LAPPEENRANNAN TEKNILLINEN YLIOPISTO
Teknillinen tiedekunta
LUT Kemia
Puunjalostustekniikan laboratorio

Tony Fernandez

ELINTARVIKEKELPOISTEN PAINOVÄRIEN VERTAILU OFFSETPAINATUKSESSA

Työn tarkastajat: Professori Kaj Henricson
TkL Kati Turku

Työn ohjaaja: DI Jukka Virtanen

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan teknillinen yliopisto
Teknillinen tiedekunta
LUT Kemia

Tony Fernandez

Elintarvikekelpoisten painovärien vertailu offsetpainatuksessa
Diplomityö

2010

65 sivua, 23 kuvaa, 15 taulukkoa ja 4 liitettä

Tarkastajat: Professori, DI Kaj Henricson
Tutkijaopettaja, TkL Kati Turku

Hakusanat: Offsetpainatus, arkkioffsetpainoväri, migraatio, kolorimetria, densitometria

Keywords: Offset printing, sheet-fed offset printing ink, migration, colorimetry, densitometry

Tässä diplomityössä tutkittiin kolmen eri painovärivalmistajan elintarvikekelpoisia arkkioffsetpainovärisarjoja ja verrattiin niitä keskenään. Tavoitteena oli löytää optimaalinen elintarvikekartonkipakkausten painamiseen soveltuva arkkioffsetpainoväri.

Työn kirjallisessa osassa selvitettiin yleisesti offsetpainatusprosessia, painovärien koostumusta ja elintarvikekelpoisten painovärien eroavaisuutta verrattuna perinteisiin offsetpainoväreihin. Kirjallisuusosassa tuotiin esille myös niitä tekijöitä, joilla elintarvikekelpoisuus määritellään. Näistä yksi tärkeä osa-alue on migraatio-ongelmat, joka on lainsäädännön kannalta ajankohtainen.

Kokeellista osaa varten koepainovärejä painettiin taivekartongille arkkioffsetpainokoneella. Painetuista arkeista tehtiin mittauksia, joissa käytettiin densitometrisia, kolorimetrisia, kromatografisia ja aistinvaraisia menetelmiä. Näillä pyrittiin tuomaan esille eroavaisuuksia tutkittavana olleiden painovärien välille. Koeajojen ja mittausten perusteella analysoitiin painatuksen laatua, painettavuutta, painovärien elintarvikekelpoisuutta ja kestävyyttä.

Työn tulosten perusteella ei voida suoraan osoittaa, että jokin painovärisarja olisi toimivampi kuin toinen. Yksi johtopäätös olikin, että painovärien koostumusta ja painatusprosessia on mahdollista modifioida monella tavalla, jolloin voidaan parantaa joitakin painovärin ominaisuuksia. Yleisesti kokeet osoittivat, että perinteinen aistinvarainen tapa testata painovärin elintarvikekelpoisuutta on hyvin subjektiivinen ja antaa arveluttavia tuloksia. Koetuloksista oli kuitenkin havaittavissa, että uuden sukupolven vähemmän migraatiota aiheuttavat painovärit ovat elintarvikekelpoisempia kuin aikaisempien kehitysasteiden painovärisarjat.

ABSTRACT

Lappeenranta University of Technology
The Faculty of Technology
The Department of Chemical Technology

Tony Fernandez

Comparison of offset printing inks suitable for foodstuff
Master's Thesis

2010

65 pages, 23 figures, 15 tables and 4 appendixes

Examiners: Professor, M.Sc. (Tech.) Kaj Henricson
Senior Lecturer, Lic.Sc. (Tech.) Kati Turku

Keywords: Offset printing, sheet-fed offset printing ink, migration, colorimetry, densitometry

The idea of this thesis was to compare three manufacturer's sheet-fed offset printing inks which are suitable for foodstuff. The aim was to find an optimal printing ink to be used for printing of food packaging boards.

In the literature part there is explained the basics of offset printing process, the formulas for inks and the differences between the conventional sheet-fed offset inks and inks suitable for foodstuff. One part focused to clarify the definitions of foodstuff suitability. Especially the migration issues and the legislation were dissected.

The experimental part consisted of test print runs and measurements from the printed sheets. The objective of the measurements was to bring out differences between different ink series. Printability, print quality, suitability for foodstuff and ink durability were analyzed by the grounds of test print runs and measurements. The measurements were done by using densitometric, colorimetric, chromatographic and organoleptic methods.

According to results of the measurements any tested ink series is not clearly more optimal than others. One conclusion was that it is possible to modify ink formulas and variables in printing processes to achieve certain and wanted properties of printing inks. Generally, the results showed that a traditional way of testing organoleptic properties leads to uncertain and inaccurate results. By the results, after all, it's evident that new generation sheet-fed offset printing inks are more suitable for foodstuff than conventional inks.

ALKUSANAT

Tämä diplomityö on tehty ÅR-Carton Oy:n toimeksiannosta Kauttualla. Haluan kiittää työn ohjaajaa Jukka Virtasta työn aikana saamistani ohjeista ja tuesta. Suuri kiitos myös työkavereilleni, 1302:n henkilökunnalle sekä yhteistyökumppaneille: Sun Chemical Oy:lle, Huber Groupille, Siegwerk Finland Oy:lle, sekä Amcor-Flexiblesin laboratoriohenkilökunnalle.

Kiitän professori Kaj Henricsonia ja TkL Kati Turkua työn tarkastamisesta.

Kiitos Minna sinnikkäästä kannustamisesta ja avusta opintojeni loppuvaiheessa.

SISÄLLYSLUETTELO

KIRJALLISUUSOSA 3
1 JOHDANTO 3
2 YLEISTÄ OFFSETPAINOPROSESSISTA 4
2.1 Sylinterit ja telat 4
2.1.1 Väritelat 5
2.1.2 Vesitelat 5
2.1.3 Kostutusvesi 6
2.1.4 Levy-, kumi- ja puristussylinteri 7
2.2 Painojäljen muodostuminen 8
2.2.1 Painolevyn valmistus 8
2.3 Toisistaan eroavat offsetpainokonemallit 8
3 OFFSETPAINOVÄRIT 11
3.1 Koostumus 11
3.1.1 Pigmentit 12
3.1.2 Sideaineet 12
3.1.3 Liuottimet 13
3.1.4 Lisäaineet 14
3.1.5 Lakkaus 16
3.2 Offsetpainovärien kuivumismekanismit 16
3.3 Painoväreihin liittyvät laatu- ja ajettavuusongelmat 19
3.4 Reologiset sekä pinta- ja kolloidikemialliset ominaisuudet 23
3.5 Painojäljen laadun seuraaminen 24
3.5.1 Densitometria 24
3.5.2 Kolorimetria 25
4 ELINTARVIKEKELPOISET OFFSETPAINOVÄRIT 27
4.1 Elintarkekelpoisiin painoväreihin liittyvää lainsäädäntöä 27
4.2 Haitalliset ominaisuudet ja niiden muodostuminen 28
4.2.1 Haitallisten ominaisuuksien havainnointi ja analysointi 30
4.2.1.1 Kemiallinen analysointi 30
4.2.1.2 Aistinvarainen analysointi 31
4.2.2 Haitallisiksi todettuja komponentteja ja niille asetettuja raja-arvoja 31
4.3 Ajettavuus- ja laatuongelmat 33

5 KARTONKIEN PAINATUS 33
5.1 Kartonkipakkaukset 34
5.2 Elintarvikekartongit 34
5.3 Kartongilta vaadittavat paino- ja ajettavuusominaisuudet 35
KOKEELLINEN OSA 36
6 TAVOITTEET 36
7 KOEAJOISSA KÄYTETYT LAITTEET JA MATERIAALIT 36
7.1 Painokone 36
7.2 Painovärit ja lakat 37
7.3 Kartonki 37
8 KOEAJOJÄRJESTELYT JA MITTAUKSET 38
9 TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU 39
9.1 Painatuslaatua vertailevat tulokset 39
9.1.1 Densitometriset mittaukset 40
9.1.2 Kolorimetriset mittaukset 48
9.1.3 Kiilto 49
9.2 Painovärien ajettavuutta ja painettavuutta vertailevat tulokset 50
9.2.1 Värinkulutus 50
9.2.2 Painatuksen aikaiset havainnot 51
9.3 Painovärin elintarvikekelpoisuutta määrittävät mittaukset 51
9.3.1 Robinson –makutesti 51
9.3.2 Robinson –hajutesti 53
9.3.3 Kaasukromatografiamääritys 55
9.3.4 Prüfbau -hankaustesti 59
10 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET 59
LÄHDELUETTELO
LIITTEET

KIRJALLISUUSOSA

1 JOHDANTO

Kartonkipakkausten käyttö elintarviketeollisuudessa on viime vuosina lisääntynyt. Samoin offsetpainatus on noussut yleisimmäksi painatustekniikaksi pakkauspainatuksessa ohi flexo- ja syväpainon. Nykyisten vaatimusten mukaisesti elintarvikepakkaukselta vaaditaan paljon. Sen pitää suojata elintarviketta niin ulkopuoliselta rasitukselta kuin mahdollisilta pakkausmateriaalin terveydelle haitallisilta komponenteiltakin. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, ettei pakkaus sisällä minkäänlaisia terveydelle tai elintarvikkeen laadulle haitaksi olevia yhdisteitä, jotka voisivat esimerkiksi liueta pakattuun elintarvikkeeseen. Näiden säännösten johdosta myös offsetpainovärejä on jouduttu muokkaamaan siten, ettei niiden koostumuksessa ole mitään komponentteja, jotka voitaisiin luokitella terveydelle haitallisiksi. Näitä muokattuja painovärejä kutsutaankin yleisesti elintarvikepainoväreiksi.

Elintarvikepainovärit ovat koostumuksensa johdosta painokoneella jonkin verran hankalammin ajettavia kuin perinteiset painovärit. Ongelmia on esiintynyt mm. värien kuivumisessa, jolloin elintarvikeväreillä painetut arkit eivät kuivu riittävän nopeasti ja ovat täten herkkiä laatuvirheille.

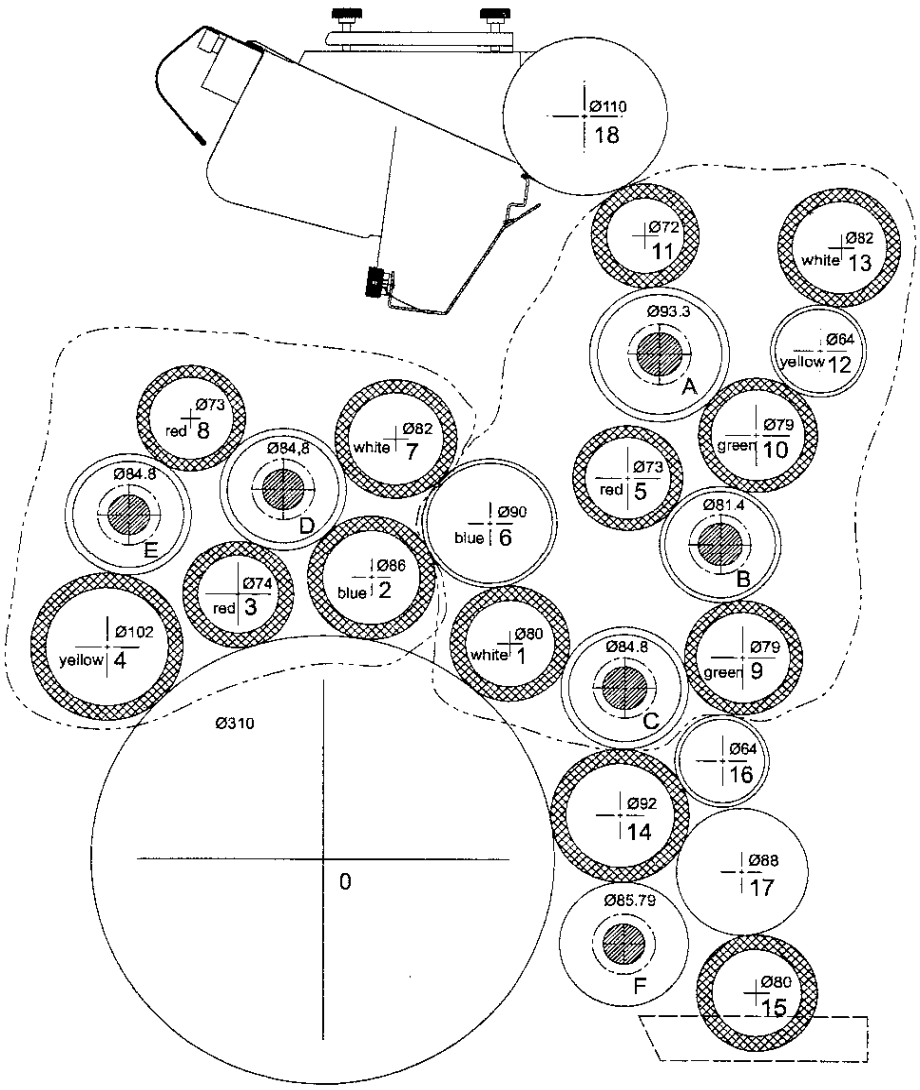
Tässä diplomityössä on tutkittu kolmen Suomessa toimivan offsetpainovärivalmistajan elintarvikekelpoisia painovärejä. Tarkoituksena on ollut löytää vuonna 2007 asennetulle arkkisyöttöiselle Heidelberg XL105 offsetpainokoneelle optimaalisin elintarvikepainoväri. Toisaalta nykyisten painoväreihin kohdistuvien vaatimusten vuoksi on myös otettu tavoitteeksi siirtyä entistä kehittyneempiin painoväreihin.

Työn kirjallisuusosassa keskityttiin selvittämään offsetpainovärien ominaisuuksia painottaen elintarvikepakkauksiin soveltuvia painovärejä. Työn koeajoissa painovärien vertailevina kriteereinä pidettiin ajettavuutta, painettavuutta ja elintarvikekelpoisuutta.

2 YLEISTÄ OFFSETPAINOPROSESSISTA

2.1 Sylinterit ja telat

Mekaaniset painomenetelmät, kuten offsetpaino, perustuvat rotaatioperiaatteeseen, jossa jäljennettävä kuvio muodostetaan painettavalle materiaalille sylinteriltä. Painotekniikasta riippuen painoväri siirtyy painopinnalle yhden tai useamman sylinterin kautta. Offsetpainatuksessa tämä tapahtuu väritelaston, levysylinterin ja kumisylinterin välityksellä, joista levysylinterille asennettava painolevy toimii kuvan lähteenä. Kuvassa 1 on esitetty poikkileikkauksena painoyksikön telakaavio. [1]



Kuva 1. Painoyksikön telakaavio. [2]

Taulukossa I on nimetty kuvassa 1 esitetyn painoyksikön telat ja mainittu niiden pintamateriaali.

Taulukko I Painoyksikön telojen nimet ja kuvaus niiden pintamateriaalista [2].

Symboli	Nimitys	Huomautettavaa
1	Levytela	Kumipinnoitettu, hiertävä
2	Levytela	Kumipinnoitettu, hiertävä
3	Levytela	Kumipinnoitettu, hiertävä
4	Levytela	Kumipinnoitettu, hiertävä
5	Ratsastajatela	Kumipinnoitettu
6	Väritela	Rilsan-pinnoitettu
7	Väritela	Kumipinnoitettu
8	Väritela	Kumipinnoitettu
9	Väritela	Kumipinnoitettu
10	Väritela	Kumipinnoitettu
11	Hyppytela	Kumipinnoitettu
12	Väritela	Rilsan-pinnoitettu
13	Ratsastajatela	Kumipinnoitettu
14	Kostutuslevytela	Kumipinnoitettu
15	Allastela	Kumipinnoitettu
16	Ratsastajatela	Kumipinnoitettu
17	Annostelutela	Plasmapinnoitettu
18	Väriduktori	Plasmapinnoitettu
A	Värinhierrin	Rilsan-pinnoitettu, hiertävä
B	Värinhierrin	Rilsan-pinnoitettu, hiertävä
C	Värinhierrin	Rilsan-pinnoitettu, hiertävä
D	Värinhierrin	Rilsan-pinnoitettu, hiertävä
E	Värinhierrin	Rilsan-pinnoitettu, hiertävä
F	Kostutushierrin	Rilsan-pinnoitettu, hiertävä

2.1.1 Väritelat

Offsetpainoväri sijoitetaan painoyksikön värikaukaloon. Kaukalon juuressa poikkisuunnassa painokoneeseen nähden sijaitsevat värinsäätöruuvit, joiden kautta painaja voi säätää väritelastolle pääsevän värin määrää. Väriä kulkeutuu telastolla usean telan kautta, jolloin värikerroksen paksuus pysyy tasaisena ja homogeenisenä. [3]

2.1.2 Vesitelat

Värin adsorboituminen oikeaan kohtaan painolevyllä perustuu niin levyn pinnan kuin painovärinkin ominaisuuksiin. Levyllä rasteroidut kohdat ovat oleofiilisia ja

vastaavasti rasteroimattomat kohdat ovat hydrofobisia. Vesitelojen tehtävä on luovuttaa tasainen kerros kostutusvettä painolevyn pintaan, jolloin värinsiirtoteloilta siirtyvä vettähylkivä väri kykenee tarttumaan ainoastaan painolevyn oleofiilisiin kohtiin. Kostutusveteen voidaan lisätä erinäisiä lisäaineita, joilla vaikutetaan veden fysikaalis – kemiallisiin ominaisuuksiin pyrkimyksenä optimoida painoprosessia ja suojata painolevyä. Kostutusvesiyksikön telat on nimetty taulukossa I symbolein 14 – 17, C ja F. [4]

2.1.3 Kostutusvesi

Kostutusveteen lisättävillä lisäaineilla on useita erilaisia funktioita. Tärkeimmät näistä ovat pH:n puskurointi välille 4,8 – 5,2, tensidien ja emulsion muodostaminen kostutusveden, painovärin ja painolevyn välille, haitallisten kalsium- ja magnesiumvetykarbonaattien sekä bakteereiden poistaminen, painolevyä suojaavan kerroksen muodostaminen, painokoneen metalliosia suojaavana inhibiittorina toimiminen ja lisäksi telojen jäähdyttäminen. Yleisin kostutusveteen lisättävä lisäaine on isopropyylialkoholi, IPA, jolla saavutetaan useita edellä mainituista käyttötarkoituksista. IPA:n osuus kostutusvedessä on normaalisti noin 8%. Osuutta pyritään edelleen pienentämään ympäristö- ja kustannussyistä.

Kostutusvedessä käytettävän raakaveden kovuudella on suuri merkitys painovärin ja kostutusveden välisen emulsion muodostumiseen. Veden kokonaiskovuuden pitäisi olla 8 - 12˚dH. Karbonaatti-ionien aiheuttamaa veden kovuutta voidaan pehmentää mm. käänteisosmoosilla. Lisäksi kostutusveden pH-arvo pyritään optimoimaan siten, ettei natrium-, kalium-, kalsium- ja magnesiumvetykarbonaattien haitallisia reaktioita muodostu.

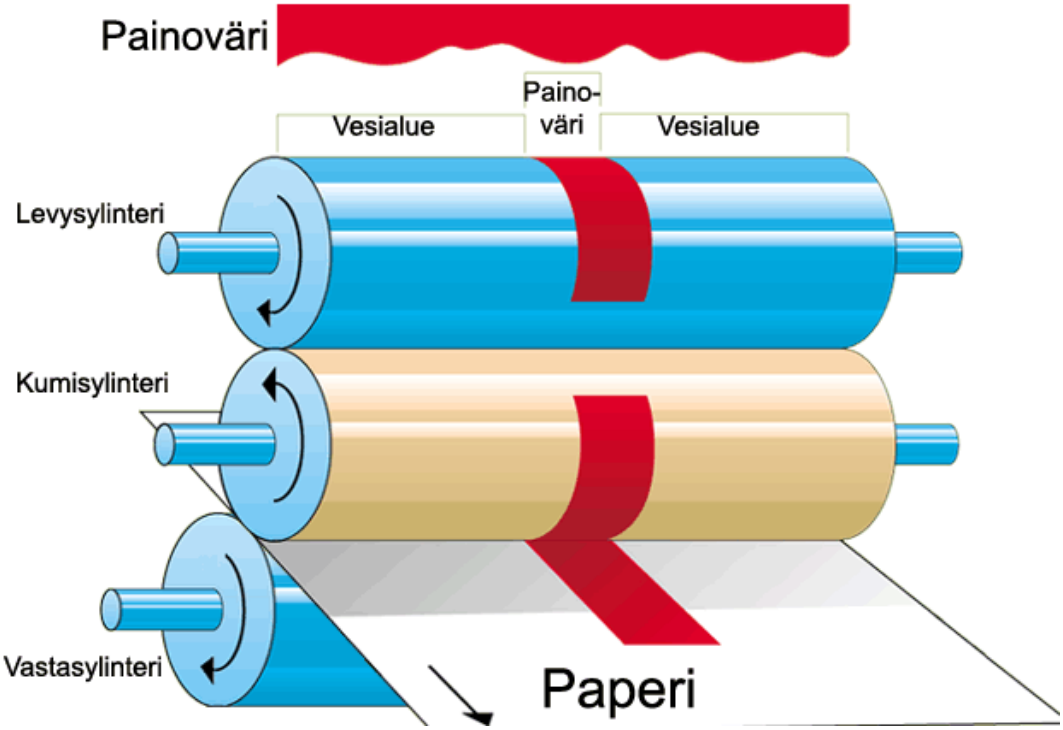
Sähkönjohtavuus kuvaa vedessä olevien suolojen määrää. Kostutusveden sähkönjohtokyvyllä voidaan määrittää sen konsentraatio. Tämän tulisi pysyä mahdollisimman vakiona. Kohonnut johtokyky kertoo, että kostutusveteen on liuennut epäpuhtauksia, kuten painoväriä ja paperipölyä. Tyypillinen sähkönjohtokyky on välillä 1200 - 1400 µS/cm.

Kostutusveden stabiili lämpötila auttaa vakioimaan painatusprosessia. Optimilämpötila on 10 – 12˚C. [4]

2.1.4 Levy-, kumi- ja puristussylinteri

Painolevy kiinnitetään levysylinterin pidikkeisiin, jossa levy kiristyy sylinterin ympärille. Levysylinterin painolevylle siirtynyt painoväri kierähtää sylinterin mukana vasten kumisylinteriä, jolloin painoväri tarttuu kumipinnalle painettavan kuvion tai tekstin muodossa. Painettava materiaali kulkee kumisylinterin ja puristussylinterin välistä, jolloin puristussylinteri toimii vastatelana. Puristussylinterillä voidaan säätää painonipin puristusvoima. [1, 3]

Kuvassa 2 on esitetty levy-, kumi- ja puristussylinterien asettelu. Puristussylinteristä käytetään myös nimitystä vastasylinteri. [3]



Kuva 2. Levy-, kumi- ja puristussylinterien asettelu. [3]

2.2 Painojäljen muodostuminen

Offsetin varsinainen perusta kuvan muodostamiselle on levysylinterille asennettava painolevy. Nelivärisarja –periaatteeseen pohjautuvassa kuvanmuodostuksessa yhdelle levylle luodaan yhden osavärin, syaanin, magentan, keltaisen tai mustan pinta. Kuvanmuodostuksessa painolevylle luodaan rasteroitu pinta, jossa yhtä osaväriä kohden on kuvasta riippuen erikokoisia rasteripisteitä erilaisin tiheyksin. Jokaista osaväriä kohden on oma painoyksikkönsä, joissa rasteripisteisiin kulkeutuneet painovärit siirtyvät painomateriaalin pintaan. Lopullinen kuva muodostuu, kun painettava materiaali on kulkenut läpi jokaisen painoyksikön ja osavärit ovat jäljentyneet oikeassa järjestyksessä painomateriaalin pinnalle. Rasteripisteiden ohella voidaan painolevylle luoda myös kokonaan yhdellä osavärillä peittyviä alueita, kompaktipintoja. Tällaista pintaa voidaan käyttää esim. yksiväristä tekstiä painettaessa. [1, 5]

2.2.1 Painolevyn valmistus

Painolevynä käytetään alumiinilevyjä, joiden pintaan on valettu valonherkkä diatso- tai fotopolymeerikalvo. Painoaihion rasterointi tapahtuu fotokemiallisessa prosessissa, jossa levyn valonherkälle kalvolle muodostuu painoaihion mukainen painoväriä vastaanottava pinta. Levyjä on malliltaan negatiivisia ja positiivisia. Positiivisessa levyssä pinnan kalvo reagoi fotokemiallisesti UV-säteilyn vaikutuksesta siten, että säteiden valottamat alueet pehmenevät ja ne voidaan pestä emäspitoisella vesiliuoksella pois. Poistunut alue on ei-painava ja pintaan jäänyt kalvo toimii painavana alueena. Negatiivisissa levyissä kalvon ja UV-säteiden reaktio kovettaa kalvon siten, että muut osat voidaan pestä pois. [6]

2.3 Toisistaan eroavat offsetpainokonemallit

Offsetmenetelmällä toimivat painokoneet ovat tekniikaltaan joko arkkisyöttöisiä tai rullasyöttöisiä. Arkkisyöttöisillä painokoneilla painatus tehdään arkeiksi leikatuille materiaaleille. Rullasyöttöisessä eli rotaatiopainokoneessa painomateriaali on rullana. Toisin kuin arkkisyöttöisessä offsetissa, rotaatio-

offsetiin voidaan liittää myös painettavan materiaalin jatkojalostuslaitteet. Rotaatio-offsetit ovatkin kooltaan suurempia kuin arkkioffsetit. Arkkioffsetit ovat puolestaan joustavampia painomäärien ja laadun suhteen. Niillä voidaan painaa hyvin erilaisia painotuotteita ja neliömassaltaan jopa 25 – 1000 g/m² papereille, kartongeille ja muovijalosteille. Pienemmän kokonsa puolesta arkkioffsetit ovat myös edullisempia investointeja kuin rotaatio-offsetit.

Arkkioffseteissa painoyksiköiden määrä vaihtelee yhdestä kahdeksaan. Painettavat arkit voidaan painokoneen rakenteesta riippuen painaa ensin toiselta puolelta ja uudella painatuskerralla toiselta. Joissakin arkkioffset malleissa on mahdollista painaa samanaikaisesti sekä arkin ylä- että alapuoli. Tällöin painettavien värien määrä kuitenkin rajoittuu siten, että toiselle puolelle voidaan painaa vähemmän värejä kuin toiselle puolelle. On olemassa myös arkkioffseteja, joissa painomateriaali syötetään rullalta. Tällaisissa versioissa painoyksiköiden jälkeen on katkaisulaite, joka leikkaa rullamateriaalin arkeiksi. Rullamateriaaleja käytettäessä saadaan painokoneen hyötysuhde paremmaksi. Rullalta painettavat arkkioffsetit sijoittuvat soveltuvuudeltaan normaalien arkki- ja rullapainokoneiden väliin. Arkkioffsetpainovärit kuivuvat hapettumalla ja polymerisoitumalla. Tällä tekniikalla painettavaksi soveltuvat mm. kartonkipakkaukset, kirjat, aikakausilehdet, lomakkeet ja mainosesitteet. Kuvassa 3 on esitetty arkkisyöttöisen offsetpainokoneen profiili.

Rotaatio-offsetissa painoyksikkö muodostuu kahdesta päällekkäin olevasta painolaitteistosta, joissa laitteistojen kumisylinterit ovat toisiaan vasten. Painomateriaalin kulkeutuessa tällaisen yksikön läpi jäljentyy painoaihio samanaikaisesti materiaalin kummallekin puolelle. Yleensä kaksipuolisia yksiköitä on rotaatio-offsetissa kahdesta kahdeksaan. Yleisin painoyksikköparien lukumäärä on neljä. Rotaatio-offset voi olla heatset-, coldset-, tai hybridirakenteinen. Rotaatio-offsetia käytetään etupäässä sanomalehti-, luettelo-, lomake-, esite- ja aikakausilehtituotantoon. Kuvassa 4 on esitetty coldset-offsetpainokone. [6]

Kuva 3. Arkkisyöttöinen offsetpainokone. [7]

Kuva 4. Coldset-web -rotaatio-offset. [3]

3 OFFSETPAINOVÄRIT

Painovärit ovat usein muokattuja tietyille tuotteille ja tiettyihin olosuhteisiin, joten erilaisia painovärejä on saatavilla hyvin laajalti. Yhdysvaltojen painovärivalmistajien yhdistys, NAPIM, onkin arvioinut, että erilaisia painoväriseptejä kehitetään miljoona vuodessa ja useat miljoonat koostumukset ovat yleisessä käytössä. [8]

3.1 Koostumus

Painovärien tehtävä on muodostaa tavoiteltu kontrasti ja värillisyys painopinnalle. Painovärin pitää lisäksi vastata tiettyihin prosessiteknisiin ja tuoteteknisiin vaatimuksiin. Näitä ovat ennen muuta ajettavuus ja riittävän mekaanisen lujuuden muodostaminen.

Painovärin koostumus voi tietyin ominaisuuksin vaihdella hyvinkin paljon käytettäessä erilaisia painotekniikoita. Toisaalta yhdenkin komponentin muuttaminen koostumuksessa voi edellyttää jo toisenlaista tekniikkaa. Etenkin offsetpainoväreissä koostumus määrittelee sen, minkälainen tekniikka sille sopii. Painovärien pääkomponentit ovat pigmentit, sideaineet ja liuottimet. Lisäksi joitakin ominaisuuksia voidaan saavuttaa tai optimoida erilaisin lisäainein. Painovärien lisäksi mm. pakkauksiin painetaan lakkakerros, jonka tarkoitus on suojata pakkausta ja painovärejä mekaaniselta rasitukselta. Taulukossa II on esitetty konventionaalisten coldset-, heatset- ja arkkioffset painovärien komponenttien prosentuaalinen koostumus. [9, 10]

Taulukko II Offsetpainovärien koostumus [10]

Offsetpainovärit			
Painovärin komponentti	Coldset	Heatset	Arkki
Pigmentit, %	10 - 20	10 - 20	15 - 25
Sideaineet, %	10 - 35	20 - 40	20 - 40
Liuottimet, %	25 - 75	30 - 50	30 - 50
Lisäaineet, %	0 - 5	0 - 6	0 - 5

3.1.1 Pigmentit

Pigmentti on lopputuotteen kannalta painovärin funktionaalinen komponentti. Sen ominaisuuksien myötä määräytyy painopinnalle muodostuva värillisyys ja täten tavoiteltu informaatio. Lopullinen värillisyys syntyy eri tekijöiden summana, mutta lähtökohtaisesti atomitasolla värin muodostuminen perustuu joko orgaanisten pigmenttien kromoforien kykyyn absorboida selektiivisesti valoa tai epäorgaanisten värillisten yhdisteiden emissioon. [9]

Painoväreissä käytettävät pigmentit ovat pitkälti samoja painotekniikasta riippumatta. Joitakin pieniä eroja pigmenttien ominaisuuksilta kuitenkin vaaditaan. Offsetpainovärien pigmentit eivät saa olla vesiliukoisia, kun taas esimerkiksi flexopainovärien pigmenteille lievä vesiliukoisuus on suotavaa. [11]

3.1.2 Sideaineet

Sideaineen tehtävä painovärissä on kiinnittää pigmentti painoalustan pintaan ja muodostaa täten tasainen ja kestävä värikerros. Rakenteeltaan sideaineet voidaan luokitella öljyihin ja hartseihin. [9]

Sideaineina käytettävät öljyt ovat painatusprosesseissa juoksevassa muodossa ja ne ovat kemialliselta koostumukseltaan alifaattisia estereitä tai hiilivetyjä. Hartsit voivat olla joko kiinteässä tai nestemäisessä muodossa olevia amorfiinisia polymeerejä. Yleisesti käytetään useampaa sideainetta yhtä aikaa, jolloin puhutaan sideainesysteemistä. Muokkaamalla erilaisten sideaineiden lukumäärää ja konsentraatioita yhdessä painovärissä voidaan saavuttaa parempi laatu niin ajettavuuden kuin painojäljenkin suhteen. [9, 12]

Offsetpainoväreissä sideaineina käytettävät öljyt ovat rasvahappojen estereitä, joissa on kaksoissidoksia. Kaksoissidoksen omaaville öljyille on ominaista kuivua ilman hapen vaikutuksesta. Tyypillisesti sideainesysteemeissä käytetyt öljyt ovat kasviöljyjä ja alkydeja. Näitä käytetään yleisimmin arkkioffsetpainoväreissä. Käytetyin sideaineöljy on pellavaöljy. Alkydien raaka-aineina käytetään mänty- ja

soijaöljyjä. Tyypillisten sideainesysteemeissä käytettävien kasviöljyjen koostumus on esitetty taulukossa III. [12]

Taulukko III Yleisimpien sideainesysteemeissä käytettävien kasviöljyjen koostumus [12]

Kasviöljyt	Pellavaöljy	Soijaöljy	Mäntyöljy
Tyydyttyneet rasvahapot, %	10	10 - 16	2 - 10
Öljyhappo, %	20 - 25	22 - 30	35 - 50
Linoleenihappo, %	14 - 16	50 - 55	23 - 35
Muut hapot, %	linolihappo 50 - 60	linolihappo 5 - 9	hartsihappo 0 - 40

Sideaineina tai niiden raaka-aineina käytettäviä hartseja ovat pihkahartsi ja sen johdannaiset, alkydit, fenolihartsit, akryylihartsit ja hiilivetyhartsit. Luontoperäiset hartsit modifioidaan kemiallisesti ennen niiden valmistusta sideaineiksi. Synteettiset sideainehartsit valmistetaan kondensaatio- ja additiopolymeroinnilla, jolloin niiden laatu on tyypillisesti tasaisempaa kuin luonnon hartseilla, jotka ovat riippuvaisia raaka-aineen koostumuksesta ja ominaisuuksista. [9, 12]

3.1.3 Liuottimet

Liuottimen tehtävä painovärikoostumuksessa on toimia pigmenttien ja sideaineiden kantofaasina. Joissakin tapauksissa se toimii myös sideaineen liuottimena. Liuotin poistuu painoväristä painatusprosessin aikana tai pian sen jälkeen. Painovärikoostumuksessa käytettävä liuotinainetyyppi määräytyy käytettävän painotekniikan ja sideainetyypin mukaan. [9]

Konventionaalisissa offsetpainoväreissä liuottimena käytetään mineraaliöljyjä, jotka ovat maaöljytisleiden hiilivetyjen korkean kiehumispisteen fraktioita. Näistä arkkioffsetpainoväreissä käytetään nafteenisia hiilivetyjä, jotka ovat fraktioita väliltä 350˚C - 500˚C. Nafteenit valmistetaan hydrogenoimalla aromaattisia hiilivetyjä, jolloin muodostuu rengasrakenne. Tällöin aromaattisille hiilivedyille tyypillinen epämiellyttävä haju ja myrkyllisyys häviävät. [12]

3.1.4 Lisäaineet

Lisäaineilla voidaan vaikuttaa eri tavoin painovärin ominaisuuksiin. Niiden osuus koostumuksesta on usein hyvin pieni ja ne vaikuttavat lähinnä rajapintojen ilmiöihin. Tavanomaisia lisäaineiden vaikutusalueita ovat täyteainepigmenttien funktionaaliset ominaisuudet, hapettumisen- ja vaahdonestoaineiden prosessitekniset ominaisuudet ja pehmittimien sekä vahojen tuotetekniset ominaisuudet. [9]

Kuivikkeet ja hapettumisen estoaineet ovat ominaisia arkkioffsetpainoväreille, koska niiden kuivuminen tapahtuu hapettumalla. Kuivikkeiden tarkoitus on tehostaa värin hapettumista eli kuivumista. Tällaisina katalyytteinä käytetään epäorgaanisia suoloja öljydispersioina ja orgaanisten happojen öljyliukoisia metallisaippuoita. Tyypillisiä tehokkaita kuivikkeita ovat koboltti ja mangaani sekä näiden yhdisteet. Hapettumisen estoaineilla on päinvastainen vaikutus. Niiden tarkoituksen on estää värin kuivuminen sen varastoinnin aikana. Hapettumisen estoaineina eli antioksidentteina käytetään naftoleita, substituoituja fenoleita, oksiimeja ja aromaattisia amiineja. Nämä reagoivat painovärin varastoinnin aikana auto-oksidaatiossa syntyvien vapaiden radikaalien kanssa.

Geelinmuodostus-, kelaatti- ja vaahdonestoaineet ovat lisäaineita, joilla hallitaan painovärin prosessiteknisiä ominaisuuksia. Painovärin pinnalle voi muodostua vaahtoa, mikäli pinta-aktiivinen aines ei liukene riittävästi liuottimeen. Vaahtoutumista voi ilmetä myös liian suuren pintajännityksen vuoksi. Tällöin vaahdonestoaineilla pyritään liuottamaan tehokkaammin pinta-aktiivinen aines, jolloin pintajännitys pienenee. Tyypillisiä vaahdonestoaineita ovat silikonit. Offsetpainoväreissä vaahdonestoaineiden käytön tarve on nykyään hyvin vähäistä.

Geelinmuodostusaineilla säädetään painovärin tiksotropiaa eli vaikutetaan sen virtauskäyttäytymiseen. Systeemi muodostaa verkoston, jossa geeliaineen ja sideaineen COOH- ja OH- ryhmien välille syntyy kemiallisia ja fysikaalisia sidoksia. Geeliaineet ovat rengasrakenteisia, joissa alumiiniatomi sitoutuu kahteen samaan molekyyliin kuuluvaan atomiin. Geeliaineina käytetään alumiinisaippuoita sekä alkoksideja.

Kelaattiaineita käytetään estämään painoväreissä mahdollisesti olevien ei-toivottujen metalli-ionien haittavaikutukset, kuten painovärin kuivuminen painolevylle. Kelaattiaineet reagoivat metalli-ionin kanssa muodostaen stabiilin kelaatin. Laajalti käytetty kelaattiaine on EDTA, etyleenidiamiinitetraetikkahappo. [9, 12, 13]

Tuoteteknisten ominaisuuksien kannalta oleellisimmat lisäaineet ovat vahat ja pehmittimet. Vahojen käytöllä halutaan parantaa painetun painovärin hankauskestävyyttä ja pienentää värin tahmeutta. Vahojen toiminta perustuu siihen, että ne ovat partikkelikooltaan samaa kokoluokkaa kuin painettu värikerros, jolloin vahaa jää helposti värikerroksen päälle tiheäksi verkostoksi ja tällöin ne estävät kontaktinmuodostumista värin kanssa. Vahapartikkeleilla on myös alhainen pintaenergia, joka pienentää painovärin koheesiota ja täten myös tahmeutta. Lisäksi alhainen pintaenergia vähentää tarttuvuutta painovärin pinnassa. Käytössä olevat vahat voivat olla synteettisiä, maaöljypohjaisia tai luonnonvahoja. Tyypillisiä synteettisiä vahoja ovat polyeteeni ja polytetrafluoroetyleeni sekä rasvahappoamideista stearamidi, erukamidi ja oleamidi. Maaöljyvahoista käytössä ovat paraffiinivahat ja mikrokiteiset vahat. Luonnonvahat ovat rasvahappojen, esterien, alkoholien ja hiilivetyjen seoksia.

Pehmittimet kasvattavat painoväkerroksen elastisuutta eli värikerroksesta tulee joustavampi, jolloin se kestää paremmin mahdollisissa jatkojalostusvaiheissa. Pehmittimet toimivat filmiä muodostavan sideaineen liuottimena, mikä edesauttaa sideainepolymeerin ketjujen liikkuvuuden vapautta. Koostumukseltaan käytettävät pehmittimet ovat useimmiten liuottimia tai liukoisia kiinteitä aineita kuten suuren molekyylipainon omaavia estereitä. Yleinen kiinteässä muodossa oleva pehmitin on disykloheksyyliftalaatti. Nestemäisistä pehmittimistä käytetään korkean kiehumispisteen omaavaa dibutyyliftalaattia sekä trietyylisitraattia. [9, 12, 13]

3.1.5 Lakkaus

Arkkioffsetpainokoneilla voidaan tehdä värien painamisen yhteydessä myös erilaisia lakkauksia. Lakkaukseen käytetään joko offsetlakkausta, vesi- tai uv-lakkausta. Offsetlakkaus voidaan toteuttaa käyttämällä painoyksikössä värin sijasta offsetlakkaa. Tällä menetelmällä parannetaan painotuotteen kiiltoa ja luodaan kestävyyttä antava suojakerros väripinnoille. Vesi- ja uv-lakkauksissa arkkipainokoneessa on yksi tai useampi erillinen lakkausyksikkö. Tällä tekniikalla saadaan käyttöön kaikki painoyksiköt, jotka voidaan hyödyntää värien painamiseen. Lisäksi vesilakkaukseen käytettävä dispersiolakka ja uv-lakka antavat painotuotteelle paremman kiillon, kuin normaali offsetlakka. [6]

3.2 Offsetpainovärien kuivumismekanismit

Painovärin pitää muuttua nestemäisestä muodostaan kuivaksi tasaiseksi pinnaksi hyvin nopeasti siten, ettei ajettavuus heikkene eikä painojäljen laatu kärsi. Kuivumisprosessi voidaan jakaa kahteen vaiheeseen, asettumiseen ja kuivumiseen. Värikerros on asettunut, kun väri on muuttunut immobiiliseksi, eikä tartu värikerrosta vasten olevaan pintaan. Täysin kuivunut värikerros on silloin, kun värikerrosta vasten hankaavaan pintaan ei tartu väriä. Painatustekniikasta ja painovärin koostumuksesta riippuen kuivuminen voi olla kemiallista tai fysikaalista. [10]

Painatustekniikasta riippuen painovärin asettuminen painoalustaan tapahtuu joko penetroitumalla, erottumalla tai osittain kummallakin tavalla. Fysikaalinen kuivuminen tapahtuu haihtumalla ja kemiallinen kuivuminen hapettumalla tai polymerisoitumalla. Eri offsettekniikoiden asettumis- ja kuivumismekanismit on esitetty taulukossa IV. [10]

Taulukko IV Offsettekniikoiden asettumis- ja kuivumismekanismit sekä kuivainelementti [10]

Painatustekniikka	Asettuminen	Kuivuminen	Kuivain
Cold set	penetroituminen, liuottimen erottuminen värikerroksesta	ei erillistä kuivatusmekanismia	ei kuivainta
Heat set	liuottimen erottuminen värikerroksesta	liuottimen haihtuminen	kuuma ilma painoyksiköiden jälkeen
Arkkioffset	liuottimen erottuminen värikerroksesta	hapettuminen, UV polymerisaatio, IR polymerisaatio	ei erillistä kuivainta, UV/IR lamput painoyksiköiden välissä tai lopussa

Asettumisvaihetta, jossa liuotin erottuu värikerroksesta, kutsutaan quick-setiksi. Alhaisemman viskositeetin omaava liuotin suotautuu läpi painoväkerroksen ja osittain penetroituu painomateriaalin pintakerroksiin. Tällöin raskaamman viskositeetin omaava pigmentti- ja sideainekerros jäävät painomateriaalin pinnalle. Quick-set -vaihe voi kestää muutamista sekunneista jopa puoleen tuntiin riippuen painoväkoostumuksesta, painetusta väkerroksesta sekä kuivainelementin lämpötehosta ja muodostuvan arkkipakan lämpötilasta. Ideaalinen asettuminen tapahtuu nopeasti, eikä edesauta tahmeuden muodostumista väkerroksen pintaan. [13]

Muissa kuin arkkioffsetpainoväreissä kuivuminen tapahtuu fysikaalisesti. Cold set-painatuksessa ei varsinaista kuivumista edes tapahdu, sillä painoväri absorboituu painomateriaalin sisään. Heat set-painossa liuotinaine haihtuu lämmön avulla. Arkkioffsetpainovärien kuivuminen tapahtuu kemiallisesti hapettumalla ja polymerisoitumalla. UV-painovärit kuivuvat polymerisoitumalla, siten että painovärin sisältämät fotoinitiaattorit vastaanottavat uv-lampuista lähtevän säteilyn ja käynnistävät kuivumisprosessin. Tämä tekniikka on yleistymässä, mutta yleisin tekniikka on edelleen hapettumalla kuivuminen. [13]

Hapettumalla ja polymerisoitumalla kuivuminen jakautuu neljään eri kemialliseen vaiheeseen: peroksidien/hydroperoksidien muodostumiseen, hajoaminen radikaaleiksi, polymerisaatio, terminaatio.

Peroksidien ja hydroperoksidien muodostumisessa ilmakehän happi reagoi painovärin sideaineena toimivan öljyn aktiivisten rasvahappoketjujen kanssa. Yksi tällainen aktiivinen kohta voi olla metyleeniryhmä, joka on sidoksissa kahteen toisiinsa kaksoissidoksella kiinni olevaan hiilivetyatomiin. Happi tyydyttää reaktiivisen metyleeniryhmän ja muodostuu peroksivapaa radikaali, joka reagoituaan toisen metyleeniryhmän vedyn kanssa muodostaa hydroperoksidin. Konjugoitujen rakenteiden läsnä ollessa happi voi suoralla korvauksella muodostaa 1,4-renkaisia peroksideja.

Muodostuneista hydroperoksideista tai rengasrakenteisista peroksideista hajoaa vapaita radikaaleja seuraavien reaktioiden mukaan:

$$ROOH \rightarrow RO\cdot + \cdot OH \qquad (1)$$

$$2ROOH \rightarrow RO\cdot + ROO\cdot + H_2O \qquad (2)$$

Reaktioiden (1) ja (2) pohjalta muodostuvat seuraavat reaktiot:

$$RO\cdot + RH \rightarrow ROH + R\cdot \qquad (3)$$

$$\cdot OH + RH \rightarrow R\cdot + H_2O \qquad (4)$$

Reaktioissa (3) ja (4) muodostuneet vapaat radikaalit reagoivat ilmakehän hapen kanssa muodostaen jälleen hydroperoksideja ja peroksideja eli syntyy ketjureaktio.

Polymeroitumisvaihe alkaa, kun vapaiden radikaalien ketjureaktio peroksidien kanssa ja suorat korvautumisreaktiot muiden sideaineen yhdisteiden kanssa alkavat kasvattaa painetun kerroksen molekyylimassaa. Reaktiossa muodostuu myös ristiinlinkittyneitä molekyylejä, jolloin sideaine kiinteytyy ja sitoo pigmenttikerroksen painomateriaalin pintaan.

Polymeroinnin päättyminen eli terminaatio tapahtuu, kun sideaineen aktiiviset ryhmät ovat tyydyttyneet ja vapaat radikaalit alkavat reagoida keskenään seuraavien kaavojen (5), (6) ja (7) mukaan:

$$R\cdot + R\cdot \rightarrow R - R \qquad (5)$$

$$R\cdot + RO\cdot \rightarrow R - O - R \qquad (6)$$

$$RO\cdot + RO\cdot \rightarrow R - O - O - R \qquad (7)$$

Lisäaineina käytettävät kuivikkeet, kuten koboltti-suolat, katalysoivat kuivumisprosessia. Ne nopeuttavat vapaiden radikaalien muodostumista ja täten polymeroitumisvaiheen alkamista sekä siinä muodostuvien ristiinlinkittyneiden molekyylien määrää. [13]

3.3 Painoväreihin liittyvät laatu- ja ajettavuusongelmat

Offset- ja erityisesti arkkioffsetpainovärien kohdalla voi esiintyä ongelmia laadun ja ajettavuuden kannalta viidellä osa-alueella: litografia, reologia, tahmeus, asettuminen ja kuivuminen sekä ulkoasu.

Litografiset ongelmat muodostuvat painoyksikössä, kun painoväriä pääsee kostutusvesialtaaseen, painolevyn painamattomiin osiin, kasaantuu teloille ja painolevyille, ja kun painoväri ei siirry teloilla tasaisena filminä.

Kostutusveden joukkoon sekoittunut painoväri aiheuttaa painomateriaalilla sävytysongelmia. Tyypillisimmin värin liukeneminen kostutusveteen johtuu siitä, että painovärin pigmenttien valmistusvaiheessa jotkin veden kanssa reaktiiviset ainesosat eivät ole kokonaan poistuneet pigmenttien joukosta. Kostutusveden värjäytymisestä johtuvaa sävytysongelmaa voidaan estää puskuroivin lisäainein.

Painovärin leviäminen painolevyn painamattomille osille aiheuttaa toonausta eli väriä esiintyy painomateriaalilla alueilla, joilla sitä ei olisi tarkoitus olla. Toonaus aiheutuu yleisimmin painovärin huonosta kemiallis – fysikaalisesta tasapainosta. Tämä voi aiheuttaa mm. sitä, että painoväri ei ole kauttaaltaan hydrofobinen, jolloin väriä pääsee leviämään yli kostutusvesirajan.

Painovärin mahdollinen taipumus hydrofiilisyyteen johtaa helposti siihen, että painomateriaalille muodostuva värikerros jää ohuemmaksi, kuin halutaan.

Puhutaan painovärin strippaamisesta. Tällöin painoväri ei siirry värinantotelalta toivottuna tasaisena filminä.

Painovärin kasaantuminen teloille, painolevylle ja lopulta painomateriaalille voi johtua monesta syystä. Painovärin ja kostutusveden fysikaalis – kemiallisten ominaisuuksien lisäksi siihen vaikuttavat reologiset ominaisuudet ja painomateriaalin pintaominaisuudet. Painovärin kasaantuminen näkyy painetulla pohjalla värikerroksen vaihtelevuutena eli laadun epätasaisuutena, ja voi aiheuttaa fyysistä vahinkoa mm. painolevylle. Painoväreistä aiheutuvan kasaantumisen syynä voi olla sen jonkin raaka-ainekomponentin heikko laatu tai epäedullinen vuorovaikutus muiden komponenttien kanssa. Mikäli yksittäinen komponentti esim. suotautuu painovärissä liian nopeasti, se voi aiheuttaa kasaantumista. Myös heikko emulsionmuodostuminen kostutusveden kanssa voi olla kasaantumisen syynä. Jotkin painovärin fysikaalis – kemialliset ominaisuudet vaikuttavat reologisiin ja tahmeuden ominaisuuksiin siten, että aiheutuu ongelmia, kuten kasaantumista.

Offsetpainatusprosessissa joudutaan tasapainottelemaan painovärin reologisten ominaisuuksien sekä painovärin että kostutusveden välisen emulsionmuodostumisen välillä. Painovärin litografiset ongelmat, toonaus ja kasaantuminen, voivat aiheutua myös reologisista syistä. Painovärin reologiset ongelmat johtavat ajettavuuden heikkenemiseen. Näin voi käydä kun esimerkiksi painovärin viskositeetti muuttuu painoyksikössä tai virtausominaisuudet eivät pysy vakiona. Nykyiset painovärit on hyvin käsitelty siten, että varsinaisia reologisia ongelmia ilmenee vähän. Sen sijaan komplikaatiot erilaisten lisäaineiden ja painovärin suhteen voivat vaikuttaa reologiaankin haitallisesti.

Tahmeuden ongelmat liittyvät painovärin halkeamiseen ja filminmuodostukseen teloilla sekä päälle painatukseen. Tahmeudeltaan sopimaton painoväri ei välttämättä tartu hyvin toisen värin päälle tai voi repiä painomateriaalin pinnalta kuituja ja pölyä. Tahmeutta, kuten reologisia ominaisuuksiakin, voidaan helposti säätää painovärin valmistusvaiheessa tai painokoneella lisäaineita käyttäen.

Painoväreistä johtuvat asettumis- ja kuivumisongelmat ovat kriittisimpiä painolaadun suhteen ja hyvin merkittäviä painokoneen ajettavuuden kannalta. Hyvän painolaadun ja ajettavuuden välillä vallitsee aina kompromissi. Painoyksikössä värin pitää säilyttää fluidisuutensa ja siirtyä tasaisena filminä telalta telalle ja painomateriaalin pinnalle, jolla sen taas täytyy ensin pikaisesti asettua paikalleen ja pian kuivua kiinteäksi kerrokseksi. Näin ei kuitenkaan aina painatus etene, jolloin ilmenee seuraavia ongelmia: set-off, toisiintuminen, hidas kuivuminen ja heikko hankauksen kesto.

Set-off on tyypillinen ongelma arkkioffsetpainossa. Siinä painetun arkin pintakerroksesta tarttuu väriä päällä olevan arkin pohjaan. Set-offin muodostumiseen voi vaikuttaa moni tekijä, kuten painettujen arkkien pakan paino ja lämpötila, painatusnopeus ja painomateriaalin pintaominaisuudet. Painoväri on kuitenkin yksi yleisimmistä set-offin aiheuttajista. Liian hidas asettuminen tai tahmean pinnan muodostuminen asettumisvaiheen aikana sekä painovärin hikoileminen aikaansaavat helposti värin tarttumista päällä olevan arkin pintaan. Set-offia voidaan ehkäistä käyttämällä sellaisia komponentteja painovärin valmistuksessa, jotka takaavat nopean asettumisen. Tärkeä tekijä set-offin kannalta painovärin koostumuksessa on side- ja liuotinaineiden sopiva suhde. Lisäaineilla, kuten pulverilla, voidaan jossakin määrin ehkäistä arkkien liiallista tarttumista toisiinsa.

Toisiintuminen aiheutuu värin liian nopeasta ja vääränlaisesta asettumisesta silloin, kun painoyksikössä painettu väri tarttuu seuraavan painoyksikön kumitelalle. Tällaisessa tilanteessa ensimmäiseksi painettu väri on asettunut liian nopeasti, jolloin sen ja päälle painettavan värin tahmeus jää niin alhaiseksi, että päällimmäinen väri tarttuu seuraavan painoyksikön kumitelalle. Tarttunut väri tulee painetuksi kyseisen painoyksikön painovärin kanssa samaan aikaan ja näkyy painetulla arkilla väärässä kohdassa. Liian nopean asettumisen aiheuttajana voi olla vääränlainen hartsi – öljy-suhde, jolloin öljyn osuutta tulisi lisätä. Painokoneella toisiintumista voidaan pyrkiä estämään painamalla ongelmallinen väri myöhemmissä painoyksiköissä.

Hidas kuivuminen johtuu set-offin tavoin monesta tekijästä, alhaisista lämpötiloista, happoisuudesta, liian painavista arkkikasoista ja hapen puutteesta. Painoväristä riippuva hidas kuivuminen voi johtua kuivatinkatalyyttien puutteesta tai huonosta hapettumispotentiaalista. Jälkimmäinen ominaisuus riippuu paljon painovärissä käytettävästä sideaineesta, kuten täyskuivuvan pellavaöljyn tai puolikuivuvan soijaöljyn käytöstä.

Painopinnan heikko hankauksen ja naarmuuntumisen kesto voivat olla hitaan kuivumisen seurausta. Painovärin ominaisuuksista ja koostumuksesta riippuva pinnan heikko mekaanisen rasituksen kestävyys voi johtua sideaineiden ja pigmenttien välisestä suhteesta. Sideaineet yksin eivät välttämättä kykene muodostamaan riittävän suojaavaa pintaa pigmenttien päälle, jolloin väri voi herkästi levitä. Tämän estämiseksi käytetään lisäaineina erilaisia vahoja. Erilaiset vahat, kuten PE ja PTFE ovat kovuudeltaan eri luokkaa, jolloin on huomioitava, että riittävän kovaa vahaa käytetään mekaanista rasitusta vaativiin lopputuotteisiin.

Laadukas painotuote edellyttää, että painoväri ja painatusprosessi itsessään toimivat moitteetta. Lähes kaikki ongelmat niin painatuksen aikana kuin painovärissäkin aiheuttavat heikkouksia laadun suhteen painotuotteen ulkoasussa. Painatus voi kuitenkin sujua ongelmitta ja silti havaitaan puutteita painoksen ulkoasussa. Tällöin ongelmana on yleensä jokin seuraavista painoväriin liittyvistä ominaisuuksista: pisteenkasvu, pinnan epätasaisuus tai heikko kiilto.

Painoväristä aiheutuvalla pisteenkasvulla tarkoitetaan painetun pisteen leviämistä painomateriaalin pinnalla. Tähän vaikuttavat laajalti painomateriaalin pintaominaisuudet, mutta painovärin koostumuksellakin on merkitystä. Koostumukseltaan tiheämpi ja viskoottisempi painoväripiste ei leviä painopinnalla niin helposti kuin alhaisen viskositeetin omaava painoväri.

Epätasainen painopinta ei ole kauttaaltaan homogeeninen ja väri tai lakkakerros voi olla toisaalla merkitsevästi ohuempi kuin toisaalla. Tämän voi aiheuttaa päällekkäin asettuvien väri- ja lakkakerrosten vuorovaikutusongelmat tai painovärin huonot virtausominaisuudet. Virtausominaisuudet riippuvat monista tekijöistä, joista oleellisimmat ovat painovärin reologiset ominaisudet. Painoväri-

ja lakkakerrosten liian suurien pintaenergiaerojen takia painopinnalle voi muodostua verkkomainen epätasainen pinta. Pintaenergiaerot voivat johtua lisäaineiden soveltumattomuudesta tai vääränlaisesta koostumuksesta. Myös polymeroitunut sideainekerros voi olla pintaenergialtaan alhaisempi, kuin sen päälle painettava lakkakerros.

Laadukkaalta painotuotteelta, kuten kartonkipakkaukselta, vaaditaan hyvää pinnan kiiltoa. Tärkein edellytys kiillon kannalta on painopinnan tasainen pinta. Kiiltoon vaikuttavat myös jotkin painovärin koostumuksesta riippuvat tekijät. Näitä ovat ennen kaikkea pigmenttipartikkelien koko ja muoto sekä niiden orientoituminen painopinnalle. Suuret partikkelit ja epähomogeeninen orientoituminen hajauttavat heijastuvat valonsäteet ja näin heikentävät kiiltoa. Painovärin koostumusta muokkaamalla, partikkelikoon huomioinnin ohella, voidaan kiiltoa parantaa jossakin määrin mm. lisäämällä öljy- tai alkydimäärää. [13]

3.4 Reologiset sekä pinta- ja kolloidikemialliset ominaisuudet

Painoprosessin aikana painovärin reologiset ominaisuudet vaikuttavat sen käyttäytymiseen siirtymissä telastolla ja leviämiseen painopinnalla. Pinta- ja kolloidikemiallisten ominaisuuksien pohjalta tarkkaillaan painovärin rajapintojen käyttäytymistä. [7, 10]

Offsetpainovärit ovat ei-newtoniaalisia nesteitä ja viskoottisempia kuin muut painovärit. Arkkioffsetpainovärien viskositeetti vaihtelee 10:stä 50:een Pas:iin, joka on korkeampi kuin muilla offsetpainoväreillä. Arkkioffsetpainovärit ovat virtauskäyrätyypiltään plastisia ja niiden virtauskäyttäytymisen riippuvuus muodonmuutoshistoriasta on yleisimmin tiksotrooppinen. [9, 10]

Tärkeä painovärien reologinen ominaisuus on sen tahmeus. Tahmeudella tarkoitetaan värin halkeamisvastusta, joka ilmenee telan ja painopinnan, kahden telan tai moniväripainatuksessa painetun ja päälle painettavan värin väliin muodostuvassa painonipissä. Tahmeus riippuu pitkälti painovärin virtauskäyttäytymisestä, viskositeetista ja painonopeudesta. Hallittu painovärin

siirtyminen edellyttää, että tahmeus on alhaisempi kuin painettavan pinnan pintalujuus. [9, 10]

3.5 Painojäljen laadun seuraaminen

Painojäljen laatutasoa kuvaavia ilmiöitä ovat mm. tuotteen värien yhtäläisyys kuvaoriginaalien kanssa ja painojäljen yhtäläisyys rinnakkaisissa kappaleissa samassa painoksessa. Perinteisesti painojäljen laadun seuraaminen perustuu painajan kokemukseen painokoneen käyttäytymisestä, painatusprosessista ja painopinnalla tapahtuvista ilmiöistä. Vertailtavuuden ja töiden tasalaatuisen toistettavuuden vuoksi painojäljen laadun seuraamisen apuna käytetään densitometriaa ja kolorimetriaa. [14]

3.5.1 Densitometria

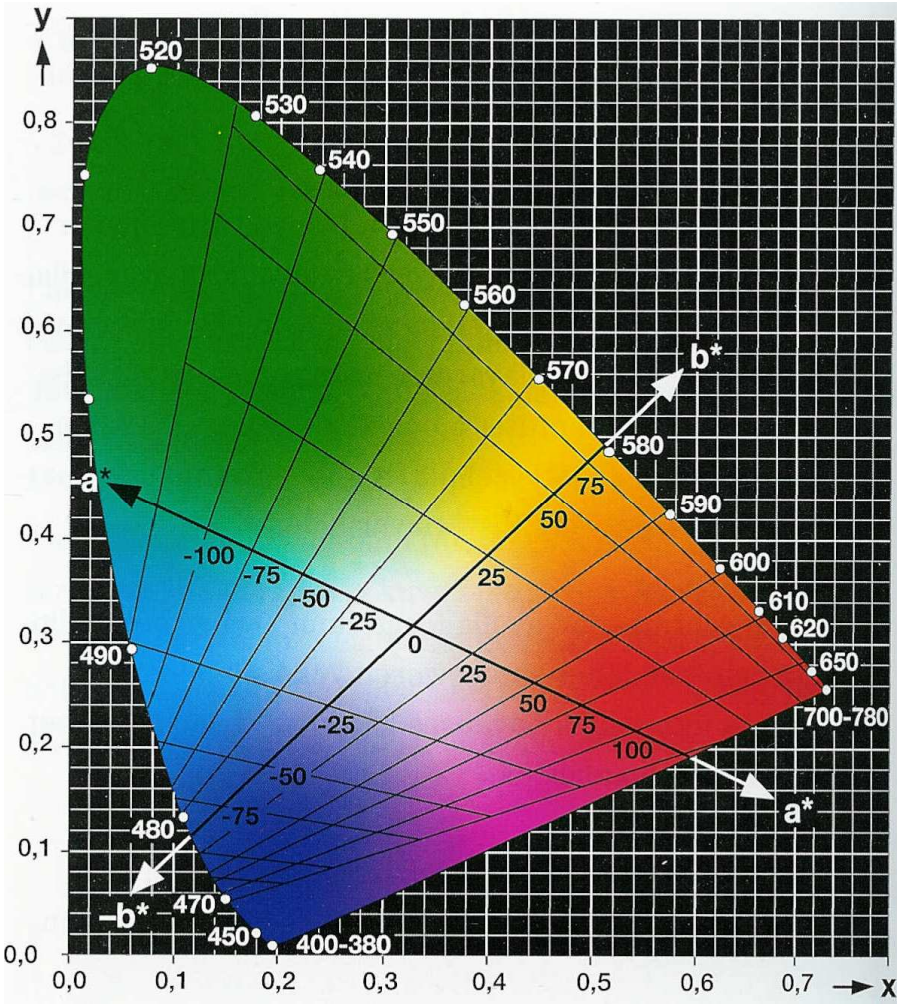
Densitometria perustuu tarkasteltavasta pinnasta heijastuvan valon mittaamiseen. Mittaavaa laitetta kutsutaan heijastusdensitometriksi. Mitattava painoväri valaistaan kohdevalolla, jolloin valonsäde läpäisee läpikuultavan painovärikerroksen ja imeytyy osittain. Painomateriaali jakaa valonsäteen imeytymättömän osan. Osa tästä valosta imeytyy vielä heijastuessaan uudelleen painovärin läpi. Jäljelle jäävä imeytymätön valo osuu havaitsimeen, joka muuttaa valon sähköksi. Densitometrin tulokset annetaan densiteettiyksikköinä. Densitometri on tarkoitettu värin mittaamiseen kunkin värin absorptioalueella, jossa densiteetti ja värikalvon paksuus korreloivat läheisesti. [5]

Ihmissilmälle densiteetin muutokset näyttävät painojäljen tummuuden muutoksina. Painovärin densiteetti riippuu pigmentaatiosta, sen tiiveydestä ja värikalvon paksuudesta. Määrätyn värin densiteetti on värikalvon paksuusmitta, mutta se ei kuitenkaan kerro mitään värisävystä. Densiteettiä ei kuitenkaan suoraan voi käyttää värikerroksen paksuuden mittauksessa, sillä mittalukema kyllästyy tietyn värikerrospaksuuden ylityttyä. [5, 14]

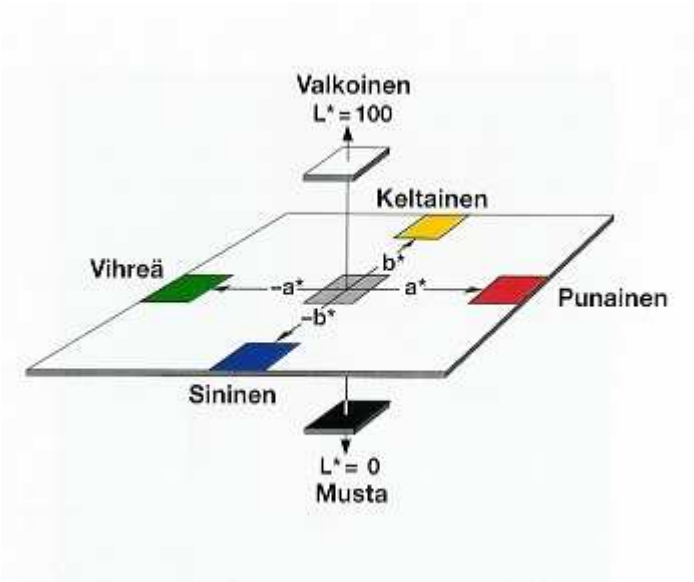
3.5.2 Kolorimetria

Kolorimetrialla pyritään mittaamaan värin sävyt siten, kuin ihmissilmä ne havaitsee. Sen avulla värisävyille saadaan tarkat lukuarvot, jotka perustuvat tiettyyn standardiin - väriavaruuteen. Standardeja on käytössä useampia erilaisia, joista yksi yleinen kansainvälisesti tunnustettu malli on CIELAB-värikoordinaatisto.

Spektrofotometrilla tai kolmiärsykekolorimetrilla saadaan määritettyä mitattavalle värille kolme koordinaattiarvoa, kolmiärsykearvot X, Y ja Z. Nämä arvot pohjautuvat laskutoimituksiin, joiden muuttujina ovat valonlähteen säteily S(λ), näytteen spektraalinen heijastuksen määrä β(λ) ja standardihavainnoitsijan värienvertailufunktiot $\bar{x}$ (λ), $\bar{y}$ (λ), $\bar{z}$ (λ). Kuvassa 5 on esitetty x- ja y-kolmiärsykearvojen väriavaruus. Kolmiärsykearvoista voidaan muokata CIELAB:n mukaiset L*, a* ja b* arvot, jotka kukin edustavat yhtä koordinaatiston akselia. a* -akseli kulkee –a*:sta (vihreä) +a*:han (punainen) ja b* -akseli –b*:stä (sininen) +b*:hen (keltainen). L* -pystyakseli kuvaa valoisuutta 0:sta (musta, alareunassa) 100:aan (valkoinen, yläreunassa). Kuvassa 6 on esitetty pelkistetty malli L*a*b –värikartasta.



Kuva 5. Kolmiärsykearvojen x ja y CIELAB:n mukainen väriavaruus, johon on lisätty a*- ja b* -akselit. [5]



Kuva 6. CIELAB:n mukainen L*a*b* -värikartta. [5]

CIELAB-arvoja hyödyntäen voidaan verrata värieroja esimerkiksi originaalin ja painetun kuvan välillä. Värieroa kuvataan ΔE:llä, joka ilmaisee väriavaruudessa kahden värin välimatkaa. Käytännössä ΔE-arvoja voidaan ilmaista havaittavuuden perusteella. Havaittavuusluokituksia on esitetty taulukossa V.

Taulukko V ΔE-arvojen luokituksia havaittavuuden perusteella. [5]

ΔE -arvo	**Havainnoitavuus**
Välillä 0 - 1	Yleensä tätä poikkeamaa ei havaita
Välillä 1 - 2	Hyvin pieni poikkeama; ainoastaan ammattilainen huomaa eron
Välillä 2 - 3,5	Keskisuuri poikkeama; silmällä havaittavissa
Välillä 3,5 - 5	Suuri poikkeama
Yli 5	Todella suuri poikkeama

Nykyään kolmiärsykekolorimetrien ja etenkin spektrofotometrien alentunut hinta ja helppokäyttöisempi rakenne ovat mahdollistaneet niiden aktiivisen käytön painolaadun seurannan apuna. Täten oikeat värisävyt on mahdollista saada kohdalleen tarkemmin, kuin pelkkää densitometriä käytettäessä. [5]

4 ELINTARVIKEKELPOISET OFFSETPAINOVÄRIT

Konventionaalisissa offsetpainoväreissä käytetään orgaanisia ja epäorgaanisia yhdisteitä, sekä muita kemikaaleja, jotka eivät välttämättä sovellu käytettäväksi elintarvikkeiden kanssa samassa yhteydessä. Riskinä on, että painoväristä kulkeutuu terveydelle haitallisia yhdisteitä elintarvikkeeseen. Tämän estämiseksi painovärien koostumusta on pyritty muokkaamaan turvallisemmaksi. Elintarvikekelpoisten painovärien koostumus ei kuitenkaan ole optimaalisin painovärin ajettavuuden ja painojäljen kannalta. [15]

4.1 Elintarkekelpoisiin painoväreihin liittyvää lainsäädäntöä

Painovärien elintarvikekelpoisuutta on määritelty Suomen elintarvikelainsäädännössä, joka monelta osin noudattaa EU direktiivejä. EU:n parlamentin ja neuvoston säätämän asetuksen 1935/2004 mukaan kaikkien elintarvikkeiden kanssa suoraan tai välillisesti kosketukseen joutuvien

materiaalien tai tarvikkeiden on oltava riittävän inerttejä, jottei aineita pääse siirtymään elintarvikkeeseen sellaisia määriä, jotka voivat vaarantaa ihmisten terveyden, aiheuttaa sopimattomia muutoksia elintarvikkeen koostumuksessa tai heikentää sen aistinvaraisia, kuten haju-, maku- ja ulkonäköominaisuuksia. [15, 16]

EU:n komission säätämässä asetuksessa 2023/2006 määritellään hyviä tuotantotapoja elintarvikkeen kanssa kosketuksiin joutuvan pakkauksen valmistuksessa. Asetuksessa huomioidaan eritoten painovärit elintarvikepakkauksissa. Asetuksen liitteessä nro. 1 on annettu seuraavat ohjeet painoväreihin liittyen:

1. Elintarvikepakkauksen painettu pinta, joka ei ole kosketuksissa itse tuotteen kanssa, pitää käsitellä siten, ettei siitä siirry substansseja tuotteeseen läpi substraatin eikä set-offin välityksellä.
2. Painettuja valmiita tuotteita pitää käsitellä siten, ettei niistä siirry jatkojalostuksessa tai varastoinnin aikana substansseja elintarvikkeeseen läpi substraatin eikä set-offin välityksellä.
3. Painettu pinta ei saa joutua suoraan kosketukseen elintarvikkeen kanssa.

Tätä asetusta sovelletaan ja valvotaan voimassa olevien ISO22000-standardin ja laatujärjestelmiin liitettyjen HACCP-menetelmien mukaisesti. Asetus astuu voimaan 1.8.2008. [15, 17]

4.2 Haitalliset ominaisuudet ja niiden muodostuminen

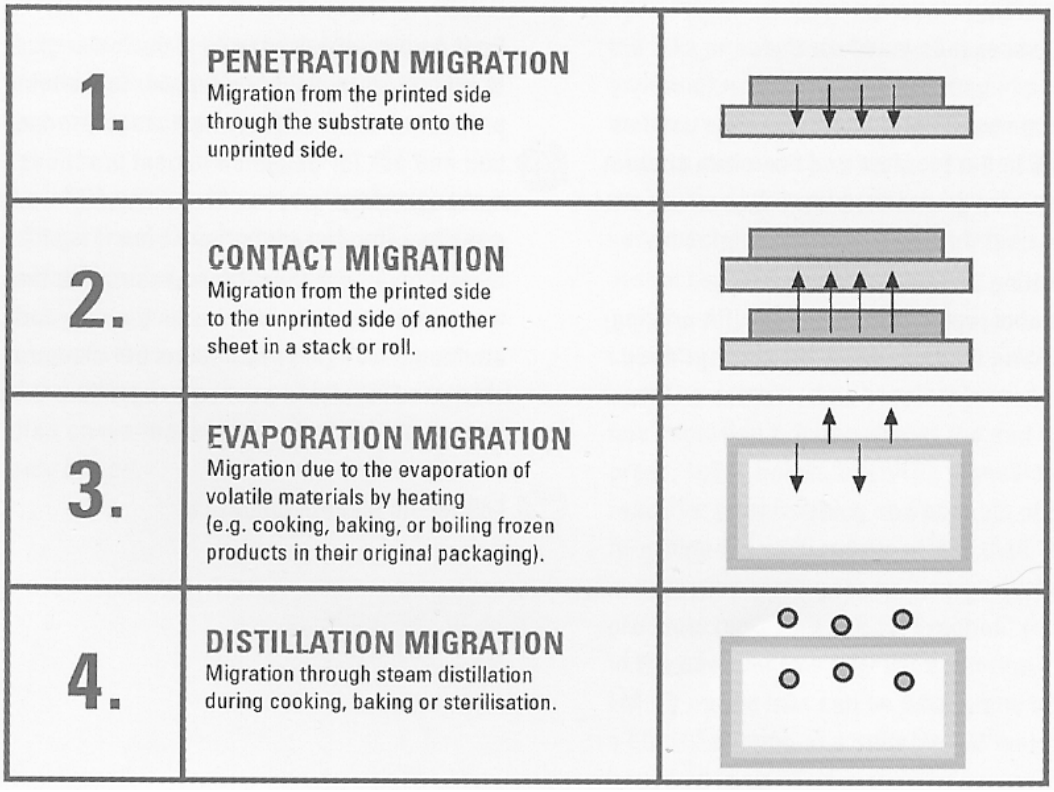
Tyypillinen haitta etenkin elintarvikepakkauksissa on epämiellyttävä tuoksu. Tuoksu on harvemmin terveydelle haitallinen, mutta se voi vaikuttaa kuluttajien ostokäyttäytymiseen negatiivisesti. Tuoksut voivat saada alkunsa jo kartongista tai muusta materiaalista, mutta monesti niiden lähde syntyy painoväreistä tai painoprosessin aikana käytettävistä materiaaleista. Painovärien ja painopinnan

komponenttien yhdisteet voivat myös reagoida keskenään ja aiheuttaa haitallisia tuoksuja. [18, 19]

Arkkioffsetpainoväreissä tuoksuja muodostuu, kun sideaineina käytettävien kasvipohjaisten öljyjen, alkydien ja hartsien hapettumisprosessissa muodostuu erilaisia aldehydejä. Yleisin painoväreissä esiintyvä aldehydi on heksanaali. Heksanaali ei sinänsä itse aiheuta tuoksua, mutta se toimii indikaattorina muista aldehydeistä alkunsa saaville tuoksuille. Jotta tuoksujen taso ei olisi häiritsevä, on heksanaalitason oltava alhainen. [18]

Elintarvikkeen laatua haittaavan komponentin siirtymistä elintarvikkeeseen kutsutaan migraatioksi. Migraatio-ongelmiin on alettu kiinnittää entistä enemmän huomiota elintarvikepakkauksissa. Se on yksi tärkeimmistä mittareista, joilla nykyaikaiset pakkauksiin liittyvät elintarvikeasetukset säädetään. Sallituista migraatiorajoista käytetään termiä SML, Specific Migration Limit, joka ilmaistaan normaalisti yksikössä mg/kg ruokaa. Joitakin migraatiosta aiheutuvia haittoja ei välttämättä havaita organoleptisillä testeillä, vaan niiden toteamiseksi tarvitaan herkkiä kemiallisia analyysejä. Jotkin migraatiosta aiheutuvat haitat voidaan todeta vasta tietyn ajan kuluttua painatuksesta. Tämä on ongelmallista silloin, kun painettua materiaalia pitäisi jalostaa kiireellisellä aikataululla. [19, 20, 22]

Migraation aiheuttavana mekanismina toimii ensisijaisesti diffuusio. Diffuusiota syntyy konsentraatioeroista, joissa suuremman konsentraation omaavasta aineesta siirtyy komponentteja pienemmän konsentraation omaavaan aineeseen. Tällainen komponenttien siirtyminen voi tapahtua neljällä tavalla: penetroitumalla, suoralla kosketuksella, höyrystymällä tai tislautumalla. Kyseisiä mekanismeja on selvennetty kuvassa 7. [19, 20]



Kuva 7. Migraatiota aiheuttavat mekanismit. [20]

4.2.1 Haitallisten ominaisuuksien havainnointi ja analysointi

Painovärejä on tyypillisesti analysoitu painatusominaisuuksien ennustamiseksi ja laaduntarkkailun vuoksi. Samoilla analyysimenetelmillä voidaan kuitenkin arvioida painovärien terveysriskejäkin. Painettujen painovärien maku- ja hajuhaittojen tärkeimpänä määritysmenetelmänä on pidetty aistinvaraisia testejä. [21]

4.2.1.1 Kemiallinen analysointi

Painamattoman painovärin tarkka analysointi on hankalaa, koska se on monen komponentin seos. Tämän vuoksi pääkomponentit öljy, sideaine ja pigmentti on erotettava. Erottamiseen käytetään uuttamista, tislaamista ja kromatografiaa, joista kromatografiset sovellukset ovat tehokkaimpia ja käytetyimpiä. Erotettujen komponenttien määrittämiseen käytetään termoanalyyttisia menetelmiä sekä spektrofotometriaa. [21]

Migraatiota elintarvikkeeseen voidaan simuloida käyttäen Tenax-testiä. Tenax on kauppanimi modifioidulle polyphenyleenioksidille ja sitä voidaan käyttää migraatiotestissä kuivan elintarvikkeen korvikkeena. Halutun ajan pakkausmateriaalin kanssa kosketuksissa olleesta Tenax-polymeerista voidaan määrittää migraatiossa siirtyneet komponentit kaasukromatografilla. [22]

4.2.1.2 Aistinvarainen analysointi

Aistinvaraisilla eli organoleptisilla testeillä voidaan selvittää elintarvikepakkausmateriaalin mahdollista taipumusta aiheuttaa maku- ja hajuhaittoja elintarvikkeessa. Yleisimmin käytetään Robinsonin maku- ja hajutestiä. Siinä testattavana tuotteena käytetään yleensä suklaata, joka on herkkä tarttuvalle hajulle ja maulle. Testissä suklaa ja pakkausmateriaali säilytetään tietyn ajan, yleensä 24 tuntia, samassa tiiviissä astiassa, jonka jälkeen valittu testiryhmä arvostelee suklaan maut ja hajut. Robinsonin testillä voidaan arvioida niin kartongista, kuin painoväristäkin aiheutuvia haju- ja makuhaittoja. [3]

Robinsonin testiä harvinaisempi, mutta tarkempi on vesitesti. Siinä testaavana tuotteena käytetään vettä, johon pakkausmateriaalin mahdolliset hajut ja maut siirtyvät. Testiryhmä arvioi pakkausmateriaalin kanssa läsnä olleen veden hajua ja makua, ja vertaa sitä puhtaaseen veteen. [23]

Joitakin tuoksuja voidaan määrittää koneellisesti nk. keinonenillä. Ne tunnistavat yleisimmät ja yksinkertaisimmat hajuyhdisteet, ja voivat määrittää niiden pitoisuuden. Keinonenien rooli kasvanee tulevaisuudessa, mutta tällä hetkellä niiden rutiininomainen käyttö ei ole kannattavaa laitteiden koon ja hinnan vuoksi. [24]

4.2.2 Haitallisiksi todettuja komponentteja ja niille asetettuja raja-arvoja

Offsetpainovärit sisältävät lukuisia kemiallisia yhdisteitä ja vain joillekin näistä on pystytty määrittämään raja-arvot, joilla voidaan seurata migraatiosta aiheutuvaa elintarvikkeen kontaminoitumista. EU:ssa raja-arvot asetetaan

Euroopan komission toimesta EFSA:n, European food and safety authority, kokoamien tutkimustulosten ja ohjeistuksen mukaan. EFSA pitää yllä rekisteriä, johon kootaan tietoa ja suosituspitoisuuksia elintarvikkeiden kanssa kosketuksiin joutuvista kemiallisista yhdisteistä. [19, 25]

Offsetpainovärin lisäaineet ja pigmentit voivat sisältää ftalaatteja. Sen eri yhdisteet luokitellaan myrkyllisiksi ja niiden EFSA:n mukainen SML-arvo on 3 mg/kg ruokaa. KCL:ssa tutkijat B. Aurela, H. Kulmala ja L. Söderhjelm tutkivat sokeripakkauksen ja sokerin välistä migraatiota. Tutkimuksessa vertailtiin erilaisia painomenetelmiä ja pakkausmateriaaleja, ja pyrittiin selvittämään migraatiossa sokeriin siirtyvien ftalaattien määrää. Tutkimuksessa todettiin, että offsetpainoväreillä painetuissa taivekartonkipakkauksissa oli huomattavasti suurempi ftalaattipitoisuus kuin muita painovärejä käytettäessä. Tutkimuksen perusteella painopinnalla esiintyneiden ftalaattiyhdisteiden pitoisuudesta yli 50% siirtyi sokeriin migraatiossa, mutta ftalaattipitoisuus jäi silti reilusti alle SML-arvon. [26, 27]

Toinen KCL:ssa B.Aurelan, T.Ohra-ahon ja L.Söderhjelmin toimesta tehty tutkimus käsitteli alkylbenzeenien migraatiota kartonkipakkauksesta ruokaan. Tutkimuksessa keskityttiin lineaarisiin alkyylibenzeeneihin, joita esiintyy offsetpainovärien liuottimissa. Tutkimusmateriaalina käytettiin hampurilaisten ympärille asetettavaa kartonkitukea, jonka ruoan kanssa ei-kosketukseen joutuva pinta oli painettu arkkioffsetväreillä. Tutkimuksen 15:ta painetusta kartonkituesta 10:stä löytyi alkylbenzeenejä. Migraatio kartongin läpi oli noin 6% eli varsin vähäinen. Alkylbenzeenille EFSA:n SML-arvo on 30 mg/kg ruokaa. Tutkimuksessa todettiin, että lakatuilta painopinnoilta migraatio väheni jopa 70%. [22]

Mustan painovärin pigmenttinä käytetään lähes yksinomaan uuninokea (carbon black). Mustaa painoväriä käytetään suuria määriä sanomalehti- ja aikakausilehtipainatuksessa, mutta myös pakkausten painatuksessa. On todettu, että nokipigmenttien pinnalle adsorboituu polyaromaattisia hiilivety-yhdisteitä (PAH), kuten benzo(a)pyreeni. Nämä haihtuvat painatuksen aikana tai sen jälkeen hengitysilmaan, jolloin suurissa määrissä ne voivat olla haitaksi terveydelle.

EFSA:n esittämän rajoituksen mukaan benzo(a)pyreeniä saa olla korkeintaan 0,25 mg/kg uuninokea. [8, 25]

4.3 Ajettavuus- ja laatuongelmat

Elintarvikkeelle tai terveydelle haitallisten komponenttien vaihtaminen painovärissä turvallisiin komponentteihin on jossakin määrin heikentänyt painovärien painettavuutta ja lisännyt laatuongelmien muodostumisen riskiä. Oleellisin ero on tapahtunut painovärin asettumisen ja kuivumisen suhteen. Elintarvikekelpoinen painoväri vaatii enemmän aikaa ja tarkempia olosuhteita asettuakseen ja lopullisesti kuivuakseen. Kuivumisongelmien taustalla on se, ettei elintarvikekelpoisissa painoväreissä voida käyttää myrkyllisiä kuivikkeita, kuten lyijyä ja muita raskasmetalleita. Kuivumisongelmat havaitaan mm. värien kuivumisena teloille, painolevyjen tukkeutumisena, set-offina ja painopinnan rasitusherkkyytenä. [28, 29]

Lisäaineiden rajallisempi käyttö kostutusvedessä elintarvikekelpoisten värien kanssa voi aiheuttaa ongelmia painovärin vesikäyttäytymiseen ja väri – vesi-suhteen hallintaan. Sen hallittavuus on oleellista tasalaatuisen painatuslaadun kannalta. [28]

5 KARTONKIEN PAINATUS

Nykyaikaiselta pakkaukselta edellytetään kestävyyttä, tuotteen suojaavuutta, hyvää informaationantokykyä ja helppoa kierrätettävyyttä. Kartonkipakkauksilla kyetään edustamaan näitä kaikkia ominaisuuksia. Kartonkeja käytetäänkin lähes yksinomaan pakkausmateriaaleina. [30]

Tärkein kartonkien painatustekniikka on nykyään arkkisyöttöinen offset. Se sallii usean kokoiset kartonkiarkit ja takaa parhaimman painolaadun. Suuren volyymin kartonkipainokset, kuten tupakkarasiat, soveltuvat hyvin myös syväpainoon. Flexopainatuksella ei saavuteta samaa painolaatua kuin arkkisyöttöisellä offsetilla. [30]

5.1 Kartonkipakkaukset

Kuluttajapakkauskartongit voidaan jakaa viiteen erilaiseen ryhmään niiden käyttösovellusten mukaan: taivekartongit (FBB), sellukartongit (SBS), valkopintainen keräyskuitukartonki (WLC), valkaisemattomat sellukartongit (SUS) ja nestepakkauskartongit (LPB). Kartonkiryhmät eroavat toisistaan kuitukerrosten ja -lajien sekä erilaisten päällysteiden osalta. Kaikista rasioiden valmistukseen käytetyistä kartonkilajeista taivekartonki edustaa suurinta ja tärkeintä lajiryhmää. Nestepakkauskartongit eroavat muista esitetyistä kartonkiryhmistä siten, että niihin pakataan nesteitä. Muita kartonkiryhmiä käytetään vain kuivien tuotteiden pakkaamiseen. [3, 30, 31]

Kuluttajapakkaukset ovat lähes poikkeuksetta painettuja ja näin ollen kartongin pintakerroksen ominaisuuksiin ja ulkonäköön kiinnitetään suurta huomiota. Pakkauksen muotoilulla ja laadukkaalla painatuksella on tarkoitus herättää mahdollisen ostajan mielenkiinto tuotetta kohtaan. Painatuslaadultaan vaativimpia pakkauskartonkeja kutsutaan myös graafisiksi kartongeiksi. Laadukkaan ulkonäön ohella kartonkipakkauksen pitää olla luja, läpäisemätön ja tiiviisti sulkeutuva. Lisäksi taivutusjäykkyydellä on merkittävä osuus pakkauksen toimivuuden kannalta. [3, 31]

5.2 Elintarvikekartongit

Elintarvikepakkaus ei saa antaa vierasta makua tai hajua tuotteeseen, eikä siitä saisi siirtyä tuotteeseen haitallisia aineita. Elintarvikekartonkina voidaan käyttää kartonkeja, jotka täyttävät tämän ehdon ja lisäksi omaavat yleiset kuluttajapakkaukselta vaadittavat ominaisuudet. [31]

Pakkausmateriaalin tulee olla mikrobiologisesti riittävän puhdas. Tässä suhteessa vaatimukset täyttää luotettavasti vain ensiökuidusta tehty tuote. Tasakoosteinen sellukartonki (Solid Bleached Sulphate) on vain kemiallisesta massasta eli sellusta valmistettu kartonki. Sellukartonkia voidaan kutsua myös elintarvikekartongiksi. [3]

Muidenkin kartonkiryhmien kartonkeja käytetään elintarvikepakkauksissa, jolloin vähintään niiden pintakuitukerros on sellua. Nestepakkauskartongit sekä pakastettavat kartonkipakkaukset päällystetään polyeteeni-filmillä, joka estää kartongin vettymisen ja takaa hyvät barrier-ominaisuudet. [31]

5.3 Kartongilta vaadittavat paino- ja ajettavuusominaisuudet

Monien kuluttajapakkausten, kuten kosmetiikka- ja herkkutuoterasioiden ulkonäkövaatimukset ovat niin korkeat, että kartongilta edellytetään pigmenttipäällystettyä tasaista pintaa. Arkkisyöttöisillä offsetpainokoneilla painettavilta kartongeilta vaaditaan suhteellisen alhaista kartongin imukykyä, sileyttä tasolla 1,3 mm (PPS), kiiltoa tasolla 30-45 % (Hunter 75º) ja vaaleutta 80-83 % (ISO-vaaleus). [3]

KOKEELLINEN OSA

6 TAVOITTEET

Työn kokeellisen osan varsinaisena tavoitteena oli verrata keskenään kolmen eri painovärivalmistajan elintarvikekelpoisia arkkioffsetpainovärisarjoja ja selvittää, mikä näistä soveltuisi parhaiten ajettavuutensa ja painettavuutensa puolesta työn toimeksiantajan arkkioffsetpainokoneelle. Lisäksi kokeellisessa osassa oli pyrkimyksenä perehtyä koeajettavien painovärien elintarvikekelpoisuuteen ja sen määrittämiseen.

7 KOEAJOISSA KÄYTETYT LAITTEET JA MATERIAALIT

7.1 Painokone

Koeajot ajettiin Heidelberg Speedmaster XL105 –arkkioffset painokoneella, joka on otettu käyttöön keväällä 2007. Painokoneessa on kuusi väriyksikköä ja yksi lakkayksikkö. Kuivatusosa koostuu Heidelberg DryStar3000:n infrapuna- ja ilmakuivaimista, jotka ovat myös vaihdettavissa ultraviolettikuivaimiin. Koneella voidaan painaa maksimissaan 18 000 arkkia tuntia kohden ja painettavan arkin koko voi olla väliltä 340*480 – 750*1050mm. Liitteessä I on esitetty tarkemmin XL105:n teknisiä ominaisuuksia.

Painokoneen kostutusveden lisäaineena käytettiin Sun Chemicalin Sunfount 410:tä. Kostutusveden isopropanolin suhteellinen määrä oli asetettu painokoneella 8 – 8,5%:iin. Koeajoissa kirjattu kostutusveden sähkönjohtokyky vaihteli välillä 1500 - 2000µS. Kostutusveden lämpötila oli noin 9˚C. Väriduktorin lämpötila oli vakioitu 32˚C:een ja väritelaston 30˚C:een. Luovutuspäässä valmiiden arkkipinojen lämpötila pidettiin noin 34˚C:ssa.

Painamiseen käytettiin malliltaan positiivisia Kodakin CTP –painolevyjä.

7.2 Painovärit ja lakat

Koeajettaviin painotöihin käytettiin kolmen eri painovärivalmistajan, Siegwerkin, Sun Chemicalin ja Huber Groupin elintarvikekelpoisia arkkioffsetpainovärejä. Käytössä oleva värisarja on Siegwerkin Foodpack. Tähän verrattiin Sun Chemicalin LMQ- ja Low Hex –värisarjoja, sekä Huber Groupin Corona-MGA –värisarjaa. Low Hex –värisarjaa ajettiin ainoastaan ensimmäisessä koeajossa, joten sen osuus tulosten vertailussa on vähäinen.

Väreistä käytettiin prosessivärejä syaani, magenta, keltainen ja musta, sekä työkohtaista PMS-sävykartan (Pantone Matching System) mukaista sekoiteväriä. Koepainatukset painettiin kahdelle erilaiselle painotyölle. Toinen koeajettava painotyö oli Vaasan&Vaasan hapankorppurasiat, jonka sekoitevärin sävy oli PMS186 ja toinen Suomen Nestlén 1l vaniljajäätelörasiat, jonka sekoitevärin sävy oli PMS286. Sekoitevärit olivat painoväritoimittajien toimesta sävytettyjä, mutta joissakin tapauksissa oikean sävyn saavuttamiseksi jouduttiin väreihin lisäämään reflex- ja rubine-sävyjä.

Vaasan&Vaasan painotyön painopintaan ajettiin vesipohjainen W765/40 kiiltolakka ja Suomen Nestlén 1l vaniljajäätelöön vesipohjainen W1166 PE-pinnoille soveltuva kiiltolakka.

7.3 Kartonki

Koeajoissa käytettiin painotyöstä riippuen kahta erilaista kartonkilaatua. Vaasan&Vaasan hapankorppurasiat painettiin Stora Enson Tambrite –kartongille neliömassaltaan 255 g/m^2. Suomen Nestlén 1 litran vaniljajäätelörasiat painettiin Stora Enson PE-päällystetylle Performa Natura –kartongille, jossa PE-pinnan neliömassa on 15 g/m^2 ja kartongin 270 g/m^2. Näiden kartonkien yleiset ominaisuudet on esitetty liitteessä II.

8 KOEAJOJÄRJESTELYT JA MITTAUKSET

Ensimmäisellä koeajokerralla ajettiin kaikkia verrattavia painovärejä samaan painotyöhön ja kokeiltiin täten niiden eroavaisuuksia. Tämän jälkeen oli tarkoitus ajaa yhtä painoväriä yhteen painotyöhön siten, että saataisiin mahdollisimman pitkäjaksoinen painatus. Tavoitteena oli säilyttää painokoneella mahdollisimman moni muuttuja vakiona eli pyrittiin säilyttämään ne säädöt, joita käytetään referenssipainovärillä painettaessa.

Testiarkeille, jotka jalostettiin edelleen tuotannossa eteenpäin, painettiin rasian lisäksi testistripit densito- ja kolorimetrisia mittauksia varten. Koeajoissa painetuista arkeista otettiin näytearkkeja noin 1000 – 2000 painetun arkin välein mittauksia ja laadunseurantaa varten.

Densitometrisista mittauksista mitattiin pisteenkasvun ominaiskäyrät nelivärisarjan väreille ja trapping –arvot, kun päällepainatukset olivat syaani – magenta, syaani – keltainen ja magenta – keltainen. Mittalaitteena käytettiin Gretag Macbeth D19C –densitometria. Lopputuloksissa käytettiin koepainatuserien densiteetti- ja trappingarvojen keskiarvoja. Kunkin värin densiteettiarvoja mitattiin värille ominaisella suotimella. Trapping –arvot mitattiin suoraan densitometrin trapping –toiminnolla.

CIE LAB –standardin mukaiset L*a*b –arvot ja ΔE mitattiin GretagMacbeth SpectroEye –spektrofotometrillä.

Kiilto mitattiin kannettavalla REFO 3 -kiiltomittarilla käyttäen 60˚ mittauskulmaa. Kiillon arvot on esitetty kolmen mittauksen keskiarvona.

Laboratoriossa testiarkeista määritettiin kaasukromatografimittaukset, Robinsonin maku- ja hajuarvot, sekä prüfbau –hankaustesti ja kiilto. Kaasukromatografimittaukset ja Robinson-testin arvot mitattiin Amcor Flexiblesin laboratoriossa. Kaasukromatografina käytettiin Perkin-Elmer Autosystem XL –kaasukromatografia. Mittausmenetelmänä käytettiin standardin SFS-EN 13628-2 mukaista käytäntöä. Yhtä näytettä kohden tehtiin aina kaksi

rinnakkaismittausta. Tulokset ilmoitettiin muodossa mg/m^2 ja tulostettiin myös spektri –muodossa.

Maku- ja hajutestit suoritettiin Robinson -mittausmenetelmän mukaisesti maistelu- ja haisteluraadin toimesta. Sekä kaasukromatografiamittaukset että Robinson -testit suoritettiin kolmella erilaisella aikataululla; viikon sisällä painatuksesta, kahden kuukauden kuluttua painatuksesta ja kolmen kuukauden kuluttua painatuksesta.

Prüfbau –hankaustesti mitattiin Prüfbau Quartant –hankaustesterillä. Hankaustestissä käytettiin hankaustoistojen määränä 500, joka on ohjearvo lakatulle painopinnalle. Näyteliuskan hankauksenkestävyys arvioitiin silmämääräisesti ja näytteelle annettiin joko arvosana 1 tai 0. Arvosanalla 1 näytteen painoväri ei ollut levinnyt tai oli levinnyt vain hieman. Arvosanalla 0 painoväri oli levinnyt selkeästi.

Painettavuuden ja ajettavuuden kannalta oleellisimmat havainnot tehtiin painatuksen aikana. Näiden määrittämiseksi ei ollut saatavilla virallisia testejä, joten tässä seurattiin painajien asiantuntemukseen ja ammattitaitoon perustuvaa kokemusta koeajon kulusta ja testattavan painovärin käyttäytymisestä. Havaintojen perusteella verrattiin koeajettavia painovärejä Corona-MGA:ta, LMQ:ta ja LowHex:ia referenssipainoväri Foodpackiin. Oleellisimpia seikkoja, joihin koeajojen aikana kiinnitettiin huomiota, olivat värin kuivuminen, kostutusveden ja painovärin määrän muutokset teloilla ja painolevyllä, niiden välinen suhde, sekä värin kulutus ja asettuminen.

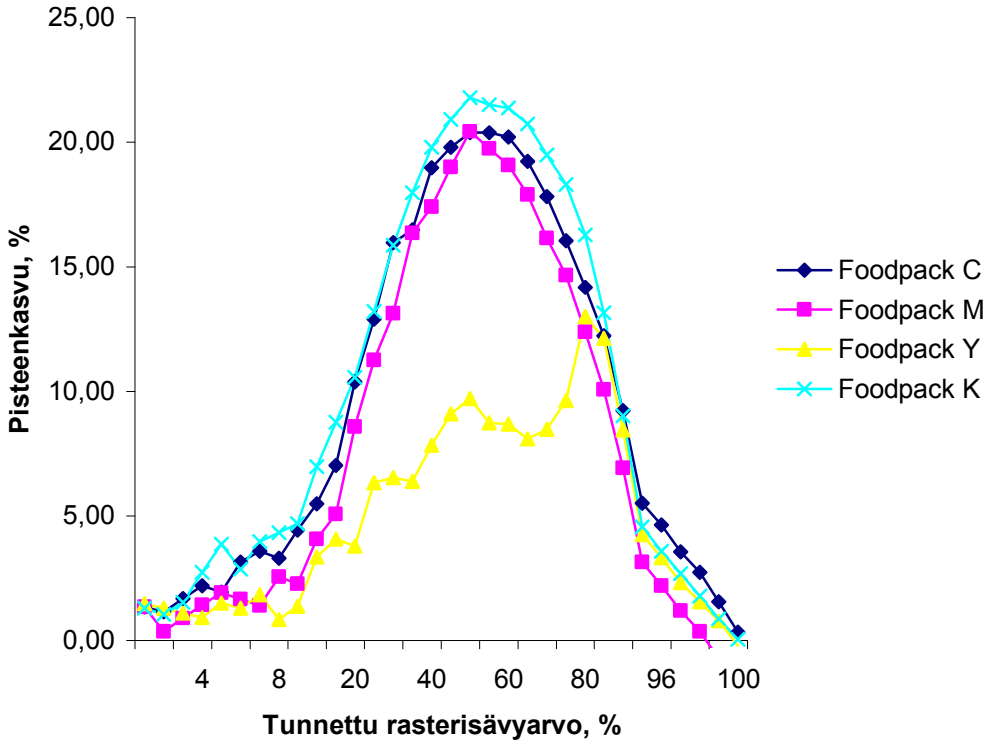
9 TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU

9.1 Painatuslaatua vertailevat tulokset

Painatuslaatua vertailevissa mittauksissa käytettiin densitometrisia ja kolorimetrisia mittausmenetelmiä. Lisäksi mitattiin kiilto.

9.1.1 Densitometriset mittaukset

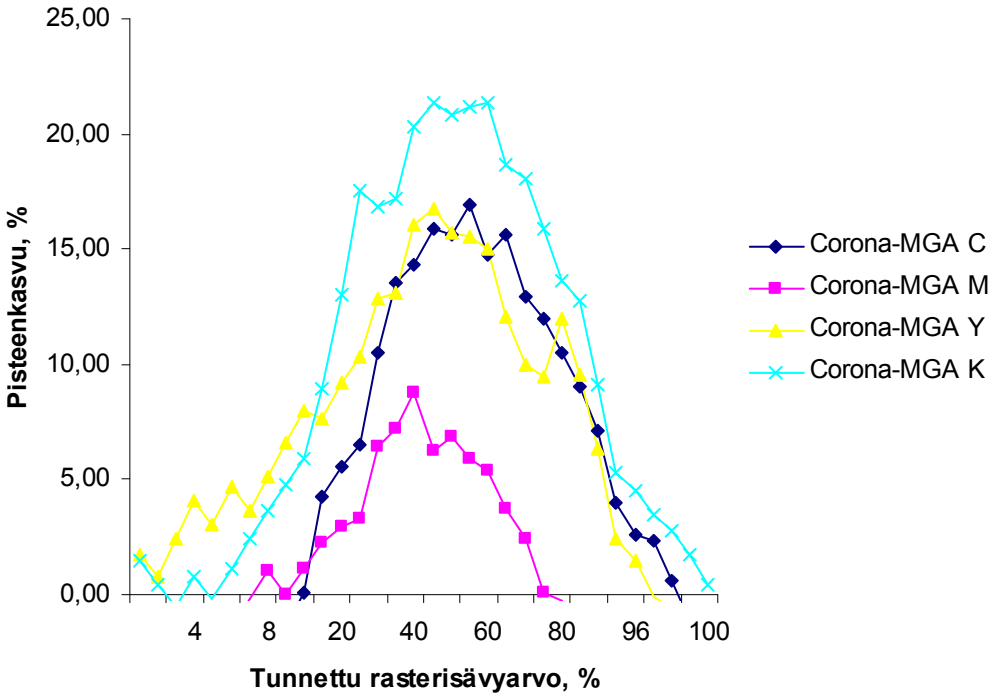
Kuvassa 8 on esitetty nelivärisarjan osavärien pisteenkasvun ominaiskäyrät, jotka on mitattu densitometrilla Foodpack -referenssipainovärillä painetusta Vaasan&Vaasan -koepainatuksesta. Kuvissa 9 ja 10 on esitetty vertailtavien koepainovärien vastaavat osavärien pisteenkasvun ominaiskäyrät samasta koepainatustyöstä, kun on käytetty samaa ajoprofiilia, kuin Foodpack –painovärille on luotu. Käytännössä tällöin on ajettu sama määrä painoväriä arkkia kohden, kuin Foodpackilla painettaessa. Kuvissa 11 ja 12 sen sijaan on esitetty vertailtavien koepainovärien vastaavat pisteenkasvun ominaiskäyrät, kun ajoprofiili on haettu siten kohdilleen, että koepainatustyö on voitu painatuslaadullisesti hyväksyä tuotantoon. Samaan tapaan on kuvassa 13 esitetty LowHex –värisarjan osavärien pisteenkasvun ominaiskäyrät.



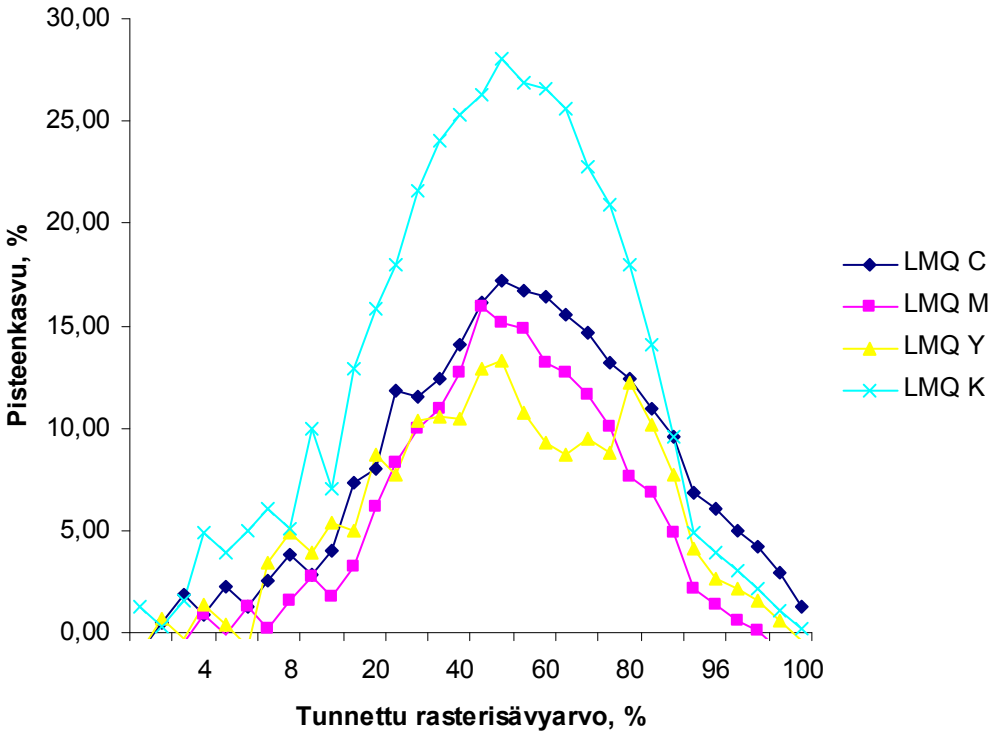
Kuva 8. Foodpack –painovärin osavärien pisteenkasvun ominaiskäyrät ensimmäisestä Vaasan&Vaasan -koepainatuksesta.

Kuvassa 8 esitetyt Foodpack –painovärin osavärien pisteenkasvun ominaiskäyrät ovat muodostuneet keltaista lukuun ottamatta teoreettisesti oikealla tavalla.

Tällöin syaanin, magentan ja mustan maksimipisteenkasvu 50% rasterin kohdalla on noin 20%. Keltaisen pisteenkasvun maksimikohta osuu 80% rasterin kohdalle, jolloin pisteenkasvu on noin 13%. Ero keltaisen ja muiden osavärien välillä johtuu keltaisen heikommasta intensiteetistä sekä sen erilaisista reologisista ominaisuuksista.

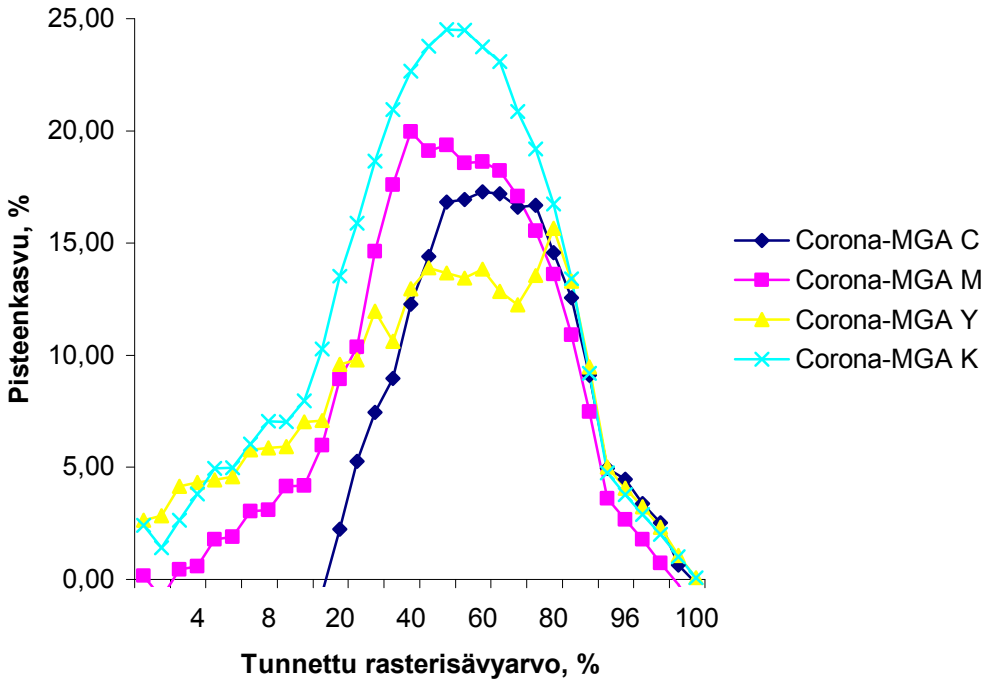


Kuva 9. Corona-MGA –painovärin osavärien pisteenkasvun ominaiskäyrät ensimmäisestä Vaasan&Vaasan –koepainatuksesta, kun painoväriä on ajettu Foodpackille luodun ajoprofiilin mukaisesti.

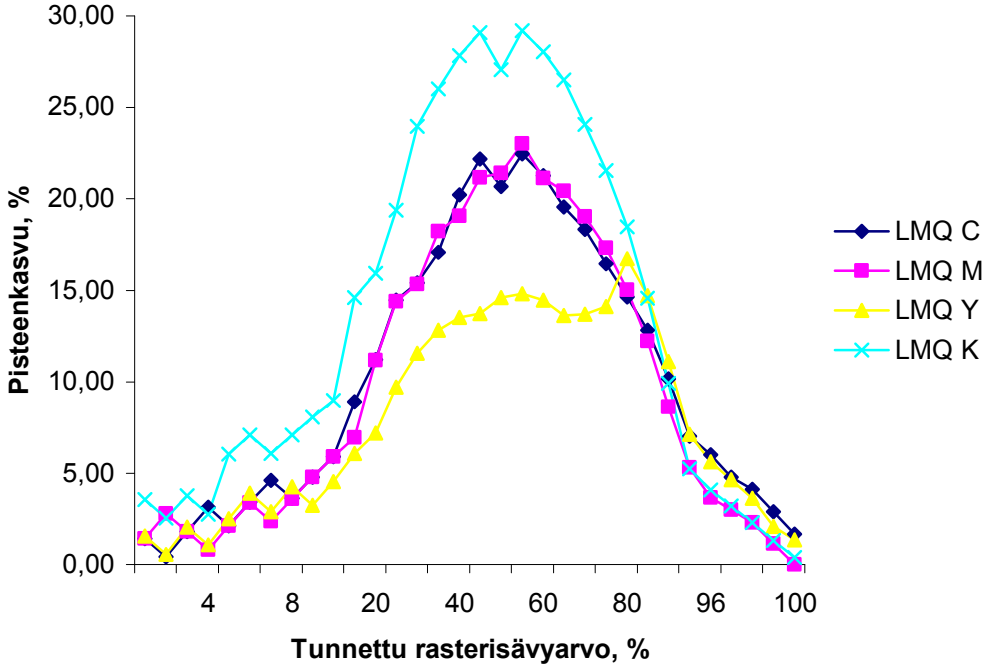


Kuva 10. LMQ –painovärin osavärien pisteenkasvun ominaiskäyrät ensimmäisestä Vaasan&Vaasan –koepainatuksesta, kun painoväriä on ajettu Foodpackille luodun ajoprofiilin mukaisesti.

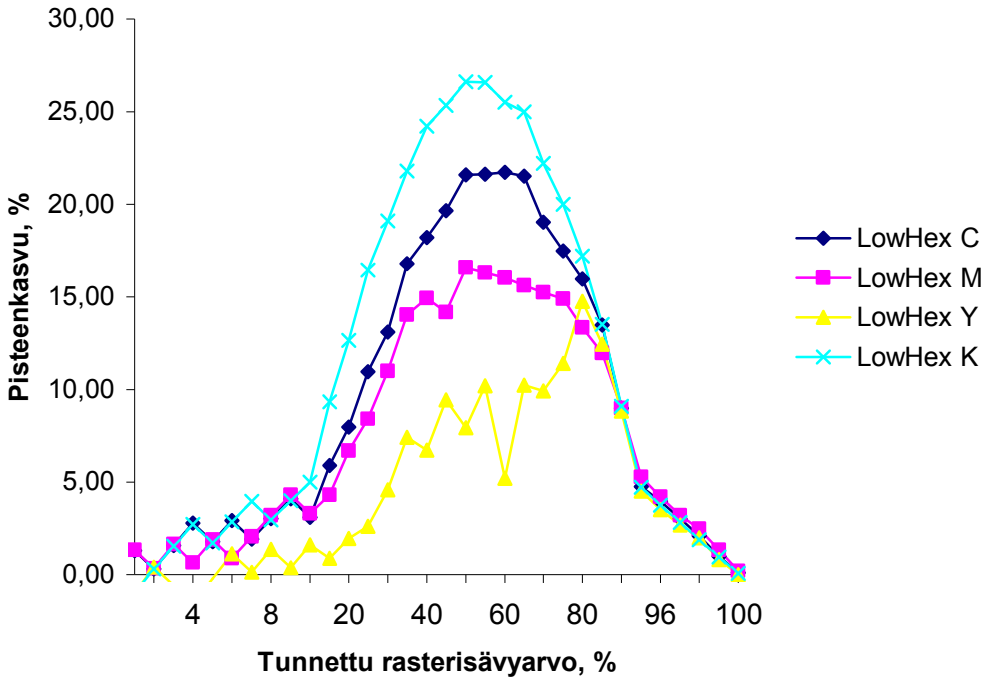
Kuvista 9 ja 10 nähdään, kuinka Corona-MGA:n ja LMQ:n osavärien pisteenkasvun ominaiskäyrät eivät nouse ja laske kovin tasaisesti, mutta niistä voidaan havaita, että pisteenkasvun maksimikohta jää alhaisemmaksi, noin 15%:iin, etenkin syaanin ja magentan osalta, kuin Foodpackilla.



Kuva 11. Corona-MGA –painovärin osavärien pisteenkasvun ominaiskäyrät ensimmäisestä Vaasan&Vaasan –koepainatuksesta, kun painoväriä on ajettu määrällisesti siten, että koepainatus on ollut laadultaan tuotantoon kelpaavaa.



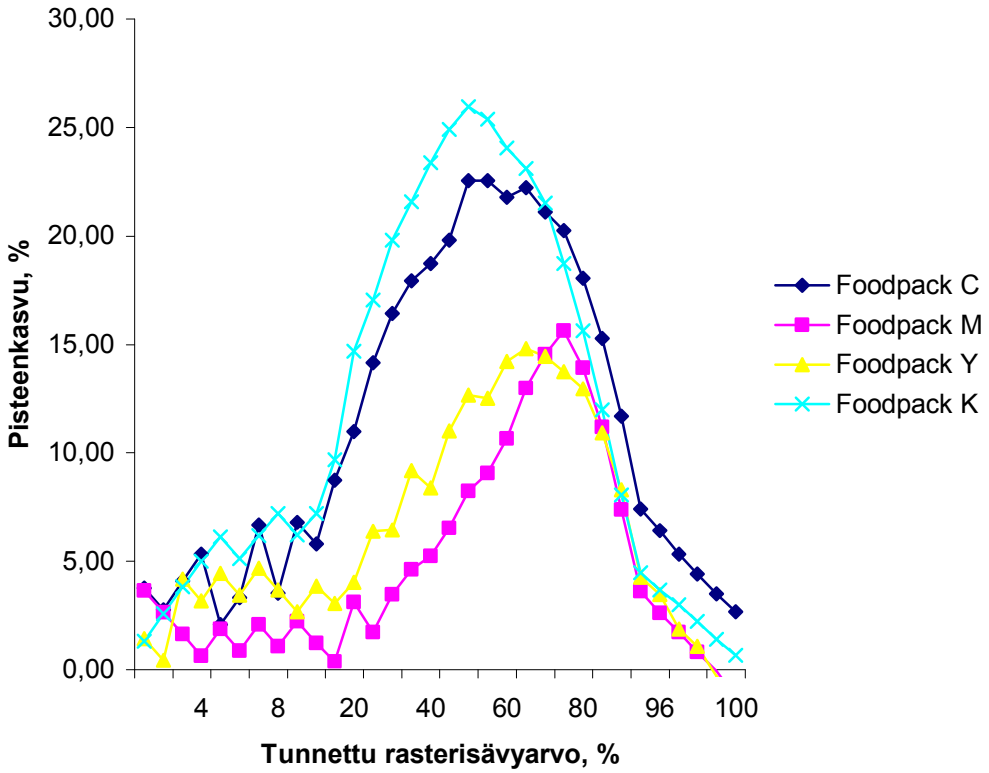
Kuva 12. LMQ –painovärin osavärien pisteenkasvun ominaiskäyrät ensimmäisestä Vaasan&Vaasan –koepainatuksesta, kun painoväriä on ajettu määrällisesti siten, että koepainatus on ollut laadultaan tuotantoon kelpaavaa.



Kuva 13. LowHex –painovärin osavärien pisteenkasvun ominaiskäyrät ensimmäisestä Vaasan&Vaasan –koepainatuksesta, kun painoväriä on ajettu määrällisesti siten, että koepainatus on ollut laadultaan tuotantoon kelpaavaa.

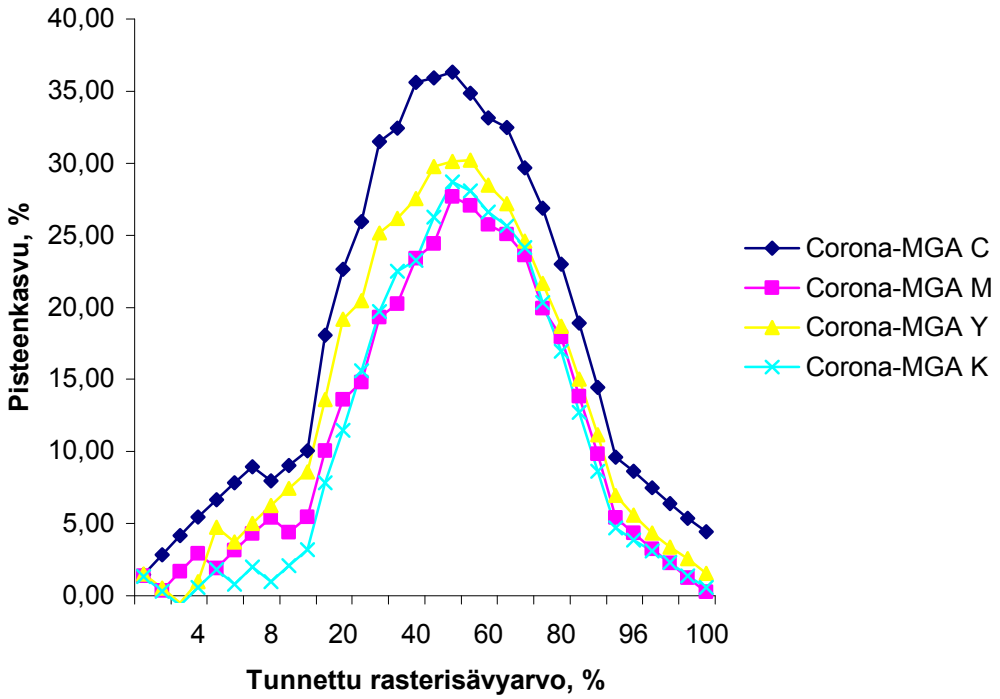
Kuvasta 11 nähdään, kuinka Corona-MGA:n osavärien pisteenkasvun ominaiskäyrät 50 rasteriprosentin kohdalla ovat 14 – 25%, kun taas kuvassa 12 esitetyn LMQ:n vastaavat käyrät ovat 15 – 30% luokkaa. Kuvassa 13 esitetyn LowHex:n pisteenkasvun ominaiskäyrät noudattavat malliltaan teoriaa, mutta eri osavärien välillä on suuri ero pisteenkasvun suhteen. Corona-MGA:n ja LMQ:n käyristä nähdään, että näiden osavärien pisteenkasvun väliset erot ovat pienemmät, kuin LowHex:n.

Kuvissa 14 – 16 on esitetty Suomen Nestlén vaniljajäätelöpainatuksesta mitatut osavärien pisteenkasvun ominaiskäyrät. Näissä painoväriprofiili on haettu heti siten kohdalleen, että painetut arkit on voitu hyväksyä painolaadultaan jatkojalostukseen.

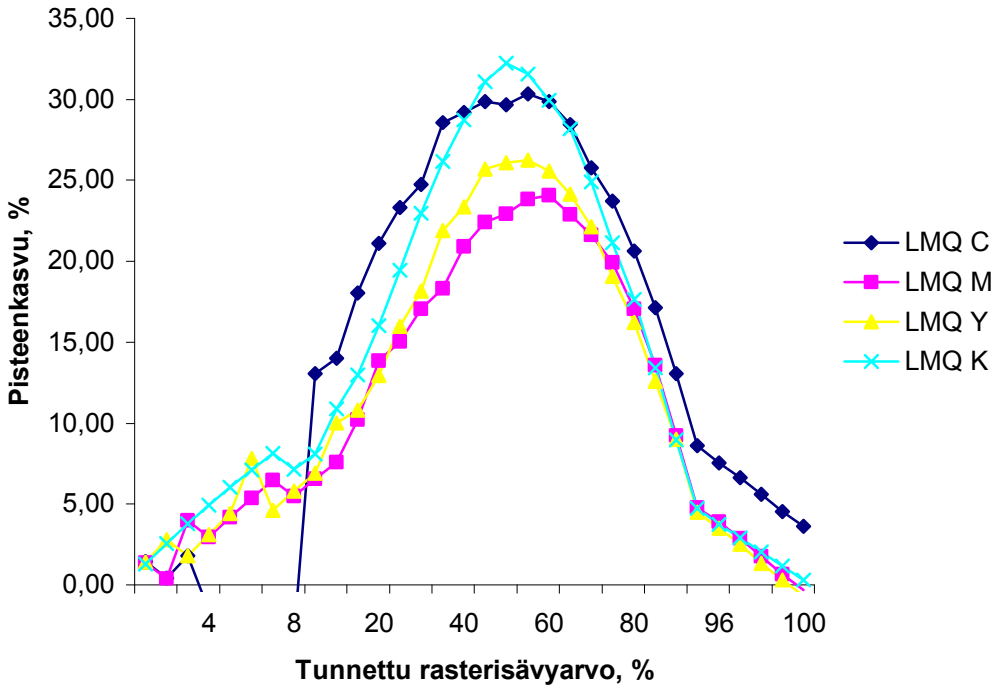


Kuva 14. Foodpack –painovärin osavärien pisteenkasvun ominaiskäyrät Suomen Nestlén 1l vaniljajäätelö -koepainatuksesta.

Kuvasta 14 nähdään, että Foodpackin osavärien pisteenkasvun ominaiskäyrät eivät täysin noudata teoreettista ominaiskäyrän mallia. Etenkin pienillä rasteriprosenteilla käyrät ovat hyvin sekavat. Kuitenkin kuvasta voidaan havaita, että syaanin ja mustan pisteenkasvun maksimikohdat ovat 50% rasterin kohdalla, jolloin pisteenkasvut ovat 23% ja 26%. Sen sijaan keltaisen ja magentan pisteenkasvun maksimit, noin 15%, ovat 70 – 80% rasterin alueella.



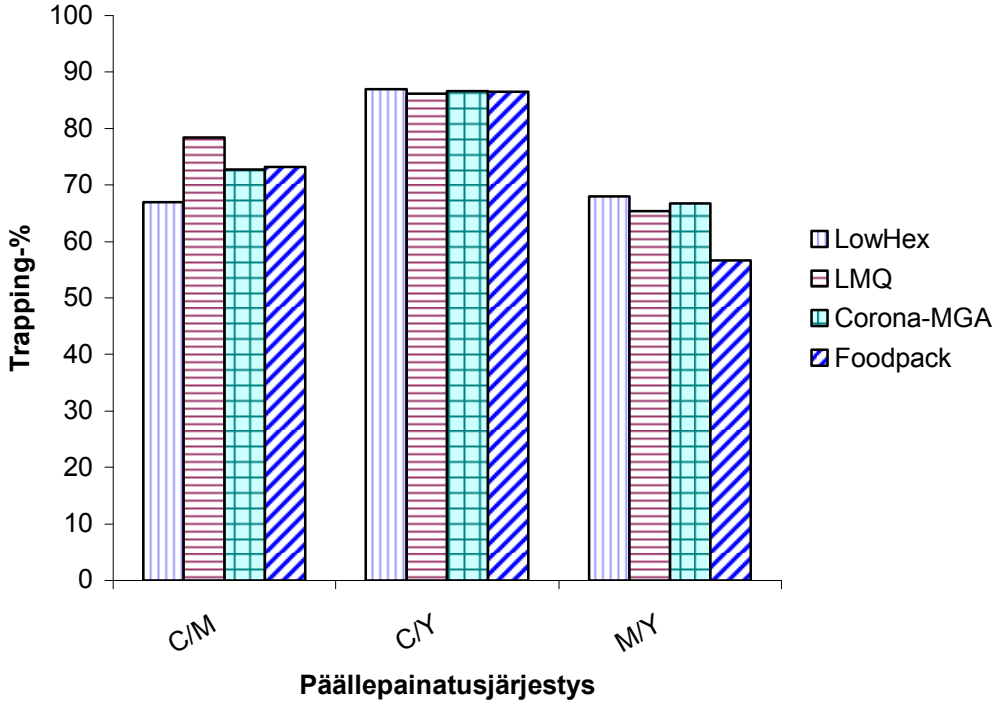
Kuva 15. Corona-MGA –painovärin osavärien pisteenkasvun ominaiskäyrät Suomen Nestlén 11 vaniljajäätelö -koepainatuksesta, kun painoväriä on ajettu määrällisesti siten, että koepainatus on ollut laadultaan tuotantoon kelpaavaa.



Kuva 16. LMQ –painovärin osavärien pisteenkasvun ominaiskäyrät Suomen Nestlén 11 vaniljajäätelö -koepainatuksesta, kun painoväriä on ajettu määrällisesti siten, että koepainatus on ollut laadultaan tuotantoon kelpaavaa.

Kuvissa 15 ja 16 esitettyjen koevärien osavärien pisteenkasvun ominaiskäyrät noudattavat teoreettista mallia ja saavuttavat maksimiarvonsa noin 50% rasteriarvolla. Corona-MGA:n ja LMQ:n osavärien pisteenkasvun ominaiskäyrät ovat arvoiltaan korkeammat kuin Foodpackin osavärien ominaiskäyrien arvot, kun painoväriä on painettu kerrokseltaan sellainen määrä, että värisävyt ovat täyttäneet tuotantoon kelpaavan laadun määritteet.

Kuvassa 17 on esitetty koeajoissa painettujen painovärien trapping-arvot ja vertailtu niitä keskenään.



Kuva 17. Koeajettujen painovärien trapping-arvot syaani-magenta, syaani-keltainen ja magenta-keltainen päällepainatuksissa.

Trapping-arvojen pitäisi ylittää 65%, jotta päällepainatus olisi riittävän tasokas. Kuvassa 17 ilmenevistä vertailutuloksista nähdään, että trapping-arvot ovat riittävän korkeat kullakin painovärillä syaani-magenta ja syaani-keltainen –päällepainatuksissa. Magenta-keltainen –päällepainatuksessa Foodpackin trapping-arvo jää alle 65% ja on selvästi alhaisin verrattuna muihin painoväreihin.

9.1.2 Kolorimetriset mittaukset

Taulukoissa VI, VII ja VIII on esitetty CIELAB –väriavaruuskartan mukaiset L*-, a*- ja b*-koordinaatit kullekin koeajetulle painovärille. Mittaustulokset ovat keskiarvoja Vaasan&Vaasan ja Suomen Nestlén koeajoista.

Taulukko VI Koeajovärien nelivärisarjan CIELAB L*-arvot.

Osaväri	Foodpack	LMQ	Corona-MGA
C	61,58	61,35	61,92
M	47,40	47,94	47,35
Y	86,77	87,34	87,86
K	16,34	16,00	15,99

Taulukko VII Koeajovärien nelivärisarjan CIELAB a*-arvot.

Osaväri	Foodpack	LMQ	Corona-MGA
C	-36,02	-36,45	-35,97
M	66,97	64,14	66,95
Y	-1,48	-2,36	-3,46
K	0,20	0,70	-1,82

Taulukko VIII Koeajovärien nelivärisarjan CIELAB b*-arvot.

Osaväri	Foodpack	LMQ	Corona-MGA
C	-38,48	-38,66	-38,18
M	-6,10	-6,47	-3,64
Y	88,22	88,22	84,65
K	2,98	1,54	2,71

Taulukon VI L*-koordinaattien arvoista huomataan, että kaikkien koeajettujen painovärien vaaleus on samaa luokkaa. Lisäksi a*- ja b*-koordinaattien syaanin arvot ovat lähes samat.

Taulukossa IX on esitetty CIELAB:n mukaiset L*a*b* -koordinaateista lasketut ΔE –arvot syaanille, magentalle, keltaiselle ja mustalle. Tuloksissa on vertailtu Foodpackin ja LMQ:n välistä sävyeroa, Foodpackin ja Corona-MGA:n välistä sävyeroa, sekä LMQ:n ja Corona-MGA:n välistä keskinäistä sävyeroa.

Taulukko IX Foodpackin, LMQ:n ja Corona-MGA:n nelivärisarjan väliset ΔE-arvot.

Osaväri	Foodpack-LMQ	Foodpack-Corona-MGA	LMQ - Corona-MGA
C	1,1	1,0	2,3
M	2,7	3,0	4,2
Y	2,4	4,3	3,8
K	2,0	2,1	2,9

Koepainovärit LMQ ja Corona-MGA eroavat ΔE –arvon mukaan lähes yhtä paljon Foodpackista, paitsi keltaisen osavärin kohdalla, jossa LMQ:n ja Foodpackin välinen ΔE on pienempi kuin Corona-MGA:n ja Foodpackin ΔE. Lukeman mukaan ero niin suuri, että se on havaittavissa silmämääräisesti. LMQ:n ja Corona-MGA:n väliset ΔE –arvot ovat melko suuret jokaiselle osavärille. Täten arvoista voidaan päätellä, että värit ovat sävyiltään melko erilaiset.

9.1.3 Kiilto

Taulukoissa X ja XI on esitetty kiillon arvot kummankin koeajetun painotyön pinnasta, mitkä on saavutettu kullakin koeajopainovärillä. Lisäksi taulukoissa on esitetty lakatun ja lakkaamattoman painamattoman kartongin kiillon arvot.

Taulukko X Koepainovärien kiilto mitattuna Vaasan&Vaasan painatuksen painopinnasta, sekä painamattoman lakatun ja lakkaamattoman Tambrite –kartongin pinnasta.

Vaasan&Vaasan					
Foodpack	LowHex	LMQ	Corona	Tambrite, lakkaamaton	Tambrite, lakattu
45,9	47,6	32,9	36,8	9,7	47,7

Taulukko XI Koepainovärien kiilto mitattuna Suomen Nestlén 1l vaniljajäätelöpainatuksen painopinnasta, sekä painamattoman lakatun ja lakkaamattoman Performa Natura –kartongin pinnasta.

Suomen Nestlé 1l				
Foodpack	LMQ	Corona	Performa Natura, lakkaamaton	Performa Natura, lakattu
52,1	50,1	51,2	12,5	55,4

Taulukoiden X ja XI arvoista nähdään, että Foodpackilla saavutettiin selvästi paremmat kiillon arvot kummastakin koeajoissa painetusta työstä kuin LMQ:lla ja Corona-MGA:lla. Näistä LMQ:n arvot olivat alhaisemmat. Kaikki koeajetut painovärit heikensivät arkin pinnan kiiltoa verrattuna painamattoman, mutta lakatun arkin pinnan kiiltoon. Ainoastaan ensimmäisessä koeajossa käytetty LowHex saavutti painamattoman pinnan kaltaisen tuloksen.

9.2 Painovärien ajettavuutta ja painettavuutta vertailevat tulokset

Painovärin ajettavuutta ja painettavuutta seurattiin ajonaikaisten tapahtumien pohjalta. Lisäksi on verrattu eri painovärisarjojen värinkulutusta.

9.2.1 Värinkulutus

Taulukossa XII on esitetty koeajoissa painettuihin arkkeihin kulunut keskiarvollinen värimäärä, g/m^2, jokaisen osavärin osalta.

Taulukko XII Koeajettujen painovärien osavärien kulutuksen keskiarvot g/m^2 kohden.

Painoväri	C	M	Y	K
Foodpack, g/m2	0,05	0,08	0,08	0,04
LMQ, g/m2	0,05	0,12	0,11	0,05
LowHex, g/m2	0,08	0,12	0,13	0,05
Corona-MGA, g/m2	0,09	0,14	0,14	0,05

Talukon XII mukaan värinkulutus olisi pienin Foodpackilla. Tässä on huomioitava, että painatusaineisto oli tehty Foodpackin pisteenkasvua noudattaen. Kuten kuvista 9 ja 10 havaittiin, on pisteenkasvu Foodpackia pienempi kummallakin koepainovärillä. Tällöin voidaan olettaa, että värin kulutuskin olisi todellisuudessa noin 5% vähäisempää kuin Foodpackin kohdalla.

9.2.2 Painatuksen aikaiset havainnot

Koepainovärit olivat sävyiltään intensiteettisempiä kuin referenssipainoväri. Tästä johtuen koepainoväreillä pystyttiin painamaan alhaisemmilla densiteetti –arvoilla. Lisäksi koepainovärien värisävyt vastasivat referenssipainoväriä tarkemmin Pantone –värisävyjä.

LMQ:lla ja LowHexilla väri-vesi –tasapaino oli helpommin hallittavissa kuin Foodpackilla ja Corona-MGA:lla. Lisäksi veden määrää pystyttiin pitämään alhaisempana.

Asettumisen ja kuivumisen suhteen Corona-MGA:lla oli taipumus asettua heikommin kuin LMQ:lla ja Foodpackilla. Myös lopullinen kuivuminen kesti pidempään ja väripinta oli altis naarmuuntumiselle. LowHex:lla ilmeni taipumus kuivua painokoneen kumikankaille suurilla ajonopeuksilla.

LMQ:n kohdalla havaittiin keltaisen värin holvaantumista eli ilmiötä, jossa painoväri muodostuu tiksotrooppisesti niin jäykäksi, ettei se siirry värikaukalosta teloille.

9.3 Painovärin elintarvikekelpoisuutta määrittävät mittaukset

Elintarvikekelpoisuutta määritettiin Robinson –makutestillä ja –hajutestillä. Näiden lisäksi tehtiin mittauksia kaasukromatografilla, sekä Prüfbau –hankaustesterillä, jolla määritettiin painovärin pysyvyyttä.

9.3.1 Robinson –makutesti

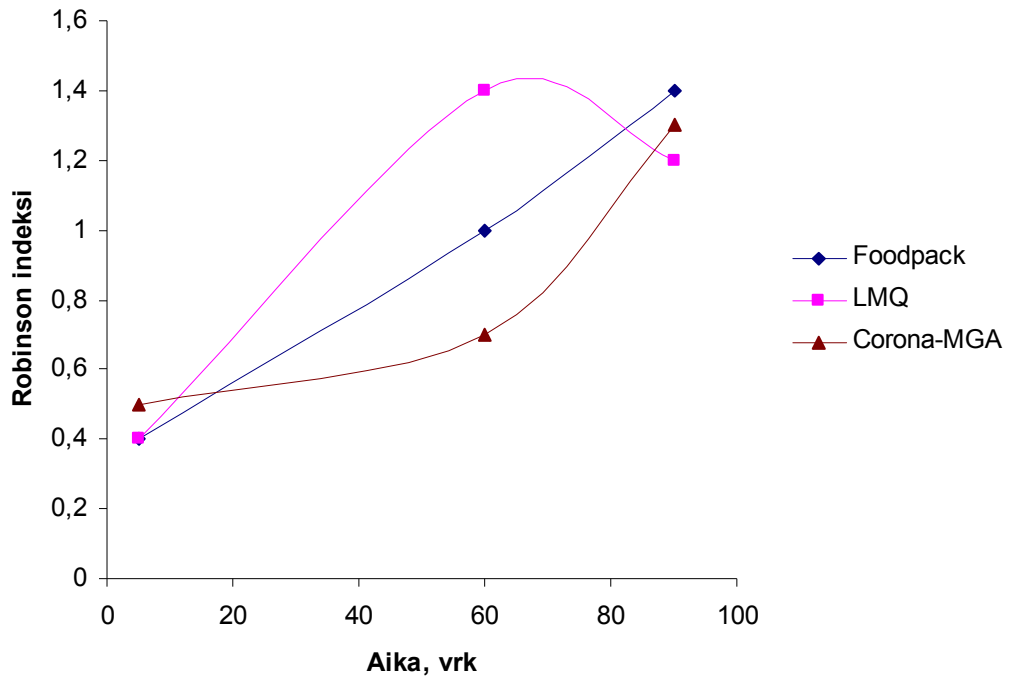
Taulukossa XIII on esitetty Robinson –makutestin tulokset painoväreittäin siten, että painatuksen ja mittauksen välinen aika on määräävänä tekijänä.

Taulukko XIII Robinson -makutestin tulokset, painatuksen ja mittauksen välinen aika sekä tuloksen sana-arvio.

Painoväri	Työ	Painatuksen ja mittauksen välinen aika, vrk	Indeksi	Sana-arvio
Foodpack	Vaasan	90	1,4	kartonki, pahvi, puu, muovi
Foodpack	Nestle	60	1,8	
Foodpack	Vaasan	60	1	kartonki, paperi
Foodpack	Nestle	5	0,8	
Foodpack	Vaasan	5	0,4	
Corona-MGA	Vaasan	90	1,3	pahvi, yäk, puu, pihka
Corona-MGA	Nestle	60	0,8	
Corona-MGA	Vaasan	60	0,7	kartonki, tunkkainen, käry
Corona-MGA	Vaasan	5	0,5	
LMQ	Vaasan	90	1,2	pahvi, puu
LMQ	Nestle	60	1,3	
LMQ	Vaasan	60	1,4	mäntysaippua, kartonki, paperi
LMQ	Nestle	5	1,1	
LMQ	Vaasan	5	0,4	
LowHex	Vaasan	90	1,2	pahvi, puu, paperi

Taulukon XIII tulokset osoittavat, että vaikkakin Robinson –makutesti on hyvin subjektiivinen, on tulosten perusteella mahdollista havaita yhteys ajankuluun. Makuraadin sana-arviot viittaavat, että suuri osa makuhaitoista on peräisin jo kartongista. Painamattomasta kartongista ei teetetty makutestiä, joten tätä ei voida suoraan verrata. Robinson –makutestien tuloksiin ei saatu sana-arviota Nestlen painotöistä, eikä myöskään lyhyen väliajan mittauksista.

Kuvassa 18 on havainnollistettu kuvaajin Robinson makuindeksin ja ajankulun yhteys.



Kuva 18. Robinson –makutestin tulosten pohjalta muodostetut kuvaajat esitettynä ajan suhteen, kun mittaukset on tehty 5, 60 ja 90 päivää painatuksen jälkeen. Määritykset tehty koepainoväreillä painetuilta Vaasan&Vaasan –painotyön arkeilta.

Kuvassa 18 esitetyistä kuvaajista voidaan todeta, kuinka Robinson –makutestin tulokset muuttuvat kullakin painovärillä pääpiirteittäin samankaltaisesti. Pian painatuksen jälkeen arvot ovat noin 0,4 Robinson indeksin luokkaa ja kolmen kuukauden kuluttua painatuksesta indeksi on noin 1,3. Teoriassa tämän aikajakson jälkeen makuarvot alkavat laskea.

Foodpackin indeksiarvot kasvavat kolmen kuukauden tarkasteluaikana melko tasaisesti. LMQ –painovärin indeksi kohoaa jyrkästi kahden kuukauden ajan painatuksen jälkeen, mutta alkaa laskea tämän jälkeen. Toisin kuin LMQ:n Corona-MGA:n indeksiarvot pysyvät alhaisella tasolla kahden ensimmäisen kuukauden aikana, mutta kohoavat tämän jälkeen.

9.3.2 Robinson –hajutesti

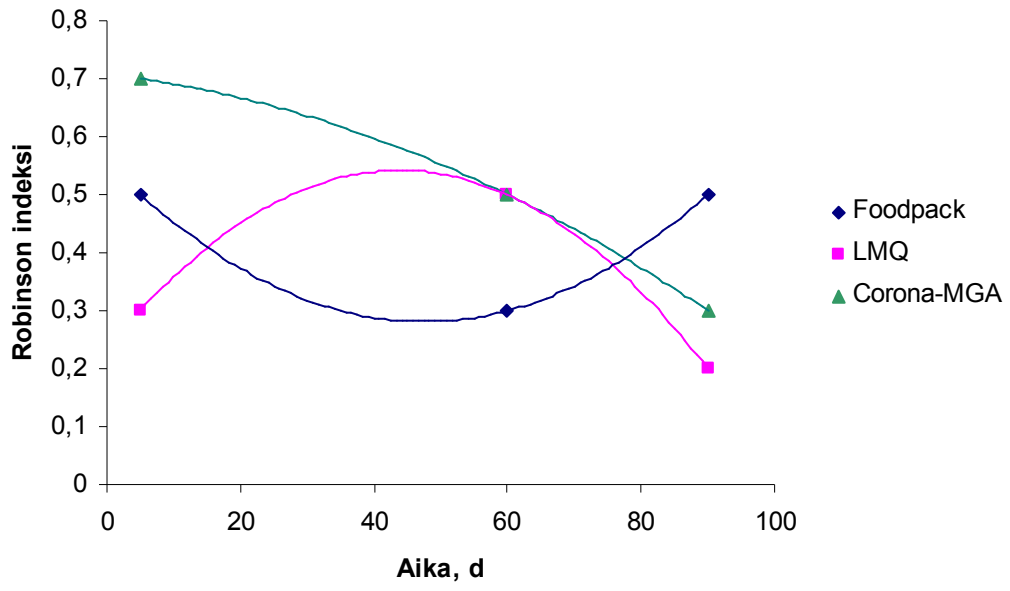
Taulukossa XIV on esitetty Robinson –hajutestin tulokset painoväreittäin siten, että painatuksen ja mittauksen välinen aika on määräävänä tekijänä.

Taulukko XIV Robinson –hajutestin tulokset, painatuksen ja mittauksen välinen aika ja tuloksen sana-arvio.

Painoväri	Työ	Painatuksen ja mittauksen välinen aika, vrk	Tulos	Sana-arvio
Foodpack	Vaasan	90	0,5	kuumasaumalakka
Foodpack	Vaasan	60	0,3	paperi
Foodpack	Nestle	60	0,7	ummehtunut, kartonki
Foodpack	Nestle	5	0,7	mäntysuopa, saippua
Foodpack	Vaasan	5	0,5	
Corona-MGA	Vaasan	90	0,3	
Corona-MGA	Vaasan	60	0,5	paperi, kartonki, saippua
Corona-MGA	Nestle	60	1,1	
Corona-MGA	Vaasan	5	0,7	
LMQ	Vaasan	90	0,2	
LMQ	Vaasan	60	0,5	saippua
LMQ	Nestle	60	0,9	pahvi
LMQ	Nestle	5	0,8	paperi, ummehtunut
LMQ	Vaasan	5	0,3	
LowHex	Vaasan	90	0,1	

Taulukon XIV tulosten perusteella koepainovärien hajuindeksit ovat alhaiset. Koepainovärien hajuindeksit muuttuvat ajan suhteen eri tavoin kuin makuindeksit. Lisäksi koepainovärien välillä on selviä eroja, kuinka indeksit muuttuvat.

Kuvassa 19 on esitetty kuvaajin eri koepainovärien hajuindeksien muutokset ajan suhteen.



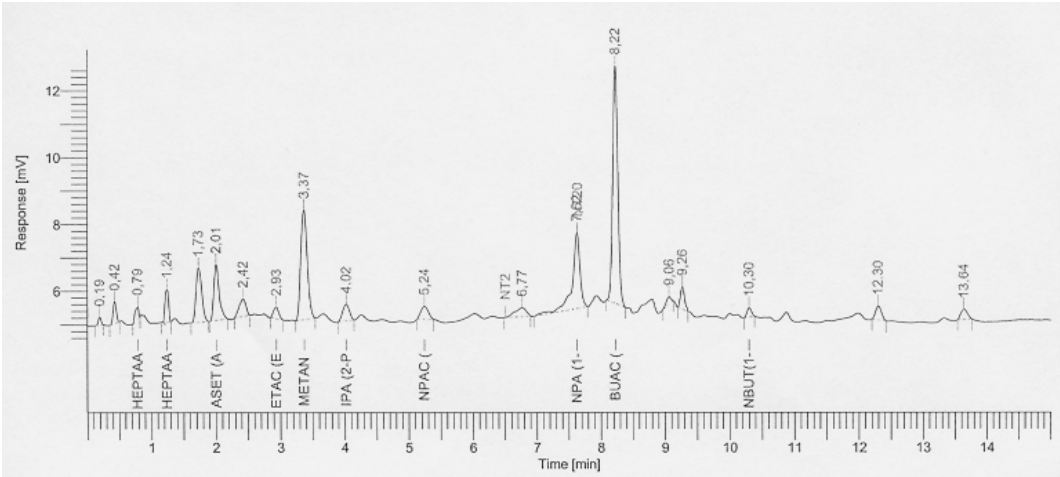
Kuva 19. Robinson –hajutestin tulosten pohjalta muodostetut kuvaajat esitettynä ajan suhteen, kun mittaukset on tehty 5, 60 ja 90 päivää painatuksen jälkeen. Määritykset tehty koepainoväreillä painetuilta Vaasan&Vaasan –painotyön arkeilta.

Kuvan 19 kuvaajissa on havainnollistettu koepainovärien eroja hajuhaittojen muodostamisessa ajan suhteen. Pian painatuksen jälkeen Corona-MGA:n Robinson –hajuindeksi on hyvin korkea verrattuna kahteen muuhun painoväriin. Sen hajuindeksi kuitenkin laskee selvästi ajan kuluessa. LMQ:lla saavutetaan alhaisimmat hajuindeksin arvot heti painatuksen jälkeen sekä reilun kahden kuukauden kuluttua painatuksesta. Sen hajuindeksin mukainen piikki osuu tämän aikajakson väliin. Toisin kuin edellä mainitut painovärit, on Foodpackin hajuindeksi nouseva aikajakson loppua kohti. Teorian mukaan hajuhaittoja muodostavia yhdisteitä voi kehittyä noin kahden kuukauden ajan, jonka jälkeen ne alkavat haihtua. Tässä suhteessa kuvan 19 kuvaajien mukaan LMQ ja Corona-MGA noudattavat jossakin määrin teorian mukaista mallia.

9.3.3 Kaasukromatografiamääritys

Kuvissa 20, 21 ja 22 on esitetty koepainovärien kaasukromatografiamäärityksissä muodostetut spektrit, kun painotyönä on ollut Vaasan&Vaasan ja painatuksesta on kulunut aikaa 90 päivää. Liitteessä III on esitetty taulukko X, josta ilmenevät kaikki koepainovärien kaasukromatografiamäärityksellä saavutetut arvot.

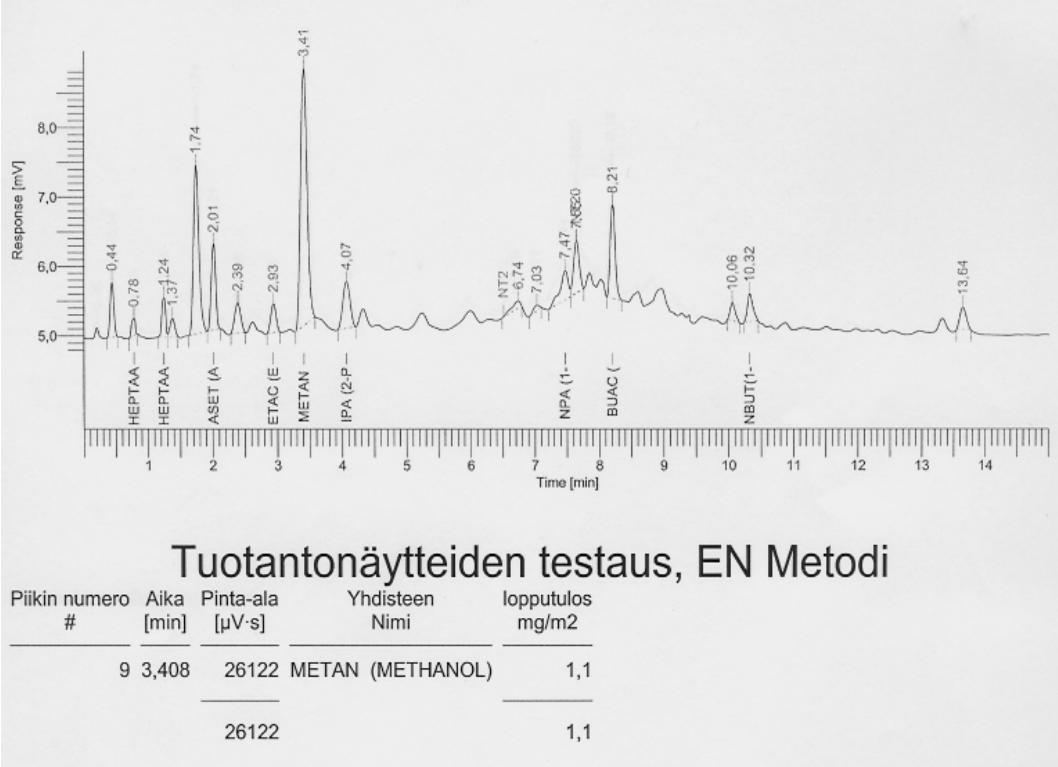
Liitteessä IV on listattu ne yhdisteet, jotka kaasukromatografialaite on pystynyt tunnistamaan.



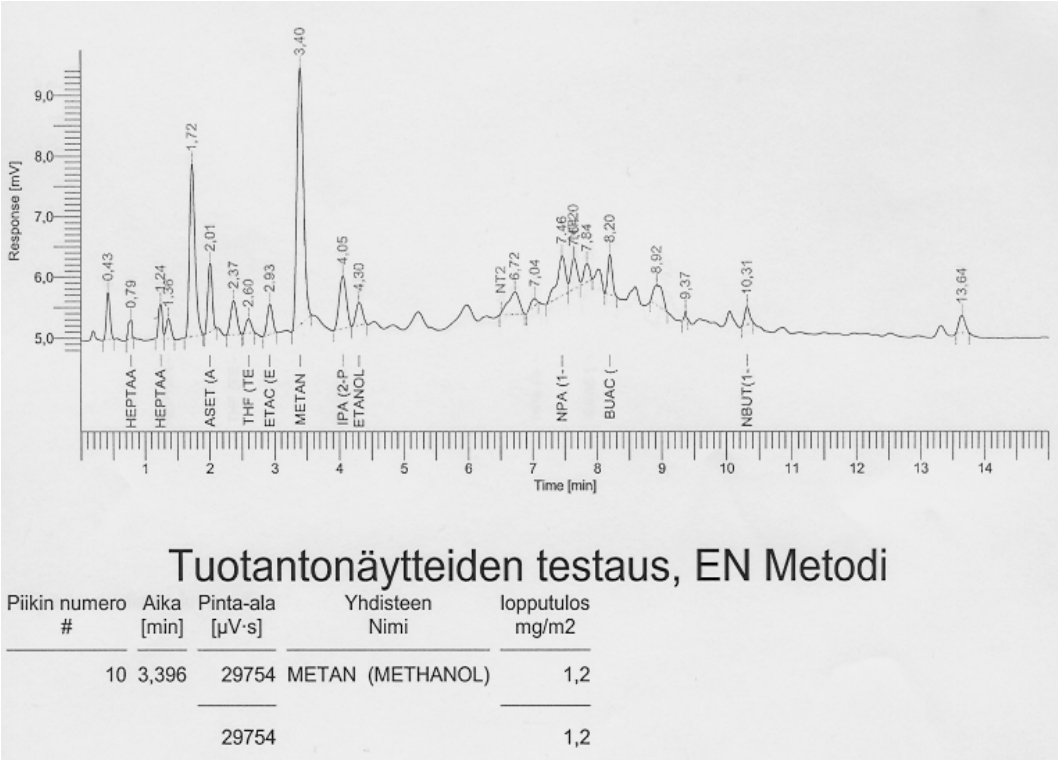
Tuotantonäytteiden testaus, EN Metodi

Piikin numero #	Aika [min]	Pinta-ala [µV·s]	Yhdisteen Nimi	lopputulos mg/m2
9	3,367	22977	METAN (METHANOL)	0,9
13	7,624	19364	NPA (1-PROPANOL)	0,4
14	8,224	39445	BUAC (n-BUTYL ACETAT	0,9
		81786		2,2

Kuva 20. Foodpack –painovärin kaasukromatografiaspektri, kun määritys on tehty Vaasan&Vaasan –painotyölle 90 päivää painatuksen jälkeen.



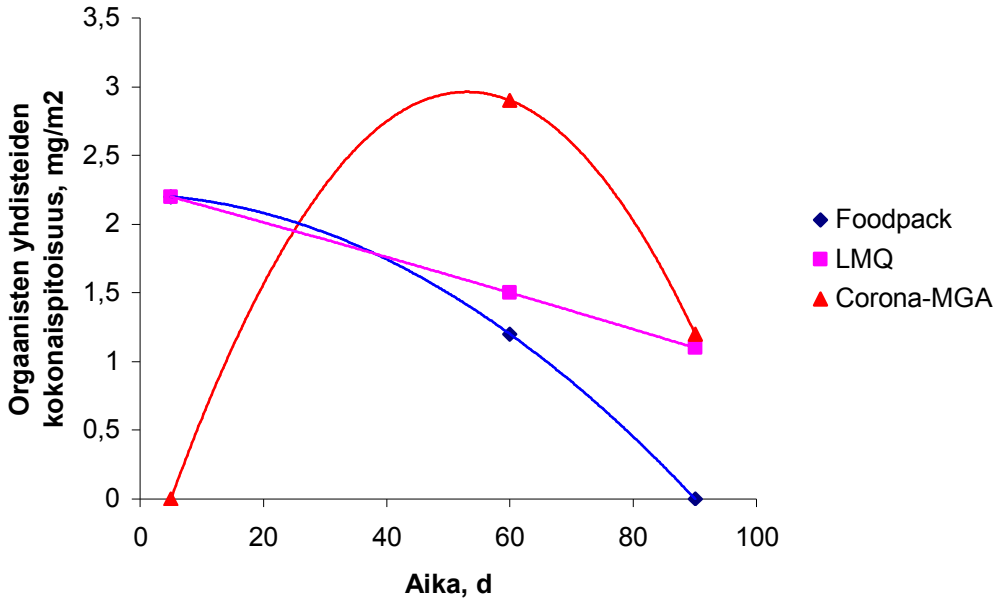
Kuva 21. LMQ –painovärin kaasukromatografiaspektri, kun määritys on tehty Vaasan&Vaasan –painotyölle 90 päivää painatuksen jälkeen.



Kuva 22. Corona-MGA –painovärin kaasukromatografiaspektri, kun määritys on tehty Vaasan&Vaasan –painotyölle 90 päivää painatuksen jälkeen.

Kuvien 20, 21 ja 22 spektreistä nähdään, kuinka kaasukromatografiamäärityksissä on pystytty erottamaan erilaisia orgaanisia yhdisteitä. Käytetty kaasukromatografi pystyy tunnistamaan näistä jokusen ja ilmoittaa pitoisuuden vain merkittävien määrien kohdalla. Suurimmat tunnistetut piikit kaikkien painovärien kohdalla aiheuttavat metanoli ja butyyliasetaatti. Foodpackin spektristä laskettu kokonaispitoisuus, 2,2 mg/m^2, on kaksinkertainen verrattuna muiden painovärien pitoisuuksiin. LMQ:n ja Corona-MGA:n spektrit ovat hyvin samankaltaiset.

Kuvassa 23 on esitetty kaasukromatografiamäärityksissä tunnistettujen orgaanisten yhdisteiden kokonaismäärät kullekin painovärille, kun mittaukset on suoritettu heti, kahden kuukauden ja kolmen kuukauden jälkeen painatushetkestä.



Kuva 23. Koepainovärien kaasukromatografiamäärityksissä ilmenneet tunnistetut orgaanisten yhdisteiden kokonaispitoisuudet mitattuna heti, kahden kuukauden ja kolmen kuukauden jälkeen painatuksesta.

Kuvassa 23 esitettyjen kuvaajien perusteella voidaan todeta, kuinka painetusta pinnasta peräisin olevien orgaanisten yhdisteiden kokonaispitoisuudet pienenevät ajan kuluessa. Corona-MGA:n ja Foodpack:n nolla-arvot ovat todellisuudessa epätodennäköisiä eli tässä voidaan olettaa, ettei kaasukromatografin mittaus ole onnistunut.

9.3.4 Prüfbau -hankaustesti

Taulukkoon XV on listattu Prüfbau –hankaustestin tulokset jokaiselle koeajetulle työlle. Tulokset on annettu erikseen nelivärisarjalla painetuille ja lisävärillä painetuille testikappaleille.

Taulukko XV Prüfbau –hankaustestin arvioidut tulokset. Arvolla 1 näytekappaleelle painettu painoväri ei ole levinnyt näyteliuskalle tai on levinnyt vain vähän. Arvolla 0 on näytekappaleesta levinnyt selkeästi painoväriä näyteliuskalle.

Koetyö \ Painoväri	Foodpack	LMQ	Corona-MGA	LowHex
Vaasan&Vaasan, 23.10.07	1	0	0	1
Lisäväri, PMS186	1	0	0	1
Vaasan&Vaasan, 23.11.07	1	1	1	-
Lisäväri, PMS186	0	1	0	-
Suomen Nestlé, 7.11.07	0	1	1	-
Lisäväri, PMS286	0	0	0	-
Keskiarvo	0,5	0,5	0,3	1,0

Taulukon XV tuloksista muodostetut karkeat keskiarvot osoittavat, että testattujen painovärien välillä ei ole merkittäviä eroja hankauksenkeston suhteen. Lisävärien kohdalla hankauksenkesto on ollut useimmiten heikko. Tämä selittynee osaksi sillä, että lisäväriä on jouduttu painamaan paksumpi kerros kuin nelivärisarjan osavärejä. Ensimmäisen koepainatuksen yhteydessä myös LMQ ja Corona-MGA –painovärejä on jouduttu painamaan paksumpi kerros kuin Foodpack –painoväriä, joten näiden erot hankauksenkeston suhteen selittyvät osaksi tällä. Lakan kerroksella ja laadulla on suuri merkitys hankauksenkestoon.

10 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä tutkimuksessa verrattiin kolmen eri offsetpainovärivalmistajan elintarvikekelpoisia painovärejä. Tavoitteena oli löytää optimaalinen painoväri Heidelberg XL105 – arkkioffsetpainokoneelle pyrkien säilyttämään painokoneen olosuhteet ja mahdolliset muuttujat vakioina. Tärkeimmiksi kriteereiksi painovärin optimaalisuuden kannalta asetettiin ajettavuus, painolaatu ja elintarvikekelpoisuus.

Nykyiset tehokkaat painokoneet ja kiristyneet laatuvaatimukset asettavat painoväreille paljon uusia vaatimuksia. Kasvaneet ajonopeudet edellyttävät, että painovärien hallittavuus, asettuminen ja kuivuminen tapahtuvat nopeasti ja varmasti. Värikerroksen on kestettävä mahdollisten jatkojalostusvaiheiden rasitukset, mutta myös vastattava täysin asiakkaan toivomaa värisävyä. Elintarvikekelpoisilta painoväreiltä edellytetään, että ne täyttävät niille asetetut kriteerit. Näitä kriteereitä on viime vuosina tiukennettu ja seurattu entistä tarkemmin viranomaisten, painotalojen ja asiakkaiden toimesta.

Kirjallisuusosassa esitelty migraatio on lähiaikoina noussut hyvin tärkeäksi kriteeriksi määriteltäessä elintarvikekelpoisuutta. Migraatiossa ongelmana on sen vaikea mitattavuus. Joitakin mittausmenetelmiä on kehitteillä, mutta mistään erillisestä metodista ei ole vielä muodostunut riittävän käyttökelpoista. Painetuista rasioista on perinteisesti mitattu vain maku- ja hajuarvot käyttäen Robinson – testiä.

Tässä työssä vertailtavista painoväreistä LMQ ja Corona-MGA –painovärit ovat uusimman kehitysasteen painovärejä, jotka on kehitetty nimenomaan siten, etteivät ne aiheuttaisi migraatioita. Niillä pitäisi myös olla hyvin alhaiset maku- ja hajuarvot. Referenssivärinä käytetty Foodpack on myös elintarvikekelpoinen painoväri, mutta sen ominaisuuksista pääpaino on ollut alhaisissa maku- ja hajuarvoissa. Työn ensimmäisessä painatuskoeajossa kokeiltu LowHex vastaa käytännössä samaa kehitysastetta kuin Foodpack.

Nykyään painovärien koostumuksia voidaan muokata helposti siten, että niillä voidaan saavuttaa joitakin toivottuja ominaisuuksia tai vastaavasti vähentää ei-toivottuja ominaisuuksia. Elintarvikekelpoisten painovärien kohdalla koostumuksien muokkaaminen on rajatumpaa, jotta vältetään haitallisten komponenttien vaikutukset.

Työn kokeellisen osan mittauksissa pyrittiin saamaan esille eroavaisuuksia koeajettujen painovärien välillä. Mittaustulosten perusteella voidaan kuitenkin todeta, että erot painovärien välillä ovat varsin vähäisiä.

Selkeimmät erot tulivat esille painatuksen laatua mittaavissa tuloksissa. Näissä Foodpack:n värisävyjen intensiteetti, pisteenkasvu ja trapping-arvot olivat heikompia kuin muilla koeajetuilla painoväreillä. Foodpack:n heikohko paikkansapitävyys Pantone –värikartan suhteen miellettiin epäkohdaksi.

Elintarvikekelpoisuutta määrittävien mittausten tuloksissa oli runsaasti hajontaa. Määrityksissä käytettyjen mittausmenetelmien luotettavuus ja tarkkuus on myös kyseenalaistettava. Elintarvikekelpoisuutta mittaavan Tenax –testin käyttö olisi ollut suotavaa tässä tutkimuksessa, mutta siihen ei ollut mahdollisuutta. Saatujen kaasukromatografiatulosten perusteella pystytään kuitenkin toteamaan, kuinka painoväreistä muodostuvien orgaanisten yhdisteiden aktiivisuus ja haihtuvuus muuttuu ajan kuluessa. Tällä on merkitystä mm. painetun materiaalin varastointi- ja toimitusaikoihin.

Painajille on tärkeää, että painoväri tottelee hyvin painokoneen ohjaimia ja säätöjä. Tämä tarkoittaa ennen kaikkea sitä, että painovärin väri-vesi –suhde pysyy hyvin hallinnassa. Tässä mielessä LMQ toimi parhaiten ja saavutti myös painajien suosion.

Työssä saavutettujen tulosten pohjalta ei voida valita selkeästi optimaalisinta painoväriä. Painokoneella vallitsevien muuttujien muokkaaminen sopivaksi tiettyä painoväriä kohden parantaa huomattavasti sen ajettavuutta ja painettavuutta. Näiden muuttujien optimointi vaatii pidempää seuraamista ja säätöjen etsimistä kohdalleen. Asetusten ja asiakkaiden vaatimusten valossa on tärkeää pysyä kehityksen kärjessä myös painovärien osalta, joten siirtyminen migraatiota aiheuttamattomiin painoväreihin olisi suotavaa. Nykyään tehokkaan painotuotannon saavuttamiseksi on myös kiinnitettävä huomiota painovärien toimitusvarmuuksiin, varastointiin ja valmistuserien tasalaatuisuuteen.

LÄHDELUETTELO

1. Oittinen, P., Saarelma, H., *Printing*, Papermaking Science and Technology, Book 13, Fapet Oy, Jyväskylä, 1998, 295s.

2. Anon., Heidelberg Speedmaster XL105 –käyttömanuaali, Edition 10/05, Heidelberg Finland Oy.

3. VTT Tuotteet ja tuotanto, *KnowPap 6.0*, Paperitekniikan ja automaation oppimisympäristö [LTY:n intranet], [Viitattu 1.10.2007].

4. Anon., *Fountain water in offset printing*, esite, Bernd Schwegmann GmbH&Co.KG, Saksa, 2006.

5. Anon., *Väri- ja laatu*, 2. painos, Heidelberg Finland Oy, Saksa, 1999, 99s.

6. Koskinen, P., *Painotuote*, Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä, 1991, 267s.

7. Heidelberger Druckmaschinen AG, internet -kotisivu, Saatavilla: http://www.heidelberg.com [Viitattu 3.1.2008]

8. Anon., Printing processes and printing inks, carbon black and some nitro compounds, *IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans*, Lyon, 1996, IARC, Vol.65, 578s.

9. Oittinen, P., Saarelma, H., *Graafinen materiaalitekniikka*, Otakustantamo, Hämeenlinna, 1987, 221s.

10. Saarelma, H., Oittinen, P., *Fundamentals of printing technology*, Teknillinen korkeakoulu, Graafisen tekniikan laboratorio, Otaniemi, 1993, 242s.

11. Patton, T., Pigmentation of inks, *Pigment handbook, Volume II, Applications and markets*, 2. painos, John Wiley & Sons, Kanada, 1973, s.163 – 190.

12. Korhonen, M., Grönlund, A., *Painovärin ekologinen kiertokulku*, tutkimusraportti 17, Teknillinen korkeakoulu, Graafisen tekniikan laboratorio, Otaniemi, 1992,30 s.

13. Leach, R.H., R.J.Pierce, E.P.Hickman, M.J.Mackenzie, H.G.Smith, *The printing ink manual*, 5. painos, Blueprint, London, 1993, 993s.

14. Anttalainen, O., *Painojäljen tummuuden säätäminen offset –painokoneella*, Diplomityö, LTY, Energiatekniikan osasto, Lappeenranta, 1992, 93s.

15. Pakkaus –yhdistys, *Elintarvikkeen kanssa kosketukseen joutuvat materiaalit*, Saatavissa: www.pakkaus.com [Viitattu 30.10.2007]

16. Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 1935/2004, Saatavissa: http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/fi/oj/2004/l_338/l_33820041113fi00040017.pdf [Viitattu 4.1.2008]

17. Euroopan komission asetus N:o 2023/2006, Saatavissa: http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/fi/oj/2006/l_384/l_38420061229fi00750078.pdf [Viitattu 4.1.2008]

18. Fritz, B., *Food packaging concepts solutions*, Power point -esitelmä, Sun Chemical, 2006.

19. Aurela B., *Migration of substances from paper and board food packaging materials*, tutkimusraportti, KCL, Espoo, 2001, 70s.

20. Anon., *Print for packaging, Low migration printing*, esite, Sun Chemical, United Kingdom, 2006, 15s.

21. Hartus, T., *Painovärianalyysimenetelmät*, Tiedonanto 18, Teknillinen Korkeakoulu, Graafisen tekniikan laboratorio, Espoo, 1993, 24s.

22. Aurela, B., Ohra-aho, T., Söderhjelm, L., Migration of alkybenzenes from packaging into food and tenax, *Packaging technology and science*, 2001:14, s. 71 – 77.

23. Stora Enso, Sisäinen raportti, 2007.

24. Fritz, B., *Packaging offset ink in the future – for the future*, Seminaariesitelmä, Sun Chemical, Zagreb, 2003.

25. European Food Safety Authority, EFSA, Saatavissa: http://www.efsa.europa.eu [Viitattu 3.1.2008]

26. Aurela, B., Kulmala, H., Söderhjelm, L., *Phtalates in paper and board packaging and their migration into Tenax and sugar*, Food additives and contaminants, vol16, no.12, KCL, Espoo, 1999, s. 571-577.

27. Kansainvälisten kemikaalikorttien tietokanta, Saatavissa: http://kappa.ttl.fi/kemikaalikortit/khtml/nfin0271.htm [Viitattu 3.1.2008]

28. Tiedoksianto: Määttänen, A., Sun Chemical.

29. Anon., 10.1.15E, Technical information, Huber Group, 2006, 4s.

30. Savolainen, A., *Paper and paperboard converting*, Papermaking Science and Technology, Book 12, Fapet Oy, Jyväskylä, 1998, 283s.

31. Häggblom-Ahnger, U., Komulainen, P., *Kemiallinen metsäteollisuus II, Paperin ja kartongin valmistus*, 3. painos, Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä, 2003, 290s.

32. Stora Enso Oy, internet –kotisivu, Saatavilla: www.storaenso.com [Viitattu: 3.1.2008]

LIITTEET

LIITE I: Heidelberg Speedmaster XL105 –arkkioffsetpainokoneen teknisiä ominaisuuksia

LIITE II: Tambrite ja Performa Natura –kartonkien yleisiä ominaisuuksia

LIITE III: Mittaustuloksia

LIITE IV: Kaasukromatografiin kalibroitujen yhdisteiden lyhenteet ja selitykset

Taulukko 1 Heidelberg Speedmaster XL105 –arkkioffsetpainokoneen teknisiä ominaisuuksia. [7]

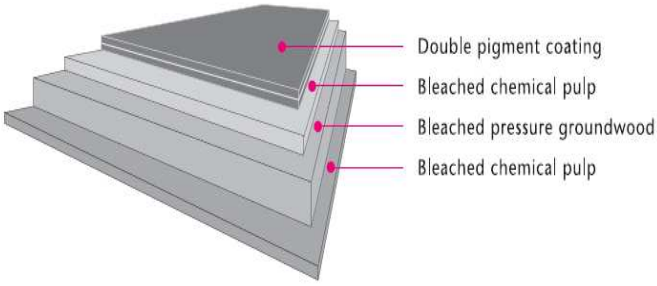
Speedmaster XL 105	
Technical Data	
Production speed	
Maximum	18,000 sph
Minimum	3,000 sph
Print sheets	
Max. sheet size	750 x 1,050 mm
Min. sheet size	340 x 480 mm
Max. print format	740 x 1,050 mm
Gripper margin	11 mm (10 - 12 mm)
Printing stock	0.03 - 1.0 mm
Printing plates, AutoPlate Advanced	
Length x width	811 x 1,055 mm
Thickness	0.24 - 0.30 mm
Plate cylinder undercut	0.15 mm
Distance from lead edge of plate to lead of print	53 mm
Printing unit blankets	
Length x width (metal edged)	885 x 1,077 mm
Thickness	1.95 mm
Blanket cylinder undercut	2.3 mm
Coating blankets	
Length x width (metal edged)	828 x 1,072 mm
Thickness	1.95 mm
Coating blanket cylinder undercut	3.2 mm
Coating plates	
Length x width	819 x 1,060 mm
Distance from lead edge of plate to lead edge of coating	43 mm
Coating blanket cylinder undercut	3.2 mm
Pile height gross (incl. pile board and pile support plate)	
Feeder	1,320 mm
Delivery	1,295 mm

© Heidelberger Druckmaschinen AG

Tambrite

STORAENSO

Fully coated folding boxboard (GC2)



EMAS
VERIFIED ENVIRONMENTAL MANAGEMENT
FIN-000018

ISO 9001

Specifications for Tambrite:

Property / Unit	Tolerance												Standards
Grammage, g/m^2	± 4%	205	225	235	245	255	265	275	290	315	340	380	ISO 536
Thickness, µm	±4% or max. ±20µm	350	400	420	440	460	480	500	540	600	650	740	ISO 534
Bending moment Taber 15° MD, mNm	-10%	10.2	13.2	15.3	17.4	19.9	22.1	24.7	30.0	37.5	45.5	60.5	ISO 2493
Bending moment Taber 15° CD, mNm	-10%	4.8	6.3	7.2	8.2	9.2	10.2	11.3	13.7	17.3	20.9	26.5	
Bending stiffness DIN 5° MD, mNm	-10%	20.3	26.3	30.5	34.7	39.7	44.1	49.3	59.9	74.8	90.8	120.7	DIN 53121
Bending stiffness DIN 5° CD, mNm	-10%	9.6	12.6	14.4	16.4	18.4	20.3	22.5	27.3	34.5	41.7	52.9	
Moisture, %	±1	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.5	8.5	9.0	9.0	ISO 287
ISO Brightness C/2°, Top	±2	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	ISO 2470
Surface Smoothness, PPS 10, µm	max. 1.3	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	ISO 8791-4
Gloss 75°, %		40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	ISO 8254-1
Scott Bond, J/m^2		>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	TAPPI 569
Edge wicking*, g/mm.m		<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<2.0	<2.0	<2.0	

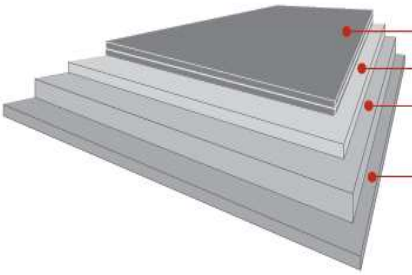
*) For hardsized

Kuva 1. Tambrite –kartongin yleisiä ominaisuuksia. [32]

Performa Natura

STORAENSO

Fully coated CTMP board with uncoated reverse



EMAS
VERIFIED ENVIRONMENTAL MANAGEMENT
FIN-000009

ISO 9001

Specifications for Performa Natura:

Property / Unit	Tolerance										Standards
Grammage, g/m²	± 4 %		195	210	230	255	270	295	320	350	ISO 536
Thickness, µm	± 4 %		260	280	320	350	390	430	470	510	ISO 534
Bending stiffness DIN 5° MD, mNm			10.2	13.2	18.3	23.0	30.6	40.4	51.0	64.6	ISO 2493
Bending stiffness DIN 5° CD, mNm			4.7	6.0	8.1	10.6	14.5	17.9	23.0	28.9	
Bending moment Taber 15° MD, mNm			5.8	7.5	10.4	13.0	17.4	22.9	29.0	36.7	
Bending moment Taber 15° CD, mNm			2.7	3.4	4.6	6.0	8.2	10.1	13.0	16.4	
Bending resistance L&W 15° MD, mN			120	155	215	270	360	475	600	760	
Bending resistance L&W 15° CD, mN			55	70	95	125	170	210	270	340	
Moisture, %			6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	ISO 287
ISO Brightness C/2°, %			85	85	85	85	85	85	85	85	ISO 2470
Brightness D65/10°, Top			85	85	85	85	85	85	85	85	SCAN - P 3
Surface Smoothness, PPS 10, µm			1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	ISO 8791-4
Surface Smoothness, Bendtsen, ml/min			40	40	40	40	50	50	50	50	ISO 8791-2
Gloss 75°, %			45	45	45	45	45	45	45	45	ISO 8254-1
Scott Bond, J/m²			200	200	200	200	200	200	200	200	TAPPI 569 pm-00
OBA not added											
Robinson chocolate test			< 1 for one year storage in reels/pallets								PrEN1230-2

Kuva 2. Performa Natura –kartongin yleisiä ominaisuuksia. [32]

Taulukko I Foodpackin densiteettiarvot Vaasan&Vaasan –koepainatustyöstä mitattuna

Densiteetti

Rasteri	Cyan	Magenta	Keltainen	Musta
100	1,39	1,28	1,07	2,04
99	1,43	1,25	1,07	2,00
98	1,46	1,25	1,06	1,97
97	1,44	1,24	1,05	1,90
96	1,44	1,25	1,04	1,87
95	1,44	1,23	1,04	1,86
90	1,30	1,16	1,01	1,70
85	1,14	1,06	0,96	1,55
80	0,97	0,95	0,83	1,34
75	0,85	0,85	0,65	1,13
70	0,76	0,77	0,55	0,93
65	0,66	0,69	0,48	0,81
60	0,60	0,62	0,43	0,70
55	0,55	0,55	0,38	0,61
50	0,47	0,50	0,34	0,51
45	0,41	0,42	0,30	0,46
40	0,35	0,36	0,25	0,38
35	0,28	0,30	0,20	0,31
30	0,24	0,24	0,17	0,26
25	0,19	0,19	0,14	0,20
20	0,15	0,14	0,10	0,15
15	0,10	0,09	0,08	0,11
10	0,07	0,06	0,05	0,07
9	0,06	0,05	0,04	0,06
8	0,05	0,04	0,03	0,05
7	0,05	0,03	0,03	0,04
6	0,04	0,03	0,03	0,03
5	0,03	0,03	0,02	0,03
4	0,03	0,02	0,01	0,02
3	0,02	0,01	0,01	0,01
2	0,02	0,01	0,01	0,01
1	0,01	0,01	0,01	0,00

Taulukko II LMQ:n densiteettiarvot Vaasan&Vaasan –koepainatustyöstä mitattuna

Densiteetti

Rasteri	Cyan1	Cyan2	Magenta1	Magenta2	Keltainen1	Keltainen2	Musta1	Musta2
100	1,18	1,31	1,04	1,2	0,79	1	1,99	2
99	1,22	1,33	1,03	1,21	0,79	0,99	1,97	1,98
98	1,24	1,35	1,03	1,22	0,79	1,01	1,98	1,97
97	1,23	1,32	1,01	1,2	0,78	1,01	1,93	1,93
96	1,23	1,34	1	1,18	0,77	1,01	1,91	1,89
95	1,22	1,34	0,99	1,22	0,78	1,03	1,89	1,94
90	1,09	1,2	0,91	1,12	0,75	0,99	1,81	1,84
85	0,94	1,07	0,82	1,05	0,7	0,94	1,67	1,74
80	0,83	0,94	0,72	0,96	0,65	0,85	1,5	1,54
75	0,73	0,84	0,67	0,87	0,53	0,68	1,28	1,32
70	0,66	0,76	0,61	0,78	0,48	0,59	1,08	1,14
65	0,59	0,68	0,55	0,7	0,42	0,52	0,98	1,01
60	0,53	0,62	0,49	0,62	0,38	0,47	0,84	0,88
55	0,47	0,56	0,45	0,57	0,35	0,42	0,72	0,77
50	0,42	0,47	0,4	0,48	0,33	0,37	0,64	0,62
45	0,36	0,43	0,36	0,42	0,29	0,32	0,53	0,57
40	0,3	0,36	0,29	0,35	0,24	0,28	0,45	0,48
35	0,25	0,29	0,24	0,3	0,21	0,24	0,38	0,4
30	0,21	0,24	0,2	0,24	0,18	0,2	0,31	0,33
25	0,18	0,2	0,16	0,2	0,14	0,16	0,24	0,25
20	0,13	0,15	0,12	0,15	0,12	0,12	0,19	0,19
15	0,1	0,11	0,08	0,1	0,08	0,09	0,14	0,15
10	0,06	0,07	0,05	0,07	0,06	0,06	0,08	0,09
9	0,05	0,06	0,05	0,06	0,05	0,05	0,09	0,08
8	0,05	0,05	0,04	0,05	0,05	0,05	0,06	0,07
7	0,04	0,05	0,03	0,04	0,04	0,04	0,06	0,06
6	0,03	0,04	0,03	0,04	0,02	0,04	0,05	0,06
5	0,03	0,03	0,02	0,03	0,02	0,03	0,04	0,05
4	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04	0,03
3	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	0,03
2	0,01	0,01	0	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02
1	0	0,01	0	0,01	0	0,01	0,01	0,02

Taulukko III Corona-MGA:n densiteettiarvot Vaasan&Vaasan –koepainotyöstä mitattuna

Densiteetti

Rasteri	Cyan1	Cyan2	Magenta1	Magenta2	Keltainen1	Keltainen2	Musta1	Musta2
100	0,87	1,44	0,84	1,28	0,71	1,165	1,21	2
99	0,84	1,42	0,87	1,30	0,72	1,165	1,23	1,975
98	0,86	1,53	0,88	1,32	0,71	1,18	1,23	1,965
97	0,88	1,51	0,87	1,32	0,7	1,175	1,21	1,925
96	0,86	1,52	0,87	1,32	0,71	1,165	1,21	1,88
95	0,87	1,46	0,86	1,29	0,71	1,16	1,2	1,87
90	0,82	1,37	0,81	1,19	0,69	1,13	1,13	1,725
85	0,75	1,24	0,71	1,08	0,66	1,07	1,06	1,575
80	0,68	1,06	0,65	0,94	0,62	0,96	0,9	1,365
75	0,62	0,94	0,57	0,82	0,52	0,755	0,82	1,165
70	0,56	0,79	0,53	0,71	0,47	0,63	0,75	0,995
65	0,53	0,69	0,48	0,64	0,44	0,56	0,66	0,89
60	0,46	0,60	0,44	0,56	0,42	0,505	0,62	0,765
55	0,43	0,52	0,39	0,49	0,38	0,44	0,54	0,67
50	0,37	0,45	0,35	0,43	0,34	0,39	0,47	0,58
45	0,33	0,37	0,3	0,37	0,31	0,345	0,42	0,495
40	0,28	0,31	0,28	0,33	0,27	0,295	0,36	0,42
35	0,24	0,24	0,23	0,27	0,22	0,24	0,29	0,35
30	0,19	0,20	0,19	0,22	0,19	0,215	0,25	0,285
25	0,14	0,15	0,14	0,16	0,15	0,17	0,22	0,225
20	0,11	0,11	0,11	0,12	0,12	0,14	0,16	0,175
15	0,08	0,07	0,08	0,09	0,09	0,1	0,11	0,125
10	0,04	0,03	0,05	0,06	0,07	0,075	0,07	0,085
9	0,03	0,02	0,04	0,05	0,06	0,065	0,06	0,075
8	0,02	0,01	0,04	0,04	0,05	0,06	0,05	0,07
7	0,01	0,01	0,03	0,04	0,04	0,055	0,04	0,06
6	0,01	0,00	0,02	0,03	0,04	0,045	0,03	0,05
5	0	0,00	0,02	0,02	0,03	0,04	0,02	0,045
4	0	0,00	0,01	0,01	0,03	0,035	0,02	0,035
3	0	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,01	0,025
2	0	0,00	0	0,01	0,01	0,02	0,01	0,015
1	0	0,00	0	0,01	0,01	0,015	0,01	0,015

Taulukko IV Foodpackin Vaasan&Vaasan –koepainotyöstä mitattujen densiteettiarvojen perusteella laskettu rasterisävyarvo

Painoksen rasterisävyarvo, %

Rasteri	Cyan	Magenta	Keltainen	Musta
100	100,33	98,61	99,78	100,05
99	100,58	98,28	99,78	99,88
98	100,73	98,36	99,56	99,78
97	100,58	98,19	99,33	99,69
96	100,63	98,19	99,33	99,60
95	100,52	98,15	99,26	99,56
90	99,22	96,91	98,46	99,03
85	97,23	95,07	97,13	98,14
80	94,19	92,39	93,01	96,29
75	91,05	89,66	84,64	93,30
70	87,81	86,15	78,50	89,49
65	84,22	82,90	73,11	85,74
60	80,21	79,07	68,69	81,38
55	75,39	74,75	63,74	76,51
50	70,38	70,45	59,72	71,80
45	64,79	64,01	54,10	65,91
40	58,98	57,42	47,84	59,79
35	51,50	51,36	41,39	52,98
30	45,98	43,13	36,53	45,87
25	37,89	36,25	31,33	38,21
20	30,39	28,59	23,80	30,56
15	22,03	20,07	19,08	23,77
10	15,49	14,08	13,37	16,97
9	13,43	11,28	10,38	13,69
8	11,32	10,57	8,85	12,34
7	10,60	8,40	8,85	10,97
6	9,16	7,67	7,30	8,88
5	6,94	6,93	6,51	8,88
4	6,20	5,43	4,92	6,73
3	4,68	3,91	4,12	4,54
2	3,15	2,36	3,30	3,05
1	2,37	2,36	2,49	2,30

Taulukko V LMQ:n Vaasan&Vaasan –koepainotyöstä mitattujen densiteettiarvojen perusteella laskettu rasterisävyarvo

Painoksen rasterisävyarvo, %

Rasteri	Cyan1	Cyan2	Magenta1	Magenta2	Keltainen1	Keltainen2	Musta1	Musta2
100	101,25	101,67	98,34	100,00	99,56	101,37	100,15	100,39
99	101,88	101,90	98,11	100,15	99,56	101,11	100,10	100,34
98	102,18	102,13	98,11	100,30	99,56	101,63	100,13	100,31
97	102,03	101,79	97,63	100,00	99,11	101,63	100,00	100,21
96	102,03	102,02	97,39	99,68	98,65	101,63	99,94	100,09
95	101,88	102,02	97,14	100,30	99,11	102,13	99,89	100,24
90	99,60	100,16	94,90	98,64	97,70	101,11	99,62	99,93
85	95,97	97,80	91,83	97,22	95,12	99,71	99,03	99,55
80	92,38	94,63	87,59	95,03	92,23	96,73	97,99	98,48
75	88,23	91,45	85,07	92,34	83,76	89,10	95,88	96,55
70	84,70	88,32	81,65	89,02	79,48	83,69	92,77	94,05
65	80,55	84,57	77,71	85,44	73,65	78,62	90,59	91,49
60	76,42	81,26	73,19	81,13	69,30	74,47	86,56	88,03
55	71,68	77,46	69,81	78,01	65,75	69,81	81,91	84,18
50	67,20	70,68	65,13	71,39	63,25	64,59	78,01	77,08
45	61,09	67,18	60,97	66,16	57,89	58,73	71,33	74,11
40	54,08	60,24	52,71	59,06	50,45	53,52	65,29	67,82
35	47,45	52,08	45,94	53,24	45,56	47,82	59,01	61,03
30	41,57	45,39	39,93	45,32	40,32	41,57	51,63	53,97
25	36,79	39,45	33,35	39,39	32,75	34,71	42,96	44,38
20	28,05	31,22	26,12	31,17	28,69	27,19	35,86	35,93
15	22,30	23,92	18,20	21,95	19,99	21,08	27,88	29,61
10	13,99	15,91	11,77	15,89	15,33	14,53	17,02	18,98
9	11,79	13,79	11,77	13,77	12,92	12,25	18,94	17,06
8	11,79	11,63	9,52	11,61	12,92	12,25	13,06	15,09
7	9,54	11,63	7,22	9,39	10,46	9,91	13,06	13,08
6	7,24	9,41	7,22	9,39	5,35	9,91	11,00	13,08
5	7,24	7,14	4,87	7,12	5,35	7,52	8,90	11,03
4	4,88	7,14	4,87	4,80	5,35	5,07	8,90	6,77
3	4,88	4,81	2,46	4,80	2,70	5,07	4,55	6,77
2	2,47	2,43	0,00	4,80	2,70	2,56	2,30	4,56
1	0,00	2,43	0,00	2,43	0,00	2,56	2,30	4,56

Taulukko VI Corona-MGA:n Vaasan&Vaasan –koepainotyöstä mitattujen densiteettiarvojen perusteella laskettu rasterisävyarvo

Painoksen rasterisävyarvo, %

Rasteri	Cyan1	Cyan2	Magenta1	Magenta2	Keltainen1	Keltainen2	Musta1	Musta2
100	98,97	99,83	87,86	98,53	97,43	100,09	100,47	100,10
99	97,87	99,65	88,85	98,76	97,97	100,09	100,77	100,04
98	98,61	100,53	89,16	98,73	97,43	100,33	100,77	100,01
97	99,32	100,39	88,85	98,80	96,88	100,25	100,47	99,91
96	98,61	100,46	88,85	98,69	97,43	100,09	100,47	99,78
95	98,97	99,96	88,52	98,61	97,43	100,00	100,32	99,74
90	97,09	99,12	86,79	97,49	96,32	99,47	99,14	99,20
85	94,06	97,56	82,68	95,91	94,55	98,29	97,75	98,42
80	90,50	94,57	79,71	93,60	92,00	95,65	93,59	96,75
75	86,96	91,70	75,06	90,55	84,48	88,55	90,87	94,19
70	82,89	86,60	72,39	87,08	80,02	82,25	88,03	90,88
65	80,64	82,20	68,69	83,21	77,09	77,84	83,65	88,08
60	74,73	77,27	65,41	78,62	75,02	73,85	81,39	83,74
55	71,90	71,95	60,86	73,57	70,58	68,43	76,19	79,49
50	65,60	66,84	56,83	69,36	65,71	63,67	70,79	74,51
45	60,89	59,40	51,23	64,10	61,75	58,89	66,37	68,77
40	54,36	52,27	48,80	59,96	56,03	52,97	60,33	62,67
35	48,57	43,98	42,23	52,61	48,10	45,61	52,16	55,95
30	40,54	37,47	36,39	44,64	42,89	41,95	46,86	48,65
25	31,53	30,25	28,30	35,38	35,35	34,80	42,56	40,88
20	25,60	22,25	22,98	28,95	29,22	29,60	33,00	33,53
15	19,25	14,40	17,28	20,98	22,65	22,10	23,96	25,29
10	10,07	6,91	11,17	14,18	18,02	17,04	15,94	17,97
9	7,64	4,66	9,04	13,16	15,62	14,93	13,82	16,04
8	5,15	2,36	9,04	11,09	13,16	13,86	11,64	15,05
7	2,60	2,36	6,85	10,04	10,65	12,78	9,42	13,05
6	2,60	0,00	4,62	7,90	10,65	10,57	7,15	11,00
5	0,00	0,00	4,62	6,81	8,08	9,45	4,82	9,95
4	0,00	0,00	2,34	4,59	8,08	8,32	4,82	7,83
3	0,00	0,00	2,34	3,46	5,45	7,17	2,44	5,66
2	0,00	0,00	0,00	1,17	2,76	4,84	2,44	3,43
1	0,00	0,00	0,00	1,17	2,76	3,65	2,44	3,43

Taulukko VII Foodpackin pisteenkasvun arvot Vaasan&Vaasan –koepainotyöstä mitattujen densiteettiarvojen perusteella laskettuna.

Pisteenkasvu, %

Rasteri	Cyan	Magenta	Keltainen	Musta
100	0,33	-1,39	-0,22	0,05
99	1,58	-0,72	0,78	0,88
98	2,73	0,36	1,56	1,78
97	3,58	1,19	2,33	2,69
96	4,63	2,19	3,33	3,60
95	5,52	3,15	4,26	4,56
90	9,22	6,91	8,46	9,03
85	12,23	10,07	12,13	13,14
80	14,19	12,39	13,01	16,29
75	16,05	14,66	9,64	18,30
70	17,81	16,15	8,50	19,49
65	19,22	17,90	8,11	20,74
60	20,21	19,07	8,69	21,38
55	20,39	19,75	8,74	21,51
50	20,38	20,45	9,72	21,80
45	19,79	19,01	9,10	20,91
40	18,98	17,42	7,84	19,79
35	16,50	16,36	6,39	17,98
30	15,98	13,13	6,53	15,87
25	12,89	11,25	6,33	13,21
20	10,39	8,59	3,80	10,56
15	7,03	5,07	4,08	8,77
10	5,49	4,08	3,37	6,97
9	4,43	2,28	1,38	4,69
8	3,32	2,57	0,85	4,34
7	3,60	1,40	1,85	3,97
6	3,16	1,67	1,30	2,88
5	1,94	1,93	1,51	3,88
4	2,20	1,43	0,92	2,73
3	1,68	0,91	1,12	1,54
2	1,15	0,36	1,30	1,05
1	1,37	1,36	1,49	1,30

Taulukko VIII LMQ:n pisteenkasvun arvot Vaasan&Vaasan –koepainotyöstä mitattujen densiteettiarvojen perusteella laskettuna

Pisteenkasvu, %

Rasteri	Cyan1	Cyan2	Magenta1	Magenta2	Keltainen1	Keltainen2	Musta1	Musta2
100	1,25	1,67	-1,66	0,00	-0,44	1,37	0,15	0,39
99	2,88	2,90	-0,89	1,15	0,56	2,11	1,10	1,34
98	4,18	4,13	0,11	2,30	1,56	3,63	2,13	2,31
97	5,03	4,79	0,63	3,00	2,11	4,63	3,00	3,21
96	6,03	6,02	1,39	3,68	2,65	5,63	3,94	4,09
95	6,88	7,02	2,14	5,30	4,11	7,13	4,89	5,24
90	9,60	10,16	4,90	8,64	7,70	11,11	9,62	9,93
85	10,97	12,80	6,83	12,22	10,12	14,71	14,03	14,55
80	12,38	14,63	7,59	15,03	12,23	16,73	17,99	18,48
75	13,23	16,45	10,07	17,34	8,76	14,10	20,88	21,55
70	14,70	18,32	11,65	19,02	9,48	13,69	22,77	24,05
65	15,55	19,57	12,71	20,44	8,65	13,62	25,59	26,49
60	16,42	21,26	13,19	21,13	9,30	14,47	26,56	28,03
55	16,68	22,46	14,81	23,01	10,75	14,81	26,91	29,18
50	17,20	20,68	15,13	21,39	13,25	14,59	28,01	27,08
45	16,09	22,18	15,97	21,16	12,89	13,73	26,33	29,11
40	14,08	20,24	12,71	19,06	10,45	13,52	25,29	27,82
35	12,45	17,08	10,94	18,24	10,56	12,82	24,01	26,03
30	11,57	15,39	9,93	15,32	10,32	11,57	21,63	23,97
25	11,79	14,45	8,35	14,39	7,75	9,71	17,96	19,38
20	8,05	11,22	6,12	11,17	8,69	7,19	15,86	15,93
15	7,30	8,92	3,20	6,95	4,99	6,08	12,88	14,61
10	3,99	5,91	1,77	5,89	5,33	4,53	7,02	8,98
9	2,79	4,79	2,77	4,77	3,92	3,25	9,94	8,06
8	3,79	3,63	1,52	3,61	4,92	4,25	5,06	7,09
7	2,54	4,63	0,22	2,39	3,46	2,91	6,06	6,08
6	1,24	3,41	1,22	3,39	-0,65	3,91	5,00	7,08
5	2,24	2,14	-0,13	2,12	0,35	2,52	3,90	6,03
4	0,88	3,14	0,87	0,80	1,35	1,07	4,90	2,77
3	1,88	1,81	-0,54	1,80	-0,30	2,07	1,55	3,77
2	0,47	0,43	-2,00	2,80	0,70	0,56	0,30	2,56
1	-1,00	1,43	-1,00	1,43	-1,00	1,56	1,30	3,56

Taulukko IX Corona-MGA:n pisteenkasvun arvot Vaasan&Vaasan – koepainotyöstä mitattujen densiteettiarvojen perusteella laskettuna

Pisteenkasvu, %

Rasteri	Cyan1	Cyan2	Magenta1	Magenta2	Keltainen1	Keltainen2	Musta1	Musta2
100	-1,03	-0,17	-12,14	-1,47	-2,57	0,09	0,47	0,10
99	-1,13	0,65	-10,15	-0,24	-1,03	1,09	1,77	1,04
98	0,61	2,53	-8,84	0,73	-0,57	2,33	2,77	2,01
97	2,32	3,39	-8,15	1,80	-0,12	3,25	3,47	2,91
96	2,61	4,46	-7,15	2,69	1,43	4,09	4,47	3,78
95	3,97	4,96	-6,48	3,61	2,43	5,00	5,32	4,74
90	7,09	9,12	-3,21	7,49	6,32	9,47	9,14	9,20
85	9,06	12,56	-2,32	10,91	9,55	13,29	12,75	13,42
80	10,50	14,57	-0,29	13,60	12,00	15,65	13,59	16,75
75	11,96	16,70	0,06	15,55	9,48	13,55	15,87	19,19
70	12,89	16,60	2,39	17,08	10,02	12,25	18,03	20,88
65	15,64	17,20	3,69	18,21	12,09	12,84	18,65	23,08
60	14,73	17,27	5,41	18,62	15,02	13,85	21,39	23,74
55	16,90	16,95	5,86	18,57	15,58	13,43	21,19	24,49
50	15,60	16,84	6,83	19,36	15,71	13,67	20,79	24,51
45	15,89	14,40	6,23	19,10	16,75	13,89	21,37	23,77
40	14,36	12,27	8,80	19,96	16,03	12,97	20,33	22,67
35	13,57	8,98	7,23	17,61	13,10	10,61	17,16	20,95
30	10,54	7,47	6,39	14,64	12,89	11,95	16,86	18,65
25	6,53	5,25	3,30	10,38	10,35	9,80	17,56	15,88
20	5,60	2,25	2,98	8,95	9,22	9,60	13,00	13,53
15	4,25	-0,60	2,28	5,98	7,65	7,10	8,96	10,29
10	0,07	-3,09	1,17	4,18	8,02	7,04	5,94	7,97
9	-1,36	-4,34	0,04	4,16	6,62	5,93	4,82	7,04
8	-2,85	-5,64	1,04	3,09	5,16	5,86	3,64	7,05
7	-4,40	-4,64	-0,15	3,04	3,65	5,78	2,42	6,05
6	-3,40	-6,00	-1,38	1,90	4,65	4,57	1,15	5,00
5	-5,00	-5,00	-0,38	1,81	3,08	4,45	-0,18	4,95
4	-4,00	-4,00	-1,66	0,59	4,08	4,32	0,82	3,83
3	-3,00	-3,00	-0,66	0,46	2,45	4,17	-0,56	2,66
2	-2,00	-2,00	-2,00	-0,83	0,76	2,84	0,44	1,43
1	-1,00	-1,00	-1,00	0,17	1,76	2,65	1,44	2,43

Taulukko X Kaasukromatografitulokset

Painoväri	Työ	Näyte painettu	Väliaika, d	Tulos, mg/m2	Korkeimmat liuotinainepiikit
Corona-MGA	Vaasan	23.10.2007	90,00	1,2	metan
Corona-MGA	Vaasan	23.11.2007	60,00	2,9	metan, buac, etpr
Corona-MGA	Vaasan	21.2.2008	5,00	0	tunnistamaton
Corona-MGA	Nestle	7.11.2007	60,00	0	tunnistamaton
Keskiarvo				**2,05**	
Foodpack	Vaasan	23.10.2007	90,00	2,2	metan, npa, buac
Foodpack	Vaasan	23.11.2007	60,00	1,2	metan
Foodpack	Vaasan	4.2.2008	5,00	0	tunnistamaton
Foodpack	Nestle	7.11.2007	60,00	0,2	nbut
Foodpack	Nestle	11.1.2008	5,00	0	tunnistamaton
Keskiarvo				**1,2**	
LMQ	Vaasan	23.10.2007	90,00	1,1	metan
LMQ	Vaasan	23.11.2007	60,00	1,5	metan, buac
LMQ	Vaasan	14.1.2008	5,00	2,2	metan
LMQ	Nestle	7.11.2007	60,00	0,2	nbut
LMQ	Nestle	11.1.2008	5,00	0	tunnistamaton
Keskiarvo				**1,25**	
LowHex	Vaasan	23.10.2007	90,00	0	tunnistamaton
Keskiarvo				**0**	

Taulukko I Lyhenne ja koko nimi kaasukromatografiin kalibroiduista orgaanisisita yhdisteistä.

LYHENNE	KEMIKAALI
n-HEPT	n-heptaani
ASET	asetoni
THF	tetrahydrofuraani
ETAC	etyyliasetaatti
IPAC	isopropyyliasetaatti
METAN	metanoli
IPA	2-propanoli
ETAN	etanoli
NPAC	propyyliasetaatti
MIBK	isobutyylimetyyliketoni
TOLU	tolueeni
NPA	1-propanoli
BUAC	butyyliasetaatti
METPROP	1-metoksi-2-propanoli
NBUT	1-butanoli
ETPR	1-etoksi-2-propanoli
ASETASET	asetyyliasetoni