

LAPPEENRANNAN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Kemiantekniikan osasto

Kuitu- ja paperitekniikan laboratorio

Ida Koskinen

Rasvankestävät paperit ja kartongit

Työn tarkastajat: Professori Kaj Backfolk

Yliopisto-opettaja Mika Pulkkinen

20.1.2013

TIIVISTELMÄ

Rasvankestävyydellä tarkoitetaan sitä, että materiaali hylkii tai kestää rasvaa tietyn ajan läpäisemättä sen pintaa. Rasvankestäviä papereita ja kartonkeja löytyy kaikkialta. Erilaiset ruuanvalmistuspaperit, kuten esimerkiksi leivinpaperi ja voipaperi, ovat rasvankestäviä. Myös pakkauksissa käytetään paljon rasvankestäviä papereita ja kartonkeja.

Rasvankestäviltä tuotteilta vaaditaan erilaisia ominaisuuksia riippuen niiden käyttötarkoituksesta. Pakkausmateriaaleilta vaaditaan esimerkiksi lujuutta ja kestävyyttä fyysistä rasitusta, valoa, hajuja ja mikrobeja vastaan. Ruuanvalmistusmateriaaleilta vaaditaan puolestaan lujuutta ja kestävyyttä lämpöä, kosteutta ja fyysistä rasitusta vastaan. Rasvankestäviltä papereilta vaaditaan rasvankestävyyden lisäksi hyvää vetolujuutta, märkälujuutta ja hyviä optisia ominaisuuksia. Neliömassan tulee asettua 20–80 g/m² välille ja metallipitoisuudet eivät saa olla liian korkeat. Myös tuotteiden kierrätettävyys on nostanut asemaansa viimeaikoina. Tuotteen tuotannon ja itse tuotteen ympäristöystävällisyys ovat todella arvostettuja kuluttajan, tuottajan, Suomen, EU:n ja koko maailman näkökulmista. Jotta tuotteesta saadaan rasvankestävää, vaaditaan siltä erilaisia barrier-ominaisuuksia. Rasvankestävällä paperilla vaaditaan hyviä barrier-ominaisuuksia esimerkiksi rasvan, ilman, veden, vesihöyryn sekä hapen läpäisevyyksissä.

Rasvankestäviä papereita ja kartonkeja voidaan valmistaa kemiallisilla ja mekaanisilla tavoilla. Happokäsittely ja fluorokemikaalien lisääminen ovat kemiallisia tapoja, kun taas sellun jauhaminen pitkään matalassa lämpötilassa on mekaaninen tapa valmistaa rasvankestävää paperia. Näiden tapojen lisäksi rasvankestäviä papereita voidaan tehdä erilaisten pinnoitusten avulla.

Erilaiset muovit ovat yleisemmin käytettyjä pinnoitemateriaaleja. Esimerkiksi PE- ja PET-päällysteet ovat käytettyjä rasvankestävissä tuotteissa. Viime aikoina on kehitetty paljon erilaisia biomateriaaleja, joista voidaan tehdä rasvankestävä pinnoite. Lipideistä, hydrokolloideista ja erilaisista komposiiteista voidaan luoda uusien tekniikoiden avulla rasvankestäviä pinnoitteita.

Rasvankestävyydestä voidaan saada jonkinlainen käsitys WVTR-asteen, Cobb-arvon ja kontaktikulman mittausten avulla. Rasvankestävyyttä voidaan myös mitata erilaisten standarditestien avulla. TAPPI:lla, ISO:lla ja ASTM:llä on useita erilaisia standardeja. Lähes kaikissa rasvankestävyysstandardeissa tuloksen saaminen perustuu visuaaliseen havaintoon, mikä aiheuttaa välillä hankaluuksia tulosten luotettavuuteen, koska tuloksen määrittää ihmissilmä, ja kaikilla testin tekijöillä on erilainen silmä, joka aistii eri tavalla.

ABSTRACT

Grease-resistant means that the material repels or lasts up grease to a point, so that the grease does not get through. Grease-proof papers and boards can be found almost everywhere. For example, different cooking papers, baking papers and wax papers are grease-proof papers. Grease-proof papers can also be found in different kind of packages.

Grease-proof products required for a variety of things, depending on the intended use. Packaging materials required such as strength and sustainability for light, odors, and microbes. Cooking materials requires also strength and resistance to heat, moisture and physical stress. Grease-proof papers require good grease-proof and good tensile strength, wet strength and good optical properties. The grammage must stand between 20–80 g/m². The metal concentration should not be too high. Recyclability of products has also increased in the recent past. The environmental friendliness of production and the environmental friendliness of product are greatly valued by the consumer, producer, Finland, EU and global perspectives. In order to make grease-proof paper you have to have different kind of barrier properties. The important barrier properties are a good porosity, air permeability, resistance to grease, water permeability, water vapor permeability and oxygen permeability.

Grease-proof papers and boards can be formed chemically or mechanically. Acid treatment and addition of fluoride are chemical methods and the mechanical method to manufacture grease-proof paper is to refine the pulp for a long time at a low temperature. In addition to these methods greaseproof paper can be made using a variety of surface treatment. There are several different surface treatments of normal coating, waxing to laminating.

Different plastics, for example PE and PET coatings are very common in grease-proof papers. But recently there has be found several biomaterials to create grease-proof coatings. Lipids, hydrocolloids and a variety of composite materials can be used help of new technologies in greaseproof coatings.

Grease resistance can be also measured by various tests. WVTR rate, Cobb value of the contact angle can give you some ideas of whether the paper is grease-proof or not. TAPPI, ISO and ASTM have number of different standards for grease resistance measurement. All standards are based on visual perception in grease resistance tests and that causes sometimes inaccuracy to results.

LYHENTEET JA MERKINNÄT

EVOH	Ethylene Vinyl Alcohol = Etyleenivinyylialkoholi
PA	Polyamidi
PFPE	Perfluoropolyether = Perfluoripolyeetteridioli
Barrier	Estokky
WVTR	Water Vapor Transmission Rate = Vesihöyryn läpäisykyky
Kontaktikulma (Θ)	Kulma, joka syntyy nestepisaran pinnan ja kiinteän pinnan väliin.
PE	Polyeteeni
PET	Polyetylenitereftalaatti
PP	Polypropeeni
MFC	Mikrofibrilliselluloosa
NFC	Nanofibrilliselluloosaa
TAPPI	Ammatillinen järjestö, joka on omistautunut sellu- ja paperiteollisuuteen
ASTM	International develops international standards for materials, products, systems and services = Kansainvälinen standardijärjestö erilaisille materiaaleille
ISO	International Organization for Standardization = kansainvälinen standardisoimisjärjestö
LDPE	Pieni tiheksinen polyeteeni
krafliner	Kartonki/pakkauspaperi, joka valmistetaan tuoreesta puusta
min	Minuutti
h	Tunti
kN/m	Kilonewtonia metrissä
mg/kg	Milligrammaa kilogrammassa
%	Prosentti
pH	Happamuusluku
°C	Celsiusaste
nm	Nanometri
μm	Mikrometri
μl	Mikrolitra
mm	Millimetri
g/m^2	Grammaa neliömetrissä
m^3	Kuutiometri

Sisältö

1.	JOHDANTO.....	2
2.	RASVANKESTÄVÄT PAPERIT JA KARTONGIT JA NIIDEN KÄYTTÖ	2
2.1	Kaupalliset rasvankestavat paperit ja kartongit	3
2.2	Rasvankestavien papereiden ja kartonkien ominaisuudet.....	4
3.	RASVANKESTÄVIEN PAPERIEN JA KARTONKIEN VALMISTUS	6
3.1	Mekaaninen ja kemiallinen valmistaminen	6
3.2	Päällystys ja laminointi.....	7
3.4	Biomateriaalit rasvankestavien tuotteiden valmistuksessa	10
3.5	Käyttö	15
4.	RASVANKESTÄVYYDEN MITTAAMINEN.....	16
4.1	Rasvat	17
4.2	ISO 16532-1 (DIN 53116).....	17
4.3	Kit-testi TAPPI T 559, TAPPI UM 557.....	18
5.	KIERRÄTETTÄVYYS	19
5.1	Lainsäädäntö	20
5.2	Rasvankestavän tuotteen kierrättäminen ja uusiokäyttö	20
6.	KOKEELLISEN OSAN TAVOITE.....	22
7.	KOKEELLISEN OSAN SUORITTAMINEN JA KOEJÄRJESTELYT	22
7.1	Näytteet.....	22
7.2	Kit-testin suorittaminen	23
7.3	ISO 16532-1.....	24
8.	TULOKSET.....	25
8.1	Kit-testi	26
8.2	Tulokset ISO 16532-1.....	26
8.3	Tulosten vertailu	27
9.	YHTEENVETO.....	27
	Liitteet.....	34

1. JOHDANTO

Kotitalouksissa on jo pitkään käytetty leivonnassa ja ruuanlaitossa erilaisia rasvankestäviä papereita. Yksi tunnetuimmista on kuumuutta kestävä leivinpaperi. Rasvankestävyys voidaan saada aikaan usealla erilaisella tavalla. Paperin tai kartongin voi päällystää rasvankestoja lisäävillä materiaaleilla tai vaihtoehtoisesti paperimassaa voidaan käsitellä kemiallisesti tai mekaanisesti niin, että itse paperista tulee rasvankestävää.

Rasvankestäviä papereita ja kartonkeja päällystetään erilaisilla materiaaleilla, aina fossiilisista raaka-aineista valmistetuista muoveista luonnonpolymeereihin. Muovi- ja alumiinipäällysteitä käytetään paljon, niiden hyvän tiiviytensä ansiosta. Luonnonmateriaalit ovat yleistyneet muiden rasvankestävien päällysteiden rinnalla, koska nykypäivänä ympäristöystävällisyys ja kierrättäminen ovat suuressa arvossa.

Tämän työn tavoite on esitellä erilaisia rasvankestäviä papereita ja kartonkeja sekä rasvankestotestejä. Kirjallisuusosuuden tavoite on esitellä mahdollisimman laajasti erilaisia rasvankestäviä papereita, niiden käyttökohteita ja ominaisuuksia. Työssä tutustutaan perinteisiin ja uusiin menetelmiin valmistaa rasvankestäviä papereita ja kartonkeja, sekä selvitetään uusiokäytön ja kierrätettävyyden mahdollisuuksia. Kokeellisen osan tavoitteita on selvittää erilaisten rasvankestävien papereiden rasvankestävyyttä kahden erilaisen testin avulla ja vertailla niistä saatuja tuloksia.

2. RASVANKESTÄVÄT PAPERIT JA KARTONGIT JA NIIDEN KÄYTTÖ

Rasvankestävyys tarkoittaa sitä, ettei rasva imeydy tai se imeytyy huonosti paperiin tai kartonkiin. Rasvankestäviä papereita käytetään ruuanlaitossa ja ruuan pakkaamisessa, kuten leivinpapereita ja pikaruokaravintoloissa käytettäviä kääreitä. *Rasvatiiviys* tarkoittaa sitä, että paperi tai kartonki on tiivis rasvaa vastaan. Voipakkauskääreet ovat esimerkki rasvatiiviistä papereista, joita käytetään elintarvikkeiden pakkaamisessa./1,2/

Eräät rasvankestävät paperit tunnetaan korkean tiheyden omaavina papereina eli HD-papereina (High density papers). Rasvankestävienpapereiden tärkeimpiä ominaisuuksia ovat niiden hyvät barrierit rasvoja ja öljyjä vastaan./3/

Rasvankestäviä papereita voidaan valmistaa korkeatasoisesta ja valkaistusta mäntysulfaatista tai kuusisulfiitista, joista jälkimmäinen on suosittu sen hyvän jauhautuvuutensa ansiosta./4,5/

2.1 Kaupalliset rasvankestävät paperit ja kartongit

Osa rasvankestäviä papereita ja kartonkeja valmistavista yrityksistä erikoistuu pakkauksiin ja toiset taas kääreisiin ja papereihin. Ala kehittyy jatkuvasti ja uusia tuotteita tulee markkinoille koko ajan. Yksi iso kehityssuunta markkinoilla tulee todennäköisesti olemaan biomateriaalien käyttö, koska ympäristöystävällisyys koetaan tärkeänä ominaisuutena kuluttajien parissa./6/

Pakkauksien ulkonäöllä on merkitystä nykyajan markkinoilla, sillä pakkaukset toimivat viestin välittäjinä. Pakkauksilta vaaditaan hyvän painettavuuden lisäksi hyviä suojausominaisuuksia, koska niiden tarkoitus on suojata pakattua tuotetta. Nämä vaatimukset näkyvät myös rasvankestävien materiaalien valmistuksessa. Tällä hetkellä tärkeitä ominaisuuksia rasvankestävissä papereissa ja kartongeissa ovat materiaalin hyvä tiiviys valoa, rasvaa, happea ja kosteutta vastaan sekä hyvä painettavuus ja tuotannon tehokkuus. Yksi nopeimmista ja tehokkaimmista keinoista saavuttaa nämä asiakkaiden vaatimat vaatimukset on päällystää ja laminoida materiaali useaan kertaan. Muovia ja alumiinia sisältävien pakkauksien kierrätettävyys on kuitenkin hankalampaa ja siksi biomateriaalit ovat, kalleudesta huolimatta, alkaneet nostaa kiinnostusta kuluttajien keskuudessa./7,8,9/

Yksi parhaista keinoista saada aikaan hyvä valo-, rasva- ja kosteustiiviys on luoda paperin tai kartongin pintaan useita kerroksia polymeerejä. Esimerkiksi Stora Enso käyttää patentoitua Ensobarr-sulkupäällystettä. Se on monikerroksinen rakenne EVOH (Ethylene Vinyl Alcohol)- ja PA (polyamidi)-polymeerirakenteita./10/

Ahlstromilla on kolme erilaista perusmenetelmää valmistaa rasvankestäviä papereita: coralpack, alipack ja aderpack. Alipack-menetelmää käytetään esimerkiksi lemmikkienruokapusseissa, koska ne vaativat todella korkean rasvatiiviuden. Coralpack-menetelmä on sopiva esimerkiksi pikaruokaravintoloissa käytettäviin paperirasioihin, koska rasvankestävyys ei ole niin merkittävä ominaisuus kuin tuotteen edullisuus. Aderpack-menetelmää käytetään silloin, kun halutaan valmistaa leivontaan käytettäviä papereita, kuten leivinpaperia./11,12/

Grunperga on myös yksi useista rasvankestäviä papereita valmistavista yrityksistä. Se valmistaa rasvankestäviä papereita pergamiini-käsittelyllä. Tämän ansiosta kaikki Grunpergan valmistamat rasvankestävät paperit ovat kierrätettävissä ja jopa kompostoitavissa./13/

Solvay plastics luottaa sen sijaan muovien voimaan. Solvay plastics käyttää solvera PFPE:tä (Perfluoropolyether) rasvankestävien papereiden päällystämiseen. Sitä voidaan käyttää tärkkelyksen, karboksimeetyyliselluloosan, kationisten retentioapuaineiden tai polyvinyylialkoholin kanssa./14/

UPM valmistaa paljon erilaisia tuotteita paperi- ja kartonkimarkkinoille. Yksi viimeisimmistä UPM:n lanseerauksista markkinoille on ekologinen UPM Swan Barrier-paperi valikoima. Sen avulla elintarvike voidaan pakata kääreeseen, joka sisältää vaadittavat rasva- ja vesi-barrierit ja se pystytään kierrättämään täysin./15/

2.2 Rasvankestävien papereiden ja kartonkien ominaisuudet

Yksinkertaistettuna paperi on toisiinsa liittyneiden puukuitujen muodostama kokonaisuus. Puun kuidut ovat ryhmittäytyneet epähomogeenisesti, ja jo itse kuidut ovat epähomogeenisia toisiinsa nähden. Paperin rakenteellisesta epähomogeenisuudesta huolimatta sille voidaan määrittää täsmällisiä fysikaalisia ominaisuuksia. Rasvankestävien papereiden tunnusmerkkejä ovat todella korkea kuitupinnan sitoutuneisuus (85–95%), todella pieni vapaiden segmenttien keskimääräinen pituus ja paperin sisältämien kuitujen litistyneisyys./16/

Ruokapakkauksilla on tarkkoja määräyksiä mekaanisen suojauksen, hajun, maun ja pakkauksen ulkonäön suhteen. Pakkauksien tulee siis suojata tuotetta

ulkopuolisilta hajuilta, mauilta ja pilaantumiselta ja sen lisäksi pakkauksen tulisi olla mahdollisimman myyvän näköinen. Jotta painatusjälki olisi mahdollisimman hyvää, tulee paperilla tai kartongilla olla hyvä opasiteetti ja vaaleus. Yleensä mäntysulfaatista valmistettujen rasvankestävien papereiden vaaleus vaihtelee 70–78 % välillä. Jos rasvankestäviä papereita halutaan painaa, vaaditaan niiltä hyvää opasiteettia (56–65%)./4,7/

Tyypillinen rasvankestävien papereiden vetolujuus konesuunnassa on 4,6–5,2kN/m ja poikkisuunnassa 2,0–2,6kN/m. Rasvankestävien papereiden metallipitoisuudet eivät saa olla liian korkeita, koska jos kuparin kokonaisuuspitoisuus ylittää 5 mg/kg ja raudan kokonaisuuspitoisuus ylittää 50 mg/kg, hajoaa rasva hydrofyylisesti muodostaen glyserolia ja rasvahappoa./4/

Neliömassa vaikuttaa paperin muihin ominaisuuksiin. Esimerkiksi samalla jauhatusteella, mutta korkeammalla neliömassalla, rasvankestävän paperin läpitukeutumisaika on pidempi. Rasvankestävien papereiden neliömassat vaihtelevat 20–80 g/m². Jos rasvankestäviä papereita on tarkoitus painaa ja laminoida, vaaditaan niiden neliömassalta ja paksuusprofiililta tasaisuutta./4/

Rasvankestävien papereiden on tärkeää saavuttaa korkea tiiviystaso ja mahdollisimman pieni tiiviyshajonta. Käyttötarkoituksen mukaan rasvankestäviltä papereilta vaaditaan todella hyvää märkälujuuutta, pitkää ikää ja käyttökestävyyttä. Tämän vuoksi paperissa olevien kuitujen tulee olla hyvin sitoutuneita./4/

Rasvankestävän paperin barrier-ominaisuuksia määrittävät huokoisuus, ilman vastustuskyky, rasvanläpäisevyys, vedenläpäisevyys, vesihöyrynläpäisevyys ja hapenläpäisevyys. Paperin pieni huokoisuus on yksi tärkeimmistä vaatimuksista, jos halutaan saavuttaa hyvät barrier-ominaisuudet esimerkiksi dispersiopäällystyksessä. Rasvankestävyys riippuu siis huokoisuuskoosta ja kokojakaumasta. Ilmanläpäisevyyden avulla voidaan määrittää nopeasti lopputuotteen barrier-ominaisuuksia./5/

Kun tehdään rasvankestävää paperia, on tärkeää, pinnoite muodostaa tasaisen kalvon paperin päälle. Paperin vedenimukyky tulee siis olla pieni tai olematon.

WVTR (Water Vapor Transmission Rate) eli vesihöyrynläpäisevyys tulee olla mahdollisimman pieni, koska kosteus pakkauksen sisällä aiheuttaa ei-toivottuja reaktioita pakattuun materiaaliin. WVTR-aste kertoo kuinka paljon vesihöyryä kulkeutuu näytteen läpi 24 tunnin aikana. Myös matala hapenläpäisevyys on tärkeä ominaisuus elintarvikepakkauksissa. Jos hapenläpäisevyys on liian korkea, happi pääsee pakkauksen sisään, jolloin pakattu tuote hapettuu./5,7/

Dispersiopäällystystä käytetään paljon kaikissa pakkauksissa ja kääreissä. Yleensä dispersiopäällysteisillä tuotteilla on seuraavat ominaisuudet: haju-, maku- ja rasva-barrierit, hyvä WVTR-aste, hyvä Cobb-arvo ja hyvä painettavuus. Cobb-arvo kertoo veden levinneisyysnopeuden alustassa tietyn ajan aikana. Rasvankestäviä papereita ja kartonkeja vertailtaessa tulee usein vastaan myös kontaktikulma (Θ), joka syntyy, kun nestetippa tai ilmakupla asettuu materiaalin pinnalle ja joka kuvaa nesteen ja pinnan välistä vuorovaikutusta. Jos kontaktikulma on yli 90° , pysyy pinnalle asetettu neste pisaramuodossa./7,17,18/

3. RASVANKESTÄVIEN PAPEREIDEN JA KARTONKIEN VALMISTUS JA KÄYTTÖ

Rasvankesto-ominaisuus voidaan muodostaa paperin tai kartongin pintaan usealla eri tavalla aina vanhoista happokäsittelyistä uusiin biomateriaalipäällystyksiin. Menetelmävalintaan vaikuttavat resurssit ja halutut lopputuotteen ominaisuudet. Biomateriaalilla päällystäminen on viimeaikaisten tutkimusläpimurtojen avulla herättänyt kiinnostusta pakkausmateriaalien päällystyksessä.

Rasvankestävyys voidaan saada aikaan esimerkiksi mekaanisen massaseoksen pitkällä jauhatuksella ja tehokkaalla kalanteroinnilla, paperin erillisellä happokäsittelyllä tai lisäämällä massaan ja pintaliimaan fluorokemikaaleja./1,2,7/

3.1 Mekaaninen ja kemiallinen valmistaminen

Voipapereiden rasvankestävyys saadaan aikaan keittämällä matalassa lämpötilassa pitkän aikaa mekaanista massaseosta, jonka hemiselluloosapitoisuus on mahdollisimman suuri. Tämän jälkeen kuituseosta jauhetaan pitkään ja kalanteroidaan tehokkaasti./4,5/

Pergamenttipapereiden rasvankestävyys saadaan aikaan happokäsittelyllä. Pergamentti kastetaan väkevässä rikkihapossa, mikä aiheuttaa kuitujen liimautumisen toisiinsa kiinni. Korkeamman rasvatiiviyden saavuttamiseksi paperi voidaan päällystää alumiinilla, muovilla, silikonilla tai tärkkelyksellä./4,5,19/

Fluorokemikaalien avulla voidaan saavuttaa kohtalaisia tuloksia rasvankestävyydessä. Fluorokemikaalit ovat hydrofobisia kemikaaleja, jotka on muokattu niin, että ne reagoivat selluloosan hydroksidi- ja karboksyliryhmien kanssa. Fluorokemikaaleja voidaan käyttää rasvankestävyyden luomiseksi joko lisäämällä niitä massaan tai päällystysmateriaaliin. Niitä käytetään rasvankestävyyden luomiseen erityisesti silloin, kun reunoista imeytyminen on todennäköistä./20/

3.2 Päällystys ja laminointi

Perinteisen ekstruusiopäällystyksen, dispersiopäällystyksen, silikonoinnin tai muoveilla vahauksen ja laminoinnin lisäksi paperi voidaan päällystää erilaisilla biomateriaaleilla, kuten proteiineilla, polysakkarideilla ja rasvoilla. Päällystykseen käytetään myös tärkkelystä, kitosaania, hemiselluloosaa ja nanoselluloosaa. Biomateriaalit ovat herättäneet paljon kiinnostusta kuluttajien ja valmistajien silmissä, koska niitä käyttämällä voidaan hyödyntää käytettävä raaka-aine kokonaan. Näin tuotannosta on mahdollista tehdä tehokkaampaa ja ympäristöystävällisempää./21/

3.2.1 Dispersiopäällystys

Dispersiopäällystys on yksi yleisemmistä menetelmistä valmistaa rasvankestävää paperia. Dispersiolla tarkoitetaan sitä, että tiettyyn faasiin sekoittuu jotakin toista faasia. Päällystyksessä käytettävät dispersiot ovat polymeeridispersioita ja niiden polymerointi tapahtuu vesifaasissa. Dispergoinnissa käytetään apuaineena emulgaattoria ja suojakolloidia, joista jälkimmäinen estää hiukkasten sedimentoitumista. Ilmarajapäällystys on hyvä päällystysmenetelmä silloin, kun paperi päällystetään polymeeridispersiolla./22/

Dispersiopäällystyksessä käytetään styreeni-butadieenia, polyakrylaattia, vinylideenikloridia ja polyvinyliasettaattia. Päällysteitä muokataan sen mukaan, mitä lopputuotteelta vaaditaan. Dispersiopäällystys on kehitelty korvaamaan tavanomaista ekstruusiopäällystystä, kuten polyeteenipäällystystä. Dispersiopäällystyksen hyviä puolia on esimerkiksi se, että se voidaan uudelleen liittää ja liittää suoraan paperikoneeseen, mutta sen kriittinen tekijä on vaikea kuumasaumattavuus./3,18,23/

Dispersiopäällystyksessä rasvankestävyys muodostetaan kuivauksen jälkeen tuomalla paperin tai kartongin pinnalle hienoja polymeeripartikkeleita nestemäisenä filminä. Veden poistamisen aikana polymeerit alkavat liittyä toisiinsa kiinni muodostaen yhtenäisen polymeerikerroksen. Jos polymeerit ovat riittävän elastisia, ne voivat muodostaa tiiviinfilmin./7/

3.2.2 Ekstruusiopäällystys ja laminointi

Yksi vaihtoehto tehdä paperista rasvankestävää on päällystää se PE(Polyeteeni)-tai PET (Polyetyleenitereftalaatti)-muovilla. Tätä menetelmää kutsutaan ekstruusiopäällystykseksi. Polyeteeni polymeroidaan, jolloin siitä saadaan aikaan pitkäketjuista polyeteeniä. Polyeteenin polymerointi voidaan tehdä erilaisissa olosuhteissa, jotka vaikuttavat sen lopullisiin ominaisuuksiin. Ekstruusiomenetelmässä kiinteä muovigranulaatti lämmitetään asteittain päällystyslämpötilaan ja kun päällystyslämpötila on saavutettu, vedetään se sulana filminä radalle ja jäähdytetään. Ekstruusiomenetelmää voidaan hyödyntää myös laminoitina. Ekstruusiolaminoinnissa yhdistetään esimerkiksi Al-folio, eli puhtaasta alumiinista valssattu ohkolevy ja paperi yhdistetään toisiinsa./17,18,24/

3.2.3 Vahapäällystys

Vahauksessa käytetään yleensä tavallista parafiinia, joka valmistetaan parafiinipitoisten maaöljyjen tislauksjakeesta. Päällystysvahojen ominaisuuksia voidaan vaihdella muokkaamalla niiden koostumusta ja lisäämällä niihin lisäaineita. Paperin tai kartongin vahapäällystys voidaan tehdä yhdelle puolelle tai molemminpuolisesti. Tämän ansiosta paperin tai kartongin tiiviys vettä ja rasvaa vastaan kasvaa./22,21/

3.2.4 Laminointi

Liimalaminointi on yksi tehokkaimmista tavoista saada paperista rasvankestävää. Liimalaminointi lukeutuu märkälaminointimenetelmiin ja siinä paperin pintaan liimataan alumiinifolio (Al-folio). Liimaa sisältävä vesi haihdutetaan toisen laminoitavan radan läpi. Al-foliolla on todella hyvät tiiviysominaisuudet ja siksi sitä käytetäänkin paljon, kun halutaan tehdä paperista tai kartongista esimerkiksi rasvankestävää. Liimalta, jota käytetään folion ja paperin välissä, vaaditaan lämmönkestävyyttä, vähäistä liukenemista ja hyvän tarttuvuuden luomista kerrosten väliin. Liimana voidaan käyttää silikaattia, kaseiinipohjaisia liimoja, tärkkelyspohjaisia liimoja ja dispersioliimoja./22/

Lakkalaminointi on kuivalaminointimenetelmä. Tätä menetelmää käytetään usein tiiviiden muovikalvojen tai Al-folion yhdistämiseen paperiin tai kartonkiin, jotta saadaan aikaan hyvät tiiviysominaisuudet. Lakkalaminoointimenetelmän avulla liitetään paperin tai kartongin pintaan Al-folio, PE-filmi, PP (Polypropeeni)-filmi, PA-filmi, polyesterifilmi tai kelmu. Lakkalaminoinnissa käytetään kahden materiaalin yhdistämiseen polyuretaanipohjaisia, joko yksi- tai kaksikomponenttisiä lakkoja. Lakkalaminoinnin periaate on se, että toiselle laminoitavista radoista levitetään lakka ja siitä kuivataan liuottimet pois. Tämän jälkeen radat puristetaan yhteen laminointipuristustelaparilla./22/

Vahalaminoinnilla yhdistetään Al-folio joko pergamenttiin tai paperiin tai vaihtoehtoisesti voidaan yhdistää paperi paperiin. Laminointivahat ovat yleensä mikrokiteisiä vahoja. Niiden huonopuoli on huono lämmönkestävyys (sulamispiste n. 80 °C). Vahalaminoinnissa vaha annostellaan kolmitelalevityslaitteen avulla toiselle radalle. /22/

3.2.5 Metallointi

Metallointi on eräänlainen päällystysmenetelmä, jossa metallina voidaan käyttää alumiinia, sinkkejä ja muiden metallien lejaaninkejä. Yleensä metalloinnissa käytetään alumiinilankaa, joka sulatetaan ja höyrystetään, minkä jälkeen se kondensoituu radan pinnalle. Alumiinin avulla voidaan esimerkiksi korvata paljon käytetty Al-folio./22/

Paperit ja erilaiset muovifilmit voidaan metalloida, ja näin saadaan aikaan hyviä tiiviysominaisuuksia ja hyvän valon kestävyys. Muovikalvo tai kelmu metalloidaan vakuuissa, minkä jälkeen atomikoon Al-foliokerros voidaan siirtää paperin pintaan. /22/

3.2.6 Silikonointi

Paperin pintaan voidaan lisätä myös silikonia, jolloin puhutaan silikonointimenetelmästä. Silikonoinnilla voidaan lisätä paperin rasvankestoja korkeissa lämpötiloissa. /22/

Lämmönkeston lisäksi silikonoidut paperit ovat myrkyttömiä, veden kestäviä, vaikeasti hapettuvia ja niiden viskositeetti on lähes riippumaton lämpötilasta. Paperin päällystykseen käytettäviä silikoneja on kolmessa eri muodossa: liuotinpitoinen, vesipohjainen ja liuotinvapaa silikoni. Käytännössä melkein kaikki paperit voidaan silikonoida. Parhaat tulokset saadaan kuitenkin silloin, kun raakapaperilla on hyvä sileys, pinnan tiiviys, paksuusprofiili, mittapysyvyys ja lujuusominaisuudet. /22/

Silikonointi voidaan tehdä erilaisilla päällystyskoneilla. Tärkeintä on, että silikoni saadaan levitettyä tasaisesti paperin pinnalle. Yleisimpiä päällystysmenetelmiä ovat sauvakaari, ilmaharja ja offset gravyyri menetelmä. /22/

3.4 Biomateriaalit rasvankestävien tuotteiden valmistuksessa

Kotitalouksissa käytetään paljon erilaisia tuotteita, jotka on pakattu pakkauksiin. Kaikista pakkauksista 60 % on elintarvikepakkauksia. Tulevaisuudessa tuotteiden pakkaaminen tulee jatkumaan ja se tulee luultavasti olemaan entistä suuremmissa asemassa. Paperi- ja kartonkiteollisuudessa kehitellään jatkuvasti uusia pakkauksia ja pakkausmateriaaleja. / 25/

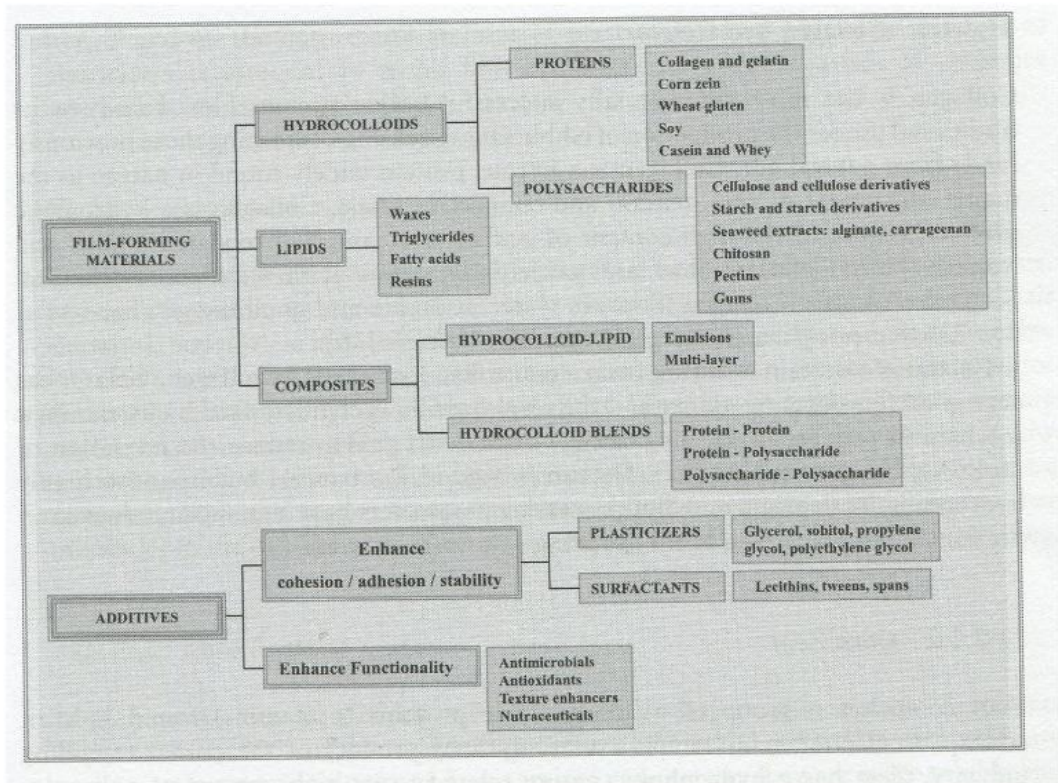
Polymeerien käyttäminen pakkauksissa on ollut erittäin yleistä niiden hyvien tiiviysominaisuuksiensa ansiosta. Suurin osa pakkauksissa käytettävistä polymeereistä on peräisin öljystä. Öljyn hinnan kallistuminen ja siitä tuotettavien materiaalien hankala kierrätettävyys ovat johtaneet uusien materiaalien testaamiseen. /26/

Öljyn hinnan nousu ja toisaalta ympäristöystävällisyyden merkityksen kasvu on aiheuttanut suuren kiinnostuksen kehittää ympäristöystävällisempiä menetelmiä ja materiaaleja. Öljypohjaisista materiaaleista pyritään pääsemään eroon paperi- ja kartonkiteollisuudessa. Tällaisia korvaavia rasvankestäviä päällystysaineita ovat esimerkiksi kitosaani, tärkkelys, alginaatti, liivate, gluteiini, soijaproteiini, maitoproteiini ja nanoselluloosa./27/

Uusiutuvat biomateriaalit valmistetaan yleensä proteiineista, polysakkarideista ja lipideistä ja niitä voidaan käyttää yhdessä tai erikseen. Materiaalin valinta riippuu siitä, minkälaisia ominaisuuksia lopputuotteelta vaaditaan. Biomateriaaleilla päällystämässä voidaan käyttää päällystystekniikkana esimerkiksi pintaliimausta./28/

3.4.1 Biomateriaalien valmistaminen ja yleistyminen

Biomateriaalien yleistyminen vaatii sen, että niiden tulee olla ominaisuuksiltaan parempia tai yhtä hyviä kuin fossiilisista raaka-aineista valmistetut materiaalit ja kustannusten tulee laskea vähintään samalle tasolle. Kuvassa 1 esitellään erilaisia biomateriaaleja, joita voidaan käyttää pakkauksissa, kun halutaan valmistaa niihin rasvankestävä pinnoite. Kuvassa esiintyvät luonnonmateriaalit esitellään tarkemmin seuraavissa kappaleissa./27/



Kuva 1 Rasvankestävissä pakkauksissa käytettävät biomateriaalit /21/

3.4.2 Nanoselluloosa

Selluloosa on yksi tärkeimmistä luonnonpolymeereistä ja ihminen on hyödyntänyt sitä vuosituhansien ajan. Nanoselluloosa voidaan valmistaa pilkkomalla kuidut kiteiksi tai fibrilleiksi. Hiertämällä kuituja mekaanisesti saadaan aikaan nanofibrilliselluloosaa (NFC). Siitä valmistettu paperi muistuttaa ohutta muovikalvoa ja sen hyvä puoli on suuri vetolujuus verrattuna normaaliin paperiin./29/

Mikrofibrilliselluloosa (MFC) voi olla yksi vaihtoehto muodostaa kalvo, joka on rasvankestävä ja biohajoava. MFC:n tiivis kalvo perustuu sen sisältämiin puolikiteisiin mikrofibrilleihin ja niiden kykyyn muodostaa vahvoja vetysidoksia keskenään. Aulinin, Gällstedtin ja Lindströmin tutkimuksen mukaan MFC:ssä on potentiaalia muodostaa biohajoava ja hyvät barrier-ominaisuudet omaava kalvo. Suurin ero NFC:n ja MFC:n välillä on niiden kokoero (MFC > NFC)./30/

3.4.3 Proteiinit

Proteiineja on onnistuttu muuttamaan filmeiksi hyvin tuloksin. Proteiinit sopivat hedelmien, vihannesten, munien, pähkinöiden ja muiden kuivatuotteiden pakkauksien päällystykseen. Proteiinipäällysteillä on todella hyvä hapenestokyky, mutta vedenkesto on varsin heikko. Yleisimpiä päällystykseen käytettäviä proteiineja ovat kaseiinit, kaseiinaatit, heraproteiini, soijaproteiini, vehnägluteiini ja maissiseiiniä. /28/

Kaseiinilla ja kaseiinaatilla eli *maitoproteiineilla* on useita hyviä fyysisiä ominaisuuksia, jotka sopivat elintarvikepakkauksille. Yksi niiden hyvistä puolista on niiden kyky toimia emulgointiaineena. *Heraproteiini* on juustoteollisuuden tuote, joka tunnetaan hyvästä hapen-, aromin- ja rasvanestokyvystä. *Soijaproteiinifilmeillä* on yleensä riittämättömät mekaaniset ominaisuudet ja huono kosteudenestokyky, mikä johtuu soijaproteiinin hydrofiilisestä luonteesta. Soijaproteiinifilmin ominaisuuksia on pyritty parantamaan, ja nykyään se onkin potentiaalinen vaihtoehto ruokapakkausten päällystysmateriaalina. *Vehnägluteiinilla* on hyvä selektiivinen kaasunestokyky, liukenemattomuus veteen, adheesio/koheesio-ominaisuus, viskoelastinen käyttäytyminen sekä filminmuodostusominaisuudet. *Maissiseiiniinifilmi* muodostaa vahvan ja kiiltävän kerroksen rasvaa ja happea vastaan, ja sillä on saatu aikaan yhtä hyvä rasvaisten valmisruokapapereiden rasvankestävyys kuin polyeteenillä laminoidulla paperilla. /28,31,32/

3.4.4 Polysakkaridit

Polysakkaridit ovat myrkyttömiä ja niitä on paljon saatavilla. Niillä on myös loistava kaasu-, aromi- ja rasvankestävyys. Polysakkaridit muodostavat vahvan filmin, mutta niillä on huono vesikestävyys niiden hydrofiilisen luonteensa takia. Kitosaani, alginaatti ja tärkkelys ovat esimerkkejä papereiden ja kartonkien päällystyksessä käytettävistä polysakkarideista. /28/

Kitosaani eli β -1,4-liittynyt 2-amino-2-deoksi-D-glukoosi on biologisesti hajoava ja myrkytön materiaali, joka on osittain deasetyloitu johdannainen kitiinistä. Kitiini on yksi runsaimmista biopolymeereistä selluloosan lisäksi. Kitosaanilla on

korkea kiteisyys, hyvä rasvan- ja hapenestokyky, koska sen molekyylien välillä on vetysidoksia. /33./

Kitosaania on tutkittu paljon, ja on todettu, että siitä voitaisiin valmistaa pakkausmateriaaleja, kuten lemmikkien ruokasäkkejä. Sen ominaisuuksia tulee kuitenkin parantaa, jotta se soveltuisi elintarvikepakkausmateriaaliksi. /34/ Tutkimuksissa on löydetty kitosaanin hyvä rasva- ja happikestävyys, sekä sen hyvä barrieri kaasuja vastaan. /35/ Sillä olisi mahdollista kilpailla esimerkiksi alumiinipäälytystä vastaan, koska se on laminointia halvempia keino. /34/

Tärkkelys on yksi laajimmin käytetyistä materiaaleista, jos vertaillaan ympäristöystävällisiä pakkausmateriaaleja. Tärkkelys on tunnettu paperiteollisuudessa lisäaineena tai täyteaineena, ja viime aikoina siitä on kehitelty myös erilaisia pakkaus- ja ruokapakkausmateriaaleja. Tärkkelys on kasvisperäinen luonnonpolymeeri, joka koostuu glukoosimonomeereistä. Sitä saadaan erittäin paljon esimerkiksi perunasta tai maissista ja se on luontaisesti hajoava, uusiutuva ja halpa materiaali. Sen heikkouksia ovat sen huono vedenkestävyys ja mekaaniset ominaisuudet. Kaikista hyvistä puolistaan huolimatta tärkkelys ei yksinään pysty muodostamaan tarvittavaa filmiä estääkseen riittävästi veden ja hapen läpäisyä. Hyvän pinnoitteen aikaansaamiseksi tärkkelys tarvitsee lisäaineita, tai vaihtoehtoisesti sitä tulee muokata kemiallisesti. Tärkkelyksestä on kuitenkin viime aikoina onnistuttu tekemään päällystysfilmejä, joilla on todella hyvä vesi- ja happikestävyys. /21,36/

3.4.5 Lipidit

Pitkäketjuisia rasvahappoja ja vahoja voidaan yhdistää ja muodostaa filmiksi tai pinnoitematriisiksi. Lipideistä käytetään päällystykseseen vahoja, rasvahappoja, hartseja ja neutraaleja lipidejä glyserolista. Näistä lipideistä *vahat* ovat todella tehokkaita kosteuden estäjiä. Paperit ja kartongit, joita käytetään ruuan ja juomien pakkaamiseen, vahataan usein vesitiiviyyden lisäämiseksi. Vahojen lisäksi lipideistä voidaan tehdä rasvapinnoitteita, joilla on hyvä kosteudenestokyky. Rasvapinnoitteiden heikkouksiin kuuluu niiden hauraus, sillä ne eivät ole tarpeeksi homogeenisia, minkä vuoksi pinnoitteeseen muodostuu helposti reikiä ja halkeamia. /21,36/

Triglyseridit, toisin sanoen neutraalit lipidit, ovat rasvahappojen ja glyserolin estereitä. Niillä on suurempi polaarisuus verrattuna esimerkiksi vahoihin. *Rasvahapot* nähdään myös polaarisisina lipideinä ja emulgaattoreina sekä dispergointiaineina. Rasvahapoista lauriini-, palmitiini-, steariini-, oleiini- ja linolihappoja käytetään paljon ruokapakkauuspäällysteiden valmistamiseen. Muodostuneen filmin ominaisuudet riippuvat siinä olevien rasvahappojen ketjun pituudesta, fyysisestä tilasta ja kylläisyysasteesta. *Hartseja* edustaa sellakka-niminen aine, joka koostuu alifaattisista alisyklisistä hydroksidihapon polymeereistä, ja jota käytetään pääasiassa antamaan kiiltoa tuotteille./21/

3.4.6 Komposiitit

Yhdistelmäfilmit perustuvat siihen, että useampi kuin yksi komponentti muodostaa yhtenäisen rakenne-matriisin. Niiden avulla voidaan valmistaa päällysteitä erikoistarpeisiin. Komposiiteissa halutaan yhdistää lipidipäällysteiden hyvä vedenkestävyys ja hydrokolloidipäällysteiden hyvä rakenne ja kaasunkestävyys. Yhdisteitä muodostamalla voidaan saada päällysteelle juuri sellaisia ominaisuuksia kuin halutaan, ja näin voidaan korvata yksittäisten päällysteiden huonoja ominaisuuksia./21/

3.4.7 Merilevät

Merilevät voidaan luokitella kolmeen pääryhmään, joita kutsutaan alginaateiksi, karrageeneiksi ja agareiksi. Alginaatti on näistä se polymeeri, jota voidaan käyttää rasvankestävien papereiden ja kartonkien päällystyksessä hyväksi. Alginaatti on lineaarinen, haarautumaton polymeeri, joka sisältää D-mannuroni ja L-glukuroni-hapon yksiköitä, ja edellä mainittujen asioiden takia se on erittäin anioninen tietyissä pH-olosuhteissa. Alginaatilla on hyvät kalvonmuodostusominaisuudet. Alginaattikalvo on läpinäkyvä ja sillä on hyvät happi- ja rasvabarrierit./21/

3.5 Rasvankestävien papereiden ja kartonkien käyttö

Rasvankestäviä papereita ja kartonkeja käytetään ruuan valmistuksessa ja sen varastoinnissa. Suurin osa elintarvikepakkauksista on rasvankestäviä papereita ja kartonkeja./37/

Tavallista paperia ei voida käyttää elintarvikkeiden pitkäaikaiseen säilömiseen, koska sillä on huonot barrier-ominaisuudet eikä se ole kuumasaumattavaa.

Elintarvikepakkauksissa käytettävät paperit ja kartongit on siis lähes aina käsitelty jollakin tavalla. Sulfiittisellusta valmistettua ja päällystettyä paperia voidaan käyttää keksien ja makeisten pakkaamisessa. Voin ja rasvan pakkaamiseen käytetään pergamenttipaperia./38/

Voipaperia käytetään erilaisten elintarvikkeiden pakkaamiseen tai ruuan valmistukseen. Ruuanlaitossa käytetään sen sijaan leivinpaperia. Se kestää kuumuutta paremmin kuin voipaperi, minkä vuoksi sitä voidaan käyttää myös sellaisenaan ruuanlaitossa, joka vaatii lämmittämistä tai paistamista./38/

Rasvankestäviä kartonkeja käytetään paljon esimerkiksi kertakäyttöastioissa, elintarvikkeiden, kosmetiikan, savukkeiden ja kosteiden elintarvikkeiden pakkaamiseen. Nestepakkauskartongit ovat rasvankestäviä kartonkeja. Nestepakkauskartonki on valkoista päällystettyä sisäkerroskartonkia. Nestepakkauskartongin lisäksi on taivekartonkeja, jota käytetään esimerkiksi suklaan, pesuaineiden, hygienia tuotteiden ja elintarvikkeiden pakkaamiseen. Erilaisia paperilaminaatteja käytetään kuivamuonien pakkaamiseen./37,38/

4. RASVANKESTÄVYYDEN MITTAAMINEN

Rasvankestävyyttä voidaan mitata erilaisilla standardeilla, kuten esimerkiksi TAPPI:n, ASTM:n tai ISO:n määrittelemillä standarditesteillä. Yleensä yritykset ja erilaiset tutkijaryhmät muokkaavat standardeista omiin vaatimuksiinsa sopivia testejä. Liitteessä I esitellään erilaisia rasvankestävyyden testausmenetelmiä. Jokaisesta testistä kerrotaan nimi se, mihin testi perustuu, testissä käytettävä rasva tai öljy, testiin kuluva aika ja tarvittava lämpötila. Suurin osa rasvankestävyydesteistä perustuu visuaalisiin havaintoihin. Jotta havainnoiminen olisi selkeämpää, käytetään testeissä usein värjättyjä rasvoja ja öljyjä.

Testeissä käytetään sellaisia rasvoja, öljyjä ja rasvaseoksia, joita rasvankestävien papereiden ja kartonkien tulisi kestää, mikä riippuu sen lopullisesta käyttötarkoituksesta. Leivonta- ja ruuanvalmistuspapereiden tulee kestää erilaisia elintarvikerasvoja korkeassa lämpötilassa. Pakkauksiin käytettäviltä rasvankestäviltä papereilta ja kartongeilta vaaditaan hyvää tuotteen suojauskykyä. Pakkauksen tulee säilyttää sen sisältämän tuotteen tuoreus ja estää erilaisten rasvojen läpäisevyys aina käsirasvasta rypsiöljyyn./39/

4.1 Rasvat

Joskus rasvankestävien papereiden ja kartonkien tulee kestää rasvoja korkeissakin lämpötiloissa ja joskus riittää, että ne kestävät rasvoja vain tietyn hetken ajan. Rasvankestävien papereiden ja kartonkien tulee kestää valoa, happea, mikro-organismeja ja vesihöyryn menetystä sekä aromeja. Tärkeää onkin tietää, mitä biologisia muutoksia erilaiset rasvat aiheuttavat pakkausmateriaalissa./40,41,42,43/

Rasvoista on julkaistu vähän tutkimuksia, jotka kertovat niiden pintajännityksestä, komponenteista tai johdannaisista. Kaikki rasvat sisältävät erilaisissa määrin erilaisia rasvahappoja ja triglyseridejä. Rasvankestävien papereiden ja kartonkien tulee kestää standarditestien mukaan seuraavia rasvahappoja: lauriinia-C12:0, myristiiniä-C14:0, palmitiinia-C16:0 ja öljyhappoa-C18:1 ja triglyserideistä niiden tulee kestää tricapryliiniä ja tripalmitiinia./44/

Rasvat ja öljyt ovat ei-polaarisia yhdisteitä, jotka koostuvat pääasiassa triglyserideistä eli glyserolin ja rasvahappojen estereistä. Rasvahapot voivat vaikuttaa rasvan käyttäytymiseen, esimerkiksi rasvan sorptioon ja permeaatioasteeseen. Rasvahapon pituus voi vaihdella neljästä hiiliatomista kahteenkymmeneen neljään hiiliatomiin riippuen kaksoissidosten määrästä alkyyli ketjussa. Rasvahappo voi olla tyydyttynyt tai tyydyttymätön./45/

4.2 ISO 16532-1 (DIN 53116)

Testissä käytetään reagenssina palmuöljyä, joka on värjätty punaiseksi. Palmuöljyä laitetaan 300µl näytteen päälle ja se puristetaan painon avulla vasten testattavaa paperia. Rasvan mahdollista imeytymistä paperin läpi seurataan 24 tunnin ajan 60 °C:ssa uunissa./46,47/

Testiä varten tarvitaan standardin mukainen koelaitteisto eli kehikko, jossa on kaksi tasoa. Päällimmäinen taso on lasia ja alimmainen taso on peili. Jokaista koepalaa varten tarvitaan kaksi metallipainoa, joiden alle näytepala asetetaan. Metallipainot saavat painaa 200g, ulkohalkaisija saa olla noin 65–70mm ja sisähalkaisija 55mm. Lisäksi tarvitaan metallipainot, jotka painavat näytteen

päälle laitetun palmuöljyn vasten näytettä. Nämä metallipainot saavat painaa standardin mukaan 50g–55g, ja halkaisijaltaan ne saavat olla 30 mm./46/

Testin mukaan näyte on rasvankestävää, jos reagenssi ei imeydy näytteen läpi 24 tunnin aikana. Testattavienpaperi- ja kartonkipalojen tulee olla kooltaan 50mm kertaa 50mm ja jokaisesta näytteestä otetaan kuusi rinnakkaista näytettä. Näytepalat testataan molemmilta puolilta./46,47/

4.3 TAPPI T 559, TAPPI UM 557 "Kit-test"

Testissä käytetään kahtatoista erilaista rasvaseosta, jotka sisältävät erilaisia määriä risiiniöljyä, 3,2-n-heptaania ja 3,3-tolueenia. Testissä laitetaan pipetillä yksi tippa seosta paperin pintaan, joka on kooltaan vähintään 51mm kertaa 152mm (standardi koko on 216mm kertaa 279mm). Seoksen annetaan olla paperin pinnalla 15 sekuntia, minkä jälkeen se pyyhitään pois ja tarkastetaan visuaalisen näköhavainnon avulla, onko rasva imeytynyt läpi vai ei. Jokaisesta näytteestä leikataan viisi rinnakkaista näytepalaa, jotka testataan molemmin puolin./48/

Alla olevassa taulukossa I on esitetty, mitä kukin testissä käytettävä rasva sisältää. Ensimmäinen rasva on miedoin ja viimeinen numero (12) on väkevin rasva. Mitä numeroltaan suuremman seoksen paperi kestää sitä parempi rasvankestävyys sillä on./48/

Taulukko I Kit-testissä käytettävien seoksien sisältö./48/

Kit No.	Risiiniöljy, g	Tolueeni, ml	n-heptaani, ml
1	969	0	0
2	872,1	50	50
3	775,2	100	100
4	678,3	150	150
5	581,4	200	200
6	484,5	250	250
7	387,6	300	300
8	290,7	350	350
9	193,8	400	400
10	96,9	450	450
11	0	500	500
12	0	450	550

5. KIERRÄTETTÄVYYS

Ihmiset arvostavat entistä enemmän tuotteita, jotka voidaan kierrättää tai hävittää niin, ettei ympäristö kärsi. Teollisuus on kysynnän vuoksi kiinnostunut tuottamaan tällaisia tuotteita, ja kiinnostusta on lisännyt myös se, että biomateriaalit ovat uusiutuvia luonnonvaroja. Ympäristöystävällisyys on erittäin tärkeää ruokapakkausteollisuudelle pakkausmateriaaleja valittaessa. Vielä 2000-luvullakin pakkausmateriaalien hävittäminen on ollut suuri ongelma eri maissa./49/

Monet yritykset ovat kehittäneet uusia, erilaisia tapoja valmistaa kierrätettäviä ja ympäristöystävällisiä materiaaleja. 1990-luvulla valmistettiin kierrätettäviä pakkausmateriaaleja, jotka perustuivat petrokemikaaleihin ja lateksiin. Petrokemikaaleilla on iso hiilijalanjälki ja lateksi oli usein vaikea kerätä talteen ja kierrättää. 2000-luvun kehitys on luonut paljon uusia ympäristöystävällisiä vaihtoehtoja barrier-pinnoitteiden suhteen./49,50/

Keräyskartongista ja paperista voidaan valmistaa uusiomassaa. Uusiomassaa voidaan lisätä uuden massan sekaan tai siitä voidaan valmistaa tuotteita yksinään. Suomessa ei tällä hetkellä saada tarpeeksi materiaalia uusiomassan valmistamiseen, ja siksi osa uusiomassan raaka-aineista joudutaan hankkimaan muualta. Pulperoinnin avulla kerran käytetty materiaali hajotetaan puhdistuksen eli siistauksen jälkeen materiaaliksi, jota voidaan käyttää massan raaka-aineena. /51,52/

Tulevaisuudessa entistä useammat paperi- ja kartonkimateriaalit voidaan kierrätyksen sijaan kompostoida. Tällä hetkellä suurin syy siihen, ettei kartonki- ja paperituotteita voi laittaa kompostiin, on niihin lisätyt öljypohjaiset lisäaineet, väriaineet ja päällysteet. Tulevaisuudessa voi olla mahdollista, ettei öljypohjaisia aineita tarvitsisi enää lisätä paperi- ja kartonkituotteisiin, vaan kaikki tarvittavat ominaisuudet saadaan lisättyä tuotteisiin erilaisten orgaanisten ja biohajoavien materiaalien avulla. /51/

5.1 Lainsäädäntö

Laki ja direktiivit määräävät miten yksityisten henkilöiden tulee kierrättää, mutta ne määrittävät myös miten yritysten ja kuntien tulee hoitaa kierrättäminen ja ympäristöasiat. EU:n direktiivissä 94/62/EY (23) säädetään toimenpiteistä pakkausjätteiden vähentämiseksi ja siinä asetetaan hyödyntämis- ja kierrätystavoite direktiivin 2004/12/EY (24) tasalle. Direktiivin 2004/12/EY (24) tavoite on, että vuoden 2008 loppuun mennessä 55–80 % pakkausjätteistä on kierrätettävä. Direktiivissä 99/31/EY(47) asetetaan tavoite pakkausmateriaalien kehittäjille ja elintarviketeollisuudelle, ja sen tavoitteena on ehkäistä tai ainakin vähentää kaatopaikkojen käyttöä sekä kehittää uusia jätteenkäsittelytekniikoita elintarvikepakkauksien kierrättämiseen. Elintarvikkeiden pakkausmateriaaleissa voidaan alkaa käyttää biopolymeerejä, tai sitten jätteet voidaan polttaa ja näin saada aikaan energiaa. Direktiivin 2008/98/EY mukaan kaikkien jäsenvaltioiden on pakko ryhtyä toimenpiteisiin kierrätyksen osalta. Jäsenvaltioiden tulee alkaa tehdä toimenpiteitä sen eteen, että kierrättäminen on mahdollista yksittäisillä henkilöillä ja yrityksillä./21,53,54,55/

Suomen jätelainsäädäntö seuraa EU:n jätelainsäädännön kehitystä. Suomen laissa jäte tarkoittaa ainetta tai esinettä, joka aiotaan poistaa joko vapaaehtoisesti tai velvoituksen myötä käytöstä. Vaarallisina jätteinä nähdään sellaiset esineet tai asiat, jotka voivat olla kemiallisen tai muun ominaisuuden vuoksi myrkyllisiä tai vaarallisia terveydelle tai ympäristölle. Suomen jätelain mukaan tärkeintä on jätteiden synnyn ehkäisy ja uudelleenkäyttö. Ensisijaisesti jätteet tulee hyödyntää raaka-aineena ja toissijaisesti ne voidaan hyödyntää energiana. Viimeinen vaihtoehto lain mukaan on turvallinen lopputuotteen kaatopaikalle. Jätteen tuottajalla on velvollisuus selvittää tuottamansa jätteen laatu, määrä, syntyperä ja sen terveys- ja ympäristövaikutukset. Jätteen tuottajalla on myös velvollisuus huolehtia jätteen keräyksen järjestämisestä./56,57,58/

5.2 Rasvankestävän tuotteen kierrättäminen ja uusiokäyttö

Rasvankestävien tuotteiden kierrätyksessä on yleensä se ongelma, että materiaalit ovat vaikeasti kierrätettävissä tai kuluttajille ei tarjota tarpeeksi toimivaa jätejärjestelmää. Jos jätejärjestelmä toimii ja materiaalit on mahdollista kierrättää,

saadaan osaavien kuluttajien ja toimivan jätejärjestelmän avulla kierrätettävät materiaalit tehtäisiin, joissa ne muokataan uusiomassaksi.

5.2.1 Pulpperoitavuus

Pulpperointi eli massan hajotus on yksi osa massankäsittelyä ja sen tehtävät riippuvat siitä, minkälaisesta prosessista on kyse. Pulpperoinniksi kutsutaan massassa olevien massaflokkien ja kuitujen hajottamista pienemmäksi. Massankäsittely voidaan jakaa useaan erilaiseen osaprosessiin seuraavasti: kemiallisen tai mekaanisen massan hajotus ja jauhatus; keräyspaperin hajotus, puhdistus ja jauhatus; hylkymassan käsittely; lisä- ja apuaineiden käsittely; massojen ja aineiden annostelu ja lyhyt kierto./2/

Massa hajotetaan pumpattavaan muotoon ennen jauhatusta erilaisten pulppereiden ja kuiduttimien avulla. Pulpperointi ei ole pitkä prosessi, sillä sama massa viipyy pulpperiammeessa usein vain alle 10 minuuttia. Nopea massan hajoaminen on mahdollista tehokkaan roottoriyksikön ja hyvän seulan ansiosta. Pulpperissa hajotettu massa voi tehokkaasta roottoriyksiköstä ja seulasta huolimatta sisältää kuituuntumattomia massaflokkeja./2/

5.2.2 Pulpperoinnin teoria

Paperimassan valmistus voidaan jakaa kolmeen vaiheeseen: massan sulputus, sulpun jauhatus ja lisäaineiden lisäys./59/

Pulpperi tunnetaan myös sulputtimena. Pulpperointi tehdään nykyisin yleensä jatkuvakäyttöisillä pulppereilla, joista tarpeeksi hajonneet kuidut jatkavat matkaa eteenpäin./60,61/

Pulpperissa hajotetaan myös hylkypaperi, jota syntyy kaikissa tehtäissä katkoissa, reunanauhojen leikkauksesta./59/

Uusiomassaa valmistettaessa suoritetaan aina pulpperointi. Uusiomassan raaka-aineena käytetään nimensä mukaan materiaalia, joka on ollut jo aikaisemmin paperia tai kartonkia. Yleensä kerran käytetyille ja kierrätetyille papereille tehdään heti ensimmäisenä siistaus eli painovärien, täyteaineiden ja muiden lisäaineiden poistaminen paperista tai kartongista./52/

5.2.3 Pulpperin rakenne ja toiminta

Yleisin massan sulputin on hydrapulpperi. Pulpperissa on yleensä pyöreä allas, joka voi olla vetoisuudeltaan 4–40m³ tai enemmän. Pulpperissa on yleensä yksi siipipyörä, jossa on pieniä siivekkeitä. Siipipyörän aiheuttama veden kiertoliike saa paalit sekoittumaan veteen ja pulpperissa muodostuvat pyörteet hajottavat paalit. Siipipyörää ympäröi yleensä rei'itetty rengaslevy, jonka läpi tarpeeksi hajotettu massa kulkee massakyyppiin. Pulpperit voivat olla sekä pysty- että vaaka-akselisia, niissä voi olla useampi roottori ja niiden siipipyörät voivat olla rakenteeltaan erilaisia./60,61/

6. KOKEELLISEN OSAN TAVOITE

Tarkoitus on selvittää kaupallisten pakkausmateriaalien ja leivontamateriaalien rasvankestävyyttä Kit-testin ja ISO 16532-1:n avulla. Kaiken kaikkiaan testattavia näytteitä oli 9 kappaletta ja ennakkotietojen mukaan hyvä rasvankestävyys. Työssä haluttiin myös selvittää, että ovatko testeistä saadut tulokset vertailukelpoisia.

7. KOKEELLISEN OSAN SUORITTAMINEN JA KOEJÄRJESTELYT

Kaikki kokeet suoritettiin Lappeenrannan teknillisen yliopiston kuitu- ja paperitekniikan laboratorioissa.

7.1 Näytteet

Ruuanvalmistukseen käytettäviä paperinäytteitä oli kolme. Loput kuusi näytettä olivat pakkausmateriaaleja. Näytepalat on leikattu 50mm kertaa 50mm kokoisiksi ISO-testiä varten.

Taulukossa II on lueteltu kaikki näytteet, niiden käyttötarkoitus ja päällystysmateriaali. Näytteet nimettiin aakkosten ja numeroiden avulla. Sama kirjain tarkoittaa, että näytteillä on sama valmistaja.

Taulukko II Näytteet

Tunnus	Käyttötarkoitus	Päällystys
A ₁	Leivinpaperi	Silikoni
A ₂	Voipaperi	Silikoni
B	Leivinpaperi	Silikoni
C ₁	Pakkausmateriaali	PET
C ₂	Pakkausmateriaali	PET
D ₁	Pakkausmateriaali	16 g/m ² LDPE:tä
D ₂	Pakkausmateriaali	15 g/m ² LDPE:tä ja 17 g/m ² PET:ä
E ₁	Päällystetty kartonki	Pinta kerros on tuplapigmenttipäällystys ja tausta kerros on 10 g/m ² dispersiopäällystys.
E ₂	Päällystetty kartonki	Pinta kerros on tuplapigmenttipäällystys ja tausta kerros on 15 g/m ² dispersiopäällystys.

A₁ ja A₂ ovat saman suomalaisen valmistajan valmistamia tuotteita. A₁ on valmistettu valkaistusta selluloosasta ja se kestää lämpöä 230 °C lämpötilaan asti. A₂ on valkaistu märkälujapergamiinilla ja se on valmistettu happokäsittelyn avulla. A₁ ja A₂ näytteiden suurin ero on se, ettei A₂ kestä lämpöä. Näyte B on valkaisematonta ja se on valmistettu Saksassa. B kestää lämpöä 220°C lämpötilaan asti.

Pakkauspaperi- ja kartonkinäytteitä oli saatu kolmelta eri valmistajalta. C₁ ja C₂ näytteiden ainoa ero on niiden paksuus. C₁ on paksuudeltaan 290+40 ja C₂ on paksuudeltaan 340+40. Näytteet D₁ ja D₂ olivat ainoita valkaisemattomia pakkauspapereita. Näyte E₁ koostuu viidestä kerroksesta. Sen runkona toimii 3-kerroskartonki, jossa on yksi kerros mekaanista sellua ja sen molemmilla puolilla kerrokset valkaistua kemiallista sellua. Pintakerros on tuplapigmenttipäällystys, ja taustakerros on 10 g/m² dispersiopäällystys. E₂ on muuten samanlainen kuin E₁ paitsi että sen taustakerros on 15 g/m² dispersiopäällystystä.

7.2 Kit-testin suorittaminen

Kit-testin suorittamiseen tarvittiin 12 erilaista rasvaseosta, pipettejä, sekuntikello, imupaperia ja harmaa alusta. Testissä käytettävät seokset ovat myrkyllisiä, ja siksi koe suoritettiin vetokaapissa. Ennen testin aloittamista leikattiin jokaisesta näytteestä viisi näytepalaa, jotka olivat kooltaan 51mm kertaa 152mm.

Kit-testi tehtiin TAPPI T 559 ja TAPPI UM 557 -standardien mukaan. Testiä tehdessä aloitettiin aina heikosta rasvaseoksesta ja edettiin kohti vahvaa rasvaseosta, kunnes saavutettiin rasvaseos, jota näytepala ei enää kestänyt. Rasvankesto määritettiin testissä visuaalisesti.

7.3 ISO 16532-1

Koe suoritettiin pääosin ISO 16532-1-standardin mukaan. Testin tarkkailuvälejä muokattiin niin, että tarkasteluvälejä suurennettiin omiin tavoitteisiin ja tarpeisiin sopiviksi. Esimerkiksi standardin mukaan 10 minuutista 30 minuuttiin näytteitä tulisi tarkastella kahden minuutin välein, mutta tästä testissä niitä tarkasteltiin 5 minuutin välein. Aikavälit on esitetty taulukossa III.

Näytteitä tarkkailtiin 24 tuntia. Tarkkailuväli kasvoi samalla kuin koeaika kasvoi. Jos rasva ei imeytynyt näytteen läpi 24 tuntiin, todettiin se rasvankestäväksi.

Taulukko III ISO-16532-1 testin tarkkailuväli

Näytteen tarkasteluväli, min	Aikaväli, jolloin näytteet otetaan, min
1	10
5	10-30
10	30-60
30	60-120
60	120-360
	24 h

Testin aluksi suoritettiin näytteistä perusmittauksia. Metallirenkaita ja kehikkoa lämmitettiin 30 minuuttia 60 °C uunissa, minkä jälkeen se otettiin näytteiden asettamista varten ulos uunista. Kuudesta näytepalasta kolme asetettiin päällystetty puoli ylöspäin ja kolme päällystetty puoli alaspäin. Leivinpaperi ja voipaperit olivat poikkeuksia, koska ne on päällystetty molemmin puolin.

Kuvassa 2 on asetettu kolmen eri näytteen kuusinäytepalasta lasilevyn päälle. Lasilevyn ja näytteiden välissä on imupaperia tehostamassa visuaalista havaintoa ja suojaamassa lasia. Renkaiden sisään annosteltiin 300µl värjättyä palmuöljyä ja öljyn päälle asetettiin pienempi metallirengas. Seuraavaksi kehikko siirrettiin valmiiksi lämmitettyyn uuniin ja aloitettiin tarkkailu.



Kuva 2 Kuvassa kehikko on asetettu uuniin ja sen päälle on asetettu 18 näytepalaa, joiden päällä on metallirenkaat.

8. TULOKSET

Jokaisesta näytteestä mitattiin paksuus ja määritettiin neliömassa. Näytteiden paksuudet on nähtävissä liitteessä II, ja näytteiden massat ja neliömassat on nähtävissä liitteessä III. Paksuuksien ja painojen keskiarvot ja niistä lasketut pinta-alat ja neliömassat ovat nähtävissä taulukoissa IV. Taulukosta IV voidaan nähdä, että leivinpaperit ja voipaperit ovat huomattavasti kevyempiä ja ohuempia kuin pakkauskartongit ja päällystetyt kartongit. Pakkauskartongit ja päällystetyt kartongit ovat paksumpia ja painavampia, koska ne koostuvat useasta eri kerroksista. Mielenkiintoista oli se, että valkaisuaineaton leivinpaperi on ohuempaa kuin valkaistu.

Taulukko IV Näytteiden perusarvoja

Näyte	A1	A2	B	C1	C2	D1	D2	E1	E2
Pinta-ala, m ²	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125
Paino, g	0,1091	0,0979	0,1058	0,7995	0,976	0,3809	0,3537	0,752	0,7137
Paksuus, µm	50,7	47,2	45,6	405,7	440,3	180	180	437,5	414,9
Neliömassa, g/m	0,8728	0,7832	0,8464	6,396	7,808	3,0472	2,8296	6,016	5,7096

8.1 Kit-testi

Liitteessä IV on tulostaulukko, johon on merkattu K- ja E-kirjaimilla, miten näytepala kesti rasvaseoksia. (K = näytepala kestää rasvaseoksen ja E = ei kestä.) Kaikki saadut tulokset on esitetty liitteessä IV, josta voidaan nähdä, että suurin osa näytteistä kesti vahvinta rasvaseosta 12. Kaikki leivinpaperit ja voipaperit kestivät hyvin rasvaseoksia, vaikka joissakin näytteissä saattoi aivan vahvimmissa rasvaseoksissa nähdä joitain imeytymisen merkkejä. Kaikki PET-päällysteiset näytteet kestivät todella hyvin kaikkia rasvaseoksia. Dispersiopäällysteiset näytteet E₁ ja E₂ kestivät pääsääntöisesti kaikkia rasvaseoksia, vaikka joissakin näytteissä alkoi kuitenkin näkyä imeytymistä rasvaseos numeron 9 jälkeen.

Visuaalisella näköhavainnolla oli suuri vaikutus tuloksiin. Osa rasvaseoksista haihtuivat helposti, ja jopa niiden aiheuttama imeytyminen näytepalan läpi saattoi haihtua nopeasti pois näkyvistä. Koetta tehdessä tuli seurata kokoajan näytepaloja tarkasti. Rasvaseoksia käsiteltäessä piti myös olla huolellinen, etteivät seokset pääse sekoittumaan. Rinnakkaisia näytteitä tuli olla useita ja testit piti toista standardin vaativissa olosuhteissa.

8.2 ISO 16532-1

Testin kaikki tulokset on esitetty liitteessä V. Tuloksista voidaan nähdä, että rasva ei yleensä päässyt läpi näytteistä, jotka oli asetettu päällystetty puoli ylöspäin. Sen sijaan näytteistä, joista oli asetettu ylöspäin päällystämätön puoli, rasva imeytyi läpi joko heti tai aivan alkutuntien aikana.

Yhden näytteen kohdalla löydettiin ilmakupla, ja monen muun näytteen kohdalla rasva pääsi valumaan metallirenkaiden alta näytepalan reunoilla ja imeytyi reunoja pitkin näytteen läpi tekemällä näytteestä kelvottoman tulosten tarkkailua varten. Jotta testiä voitaisiin pitää täysin luotettavana, tulisi sitä muokata. Parannuskeinoja voisivat olla reagenssimäärän vähentäminen tai metallirenkaiden painon tai koon muuttaminen.

Suurin ongelma testiä tehdessä oli se, että testissä käytetty rasva pääsi usein leviämään metallirenkaiden alta näytepalan reunoilla. Rasvan levittäytyminen reunoille sai aikaan vääränlaisen reaktion. Käytetty reagenssi imeytyi reunoista paperiin sen sijaan, että se olisi imeytynyt paperin läpi. Tällaisissa tapauksissa

saatua tulosta ei voitu ottaa huomioon. Näissä tapauksissa voitiin kuitenkin todeta, että näytekappaleen pinta oli niin rasvankestävä, että käytetty reagenssi liukui sen päältä pois. Päälystyksessä syntyneet ilmakuplat aiheuttivat myös ongelmia rasvankestävyyttesteissä. Ilmakupla voi aiheuttaa reiän päälystykseen ja käytettävä rasva pääsee imeytymään reiästä läpi.

8.3 Tulosten vertailu

Molemmista testeistä saadut tulokset olivat toisiinsa verrattavissa. Tulosten mukaan kaikki 9 testattavaa näytettä oli rasvankestäviä, aivan niin kuin niistä oli luvattu. Kummassakin testissä oli omat hyvät ja huonot puolensa. Molemmissa testeissä ongelmia aiheutti visuaalisen havainnon tekeminen ja reagenssin vääränlainen toimiminen.

ISO 16532-1-testissä heikkoutena on sen pitkä kesto ja reagenssin leviäminen näytteen reunoille. Hyvä puoli on se, että värjätyyn palmuöljyn ansiosta visuaalinen havainto on huomattavasti helpompaa kuin Kit-testissä. Kit-testin huonoja puolia ovat heikko visuaalisen havainnon tekeminen ja reagenssien helppo haihtuvuus ja myrkyllisyys. Hyviä puolia ovat testin nopeus ja tulosten tarkkuus.

9. YHTEENVETO

Biomateriaalit ovat herättäneet kiinnostusta viime vuosien aikana, koska on huomattu, että niiden avulla voidaan saada yhtä hyvä rasvankestävyys kuin PET-päälysteillä. Yksi isoimmista esteistä biomateriaalien käytössä on niiden kallis hinta öljypohjaisiin materiaaleihin verrattuna. Uusien tekniikoiden ja uusien tutkimustulosten ansiosta biomateriaalien ja uusiomateriaalien käyttö tulee varmasti lisääntymään tulevaisuudessa.

Paperilla tulee olla hyvät barrier-ominaisuudet huokoisuudessa, ilman läpäisevyydessä, rasvankestävyydessä, veden läpäisevyydessä, vesihöyryn läpäisevyydestä sekä hapen läpäisevyydessä. Rasvankestäviltä papereilta vaaditaan myös hyvää vetolujuutta, märkälujuuutta ja hyviä optisia ominaisuuksia. Myös neliömassan ja metallipitoisuuksien pitää pysyä sallittujen rajojen sisällä.

Rasvankestävien tuotteiden rasvankestävyyttä voidaan mitata erilaisten standardien avulla, joilla saada tarkkoja tuloksia tuotteen rasvankestävyydestä.

Jotkin testit antavat todella tarkkoja tuloksia, kun taas joidenkin avulla voidaan saada epätarkempia tuloksia, mutta suuremmalla varmuudella. Lähes kaikissa standardeissa tuloksen saaminen perustuu visuaaliseen havaintoon.

Testit voidaan todeta onnistuneeksi, koska tuloksien mukaan kaikki näytteet ovat rasvankestäviä. Kit-testi oli huomattavasti nopeampi ja sillä sai tarkempia tuloksia kuin ISO 16532-1 testistä. ISO 16532-1 testin isoin ongelma on tuloksen epävarmuus, pitkä kesto ja epäkäytännöllisyys. Sen hyviä puolia on tuloksen varmuus. Testit toimivat hyvin eri käyttötarkoituksissa, vaikka kummassakin testissä olisi vielä paranneltavaa.

LÄHTEET

1. Menander Paul Olof, Special type papers, *Paper and Board Grades*, Papermaking Science and Technology, Book 18, 1st edition, Paulapuro Hannu, Fabet Oy Jyväskylä, 2000
2. Hägglom-Ahnger Ulla, Komulainen Pekka, *Paperin ja kartongin valmistus*, kemiallinen metsäteollisuus II, 1st edition, opetushallitus, Hakapaino Oy, Helsinki, 2000
3. Kuusipalo Jurkka, characterization and converting of dispersion and extrusion coated HD-papers, Tampere 2003, *PFFC Peer-reviewed paper*
4. Massatyypit ja ominaisuudet, Knowpulp 10.0, e-learning Environment for Pulping and Automation [Intranet LUT] Available: LUT intranet for internal use, password required, [referred 27.3.2012]
5. Kjellgren Henrik, Barrier properties of greaseproof paper, Licenciate Thesis, Karlstad University, Department of Chemical Engineering, Karlstad, 2005
6. Plackett David, Introductory Overview, *Biopolymers-New Materials for Sustainable Films and Coatings*, ed. 1, Plackett David, John Wiley and Sons Ltd, United Kingdom, 2011
7. Leppänen-Turkula Annukka, Converted paper and paperboard as packaging materials, nimi, *Paper and Paperboard Converting*, Papermaking Science and Tecnology, Book 12, 1st edition, Savolainen Antti, Fabet Oy, Helsinki, 1998
8. SCA, kuluttajapakkaukset, Available: <http://www.scapackaging.com/fi/c/finland/Tuotteet/Tuotekatsaus/Kuluttajapakkaukset/>, [referred 25.3.2012]
9. Mondi group, extrusion coated materials, Available: <http://www.mondigroup.com/products/>, [referred 25.3.2012]
10. Stora Enso, Wide selection of packagingboards and papers, Available: <http://www.storaenso.com/PRODUCTS/PACKAGING/Pages/wide-selection-of-packaging-boards-and-papers.aspx>, [referred 25.3.2012]
11. Alstrom, greaseproof treated papers, Available: <http://www.ahlstrom.com/en/products/enduseApplication/foodAndRetail/foodPackaging/Pages/Greaseprooftreatedpapers.aspx/>, [referred 20.3.2012]
12. Foodproduction daily, fluorochemical-free grease resistant paper launched, Available: <http://www.foodproductiondaily.com/Packaging/Fluorochemical-free-grease-resistant-paper-launched/>, [referred 20.3.2012]

13. Gruenperga, greaseproofpaper, Available: http://www.gruenperga.de/html_e/greaseproof-paper.htm/, [referred 20.3.2012]
14. Solvay plastics, greaseproof coating, Available: http://www.solvayplastics.com/sites/solvayplastics/EN/Market/Pulp_Paper/Pages/Paper_Greaseproof_Coating.aspx, [referred 20.3.2012]
15. UPM, UPM lanseeraa ekologisen UPM swanbarrier paperivalikoiman, säilyttää leivän tuoreena ja sormet puhtaina, Available: <http://www.upm.com/FI/MEDIA/Uutiset/Pages/UPM-lanseeraa-ekologisen-UPM-SwanBarrier-%E2%80%93paperivalikoiman,-joka-s%C3%A4ilytt%C3%A4%C3%A4-leiv%C3%A4-001-Thu-12-Apr-2012-12-30.aspx/>, [referred 12.4.2012]
16. Ilvessalo-Pfäffli Marja-Sisko, Puun rakenne, *Puukemia*, Suomen Paperi-insinöörien Yhdistyksen oppi- ja käsikirja I, 2nded, Waldemar Jensen, Turku, 1977
17. Kainulainen Matti, Söderhjelm Liva, End-use properties of packaging papers and boards, *Pulp and Paper Testing*, Papermaking Science and Technology, Book 17, 1stedition, Levlin Jan-Erik, Söderhjelm Liva, Fabet Oy, Jyväskylä, 1999
18. Kimpimäki Tomi, Dispersion coating and product applications, *Paper and Paperboard Converting*, Papermaking Science and Tecnology, Book 12, 1st edition, Savolainen Antti, Fabet Oy, Jyväskylä, 1998
19. Mauranen Pekka, Tärkeimmät paperi- ja kartonkilajit, *Paperin valmistus* Suomen paperi-insinöörien yhdistyksen oppi- ja käsikirja III, osa 1., 2nd edition, Arjas Antti, Suomen Paperi-insinöörien yhdistys r.y., Turku, 1983
20. Laamanen Marikki, Lahti Johanna, Fibre-based packaging materials, *Paper and paperboard Converting*, Papermaking Science and Technology, Book 12, 2nd edition, Kuusipalo Jurkka, Paperi ja Puu Oy, Jyväskylä, 2008
21. Fernandez-Pan Idoya, Ignacio Mate Caballero Juan, Biopolymers for Edible Films and Coatings in Food Applications, *Biopolymers-New Materials for Sustainable Films and Coatings*, ed. 1, Plackett David, John Wiley and Sons Ltd, United Kingdom, 2011
22. Metsäteollisuuden työnantajaliitto, *Päällystys ja Laminointi*, Puusta Paperiin M-602, Myllykosken Kirjapaino Oy, Myllykoski, 1982
23. Vähä-Nissi Mika, Kimpimäki Tomi, Kuusipalo Jurkka, Savolainen Antti, Adhesion in extrusion coating of dispersion coatedpaper/paperboard, *Polymers, Laminations, &Coatings Conference*, 1997, TAPPI Press

24. Crumb C.H., De Gasperis L.E., Extrusion coating and Laminating, *Coating, Converting, and Specialty Processes*, Pulp and Paper Manufacture, Vol 8, 3rded, Kouris Michael, Joint Textbook Committee of the Paper Industry, Canada, 1990
25. Northwood T., Oakley-Hill D., *Wastebook*, Luton Friends of Earth, Environment Agency and the Building Research Establishment, 1999
26. Siracusa V, Rocculi P, Romani S., Dalla Rosa M., Biodegradable polymers for food packaging: a review. *Trends in Food Science and Technology*, **19**(2008)
27. Andersson Caisa, New Ways to Enhance the Functionality of Paperboard by Surface Treatment—a Review, *Packaging, Technology and Science*, **21**(2008)6
28. Khwaldia Khaoula, Arab-Tehrany Elmira, Desobry Stephane, Biopolymer Coatings on Paper Packaking Materials, *Comprehensive reviews in food science and food safety*, vol.9 (2010)
29. Pohjakallio Maija, Uusia materiaaleja nanoselluloosasta, *Kemia*, **2** (2012)
30. Aulin Christian, Gällstedt Mikael, Lindström Tom, Oxygen and oil barrier properties of microfibrillated cellulose films and coatings, *Cellulose*, **17**(2010)
31. Gällstedt Mikael, Brottman Angela, Hedenqvist Mikael S., Packaging-related Properties of Protein- and Chitosan-coated Paper, *Packaging Technology and Science*, **18**(2005)
32. Parris Nicholas, Dickey Leland. C., Wiles Jack. L., Moreau Robert. A., Cooke Peter H., Enzymatic Hydrolysis, Grease Permeation and Water Barrier Properties of Zein Isolate Coated Paper, *J. Agric. Food Chem.*, **48**(2000)3
33. Fernandez-Saiz Patricia, Lagaron M. Jose, Chitosan for film and coating applications, *Biopolymers-New Materials for Sustainable Films and Coatings*, ed. 1, Plackett David, John Wiley and Sons Ltd, United Kingdom, 2011
34. Ham-Pichavant F., Sebe G., Pradon P., Coma V., Fat resistance properties of chitosan-based paper packaging for food applications, *Carbohydrate Polymers*, **61**(2005)
35. Kjellgren Henrik, Gällstedt Mikael, Engström Gunnar, Järnström Lars, Barrier and surface properties of chitosan-coated greaseproof paper, *Carbohydrate Polymers*, **65**(2006)
36. Brown James T, Kotoye Femi O, Synthetic plastic pigments, *Pigment Coating and Surface Sizing of Paper*, Papermaking Science and Tecnology, Book 11, 1sted, Lehtinen Esa, Fabet Oy, Jyväskylä, 2000

37. Tuotteet, Knowpap 10.0, e-learning Environment for Pulping and Automation [Intranet LUT] Available: LUT intranet for internal use, password required, [referred 15.5.2012]
38. Marsh Kenneth, Bugusu Betty, Food Packaging-Roles, Materials, and Environmental Issues, *Journal of food science*, **72**(2007)3
39. Gietl Martha L., Schmidt Hans-Werner, Giesa Reiner, Terrenoire Alexandre, Balk Roelof, Semiquantitative method for the evaluation of grease barrier coatings, *Progress in Organic Coatings*, **66** (2009)
40. vom Bruck C.G., Figge K., Rudolph F., Interaction of Fat-Containing Food with Plastics Packaging, *JAACS*, (1981)
41. Baner A., Bieber W., Figge K., Franz R., Piringer O., Alternative fatty food stimulants for migration testing of polymeric food contact materials, *Food Additives And Contaminants*, **9**(1992)2
42. Hernandez-Munoz Pilar, Catala Ramon, Gavara Rafael, Effect of Sorbed Oil on Food Aroma Loss through Packaging Materials, *J. Agric. Food Chem.*, **47**(1999)10
43. Hotchkiss Joseph H., Food-packaging interactions influencing quality and safety, *Food Additives and Contaminants*, **14**(1997)6-7
44. Chumpitaz Lucy D.A., Coutinho Lilian F., Meirelles Antonio J.A., Surface Tension of Fatty Acids and Triglycerides, *JAACS*, **76**(1999)3
45. Auvinen Sanna, Lahtinen Kimmo, Converted paper and paperboard as packaging materials, *Paper and paperboard Converting*, Papermaking Science and Technology, Book 12, 2nd edition, Kuusipalo Jurkka, Paperi ja Puu Oy, Jyväskylä, 2008
46. ASTM, Standard Test Method for Rate of Grease Penetration of Flexible Barrier Materials (Rapid Method), F119-82 (Reapproved 1992)
47. Draft International Standard ISO/DIS 16532-1, Paper and board-Determination of grease resistance, Part1: Grease permeability method, international organization for standardization, 2007
48. Grease resistance test for paper and paperboard, T 559 cm-02, Provisional method-1996, Classical method-2002, TAPPI, 2002

49. Klass Charles P, Recyclable Barrier Coatings Offer Alternative, Available: <http://www.packaging-online.com/paperboard-features/recyclable-barrier-coatings-offer-alternative/>, [referred 18.4.2012]
50. Parris Nicholas, Sykes Marquerite, Dickey Leland C., Wiles Jack L., Urbanik Thomas J., Cooke Peter H, Recyclable Zein-Coated Kraft Paper and Linerboard, *Progress in Paper Recycling*, Vol. 11(2002)3, 2002
51. Lajittelu apuri, energiajää, Available: <http://www.lajitteluapuri.fi/etusivu>, [referred 18.4.2012]
52. Seppälä Markku J., Klemetti Ursula , Kortelainen Veli-Antti, Lyytikäinen Jorma, Siitonen Heikki, Sironen Raimo, *Paperimassan valmistus*, Kemiallinen metsäteollisuus I, 1st-2nd edition, Seppälä Markku J., Opetushallitus, Saarijärvi, 2002
53. 23 Directive 1994/62/EC Packaging and Packaging Waste Directive 94/62/EC
54. 24 Directive 2004/12/EC amending Directive 94/62/EC on packaging and packaging waste
55. 47 Landfill Directive (1999/31/EC) 1999. European Commission. Official J. Eur. Communities 1182/1-19, 16 July
56. Lassila-tikanoja, laki ja määräykset, Available: <http://www.lassila-tikanoja.fi/fi/kierratysopas/yritysjahteiso/laki/Sivut/Default.aspx/>, [referred 18.4.2012]
57. Finlex, jätelaki 3.12.1993/1072, 17.6.2011/646, 646/2011 148 2 ja 3 mom., Available: [http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1993/19931072?search\[type\]=pika&search\[pika\]=j%C3%A4telaki/](http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1993/19931072?search[type]=pika&search[pika]=j%C3%A4telaki/), [referred 18.4.2012]
58. Kokkonen Tuomas, *Suomen laki III*, Talentum media Oy, Helsinki, 2011
59. Metsäteollisuuden työnantajaliitto, *Paperikoneet yleistä*, Puusta paperiin M-502, 2nd edition, Gummerus Kirjapaino Oy, Saarijärvi, 1997
60. *Kartonkikoneet*, Puusta paperiin M-506, 2nd edition, SEPSILVA LTD OY, Metsäteollisuuden työnantajaliitto, Saarijärvi, 1997
61. Holik Herbert, Unit operations and equipment in recycled fiber processing, *Recycled Fibre and Deinking*, Papermaking Science and Technology, Book 7, 1st edition , Pakarinen Heikki, Götsching Lothar, Fabet Oy, Jyväskylä, 2000

Liitteet

Liite I	Rasvankestävyydestejä
Liite II	Näytteiden paksuudet
Liite III	Näytteiden massat ja neliömassat
Liite IV	Kit-testin tulokset
Liite V	ISO 16532-1 testin tulokset (3)

Table 1
Comparison of different grease barrier test methods.

Entry	Identification	Title	Summary	Penetrating oil/dye	Temperature/time	Evaluation	Reference
1	ISO 16532-1 (DIN 53116)	Paper and board—Determination of grease resistance, Part 1: Permeability test	Oil is pressed by a weight, and show-through time and break-through time are observed with a mirror	Palm kernel oil, red dye weight	r.t. ^a , up to 24 h	Time for “show-through” and “break-through” are measured	
2	ASTM D 722/TAPPI T 454	Standard Test Method for Grease Resistance of Paper/Turpentine test for grease resistance of paper	Pile of sand wetted with a dyed oil is placed on top of the coating and the penetration is recorded on a subjacent paper	Turpentine, red dye	r.t., max. 1800 s	Report time for visual stain penetration	
3	ASTM F 119/TAPPI T 507	Standard Test Method for Rate of Grease Penetration of Flexible Barrier Materials (Rapid Method)	Flexible barrier materials, uncreased or creased, are exposed on one side to grease in a weighted cotton patch	Animal, mineral, or vegetable oil weight	40 or 60 °C, not restricted	Time required to show a visual change (reduction in light scattering) by wetting	See also [10]
4	Breeze & Cheney (based on ASTM F 119)	Improved test for monitoring the grease permeation through substrates	Automated test by using a frosted glass plate and a computer camera	Vegetable oil	See ASTM F119 but drying of the oil during the test is suppressed	By time-lapse photography of the frosted glass plate the transition from opaque to clear is monitored	[11]
5	RP-2 test	Hot oil resistance of creased paper specifically for pet food applications	Similar to entry 2, a sand pile wetted with turpentine/dye is placed on creased paper	Turpentine, synthetic oil red dye	60 °C, 24 h	Percent area penetrated, as detected on a marked grid under the treated paper	[12]
6	TAPPI T 462	Castor-oil penetration test for paper	Time is measured which is required for a drop of oil to produce a translucent spot on the under side by permeation	Castor oil	r.t., not restricted	Time until a translucent spot on the under side is visible in a mirror set-up	
7	Marjaski, Järvelä & Penttinen	Grease resistance test for polymer coated soft packaging materials	Oil stored on top of the coating confined by a ring penetrates the coated material	Vegetable oil weight	70 °C, up to 80 days	Failure is noted by observing spots on a subjacent blotting paper	[13]
8	“Kit-test” TAPPI T 559, TAPPI UM 557	Grease Resistance Test for Paper and Paperboard	Certain amount of one of the 12 mixtures of castor oil/toluene/n-heptane with decreasing amount of castor oil is applied	Castor oil (kit 1), toluene/heptane (kit 12 at 90:110, v/v) Sudan Blue	r.t., 15 s	Kit value: 1–12; highest number solution (equals less castor oil) that will not penetrate	
9	Vähä-Nissi, Mervinen, Lau et al.	Grease resistance evaluation by a cup method	Oil is poured in a folded cup with creases and assessed visually	Colored turnip oil	r.t.	A value from 0 (“no penetration”) to 5 (“total penetration”) is assigned	[14,15]
10	Lange, Pelletier & Wyser	Pet food packaging test	Fat is mixed with silica gel and placed on the paper/board. Scores are given based on visual observation	Chicken fat, paraffin, oleic acid weight	60, 70, and 80 °C, 2–24 h	Score 1 (“no stains”), score 4 (“major staining with > 30% of total area”)	[16]
11	Valera, Chaussy & Passas	Pet food croquettes test	Pet food stains a blotting paper which is separated by coated papers	Pet food weight	Oven	Number of stains on the sandwiched blotting paper are counted	[7]
12	Clariant test	Oil absorbency test	Oil is contacted with the surface of the coated paper or board, and the degree of absorbency of the oil into the paper is assessed gravimetrically	Com oil Sudan Blue 35	r.t., 10 min	Absorbed oil is measured gravimetrically in g/m ²	[17]
13	Hot Mazola Oil Test		1 ml oil is placed on the fluorochemically treated paper	Com oil	100–110 °C, 20 min	Oil absorbed in the paper is calculated in %	[12]

^a Room temperature.

Liite II Näytteiden paksuudet

1(1)

D2						
Näyte numero	Mittauskohta (mikrometriä)					yht
	1	2	3	4	5	
1	181	181	180	179	179	180
1	181	180	178	180	179	179,6
2	183	181	182	180	178	180,8
2	177	180	180	177	176	178
3	178	182	180	180	182	180,4
3	178	182	181	182	182	181
					yht	180,0

C1						
Näyte num	Mittauskohta (mikrometriä)					yht
	1	2	3	4	5	
1	403	400	410	400	414	405,4
1	392	406	406	411	408	404,6
2	405	407	397	402	394	401
2	401	408	408	403	397	403,4
3	403	410	419	417	392	408,2
3	405	412	418	409	414	411,6
					yht	405,7

D1						
Näyte numero	Mittauskohta (mikrometriä)					yht
	1	2	3	4	5	
1	179	178	178	179	179	178,6
1	178	179	181	178	179	179
2	181	183	178	181	183	181,2
2	181	185	181	181	182	182
3	178	181	180	179	178	179,2
3	180	179	182	179	180	180
					yht	180

C2						
Näyte num	Mittauskohta (mikrometriä)					yht
	1	2	3	4	5	
1	433	426	438	439	420	431,2
1	454	434	438	429	409	432,8
2	470	448	469	451	448	457,2
2	455	452	462	442	457	453,6
3	420	417	438	434	427	427,2
3	430	448	437	437	446	439,6
					yht	440,3

E1						
Näyte numero	Mittauskohta (mikrometriä)					yht
	1	2	3	4	5	
1	444	440	444	442	444	442,8
1	441	441	442	440	438	440,4
2	433	435	434	433	431	433,2
2	431	434	433	433	433	432,8
3	436	438	437	438	441	438
3	437	437	439	438	439	438
					yht	437,5

E2						
Näyte num	Mittauskohta (mikrometriä)					yht
	1	2	3	4	5	
1	409	411	413	413	413	411,8
1	411	412	411	411	415	412
2	418	418	416	417	416	417
2	417	416	417	414	414	415,6
3	418	414	418	418	416	416,8
3	421	411	418	418	414	416,4
					yht	414,9

A1						
Näyte numero	Mittauskohta (mikrometriä)					yht
	1	2	3	4	5	
1	50	49	49	49	48	49
1	50	51	50	50	51	50,4
2	50	49	51	51	49	50
2	50	50	51	51	51	50,6
3	52	52	51	52	52	51,8
3	52	52	52	52	54	52,4
					yht	50,7

B						
Näyte num	Mittauskohta (mikrometriä)					yht
	1	2	3	4	5	
1	45	46	46	45	46	45,6
1	46	46	46	45	46	45,8
2	47	46	46	46	45	46
2	44	46	46	46	47	45,6
3	45	46	46	44	46	45,4
3	45	45	45	46	45	45,2
					yht	45,6

A2						
Näyte numero	Mittauskohta (mikrometriä)					yht
	1	2	3	4	5	
1	48	47	48	48	47	47,6
1	49	48	48	48	47	48
2	47	48	48	47	49	47,8
2	47	48	46	47	47	47
3	46	47	47	46	46	46,4
3	46	48	46	47	45	46,4
					yht	47,2

Näytteiden massat

D2	
Näyte numero	Massa (g)
1	0,381
2	0,3809
3	0,3808
4	0,3811
5	0,3807
6	0,3809
yht	0,3809

C1	
Näyte numero	Massa (g)
1	0,7994
1	0,7995
2	0,7996
2	0,7998
3	0,7992
3	0,7996
yht	0,7995

D1	
Näyte numero	Massa (g)
1	0,3535
2	0,3539
3	0,354
4	0,3534
5	0,3536
6	0,3537
yht	0,3537

C2	
Näyte numero	Massa (g)
1	0,9761
1	0,9763
2	0,976
2	0,9762
3	0,9764
3	0,9763
yht	0,9762

E1	
Näyte numero	Massa (g)
1	0,7518
2	0,7522
3	0,752
4	0,7524
5	0,752
6	0,7516
yht	0,752

E2	
Näyte numero	Massa (g)
1	0,7133
2	0,7137
3	0,7141
4	0,7136
5	0,7139
6	0,7138
yht	0,7137

A1	
Näyte numero	Massa (g)
1	0,109
2	0,1093
3	0,1092
4	0,1088
5	0,1093
6	0,1092
yht	0,1091

B	
Näyte numero	Massa (g)
1	0,1056
2	0,1061
3	0,1062
4	0,1058
5	0,1056
6	0,10556
yht	0,1058

A2	
Näyte numero	Massa (g)
1	0,0979
2	0,0982
3	0,0978
4	0,0977
5	0,0978
6	0,0981
yht	0,0979

Näytteiden perusarvoja									
näyte	A1	A2	B	C1	C2	D1	D2	E2	E1
pinta-ala (m ²)	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125
paino(g)	0,1091	0,0979	0,1058	0,7995	0,976	0,3809	0,3537	0,7137	0,752
paksuus(μm)	50,7	47,2	45,6	405,7	440,3	180	180	414,9	437,5
neliömassat(g/m)	0,8728	0,7832	0,8464	6,396	7,808	3,0472	2,8296	5,7096	6,016

Liite IV

Kit-testin tulokset

1(1)

Kitt-testi 4.4.2012

K= Kestää E= Ei kestä

Rasva näyte	B					A1					A2				
	Näyte 1.	Näyte 2.	Näyte 3.	Näyte 4.	Näyte 5.	Näyte 1.	Näyte.2	Näyte3.	Näyte 4.	Näyte 5.	Näyte 1.	Näyte 2.	Näyte 3.	Näyte 4.	Näyte 5.
1	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K
2	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K
3	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K
4	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K
5	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K
6	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K
7	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K
8	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K
9	K	K	K	K	K	E	K	E	E	K	K	K	K	K	K
10	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K
11	K	K	K	K	K	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
12	K	K	K	K	K	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E

Rasva näyte	C1					C2					E1				
	Näyte 1.	Näyte 2.	Näyte 3.	Näyte 4.	Näyte 5.	Näyte 1.	Näyte 2.	Näyte 3.	Näyte 4.	Näyte 5.	Näyte 1.	Näyte 2.	Näyte 3.	Näyte 4.	Näyte 5.
1	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K
2	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K
3	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K
4	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K
5	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K
6	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K
7	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K
8	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K
9	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	E	K	K	K	E
10	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	E	E	E	E	E
11	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	E	E	E	E	E
12	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	E	E	E	E	E

Rasva näyte	D2					D1					E2				
	Näyte 1.	Näyte 2.	Näyte 3.	Näyte 4.	Näyte 5.	Näyte 1.	Näyte 2.	Näyte 3.	Näyte 4.	Näyte 5.	Näyte 1.	Näyte 2.	Näyte 3.	Näyte 4.	Näyte 5.
1	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K
2	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K
3	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K
4	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K
5	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K
6	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K
7	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K
8	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	E	K	K
9	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	E	E	E	E	E
10	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	E	E	E	E	E
11	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	E	E	E	E	E
12	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	E	E	E	E	E

Alka (min)	Näyte			E1			E2			Näyte			E1			Näyte			C1		
	1(päälystetty)	2(päälystetty)	3(päälystetty)	1	2	3	1(päälystetty)	2(päälystetty)	3(päälystetty)	1	2	3	1(päälystetty)	2(päälystetty)	3(päälystetty)	1	2	3			
1 R	X	R	R	R	X	R	R	X	R	R	X	R	R	X	R	R	X	R			
2 R	X	R	R	R	X	R	R	X	R	R	X	R	R	X	R	R	X	R			
3 R	X	R	R	R	X	R	R	X	R	R	X	R	R	X	R	R	X	R			
4 R	X	R	R	R	X	R	R	X	R	R	X	R	R	X	R	R	X	R			
5 R	X	R	R	R	X	R	R	X	R	R	X	R	R	X	R	R	X	R			
6 R	X	R	R	R	X	R	R	X	R	R	X	R	R	X	R	R	X	R			
7 R	X	R	R	R	X	R	R	X	R	R	X	R	R	X	R	R	X	R			
8 R	X	R	R	R	X	R	R	X	R	R	X	R	R	X	R	R	X	R			
9 R	X	R	R	R	X	R	R	X	R	R	X	R	R	X	R	R	X	R			
10 R	X	R	R	R	X	R	R	X	R	R	X	R	R	X	R	R	X	R			
15 R	X	R	R	R	X	R	R	X	R	R	X	R	R	X	R	R	X	R			
20 R	X	R	R	R	X	R	R	X	R	R	X	R	R	X	R	R	X	R			
25 R	X	R	R	R	X	R	R	X	R	R	X	R	R	X	R	R	X	R			
30 R	X	R	R	R	X	R	R	X	R	R	X	R	R	X	R	R	X	R			
40 R	X	R	R	R	X	R	R	X	R	R	X	R	R	X	R	R	X	R			
50 R	X	R	R	R	X	R	R	X	R	R	X	R	R	X	R	R	X	R			
60 R	X	R	R	R	X	R	R	X	R	R	X	R	R	X	R	R	X	R			
90 R	X	R	R	R	X	R	R	X	R	R	X	R	R	X	R	R	X	R			
120 RN	X	R	R	R	X	R	R	X	R	R	X	R	R	X	R	R	X	R			
180 IR	X	R	R	R	X	R	R	X	R	R	X	R	R	X	R	R	X	R			
240 IR	N	R	R	R	I	I	N	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R			
300 IR	I	R	R	R	I	I	I	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R			
360 IR	I	R	R	R	I	I	I	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R			
24(h)	IR	IR	I	I	I	I	IR	IR	IR	IR	IR	IR	IR	IR	IR	IR	IR	IR			

I	Imeytynyt läpi
X	Ei mitään
R	Imeytynyt reunoista
N	Imeytynyt vähän
K	Ilmakupla/läpi
IR	Imeytynyt reunoista läpi

Alka (min)	Näyte			Näyte			Näyte		
	1(päällystetty)	2(päällystetty)	3(päällystetty)	1	2	3	1(päällystetty)	2(päällystetty)	3(päällystetty)
1X	X	X	X	I	I	X	X	X	X
2X	X	X	X	I	I	X	X	X	X
3X	X	X	X	I	I	X	X	X	X
4X	X	X	X	I	I	X	X	X	X
5R	R	R	R	I	I	X	X	R	R
6R	R	R	R	I	I	X	X	R	R
7R	R	R	R	I	I	X	X	R	R
8R	R	R	R	I	I	X	X	R	R
9R	R	R	R	I	I	X	X	R	R
10R	R	R	R	I	I	X	X	R	R
15R	R	R	R	I	I	X	X	R	R
20R	R	R	R	I	I	R	R	R	R
25R	R	R	R	I	I	R	R	R	R
30R	R	R	R	I	I	R	R	R	R
40R	R	R	R	I	I	R	R	R	R
50R	R	R	R	I	I	R	R	R	R
60R	R	R	R	I	I	R	R	R	R
90R	R	R	R	I	I	R	R	R	R
120R	R	R	R	I	I	R	R	R	R
180R	R	R	R	I	I	R	R	R	R
240R	R	R	R	I	I	R	R	R	R
300R	R	R	R	I	I	R	R	R	R
360R	R	R	R	I	I	R	R	R	R
24(h)	R	R	R	I	I	R	R	R	R

I	Imeytyneyt läpi
X	Ei mitään
R	Imeytyneyt reunoista
N	Imeytyneyt vähän
K	Ilmakupla/läpi
IR	Imeytyneyt reunoista läpi

3(3)

ISO 16532-1 testin tulokset

Liite V

Aika (min)	Näyte			Näyte			Näyte			Näyte					
	1(päälystetty)	2(päälystetty)	3(päälystetty)	1	2	3	1(päälystetty)	2(päälystetty)	3(päälystetty)	1	2	3	1(päälystetty)	2(päälystetty)	3(päälystetty)
1 R	X	R	R	R	X	R	X	X	R	X	X	R	R	R	R
2 R	X	R	R	R	X	R	X	X	R	X	X	R	R	R	R
3 R	X	R	R	R	X	R	X	X	R	X	X	R	R	R	R
4 R	X	R	R	R	X	R	X	X	R	X	X	R	R	R	R
5 R	X	R	R	R	X	R	X	X	R	X	X	R	R	R	R
6 R	X	R	R	R	X	R	X	X	R	X	X	R	R	R	R
7 R	X	R	R	R	X	R	X	X	R	X	X	R	R	R	R
8 R	X	R	R	R	X	R	X	X	R	X	X	R	R	R	R
9 R	X	R	R	R	X	R	X	X	R	X	X	R	R	R	R
10 R	X	R	R	R	X	R	X	X	R	X	X	R	R	R	R
15 R	X	R	R	R	X	R	X	X	R	X	X	R	R	R	R
20 R	X	R	R	R	X	R	X	X	R	X	X	R	R	R	R
25 R	X	R	R	R	X	R	X	X	R	X	X	R	R	R	R
30 R	X	R	R	R	X	R	X	X	R	X	X	R	R	R	R
40 RN	X	RN	RN	RN	RN	RN	RN	RN	RN	RN	RN	RN	RN	RN	RN
50 RN	X	RN	RN	RN	RN	RN	RN	RN	RN	RN	RN	RN	RN	RN	RN
60 RN	X	RN	RN	RN	RN	RN	RN	RN	RN	RN	RN	RN	RN	RN	RN
90 RN	X	RN	RN	RN	RN	RN	RN	RN	RN	RN	RN	RN	RN	RN	RN
120 RN	X	RN	RN	RN	RN	RN	RN	RN	RN	RN	RN	RN	RN	RN	RN
180 RN	X	RN	RN	RN	RN	RN	RN	RN	RN	RN	RN	RN	RN	RN	RN
240 RN	X	RN	RN	RN	RN	RN	RN	RN	RN	RN	RN	RN	RN	RN	RN
300 RN	X	RN	RN	RN	RN	RN	RN	RN	RN	RN	RN	RN	RN	RN	RN
360 RN	X	RN	RN	RN	RN	RN	RN	RN	RN	RN	RN	RN	RN	RN	RN
24(h)	IR	X	IR	IR	IR	X	IR	IR	IR	IR	X	IR	IR	IR	IR

I	Imeytynyt läpi
X	Ei mitään
R	Imeytynyt reunoista
N	Imeytynyt vähän
K	Ilmakupla/läpi
IR	Imeytynyt reunoista läpi