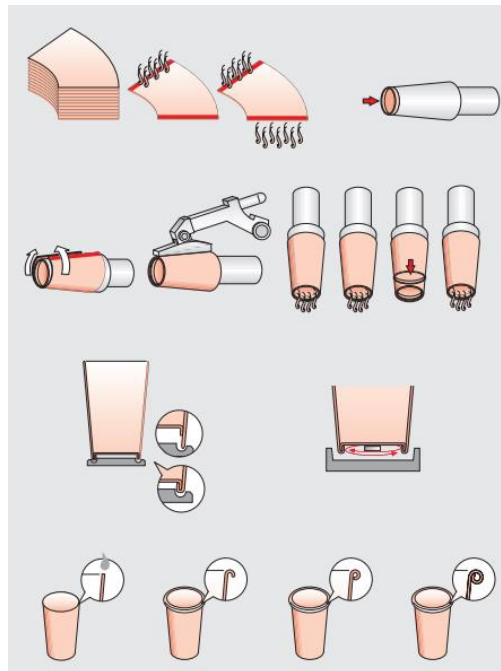


Kuva 1. Stora Enso Cupforma PE. (Stora Enso 2020.)

Kuvasta nähdään kuppikartongin koostuvan useasta eri kerroksesta PE-päällysteen lisäksi. Tyypillinen nestekartonki, jonka alle kuppikartonki lukeutuu, koostuu kahdesta kerroksesta sulfaattisellua. Näiden kerrosten välissä on lisäksi yleensä yksi tai kaksi kerrosta karkeampaa sellua, kuten CTMP:tä (Chemi Thermomechanical Pulp) eli kemihierrettä. (Wågberg & Åvitsland 2005, s. 346.)

2.2 Kartonkikuppien valmistusprosessi

Kuppien valmistusta varten kartonki joudutaan leikkaamaan isosta rullasta pienemmiksi aihioiksi, josta itse kuppi valmistetaan. Kuppien pohjien valmistuksessa käytetään omaa kapeampaa kartonkirullaa, josta kuppien pohjat rei'itetään valmistusprosessin aikana. Kuppi-koneessa leikatut kuppiaihiot kääritään muotin ympärille kupin muotoon ja reunat saumataan yhteen. Muodostuneeseen kupin seinämään liitetään pohja taittamalla ja saumaamalla kupin alareuna sen ympärille. Viimeiseksi kuppiin muotoillaan suurulla. (Keinonen 2004, s. 181.) Kuvassa 2 esitetään kartonkikuppien valmistusprosessi.



Kuva 2. Kartonkikuppien valmistusprosessi. (Hörauf 2023.)

Kartonkikupin valmistuksessa kupin sisäsaumaan jää aihion leikkaamisesta syntynyt avoin suojaamaton raakareuna, joka joutuu nesteen kanssa kosketuksiin. Kupin ulkopuolelle jää raakareuna, joka puolestaan altistuu ulkoisille tekijöille.

Yleisimpänä saumausmenetelmänä muovipäällysteisten nestekartonkipakkausten saumaamisen käytetään kuumasaumausta. (Kirwan 2013, s. 358; Hatanpää, Lahti & Lahtinen 2008, s. 274.) Kuumasaumaamiseen sisältyy monia erilaisia menetelmiä, mutta näistä kuppien valmistuksessa käytetyimmät ovat kuumapalasaumaus sekä kuumailmasaumaus. Kuumapalasaumauksessa saumattavaa pintaa puristetaan kahden lämmitetyn palan välissä, jolloin kartongin muovipäällyste sulaa ja pinnat kiinnittyvät toisiinsa kiinni. Kuumailmasaumauksessa kuumaa ilmaa käytetään sulattamaan kartongin muovipäällystettä, jonka jälkeen liitettäviä pintoja puristetaan yhteen. (Darby & Morris 2009, s. 1089–1090.)

Ultraäänisaumaus on myös eräänlainen kuumasaumausmenetelmä. Siinä kahta toisiinsa liitettävää pintaa hierotaan toisiaan vasten korkealla taajuudella. Aiheutuvassa kitkassa syntyvä lämpö sulattaa kiinnitettävät pinnat toisiinsa kiinni. Ultraäänisaumaus on hyödyllinen paksujen materiaalien saumaamisessa. Lämpö ei välttämättä välity riittävän hyvin paksuman materiaalin läpi sulattaakseen kiinnitettävät pinnat tarpeeksi hyvin toisiinsa kiinni. (Auras et al. 2021, s. 211; Darby & Morris 2009, s. 1092.)

2.3 Kartongin raakareuna ja reunaimetytymä

Jos päällystettyyn kartonkiin mahdollisesti syntyneitä pinholeja ei oteta huomioon, pidetään ehjässä kartongissa ainoana paikkana nesteiden imeytymisen esiintymiselle kartongin raakareunaa. Raakareuna syntyy, kun päällystettyä kartonkia leikataan pienemmiksi aihioiksi tuotteiden valmistuksen yhteydessä. (Eriksson, Lindström & Tufvesson 2007, s. 111.)

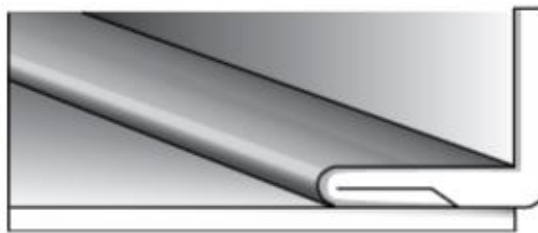
Kartongin reunaimetytymällä tarkoitetaan nesteen imeytymistä kartongin kuituihin raakareunan kautta. Reunaimetytymällä ja varsinkin kartongin kyvyllä vastustaa sitä on suuri merkitys kartongin käytettävyydessä. Sillä on vaikutusta myös pakkauksen valmistusprosessissa, sillä suuri reunaimetytymä voi aiheuttaa seisakkeja pakkauslinjastolla, heikentää tuottavuutta ja lisätä tuotannosta syntyneen jätteen määrää. Lievimmillään reunaimetytymä aiheuttaa pakkauksessa kosmeettista haittaa esimerkiksi kartongin värjäytymisenä, mutta pahimmillaan

se voi aiheuttaa pakkauksen vuotamisen ja rikkoutumisen. (Hart, Meyers & Xu 2018, s. 438; Wågberg & Åvitsland 2005, s. 345.)

Kartongin sisäisellä koostumuksella on myös vaikutusta reunaimeytymän määrään. Muovi-päällistyksen lisäksi kartonki voidaan käsitellä hydrofobisilla aineilla, kuten liimoilla tai hartseilla. Näin kartongin sisäiseen koostumukseen voidaan vaikuttaa reunaimeytymän hallitsemiseksi. (Hart et al. 2018, s. 437–438.) Wågberg ja Åvitsland (2005) huomasivat tutkimuksessaan myös kartongin valmistuksessa käytettävien sellulaatujen vaikuttavan reunaimeytymän suuruuteen. Sulfaattisellusta valmistettu kartonki vastusti nesteen virtausta huomattavasti enemmän kuin CTMP sellusta valmistettu kartonki.

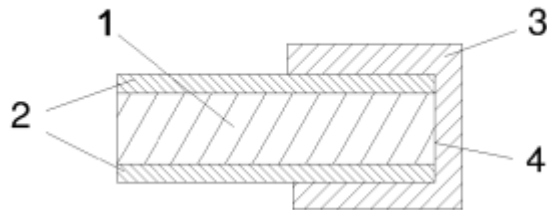
2.4 Raakareunan suojaaminen

Yksi nestekartonkipakkausten valmistamisessa käytetty menetelmä raakareunan suojaamiseksi on skaivaus (engl. skiving). Siinä nestekartonkipakkauksen sisäpuolelle jäävän sauman reunaa kavennetaan, ja se taitetaan sisäänpäin. Näin raakareuna saadaan piiloon kuvan 3 esittämällä tavalla, jolloin se ei ole kontaktissa pakkaukseen pakattavan nesteen kanssa. (Kirwan 2013, s. 361.)



Kuva 3. Nestekartonkipakkauksen skaivattu raakareuna. (Kirwan 2013, s. 362.)

Raakareunan suojaamiseksi on tehty myös erilaisia patentteja. Eräänlainen raakareunan suojaamiseksi kehitetty keino on taitella raakareunan ympärille erillinen profiili, esimerkiksi teippi tai muovikalvo. Tämä profiili suojaa paljasta raakareunaa mahdolliselta reunaimeytymältä. (Pat. FI 124502 B 2007, s. 6.) Kuvassa 4 esitetään patentin mukainen raakareuna-teippi.



Kuva 4. Patentin mukainen profiili taiteltuna raakareunan ympärille. (Pat. FI 124502 B 2007, s. 16.)

Kuvaan 4 on numeroilla esitettyinä kartongin eri kohdat, joista kohta 1 kuvaa kartonkia ja kohta 2 kartongin päällystettä. Kohta 4 puolestaan kuvaa kartongin suojaamatonta raakareunaa ja kohta 3 raakareunan ympärille sen suojaamiseksi taiteltua profiilia. (Pat. FI 124502 B 2007, s. 6.)

2.5 Reunaimeytymän testaaminen

Kartongin reunaimeytymän testaamiseen käytetään reunaimeytymätestiä eli EWT:tä (Edge Wicking Test). Testissä päällystetystä kartongista leikatut testikappaleet upotetaan nesteseen tietyksi määritetyksi ajaksi. Testin tarkoituksena on määrittää kartonkinäytteen kykyä vastustaa nesteen imeytymistä. Testissä käytetty neste ja testiaika voi vaihdella. Reunaimeytymäindeksi (EWI) määritetään testikappaleiden painon perusteella seuraavasti:

$$EWI = \frac{m_2 - m_1}{tl} \quad (1)$$

jossa m_1 on testikappaleen massa ennen testiä [mg], m_2 testikappaleen massa testin jälkeen [mg], t on testikappaleen paksuus [μm] ja l on testikappaleen avoimen raakareunan pituus kokonaisuudessaan [m]. (Nemez 2013, s. 13.)

2.6 Suojakaasupakkaaminen

Suojakaasupakkaaminen eli MAP (Modified Atmosphere Packaging) on ruokateollisuudessa käytetty pakkausmenetelmä, jonka tarkoituksena on parantaa ruokatuotteiden säilyvyyttä hallitsemalla mikrobien kasvua ja estämällä mahdolliset muutokset elintarvikkeessa,

kuten maussa tai koostumuksessa. MAP menetelmä perustuu pakkauksen sisäisen kaasukoostumuksen muuttamiseen. (Floros & Matsos 2005, s. 159, 161; Dash 2014, s. 338.)

Yleisimmät MAP-menetelmässä käytettävät kaasut ovat typpi (N_2), happi (O_2) ja hiilidioksidi (CO_2). Jokaisella kaasulla on oma roolinsa MAP-pakkauksissa, ja niiden käyttö suoja-kaasun koostumuksessa vaihtelee pakattavan tuotteen perusteella. (Floros & Matsos 2005, s. 161; Auvinen & Lahtinen 2008, s. 314–315.)

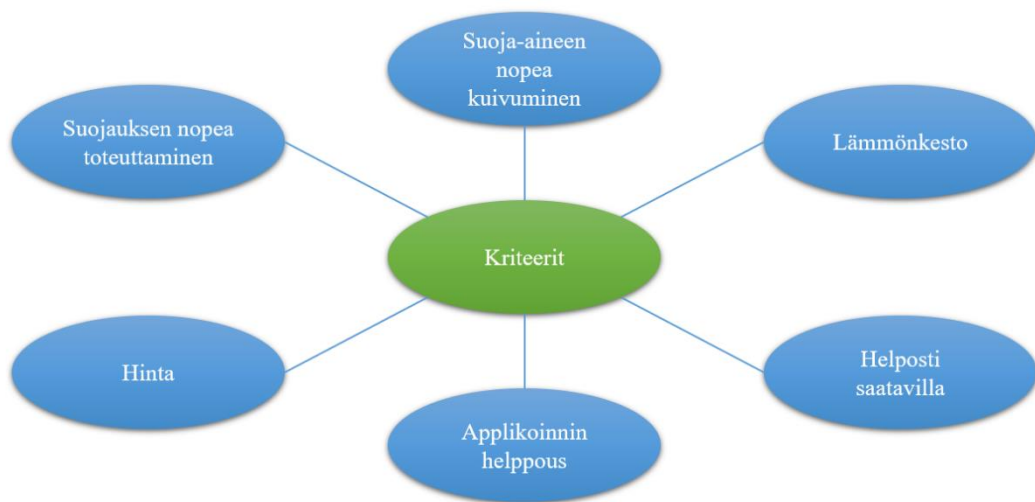
Typpi on inertti ja mauton kaasu, joka ei reagoi muiden aineiden kanssa. Sitä käytetään lähinnä hapen syrjäyttämiseksi pakkauksesta sekä auttamaan pakkausta säilyttämään muotonsa. Typpi ei estä anaerobisten mikrobien lisääntymistä. Syrjäyttäessään hapen pakkauksesta se kuitenkin torjuu aerobisten mikrobien kasvua. (Auvinen & Lahtinen 2008, s. 315.)

Pääasiassa happea vältetään MAP pakkauksissa sen monien negatiivisten vaikutusten vuoksi, kuten aerobisten mikrobien kasvun lisääminen sekä rasvojen ja öljyjen hapettuminen ja härskiintyminen, jotka johtavat elintarvikkeen pilaantumiseen. Joissakin tapauksissa hapenpuute pakkauksessa saattaa aiheuttaa pakatulle tuotteelle haittaa, kuten anaerobisten bakteerien lisääntymisen. (Auvinen & Lahtinen 2008, s. 314–315.)

Hiilidioksidilla puolestaan on bakteerien ja mikrobien kasvua estäviä ominaisuuksia. Se liukenee pakatussa elintarvikkeessa esiintyvään veteen muodostaen hiilihappoa. Hiilihappo tekee pakatusta elintarvikkeesta hapanta, joka estää mikrobien kasvun. Liukeneminen puolestaan laskee pakkauksen kaasupitoisuutta, joka voi johtaa pakkauksen luhistumiseen. Tämän vuoksi hiilidioksidia käytetään yleensä yhdessä typpikaasun kanssa pakkauksen muodon säilyttämiseksi. (Auvinen & Lahtinen 2008, s. 314–315; Floros & Matsos 2005, s. 161.)

3 Materiaalit ja menetelmät

Tämän työn kokeellisessa osuudessa kuppien raakareunan suojaamista testattiin erilaisilla suojausmenetelmillä. Menetelmien valitsemisessa käytettiin apuna kuvassa 5 esitettyjä kriteereitä. Menetelmiä saatettiin valita testeihin mukaan, vaikka ne eivät kaikkia kriteereitä täyttäneet, jos menetelmä vaikutti hyvältä muiden kriteerien puolesta.



Kuva 5. Menetelmien valitsemisessa käytetyt kriteerit.

Työn tavoitteena oli löytää helppoja ja nopeita keinoja kupin raakareunan suojaamiseksi, jolloin valittujen menetelmien oli hyvä olla nopeasti kuivuvia, helppoja käyttää sekä nopeita toteuttaa. Tämän lisäksi tuotteiden oli oltava helposti saatavilla, mielusti rautakaupoista tai päivittäistavarakaupoista löytyviä tuotteita. Tuotteiden hinta oli myös tarkastelun kohteena. Suojausmenetelmän oli myös hyvä kestää lämpöä mahdollisten kupissa käytettävien kuumien tuotteiden varalta.

Jokaisella kokeisiin valitulla suojausmenetelmällä suojattiin aluksi raakareuna kolmesta sekä PE- että PP-muoveilla päällystetystä kartongista valmistetusta kupista. Suoja-aineiden levittämisen jälkeen niiden annettiin kuivua ja asettua vähintään puolen tunnin ajan ennen tiiveystestaukseen siirtymistä.

3.1 Valitut suojausmenetelmät

Raakareunan suojaamiseksi valikoitui pääasiassa erilaisia liimoja ja massoja. Myös joitakin teippejä testattiin raakareunan suojaamisessa. Suojausmenetelmiksi valittiin helposti saatavilla olevia kaupallisia tuotteita. Testeihin valikoidut suojausmenetelmät esitetään taulukossa 1.

Taulukko 1. Kokeeseen valitut suojausmenetelmät.

TEIPT	LIIMAT	MASSAT
Scotch-alumiiniteippi	LOCTITE Power Epoxy Instant Mix -epoksiliima	Bison Rubber Seal -paikkausmassa
Tesa PROFESSIONAL sPVC Plastering Tape -suojausteippi	Loctite Flex Gel Control pikaliima	Bison Liquid Rubber -nestekumi
Stora Enson raakareunateipatut aihiot	Pattex Liquid -kontaktiliima	CAR-REP RUBBERcomp -kumimaali
	CAR-REP -sprayliima	Sikasil-C -silikoni
	Kuumaliima	Casco Paintflex -saumausmassa
		Casco Clearseal -liima- ja tiivistemassa

3.2 Kuppimateriaalit

Kokeissa käytettävät kupit valmistettiin LUT-yliopiston pakkaustekniikan laboratoriossa. Valmistetut kupit olivat kuumille juomille tarkoitettuja kuppeja ja ne olivat korkeudeltaan noin 90 mm ja ylemmän osan halkaisija noin 80 mm. Tilavuudeltaan kupit olivat 8 oz eli noin 230 ml. Kupprien valmistamiseen käytettiin kuvan 6 mukaista Debaon valmistamaa kupinvalmistuslaitetta.



Kuva 6. Debao-138S kupinvalmistuslaite. (Zhejiang New Debao Machinery Co., Ltd. 2023.)

Kuppeja valmistettiin sekä PE- että PP-muoveilla päällystetyistä kartongeista. Poikkeuksena tähän raakareunateipatuista aihioista valmistetut kupit, jotka olivat vain PE-muovilla päällystetyistä kartongista tehtyjä. Kupeissa käytetty kartonki oli hydrofobisesti liimattua kuppi-kartonkia.

3.3 Suojausvaihe

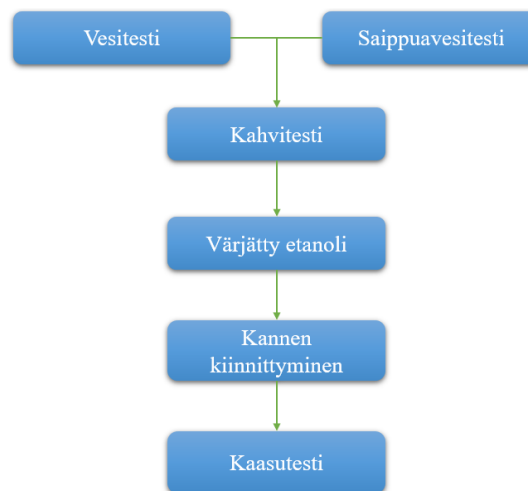
Testattavaksi valitut suojausmenetelmät ovat valmiiseen kuppiin toteutettavia suojausmenetelmiä, lukuun ottamatta Stora Enson Imatran tutkimuskeskukselta saatuja raakareunateipattuja kuppiaihioita.

Suojausmenetelmillä suojattiin kupin sivusauman sisäpuolista raakareunaa sekä suoja-aineen sen mahdollistaessa, levitettiin suoja-ainetta myös kupin pohjalle suojaamaan pohjan ja kupin seinämän välistä rakoja.

Suojausmenetelmien toiminnallisuutta suojausvaiheessa tarkasteltiin ja hankalasti käytettävät suojausmenetelmät karsittiin pois, sillä tarkoituksena oli löytää helposti laboratorio-olosuhteissa käytettävissä olevia menetelmiä. Tämän lisäksi suojauksen oli oltava helposti toistettavissa, luotettava sekä mahdollisimman neste- ja kaasutiivis.

3.4 Tiiveystestaus

Raakareunan suojaamisen jälkeen kuppien tiiveyttä testattiin. Itse raakareunan tiiveyttä ja suojauksen onnistumista testattiin viidellä erilaisella menetelmällä. Näiden lisäksi kaasutes-
tejä varten kupin päälle saumattavan kannen kiinnittävyyttä ja tiiveyttä testattiin. Tiiveys-
testit aloitettiin reunaimeytymän kannalta kupeille helpoiten läpäistävillä testeillä. Nesteen
pintajännitys on yksi reunaimeytymän syntymistä hidastava tekijä. Tämän takia vesi on reu-
naimeytymän syntymisen kannalta kupeille helpoimmin läpäistävä testi käytetyistä testime-
netelmistä. Testien läpäisemiseksi ei kupeissa saanut olla havaittavissa reunaimeytymää.
Käytettävät testimenetelmät ja testien etenemisjärjestys esitetään kuvassa 7.



Kuva 7. Käytettävät testimenetelmät ja niiden eteneminen.

Muista testimenetelmistä poiketen vesi- ja saippuavesitestit suoritettiin samaan kuppiin. Näistä menetelmistä ensin testattiin vesi, jonka jälkeen siirryttiin saippuaveteen.

Testien yhteydessä kummallakin muovilaadulla päällystetyistä kupeista tehtiin kontrollites-
tit, joissa raakareunaa ei ollut suojattu. Kontrollitesteistä saatuja tuloksia verrattiin suojattu-
jen raakareunojen testeistä saatuihin tuloksiin. Jokaisen testimenetelmän jälkeen saavutettua
suojaustasoa ja suojauksen onnistumista tarkasteltiin kuvassa 8 esitettyjen kriteerien perus-
teella ja huonoja menetelmiä karsittiin kokeista pois.



Kuva 8. Menetelmien karsimiseen käytettävät kriteerit.

Tiiveyden testaamisessa ei otettu huomioon kartongin tai kupin valmistuksessa mahdollisesti syntyneiden pinholejen vuotamista, vaan vain raakareunan kohdalla olevat mahdolliset reunaimeytymät ja vuodot otettiin tiiveyden ja suojauksen onnistumisen arvioinnissa huomioon.

3.4.1 Nesteillä suoritettavat testit

Ensimmäiseksi suojatut kupit testattiin vedellä ja saippuavedellä, jotka ovat värjätty patenttisinisellä. Värjätyn veden annettiin olla kupeissa 15 minuutin ajan, jonka jälkeen värjätyn saippuaveden annettiin vaikuttaa samoissa kupeissa yhtä pitkään. Kuvassa 9 on näkyvissä ensimmäisiä suojattuja kuppeja vesitestissä.



Kuva 9. Kuppeja vesitestissä.

Vesi- ja saippuavesitesteistä jatkoon valitut menetelmät testattiin kahvilla. Kuppeihin kaadettiin kuumaa kahvia, jonka annettiin vaikuttaa kupissa 15 minuutin ajan.

Viimeiseksi ennen kaasutestiä testattiin kuppien tiiveyttä etanolilla. Käytetty etanoli oli vahvuudeltaan 94 % patenttisinisellä värjättyä Etax A16 denaturoitua etanolia. Poiketen muista nesteillä suoritetuista testeistä, annettiin etanolin vaikuttaa kuppeissa vain minuutin ajan. Tämä johtui etanolin voimakkaasta läpäisykyvystä kartonkikuppeissa ja mahdolliset reunaimeytymät havaittiin melkein välittömästi.

Jokaisten testien jälkeen kupit tarkasteltiin mahdollisen reunaimeytymän varalta, ja mahdollisesti huonosti suoriutuneet suojausmenetelmät karsittiin jatkotesteistä pois.

3.4.2 Kannen saumaaminen

Muovikannen saumautuvuutta kupin päälle sen sulkemista varten testattiin ennen kaasutesteihin siirtymistä. Jos kansi ei tarttunut tiiviisti kupin suurullaan tai sen saumakohtaan käytetyn suojausmenetelmän takia, ei kupin kaasutiiveyden testaamista ollut kannattavaa suorittaa.

Kannen tiiveyttä testattiin sulkemalla kuppi muovikannella kuvassa 10 esitetyllä ILPRA:n valmistamalla Foodpack -kansisaumauslaitteella. Kupit saumattiin 140°C saumauslämpötilalla ja 2,5 sekunnin sulkemisajalla. Saumausparametrit valittiin kokeilemalla kannen saumaamista eri parametreilla ja valitsemalla käytettävät parametrit parhaimpien tulosten

perusteella. Tämän jälkeen kannen keskelle tehtiin aukko, josta saatiin kaadettua värjättyä etanolia kupin sisälle. Kuppia kallistettiin, jotta etanoli saadaan kosketuksiin kannen ja kupin väliseen saumakohtaan. Jos kupin ja kannen välinen sauma oli huono, nähtiin se etanolin leviämisenä näiden väliin.



Kuva 10. ILPRA Foodpack Energy -laite. (ILPRA 2023.)

3.4.3 Kaasutesti

Jos kupeissa saavutettiin riittävän hyvä tiiveys kannen ja kupin suurullan välillä voitiin suorittaa kaasutiiveystesti. Kuppiin imettiin samalla kansisaumauslaitteella tyhjiö, ja kupit täytettiin tyyppästä ja hiilidioksidista koostuvasta suojakaasusta. Tämän jälkeen suojakaasun annettiin olla kupeissa 5 minuutin ajan, jonka jälkeen kuppien sisällä olevan kaasun koostumus mitattiin. Mittaukseen käytettiin kuvassa 11 esitettyä Wittgasin valmistamaa Oxybaby-mittalaitetta.



Kuva 11. Kaasuseoksen koostumuksen mittauksessa käytetty laite. (WITTGAS 2023.)

Mittauksessa keskityttiin kupin sisällä olevaan happipitoisuuteen, sillä se oli syrjäytetty kupista suojakaasulla. Kupin mahdollinen vuotaminen havaittiin happikaasun (O₂) pitoisuuden nousulla.

4 Tulokset

Tässä kappaleessa käydään läpi työn kokeellisessa osuudessa saatuja tuloksia. Tulokset käsitellään vaiheittain suojausvaiheesta testimenetelmiin.

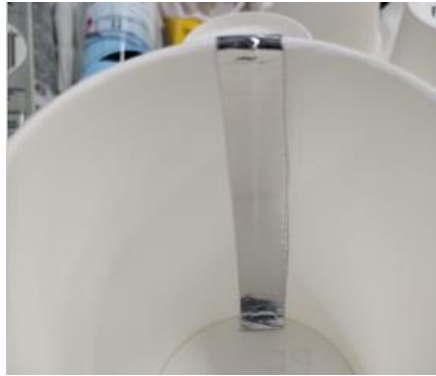
4.1 Kuppien suojausvaihe

Kuppien suojausvaiheessa kiinnitettiin huomiota suojausmenetelmien käytettävyyteen, levitettävyyteen, kiinnittymiseen kuppiin sekä liimojen ja massojen kohdalla myös kuivumisaikaan. Kaikkien muiden suojausmenetelmien kohdalla suojaus toteutettiin valmiisiin PE ja PP päällystettyihin kuppeihin, lukuun ottamatta raakareunateipattuja aihioita.

4.1.1 Teipit

Alumiiniteipillä ja suojausteipillä suojattiin sekä PE että PP muoveilla päällystettyjä kuppeja. Raakareunateipillä saatiin suojattua vain PE kuppeja. Alumiiniteipin ja suojausteipin kiinnittymisessä ei havaittu eroja PE ja PP kuppien välillä.

Scotch -alumiiniteippi (liite 1) oli helppo asentaa valmiiseen kuppiin sen jäykkyyden, sekä suojatun liimapinnan ansiosta. Liimapinnan suojapaperi helpotti myös teipin käsittelyä, sillä siitä piti leikata kapeampia liuskoja teipin ollessa rullalta otettaessa liian leveä kuppiin asennettavaksi. Liimapinnan suojapaperin sai poistettua siinä vaiheessa, kun teippi asennettiin kuppiin. Teipin metallisen koostumuksen vuoksi kiinnityksessä saattoi kuitenkin teippiin syntyä ryppyjä, jotka saattavat vaikuttaa negatiivisesti saavutettavaan suojaustasoon. Kupin pohjan ja seinämän välinen kohta osoittautui haastavaksi suojata tiiviisti niin, että teipin taitekohdan ja kupin väliin ei olisi jäänyt rakoa. Kuvassa 12 on esitetty valmis alumiiniteipillä suojattu raakareuna.



Kuva 12. Scotch-alumiiniteipillä suojattu kuppi.

Tesa -suojausteippi (liite 2) oli kupin suojauksessa alumiiniteippiä hankalampaa käsitellä. Teipin liimapinta ei ollut erikseen suojattu, vaan liimapinta oli avoin heti rullalta avaamisen jälkeen. Tämä hankaloitti teipin käsittelyä ennen suojausta, sillä suojausteippi piti alumiiniteipin tavoin leikata ohuemmiksi kaistaleiksi. Lisäksi teipin kohdistaminen kupissa sauman päälle oli hankalaa teipin tarttuessa kuppiin välittömästi. Suojausteippi oli huomattavasti alumiiniteippiä elastisempaa, jolloin se muotoutui paremmin kuppiin eikä siihen syntynyt ryppyjä. Kupin pohjan ja seinämän välisestä kohdasta teipin sai asennettua tiiviimmin kuppiin. Kuvassa 13 suojausteipillä suojattu kuppi.



Kuva 13. Tesa-suojausteipillä suojattu kuppi.

Stora Enson raakareunateipatuista (Liite 3) aihioista valmistetut kupit saatiin valmistettua hyvin pakkaustekniikan laboratoriossa. Raakareunateipillä tarkoitetaan ultraäänisaumamalla kupin raakareunan ympärille asennettua 8 mm leveää muovifilmiä. Kuppien laadussa esiintyi kuitenkin jonkin verran vaihtelua suurullassa kupin sauman kohdalla, jossa

raakareunateippi sijaitisi. Kuvassa 14 esitetään kaksi raakareunateipatuista aihioista valmistettua kuppia, joissa toisessa kupissa näkyy suurullan sauman kohdalla poimu.



Kuva 14. Raakareunateipatut PE-kupit, joista vasemmalla parempi kuppi onnistuneella suurullalla ja oikealla huonosti muotoutunut suurulla.

Suurullan muotoilun epäonnistuminen joissakin kupeissa liittyi todennäköisesti raakareunateipin tuomaan paksuuteen tai jäykkyyteen aihion reunan kohdalla. Raakareunateipatuista aihioista valmistettujen kuppien laatuvaihtelujen vuoksi kyseisiä kuppeja testattiin kuudella kappaleella testimenetelmää kohden, jotta mahdollisten eroavaisuuksien vaikutus tuloksiin saataisiin minimoitua.

4.1.2 Liimat

Loctite -epoksiliiman (liite 4) levitys onnistui helposti pakkauksen mukana tulevan sekoituskärjen avulla. Lisäksi epoksin käytettävyyttä helpotti kahden komponentin automaattinen sekoittuminen kärjessä liimaa annostellessa, eikä komponentteja tarvitse itse sekoittaa liimaa käytettäessä. Kärjellä oli helppo annostella liimaa kupin sisäsaumaan raakareunan suojaamista varten. Lisäksi kärki ulottui kupin pohjaan asti, jolloin kupin pohjan ja seinämän välinen sauma saatiin suojattua. Kyseinen sekoituskärki sisältyi kuitenkin vain kokeissa käytettyyn 14 ml pakkauskokoon.

Liimapakkauksen mukaan epoksi kovettuu noin viidessä minuutissa. Todellisuudessa kuivumiseen vaikuttaa liimakerroksen paksuus. Epoksi kovettui kosketuskuivaksi noin 15–30 minuutissa.

Suojausvaiheessa epoksin kiinnittymisessä PE ja PP kuppien välillä ei huomattu eroja. Pakkauksessa mainittiin, että liima ei soveltuisi PE ja PP muovien liimaamiseen, mutta kokeissa

epoksi kiinnittyi kuppeihin hyvin. Kuitenkin kuppeja avatessa saumasta tarkastelua varten huomattiin tarttumisessa PE ja PP kuppien välillä eroja. PE muovilla päällystetystä kartongista valmistettua kuppia avatessa huomattiin epoksin ja kupin välille syntyvän kuvassa 15 näkyvä kuiturepeämä. Epoksin ja PE-päällysteen välinen adheesio on ollut niin vahva, että PE-päällyste on lähtenyt epoksin mukana, paljastaen paljaan kartongin.



Kuva 15. Epoksin ja PE kupin välillä syntynyt kuiturepeämä.

PP muovilla päällystetystä kupista puolestaan saumaa avatessa epoksi irtosi puhtaasti kupin pinnalta, jättäen kartongin PP-päällysteen paikalleen. Tällöin epoksin ja PP-muovin välillä oleva adheesio ei ole ollut yhtä vahva kuin epoksin ja PE-muovilla päällystetyn kartongin välillä. Ero epoksin adheesiossa päällysteiden välillä ei kuitenkaan vaikuttanut testien tuloksiin. Kuvassa 16 PP-kupin pinnalta irronnut epoksiliima.

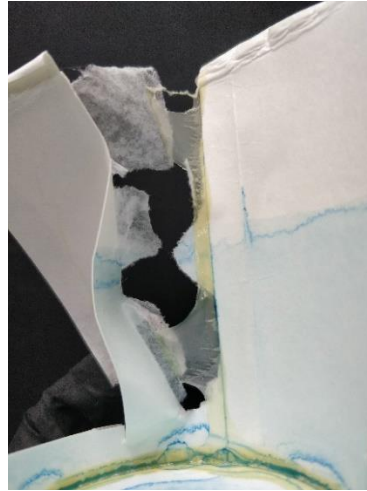


Kuva 16. Kupista irronnut epoksiliima.

Pakkauksen mukaan epoksi kestäisi lämpöä 150 celsiusasteeseen asti. Lisäksi epoksin väitetään kestävän vettä, öljyä, polttoaineita, laimennettuja happoja ja heikkoja peruskemikaa- leja.

Loctite -pikaliima (liite 5) levittyi kuppiin hyvin, mutta pakkauksen pienen koon vuoksi le- vitys tasaisesti kupin sisälle oli haastavaa. Pikaliiman riittoisuus oli myös huono, sillä yh- destä paketista riitti liimaa noin kuuden kupin suojaamiseksi. Myös pikaliima kuivui kohta- laisen nopeasti, mutta paksummassa kerroksessa kuivumisessa meni pitkään. Paksumpia lii- makerroksia saattoi syntyä, koska levittäminen oli hankalaa ja vaaleasta kupista oli hankalaa hahmottaa läpinäkyvää liimaa. Paksummat liimakerrokset saattoivat olla vielä seuraavana- kin päivänä märkiä. Pikaliiman tarttumisessa PE ja PP kuppien välillä ei havaittu eroja.

Pattex -kontaktiliima (liite 6) oli koostumukseltaan juoksevaa, jolloin liima valui kupin poh- jalle levittämisen jälkeen. Kupin sisäsauman kohdalle kuitenkin tarttui valumisesta huoli- matta riittävä kerros liimaa raakareunan suojaamiseksi. Valumista voitiin ehkäistä pelkkää raakareunaa suojatessa jättämällä kuppi kallelleen pöydälle sauma alaspäin, jolloin liima ei valunut paksuksi kerrokseksi kupin pohjalle. Kontaktiliiman levittäminen kuppiin oli help- poa, jolloin sillä saatiin myös pohjasauma suojattua. Jos kuitenkin pohjasauma suojataan, ei kuppia voi laittaa kallelleen, sillä silloin myös pohjasaumaan levitetty liima kerääntyy yh- teen. Tällöin liiman kuivumisaika pitenee. Ohut kerros liimaa kuivui kosketuskuivaksi noin 15–30 minuutissa. Kontaktiliima muodostaa kuivuessaan elastisen kalvon, jota havainnol- listetaan kuvassa 17. Tarttumisessa ei havaittu eroja PE ja PP kuppien välillä. Pakkauksen mukaan kontaktiliima kestää lämpötiloja 110 celsiusasteeseen asti.



Kuva 17. Kontaktiliiman muodostama elastinen kalvo.

CAR-REP -sprayliima (liite 7) on aerosolipullossa oleva suihkutettava liima. Sprayliima vaatii käytettäessä hyvän ilmanvaihdon, mieluummin spraymaalamiseen soveltuvan vetokaappin tai käytön ulkona. Sprayliima oli hankala levittää tarkasti kupin sisäsauman kohdalle, sillä se levittyy suihkutettaessa koko kupin sisäpuolelle. Tämän lisäksi sprayliimalla oli hankala saada tasalaatuista kerrosta, sillä suojausvaiheessa on vaikea nähdä mihin kohtiin kupin liimaa on levittynyt.

Sprayliima aiheutti joissakin kupeissa kuvassa 18 näkyvää reunaimeytymää heti levitysvaiheessa. Tähän vaikutti myös etäisyys, jolta liima suihkutettiin. Liiman kuivumisessa meni noin 60 minuuttia ja liima jäi kuivuttuaan tahmeaksi.



Kuva 18. Sprayliiman aiheuttama reunaimetymä suojausvaiheessa.

Kuumaliima (liite 8) oli hankala levittää kuppiin kuumaliimapistoolin suuren koon takia. Liimaa oli vaikea annostella kupin sisäsaumalle sopivaa määrää. Lisäksi liimaan syntyi ilmakuplia, jotka ollessaan väärässä paikassa vaikuttavat negatiivisesti saavutettuun suojaustasoon.

Liiman tarttumisessa kuppiin oli havaittavissa samanlaista eroavaisuutta PE ja PP kuppien välillä kuin epoksiliimassa. PE kuppeja avatessa saumakohtaan liiman ja kupin välille syntyi kuiturepeämää, kun taas PP kupeissa liima irtosi puhtaasti kupin pinnasta pois. Erot tarttumisessa oli huomattavissa vasta kuppia avatessa, eikä sillä ollut vaikutusta tiiveystestien tuloksiin.

4.1.3 Massat

Bison Rubber Seal -paikkausmassan (liite 9) pakkaus oli isokokoinen, joka hankaloitti massan levittämistä kuppiin. Aine oli paksua massaa, jota oli suoraan pakkauksesta hankala levittää tarkasti raakareunan päälle ja tämän takia aine täytyi levittää sormella. Tämä teki tuotteen applikoinnista sotkevaa. Massaa saatiin levitettyä myös pohjasauman kohdalle. Tuote oli hitaasti kuivuvaa, pakkauksen mukaan tuotteen täysi kuivuminen vie noin 48 tuntia. Paikkausmassa tarttui kuppeihin hyvin ja kuivuttuaan oli myös tarttunut kuppeihin tiukasti. PE ja PP kuppien välillä ei havaittu eroja tarttumisessa.

Bison Liquid Rubber -nestekumi (liite 10) oli Rubber Seal paikkausmassan tavoin hankalasti levitettävää ja vaati myös sormella levittämistä kuppiin. Tuotteella saatiin myös kupin

pohjasaumaa suojattua. Nestekumi oli hitaasti kuivuvaa, pakkauksen mukaan noin 28 tunnin kuluttua tuote kuivuisi täysin kuivaksi. Nestekumi pysyi kupeissa hyvin levittämisen aikana. Kuivuttuaan tarttumisessa huomattiin eroja PE ja PP kuppien välillä. Erot kiinnittymisessä oli samanlaista kuin epoksin ja kuumaliiman kohdalla. PE-muovilla päällystettyihin kuppeihin syntyi kuiturepeämää, kun taas PP-muovilla päällystetyissä kupeissa liima irtosi kupin pinnalta. Suojaustasossa ei kuitenkaan havaittu eroja.

CAR-REP RUBBERComp -kumimaali (liite 11) on spraymaali, joka kuivuessaan muodostaa elastisen kumikalvon tuotteen pinnalle. Tuote vaatii käytettäessä vastaavat olosuhteet kuin sprayliima. Sprayliiman tavoin kumimaali on hankala levittää vain raakareunan päälle, vaan se levittyy suihkutettaessa ympäri kupin sisäpintaa. Kuppia suojatessa oli vaikea nähdä, minne maalia oli levittynyt kyseisen maalin ollessa valkoista.

Pakkauksen mukaan kerroksia pitäisi levittää useampi, mutta yksi suojaukselle asetetuista kriteereistä oli nopea suojaus. Tämän takia kokeita varten kuppiin suihkutettiin maalia vain yksi kerros. Tuote kuivuu myös hitaasti ja se oli kosketuskuiva noin 2 tunnin päästä levittämisestä.

Sikasil-C -silikoni (liite 12), Casco Paintflex -saumausmassa (liite 13) sekä Casco Clearseal -liima- ja tiivistemassa (liite 14) olivat patruunassa olevia tuotteita, jotka vaativat levittämiseen erillisen patruunapuristimen työkaluksi. Tämä teki tuotteiden tarkasta levittämisestä raakareunan päälle hankalaa. Tätä hankaloitti lisää se, että tuotteet olivat kiinteähköä nauhaa pursotettaessa, joten tuotteiden saaminen tarkasti raakareunan päälle osoittautui haasteeksi. Tuotteet olivat hitaasti kuivuvia ja pakkauksien mukaan kuivumiseen menisi 24–48 tuntia, pois lukien Paintflex -saumausmassa, jonka pakkauksen mukaan tuote olisi päälle maalattavissa 60 minuutin kuluttua levittämisestä. Tuotteiden tarttuvuus kuppeihin oli myös heikkoa, ja massanauhan sai aineiden kuivuttua sormella irtoamaan kupeista pienellä voimalla. Eroavaisuuksia ei PE ja PP kuppien välillä ollut, vaan tuotteet tarttuivat kumpaankin kuppilaa tuun huonosti.

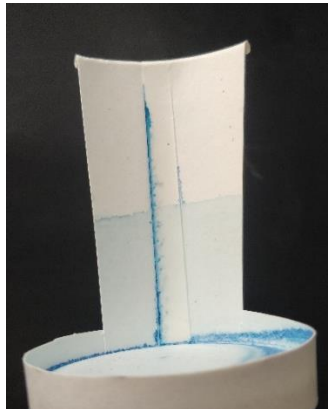
4.2 Tiiveystestien tulokset

Ensimmäisten kuppien suojauksen jälkeen aloitettiin kuppien tiiveyden testaaminen. Jokaisen suoritettujen tiiveystestien jälkeen kupeissa saavutettu suojaus arvioitiin ja sen perusteella

valittiin jatkotesteihin otettavat suojausmenetelmät. Tässä kappaleessa käsitellään tiiveystesteissä saatuja tuloksia ja eri suojausmenetelmien toimivuutta sekä niiden karsiutumista testeistä.

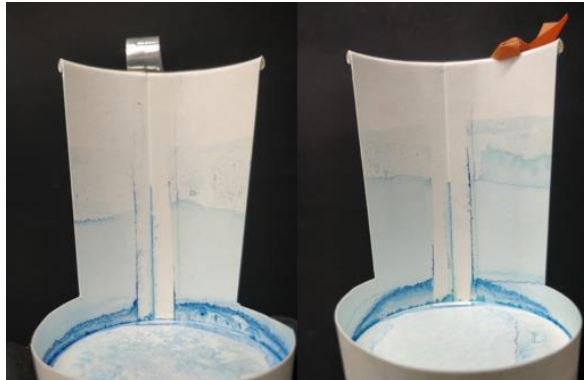
4.2.1 Vesi- ja saippuavesitesti

Vesi- ja saippuavesitesteissä suojatuissa kupeissa annettiin ensin olla 15 minuutin ajan vettä, ja tämän jälkeen samoissa kupeissa annettiin saippuaveden vaikuttaa toiset 15 minuuttia. Vesi ja saippuavesi oli värjätty patenttisinisellä, jotta mahdolliset reunaimeytymät tai vuotokohdat huomattaisiin helpommin. Suojattujen kuppien lisäksi testattiin kontrollina raaka-reunaltaan suojaamattomia PE ja PP kuppeja. Kontrollikupeissa ilmeni saippuavesitestin jälkeen reunaimeytymää, joka havaitaan kuvasta 19.



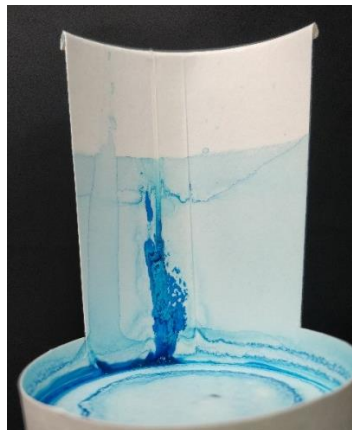
Kuva 19. Kontrollikuppi saippuavesitestin jälkeen.

Testeissä havaittiin sekä alumiiniteipin että suojausteipin kohdalla nesteen alkaneen kapillaari-ilmion avulla nousemaan teipin sisäpuolelta sisäsaumaa pitkin ylös. Nestettä oli päässyt kuppien pohjasauman kautta teipin ja kupin väliin. Tämän takia alumiini- ja suojausteipillä saavutettu suojaustaso katsottiin huonoksi ja ne karsittiin testeistä pois. Kuvassa 20 nähdään sekä alumiini- että suojausteipillä suojatuista kupeista nesteen päässeen pohjasauman kautta teippien alle ja lähteneen nousemaan ylöspäin.



Kuva 20. Kuvassa vasemmalla alumiiniteipillä suojattu kuppi ja oikealla suojausteipillä suojattu kuppi saippuavesitestin jälkeen.

Testien jälkeen myös Loctite -pikaliima karsittiin jatkotesteistä pois. Liima oli pienen pakkauskokonsa vuoksi vaikea levittää kuppeihin, ja liiman pienen riittoisuutensa takia menetelmä ei ollut käytännöllinen. Jos liimaa jäi levitettäessä paksummaksi kerrokseksi, kuivui se paksun kerroksen kohdalta hitaasti ja oli vielä seuraavana päivänä märkää. Kuvassa 21 nähdään pikaliimalla suojattu kuppi saippuavesitestin jälkeen. Pikaliiman kuivumaton kohta huomataan värjäytyneen testissä ja nähdään kuvassa sisäsauman kohdalla isona tummansinisenä laikkuna.

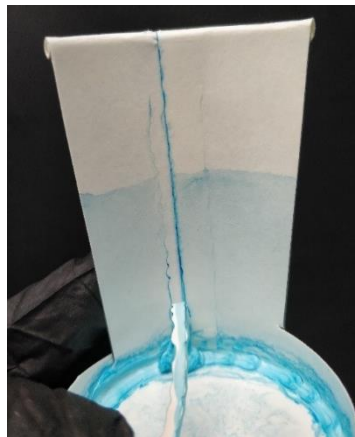


Kuva 21. Pikaliimalla suojattu kuppi saippuavesitestin jälkeen.

Bison Rubber Seal -paikkausmassa, Bison -nestekumi sekä CAR-REP RUBBERcomp -kumimaali karsittiin saippuavesitestien jälkeen jatkotesteistä pois. Tuotteiden suojaustasossa ei havaittu testeissä puutteita, mutta tuotteiden hankalan levitettävyyden ja hitaan

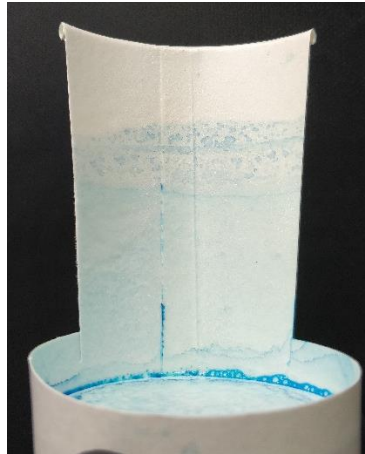
kuivumisnopeuden takia tuotteiden ei katsottu täyttävän testeissä vaadittuja kriteereitä ja tämän vuoksi tuotteet karsittiin jatkotesteistä pois.

Patruunapuristimella levitettävät tuotteet, tarkemmin Sikasil-C -silikoni, Casco Paintflex -saumausmassa sekä Casco Clearseal -liima- ja tiivistemassa karsiutuivat myös samoista syistä jatkotesteistä pois. Tuotteiden pysyminen kupeissa oli heikkoa ja tuotteita oli vaikea saada raakareunan päälle tarkasti ja luotettavasti, joten ne eivät täyttäneet asetettuja kriteereitä. Kuvassa 22 nähdään Paintflex -saumausmassalla suojattu kuppi saippuavesitestin jälkeen. Kuvasta huomataan massan lähtevän kupista helposti irti ja testissä saippuaveden nousseen saumaa pitkin ylöspäin. Silikonin ja liima- ja tiivistemassan tulokset olivat samalaisia.



Kuva 22. Paintflex -saumausmassalla suojattu kuppi saippuavesitestin jälkeen.

Sprayliimalla suojatuissa kupeissa havaittiin saippuavesitestin jälkeen kuvassa 23 näkyvää pientä reunaimeytymää. Suojausmenetelmä valittiin kuitenkin vielä jatkotutkimuksiin, jotta voitaisiin nähdä kuinka suojausmenetelmä pärjää muissa testeissä ja vaikuttaako joihinkin kuppeihin suojausvaiheessa aiheutunut reunaimeytymä tiiveystestien tuloksiin.



Kuva 23. Sprayliimalla suojattu kuppi saippuavesitestin jälkeen.

Testeissä havaittiin väriaineen värjäävän joitakin liimoja ja massoja. Varsinkin pikaliima, epoksi, nestekumi ja Paintflex -saumaussmassa värjäntyivät testeissä. Lähemmällä tarkastelulla huomattiin, että väri oli imeytynyt vain suoja-aineeseen, eikä nestettä ollut päässyt suoja-aineen ja kupin väliin. Jatkotesteihin valitut suojausmenetelmät nähdään taulukosta 2.

Taulukko 2. Vesi- ja saippuavesitesteistä jatkotesteihin valitut suojausmenetelmät, karsitut menetelmät yliviivattuna.

TEIPIT	LIIMAT	MASSAT
Scotch alumiiniteippi	LOCTITE Power Epoxy Instant Mix -epoksiliima	Bison Rubber Seal -paikkausmassa
Tesa PROFESSIONAL sPVC Plastering Tape suojausteippi	Loctite Flex Gel Control pikaliima	Bison Liquid Rubber -nestekumi
Stora Enson raakareunateipatut aihiot	Pattex Liquid -kontaktiliima	CAR-REP RUBBERcomp -kuumimaali
	CAR-REP -sprayliima	Sikasil C -silikoni
	Kuumaliima	Casco Paintflex -saumaussmassa
		Casco Clearseal -liima ja tiivistemassa

Taulukosta huomataan suuren osan testeihin valituista suojausmenetelmistä karsiutuneen ensimmäisten kokeiden jälkeen pois.

4.2.2 Kahvitesti

Vesi- ja saippuavesitestien jälkeen jatkotestejä varten valitut menetelmät testattiin kahvilla. Jatkoon valituilla menetelmillä suojattiin uusi erä kuppeja. Sekä PE että PP kuppeja suojattiin 3 kappaletta suojausmenetelmää kohden. Testeissä oli suojaamattomia kontrollikappaleita mukana.

Kuppeihin kaadettiin kuuma kahvia, jonka annettiin olla kupeissa 15 minuutin ajan. Kahvin lämpötila kuppeihin kaadettaessa mitattiin. Kuppeihin kaadettaessa kahvi oli noin 76 celsiusasteen lämpötilassa. Mitatun lämpötilan todenmukaisuus varmistettiin kahdella erilaisella lämpömittarilla.

Kahvitesteissä ei havaittu reunaimeytymää kupeissa, joissa raakareuna oli suojattuna. Poikkeuksena sprayliimalla suojattu raakareuna, jossa esiintyi pientä reunaimeytymää. Sprayliimalla suojatuissa kupeissa reunaimeytymä oli kuitenkin pienempää kuin suojaamattomissa kontrollikupeissa. Kontrollikupeissa ilmeni hieman reunaimeytymää 15 minuutin jälkeen. Raakareunateipatuista kupeista yksi alkoi vuotamaan kahvia pohjasauman kautta välittömästi. Etanolitesteihin jatkoi jokainen kahvitesteihin valituista suojausmenetelmistä.

4.2.3 Etanolitesti

Etanolitesti suoritettiin kaatamalla kuppeihin minuutin ajaksi vahvuudeltaan 94 % denaturoitua etanolia. Etanoli oli veden ja saippuaveden tavoin värjätty siniseksi patenttisinisellä. Myös etanolitestissä oli suojaamattomia kontrollikuppeja mukana. Muiden testien tavoin etanolitesteihin valituilla suojausmenetelmillä suojattiin uusi erä kuppeja. Raakareunateipattuja kuppeja otettiin testeihin kuusi kappaletta. Muilla suojausmenetelmillä suojattiin kolme kappaletta PE kuppeja ja kolme kappaletta PP kuppeja.

Kontrollikupeissa sekä joissakin sprayliimalla suojatuissa kupeissa havaittiin välittömästi reunaimeytymää. Sprayliimalla suojatuissa kupeissa raakareunan suojauksen onnistuminen oli vaihtelevaa, joka näkyi testeissä. Jos suojausvaiheessa raakareunaan ei ollut saatu

tarpeeksi liimaa suihkutettua, huomattiin se välittömästi reunaimeytymänä. Sprayliimaa ei valittu jatkotesteihin sen epäluotettavan suojauksen takia. Kuvassa 24 on eräs sprayliimalla suojattu kuppi, jossa näkyy huomattavaa reunaimeytymää.



Kuva 24. Sprayliimalla suojatussa kupissa tapahtunutta reunaimeytymää.

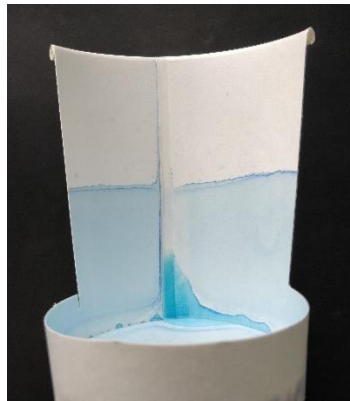
Kuumaliimalla suojatussa raakareunassa ei havaittu reunaimeytymää, mutta kuumaliiman huomattiin vaurioittaneen kupprien päällystettä. Tämä näkyi etanolin imeytymisellä pohjan läpi kuumaliiman reunakohdasta. Kuvasta 25 havaitaan PE muovilla päällystetyillä kupeilla imeytymän olleen suurempaa kuin PP muovilla päällystetyillä kupeilla. Tämä johtuu todennäköisesti PP muovin korkeammasta sulamispisteestä. Polyeteenillä sulamispisteen ollessa $105^{\circ}\text{C} - 120^{\circ}\text{C}$ on polypropeenin sulamispiste $160^{\circ}\text{C} - 170^{\circ}\text{C}$ (Pascu & Vasile 2005, s. 34; Calafut & Maier 1998, s. 1). Kuumaliiman aiheuttaessa kupprien päällysteeseen vaurioita, ei kuumaliimaa valittu jatkotesteihin.



Kuva 25. Vasemmalla PE kupprien ja oikealla PP kupprien pohjat etanolitestien jälkeen.

Raakareunateipatuissa aihioissa ei reunaimeytymää raakareunan kohdalta tapahtunut. Etanoli pääsi imeytymään kupin pohjasauman kautta, sillä pohjasauma oli raakareunateipatuissa

kupeissa suojamaaton. Pohjasauman ja pinholejen kautta tapahtunutta imeytymää ei kuitenkaan oteta tuloksissa huomioon, sillä kokeissa keskitytään raakareunan suojaamisen onnistumiseen. Kuvassa 26 raakareunateipattu kuppi etanolitestin jälkeen. Kuvasta huomataan etanolin alkaneen imeytymään pohjasauman kautta raakareunateipin alle. Raakareunateipatut kupit valittiin jatkotesteihin.



Kuva 26. Raakareunateipattu kuppi etanolitestin jälkeen.

Epoksi- ja kontaktiliimalla suojatuissa kupeissa ei reunaimeytymää ollut tapahtunut. Lisäksi suojausmenetelmien sen mahdollistaessa oli myös kuppien pohjasaumat suojattu. Tämän ansiosta kupit olivat etanolitesteissä täysin tiiviit, eikä minkäänlaista vuotoa ollut havaittavissa. Epoksi- ja kontaktiliima valittiin etanolitesteistä jatkotutkimuksiin.

4.2.4 Kansisaumauskokeet

Ennen kaasutestiin siirtymistä täytyi varmistaa muovikansien riittävän hyvä kiinnittyvyys kuppeihin. Kriittisin kohta kokeiden kannalta on kupin suurullassa oleva saumakohta, joka suojataan suojausmenetelmillä. Tämän takia kannen tarttuvuutta liimalla tai teipillä suojattuun suurullaan saumakohtaan täytyy tarkastella. Jos kansi ei tartu tiiviisti kuppiin, ei kaasutestejä ole kannattavaa suorittaa. Kansitustesteissä tarkastellaan raakareunateipattuja kuppeja sekä epoksi- ja kontaktiliimalla suojattuja kuppeja. Lisäksi testeissä oli mukana suojaamattomia kontrollikuppeja. Kansitustesteissä ja kaasutesteissä mukana oli vain PE muovilla päällystettyjä kuppeja. PP muovilla päällystettyihin kuppeihin ei ollut kansisaumaukseen soveltuvaa muovikalvoa käytettävissä.

Kansituskokeissa tulokset olivat vaihtelevia. Kannen tarttuvuuteen vaikutti kaikista eniten kansisaumauslaitteen asetukset. Parhaat tulokset kyseisellä laitteella kannen kiinnittymiseen saatiin 140°C saumauslämpötilalla ja 2,5 sekunnin sulkemisajalla. Kannen kiinnittymisessä kuppeihin oli kuitenkin yksilökohtaista vaihtelua kupeissa. Samoilla asetuksilla kansi saattoi kiinnittyä täydellisesti joihinkin kuppeihin, mutta joihinkin kuppeihin saattoi jäädä pieniä aukkoja kannen ja suurullan väliin, joista etanoli pääsi tunkeutumaan. Kuvassa 27 esimerkkinä kaksi samoilla asetuksilla suljettua raakareunateipattua kuppia, joista toiseen kansi on kiinnittynyt tiiviisti mutta toisessa etanoli on päässyt tunkeutumaan kannen ja suurullan väliin.



Kuva 27. Vasemmalla raakareunateipattuun kuppiin huonosti kiinnittynyt kansi, oikealla tiiviisti kiinnittynyt kansi.

Testeissä huomattiin myös kuppien suurullan tiukkuudella olevan vaikutusta kannen kiinnittymiseen. Löysempi suurulla painui paremmin kasaan kantta kiinnittäessä, jolloin kansi kiinnittyi tiiviimmin kuppiin.

Kannen kiinnittymistä suurullan sauman kohdalta paransi suojausmenetelmän elastinen rakenne. Kontaktiliima ja raakareunateippi olivat pehmeitä ja joustivat kannen mukana, jolloin kannen ja suoja-aineen välinen liitos oli tiivis. Epoksi oli puolestaan kuivuttuaan kovaa, jolloin se ei muovautunut kannen mukana. Tämä aiheutti vaihtelua epoksilla suojattujen kuppien kannen tiiveydessä. Joissakin kupeissa kansi ei sauman kohdalta ollut kovin tiivis. Kuvassa 28 nähdään kannen alle päässeeseen hieman etanolia epoksilla suojatun sauman kohdalta.



Kuva 28. Epoksilla suojattu raakareuna, jossa etanolia päässyt sauman kohdalta kannen alle.

Joissakin tapauksissa epoksilla suojatussa raakareunassa saatiin saumakohta myös tiiviiksi, jos epoksia ei ollut paksua kerrosta suurullan saumakohdassa.

Kaikki kansitustesteissä olleet suojausmenetelmät testattiin myös kaasutestissä.

4.2.5 Kaasutesti

Kaasutestejä varten liimoilla suojatuilla kupeilla pohjasauma jätettiin suojaamatta, jotta nähdään kuinka raakareunan suojaus vaikuttaa kupin kaasutiiveyteen. Kuppien täyttämiseksi suojakaasulla kuppeihin imettiin kansisaumauslaitteessa ensin tyhjiö, jonka jälkeen kupit täytettiin suojakaasulla ja kansi saumattiin kiinni. Suojakaasun annettiin olla kupeissa viiden minuutin ajan, jonka jälkeen kaasun koostumus mitattiin. Suojakaasu koostui hiilidioksidista ja typestä, ja kuppien vuotaminen huomattiin happikaasupitoisuuden nousuna.

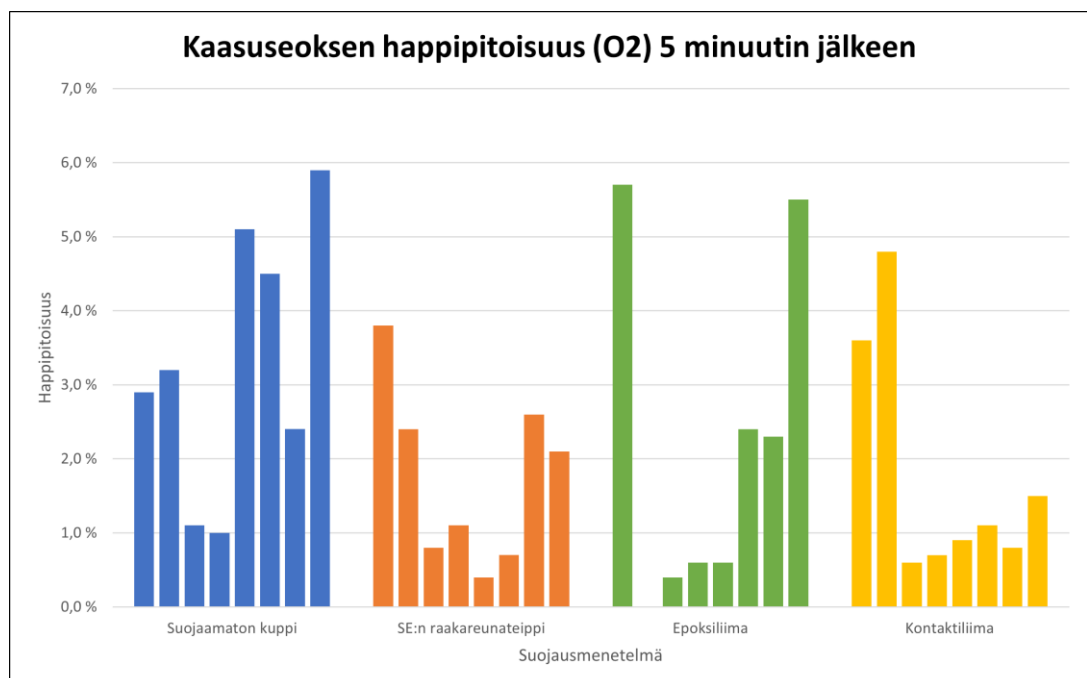
Heti ensimmäisten kuppien kaasulla täyttämisen ja kannen kiinnityksen jälkeen huomattiin myös kaasun vaikuttavan kannen tarttumiseen ja kupissa kiinni pysymiseen. Kansisaumaus-testissä käytetyillä asetuksilla ei kansi pysynyt kukaan kupeissa kovin tiiviisti kaasulla täyttämisen jälkeen. Tätä ilmiötä saatiin vähennettyä laskemalla kuppeihin laitettavan suojakaasun määrää, jolloin kansi ei alkanut pullottamaan kupissa ja pysyi hieman tiiviimmin kiinni. Tämänkin jälkeen joidenkin kuppien kannen saumaaminen epäonnistui. Tämä vaikeutti luotettavien tuloksien saamista kaasutesteissä. Kuvassa 29 on nähtävissä kupin epäonnistunut

kannen saumaaminen kaasuseoksella täyttämisen jälkeen. Kansi ei ollut lyhyeltä matkalta kiinnittynyt kuppiin lainkaan.



Kuva 29. Epäonnistunut kupin kannen saumaaminen.

Kaasutesti suoritettiin kuitenkin jokaisella kaasutestiin valitulla suojausmenetelmällä kahdeksalle kupille. Kuvassa 30 esitetään kupeista mitatut happipitoisuudet viiden minuutin jälkeen. Tarkemmat mittaustulokset on esitetty liitteessä 15.



Kuva 30. Kaasutestissä mitatut tulokset.

Kuvasta huomataan tuloksien vaihtelevan suuresti. Epoksiliiman kohdalla yhden kupin mitaustulos puuttuu kokonaan, sillä kansi ei saumautunut lyhyeltä matkalta kuppiin lainkaan. Tämän takia kupista ei kaasun koostumusta mitattu. Joissakin tapauksissa O₂ pitoisuus kupissa oli 1 % luokkaa, mutta näin oli myös raakareunaltaan suojaamattomassa kontrollikupissa.

4.3 Tutkimuksen reliabiliteetti ja tarkastelu

Tutkimuksen kokeellisessa osuudessa jokaisella suojausmenetelmällä ja kuppilaadulla testattiin useampi testikappale tiiveystestiä kohden. Testikappaleita olisi voinut olla vielä useampi, jotta mahdolliset vaihtelut kuppien laaduissa ja inhimilliset virheet suojauksessa olisi saatu mahdollisimman hyvin poistettua. Tämä ei kuitenkaan ollut mahdollista, sillä aika tutkimuksen suorittamiseen oli rajallista. Kuppeja olisi tullut liian suuri määrä suojattavaksi ja testattavaksi. Tulokset olivat kuitenkin pääosin suojausmenetelmää kohden samanlaisia, pois lukien kansisaumauskokeet ja kaasutestit. Kaasutestejä varten olisi ollut hyvä testata enemmän kuppeja, jotta koneen asetukset olisi saatu säädettyä oikeanlaisiksi.

Kuppien suojausvaiheessa liimoja ja massoja levitettiin pääosin suoraan myyntipakkauksesta kuppeihin. Tämä asetti suojausmenetelmät eriarvoiseen asemaan myyntipakkauksen perusteella. Menetelmien kriteerinä oli kuitenkin suoja-aineen applikoinnin helppous ja suojauksen nopea toteuttaminen. Mahdollisuus levittää suoja-aine suoraan myyntipakkauksesta helpotti ja nopeutti suojauksen toteuttamista.

4.4 Virhetarkastelu

Tutkimuksessa jokaisen kupin suojaus tehtiin käsin. Kuppeja tuli suojattavaksi eri menetelmillä ja testattavaksi kokonaisuudessaan yhteensä yli 150 kappaletta. Valittujen menetelmien kriteerinä oli mahdollisuus luotettavaan suojaukseen. Suojattavien kuppien suuren määrän vuoksi inhimillinen virhe suojausvaiheessa täytyy ottaa tuloksissa huomioon.

5 Johtopäätökset

Tutkimus vastasi hyvin sille asetettuihin tutkimuskysymyksiin. Kaasutiiveyden osalta tutkimustuloksissa oli jonkin verran epä johdonmukaisuuksia. Kuppien valmistelu kaasutestejä varten vaatii vielä lisää tutkimustyötä. Joitakin onnistuneita kuppeja testejä varten saatiin valmistettua, mutta joissakin kupeissa kannen saumaus onnistui huonosti vaikuttaen täten kaasutestien tuloksiin. Raakareunan suojauksen vaikutuksesta kuppien kaasutiiveyteen ei voitu 5 minuuttia kestäneen testin perusteella tehdä luotettavia johtopäätöksiä.

Tutkimuksen ja kokeiden perusteella teipeillä tai muovikalvoilla raakareunaa suojatessa suojaus olisi paras tehdä kupin aihioon ennen kupin valmistamista. Näin saadaan tiivis suojaus raakareunalle tehtyä, eikä neste lähde kiertämään pohjasauman kautta teipin ja kupin väliin.

Massojen ja liimojen kannalta suojausmenetelmän eduksi kävi aineen viskositeetti. Aineen levittäminen onnistui parhaiten ja tasalaatuisimmin kun aine oli sopivan juoksevaa. Jos aine oli liian paksua ei sitä saanut riittävän tasalaatuisesti raakareunan päälle levitettyä. Aineen liiallinen juoksevuus koituisi haitaksi siinä vaiheessa, jos ainetta ei tarttuisi lainkaan raakareunan päälle vaan se valuisi siitä kokonaan pois. Näin ei kuitenkaan testattujen menetelmien kanssa tapahtunut.

Taulukossa 3 esitetään tutkimuksessa parhaimmiksi valittujen suojausmenetelmien hyvät ja huonot ominaisuudet.

Taulukko 3. Kaasutesteihin valittujen suojausmenetelmien hyvät ja huonot ominaisuudet.

Stora Enson raakareunateippi	Epoksiliima	Kontaktiliima
+ Ei vaatinut kuivumisaikaa	+ Helppo levittää tarkasti raakareunan kohdalle	+ Muodosti kuivuttuaan elastisen kalvon, helpotti kupin kannen saamaamista
+ Nopea toteuttaa	+ Kuivui kohtalaisen nopeasti	+ Helppo levittää tarkasti raakareunan kohdalle
- Vaatii erillisen laitteiston raakareunan teippaamiseksi, manuaalinen työ olisi hidasta ja laatu vaihtelisi	+ Kaksikomponenttiliima, mutta komponentit sekoittuivat liimaa annostellessa	+ Mahdollisuus suojata kupin pohjasaumaa raakareunan lisäksi
- Valmiiden kuppien välillä enemmän laatu vaihtelua	+ Mahdollisuus suojata kupin pohjasaumaa raakareunan lisäksi	- Oli kohtalaisen juoksevaa, valui lammikoksi kupin pohjalle
	- Kuivuttuaan kovaa, vaikeuttaa kannen saamaamista tiiviisti	- Kuivui epoksia hitaammin
	- Kontaktiliimaan verrattuna kalliimpaa eikä yhtä riittoisaa	- Haju oli erittäin voimakas

Kokeiden perusteella epoksiliima on raakareunan suojaamiseen parempi valinta, jos tarkoituksena ei ole saavuttaa kuppiin kaasutiiveyttä. Epoksi oli helppo levittää ja kuivui kontaktiliimaa nopeammin.

Kontaktiliima puolestaan hyötyy elastisuudestaan varsinkin kuppien kannen saamaamisessa ja kaasutiiviiksi tekemisessä. Kontaktiliiman muodostama elastinen kalvo muotoutuu hyvin kupin päälle saumattavan kannen mukana muodostaen tiiviin sauman.

Raakareunateipatut aihiot puolestaan olivat kuppien valmistuksen kannalta nopein keino. Valmistettujen kuppien välillä oli kuitenkin enemmän vaihtelua laadussa verrattuna kuppeihin ilman raakareunateippiä. Silmämääräisesti huomattavissa olleet erot olivat kuitenkin vain kuppien suurullassa ja vain yhdessä raakareunateipatussa kupissa havaittiin vuotamiseen johtanut virhe kahvitestissä. Raakareunateippi kasvatti sivusauman paksuutta, joka puolestaan vaikutti negatiivisesti kupin pohjasauman muodostumiseen kuppikoneessa.

Kokeissa huomattiin kuppien onnistuneen kannen saamaamisen olevan monen tekijän summa, johon vaikuttivat niin itse kansisaumauslaitteen asetukset kuin myös suljettavan kupin ominaisuudet. Jatkotutkimuksissa voisi keskittyä vielä tarkemmin kuppien kannen

saamaamisen tutkimiseen. Kannen saamaamisen onnistumisen kannalta tärkeää olisi tutkia minkälaiset asetukset kansisaumauslaitteessa olisivat parhaimmat mahdolliset kuppien sulkemiseen tiiviisti sekä kuinka kupin ominaisuudet vaikuttavat kannen saumautuvuuteen. Kuppien kansisaumauksen ja suojakaasulla täyttämisen pitäisi onnistua riittävän tasalaatuisesti. Näin voitaisiin saada luotettavampia tuloksia itse raakareunan suojauksen ja siinä käytettyjen menetelmien vaikutuksesta kuppien kaasutiiveyteen.

Tutkimuksia olisi myös hyvä toteuttaa raakareunan suojausmenetelmien soveltuvuudesta käyttöön elintarvikepakkauksissa ja mahdollisesta suojauksen toteuttamisesta massatuotannossa. Elintarvikeeturvallisuuden tutkiminen vaatisi suojausmenetelmien lähempää tarkastelua esimerkiksi mahdollisten kemikaalien liukenemisestä nesteisiin.

Työ vastasi tutkimuskysymyksiin pääosin hyvin. Kaasutiiveyden osalta tutkimus jäi hieman vajaaksi. Kokeista ei saatu tarpeeksi luotettavia tuloksia, joista olisi voitu johtopäätöksiä tehdä raakareunan suojaamisen vaikutuksesta kuppien kaasutiiveyteen. Kokeisiin valituista 14 erilaisesta suojausmenetelmästä parhaimmiksi valikoitui kartonkikupin aihioon toteutettu raakareunateippaus, sekä epoksi- ja kontaktiliima. Saavutettu suojaustaso kartongin raakareunalle oli näissä menetelmissä hyvä. Lisäksi epoksi- ja kontaktiliimojen avulla oli mahdollista suojata samalla kupin pohjasaumaa, joka esti imeytymää pohjasauman kautta. Näin kupit saatiin testeissä kestäämään vahvaa etanoliakin.

Laboratorio-olosuhteissa kartongin raakareunaa oli mahdollista suojata erilaisilla menetelmillä. Oikein valitulla menetelmällä tavoiteltu suojaus oli toteutettavissa luotettavasti ja tasalaatuisesti.

Lähteet

- Auras, R. A., Culter, J. D., Rabnawaz, M. & Selke, S. E. M. 2021. *Plastics Packaging: Properties, Processing, Applications and Regulations*. 4th Edition. Munich: Hanser Publishers.
- Auvinen, S. & Lahtinen, K. 2008 [Luku 9:] *Converted paper and paperboard as packaging materials*. Teoksessa: Kuusipalo, J., *Papermaking Science and Technology, Book 12: Paper and Paperboard Converting, Second Edition*. Helsinki: Finnish Paper Engineers' Association. s. 286-339.
- Baschetti, M. G., Breen, C., Elegir, G., Liu, Q., Simon, P., Schoukens, G., Tiekstra, S. & Vähä-Nissi, M. 2014. *Complex packaging structures based on wood derived products: Actual and future possibilities for 1-way food packages*. *Journal of Materials Science Research* Vol 3, No. 4, s. 58-67.
- Calafut, T. & Maier, C. 1998. *Polypropylene – The Definitive User's Guide and Databook*. USA: *Plastics Design Library*.
- Chamberlain, D. & Kirwan, M. J. 2013 [Luku 1:] *Paper and paperboard – raw materials, processing and properties*. Teoksessa: Kirwan, M. J., *Handbook of Paper and Paperboard Packaging Technology, Second Edition*. [UK:] Wiley-Blackwell, 2013. s. 1-49.
- Darby, D. & Morris, B. A. 2009. *Sealing, Heat*. Teoksessa: *Wiley Encyclopedia of Packaging Technology (3rd Edition)*. John Wiley & Sons, Inc. s. 1089-1096.
- Dash, S. K. 2014. [Luku 14:] *Modified atmosphere packaging of food*. Teoksessa: Alavi, S., Thomas, S., Sandeep, K. P., Kalarikkal, N., Varghese, J. & Yaragalla, S., *Polymers for packaging applications*. [Canada:] Apple Academic Press inc., CRC Press, 2015. s. 337-379.
- Eriksson, S., Lindström, T. & Tufvesson, H. 2007. *Determination of the in-plane wetting of a board structure using NIR spectroscopy*. *Nordic Pulp and Paper Research Journal* Vol 22, No. 1, s. 111-116
- Floros, J. D. & Matsos, K. I. 2005. [Luku 10:] *Introduction to modified atmosphere packaging*. Teoksessa: Han, J. H., *Innovations in Food Packaging*. [Canada:] Elsevier Academic Press, 2005. s. 159-172.

Hart, P. W., Meyers, J. & Xu, L. 2018. Impact of fiber structure on edge-wicking in highly-sized paperboard. *Tappi Journal*. Vol. 17. No. 8. s. 437-443.

Hatanpää, I., Lahti, J. & Lahtinen, K. 2008. [Luku 8:] Converting of fibre-based packaging materials. Teoksessa: Kuusipalo, J., *Papermaking Science and Technology, Book 12: Paper and Paperboard Converting, Second Edition*. Helsinki: Finnish Paper Engineers' Association. s. 244-283.

Keinonen, R. 2004. [Luku 5.2.3:] Kartonkiset kertakäyttöpikarit ja -lautaset. Teoksessa: Karhuketo, H., Seppälä, M. J., Törn, T. & Viluksela, P. 2004. *Kemiallinen metsäteollisuus 3: Paperin ja kartongin jalostus. 2. uudistettu painos*. Opetushallitus.

Kirwan, M. J. 2013. [Luku 13:] Paperboard-based liquid packaging. Teoksessa: Kirwan, M. J., *Handbook of Paper and Paperboard Packaging Technology, Second Edition*. [UK:] Wiley-Blackwell, 2013. s. 353-383.

Kuusipalo, J., Laiho, E., Penttinen, T. & Savolainen, A. 2008. [Luku 4:] Extrusion coating and products. Teoksessa: Kuusipalo, J., *Papermaking Science and Technology, Book 12: Paper and Paperboard Converting, Second Edition*. Helsinki: Finnish Paper Engineers' Association. s. 106-166.

Kuva 1, Stora Enso Cupforma PE. [verkkodokumentti]. 2020. [Viitattu 25.3.2023]. Saatavissa: <https://www.storaenso.com/fi-fi/products/paperboard-materials/food-service-and-packaging>

Kuva 2. Hörauf. Hörauf America, Technology, BMP Paper cup machines, BMP 100 Compact [verkkodokumentti]. 2023. [Viitattu 6.5.2023]. Saatavissa: https://www.horauf-america.com/_files/ugd/996739_054d75da7f3843d0a4a61b4a70908fe7.pdf

Kuva 6. Zhejiang New Debao Machinery Co., Ltd. Products, High Speed Intelligent Paper Cup Machine, Debao-138S. 2023. [Zhejiang New Debao Machinery Co. www.sivuilla]. [Viitattu: 31.5.2023]. Saatavissa: <https://en.debaochina.com/products/products8.html>

Kuva 10. ILPRA, Packaging Machines, Semi-Automatics, Foodpack Energy. 2023. [ILPRAn www.sivuilla]. [Viitattu: 25.3.2023]. Saatavissa: https://ilpra.co.uk/packaging_machine/foodpack-energy/

Kuva 11. WITTGAS. Models, OXYBABY 6.0 2023. [WITTGAS www-sivuilla]. [Viitattu: 25.3.2023]. Saatavissa: <https://www.wittgas.com/products/gas-analysers/mobile-analysers/gas-analyser-oxybaby-60/>

Nemez, E. 2013. Substitution of amaranth as dye in edge wicking test. Linköping University, Institution of Technology.

Pascu, M. & Vasile, C. 2005. Practical guide to polyethylene. UK: Rapra Technology Limited.

Pat. FI 124502 B. 2007. Menetelmä kartongin tai paperin raakareunan suojaamiseksi. Stora Enso Oyj, Helsinki: Suomi. (Elorae, M., Hietaranta, T., Järvelä, P., Määttä, P., Penttinen, T., Turunen, M., Turunen, R., Vesanto, H., & Vesanto, R.) Hak. 20065336, 18.5.2006. Julk. 19.11.2007. 19s. [Viitattu 5.4.2023] Saatavissa: <https://patenttitietopalvelu.prh.fi/open-data/patent/document/2006/20065336/FI124502-B-JULK.pdf>

Wågberg, L. & Åvitsland, G. A. 2005. Flow Resistance of wet and dry sheets used for preparation of liquid packaging board. Nordic Pulp & Paper Research Journal. Vol. 20, No. 3, s. 345-353.

Liite 1. Scotch alumiiniteippi.



Liite 2. Tesa Professional suojausteippi.



Liite 3. Stora Enson raakareunateipattu kuppiaihio.



Liite 4. Loctite Power Epoxy -epoksiliima.



Liite 5. Loctite Flex Gel Control -pikaliima.



Liite 6. Pattex Liquid -kontaktliima.



Liite 7. CAR-REP -sprayliima.



Liite 8. Kokeissa käytetty kuumaliimapistooli.



Liite 9. Bison Rubber Seal -paikkausmassa.



Liite 10. Bison Liquid Rubber nestekumi.



Liite 11. CAR-REP RUBBERcomp -kumimaali.



Liite 12. Sikasil-C -silikoni.



Liite 13. Casco Paintflex -saumausmassa.



Liite 14. Casco Clearseal -liima- ja tiivistemassa.



Liite 15. Kaasutesteissä mitatut happipitoisuudet.

Suojaamaton kuppi	SE:n raakareunateippi	Epoksiliima	Kontaktiliima
2,9 %	3,8 %	5,7 %	3,6 %
3,2 %	2,4 %	-	4,8 %
1,1 %	0,8 %	0,4 %	0,6 %
1,0 %	1,1 %	0,6 %	0,7 %
5,1 %	0,4 %	0,6 %	0,9 %
4,5 %	0,7 %	2,4 %	1,1 %
2,4 %	2,6 %	2,3 %	0,8 %
5,9 %	2,1 %	5,5 %	1,5 %