



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

Biopohjaisten pakkausten ominaisuudet

Markus Grannas

Opinnäytetyö
Toukokuu 2018
Biotuote- ja prosessitekniikka
Biotuotetekniikka



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Biotuote- ja prosessitekniikka
Biotuotetekniikka

Markus Grannas
Biopohjaisten pakkausten ominaisuudet
Opinnäytetyö 69 sivua, joista liitteitä 14 sivua
Toukokuu 2018

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia, kuinka kaurankuori, porkkana ja rahkasammal vaikuttavat paperin ja kartongin ominaisuuksiin. Teollisuudessa jää suuret määrät sivuvirtoja, joita ei hyödynnetä tai hyödynnetään heikosti. Tässä työssä tutkitaan, jos niitä voisi hyödyntää paperin valmistuksessa positiivisin vaikutuksin.

Monissa kasveissa on aineosia, joilla on antimikrobisia vaikutuksia, ja opinnäytetyössä olikin tavoitteena selvittää, lisäävätkö tutkitut sivuvirrat elintarvikkeiden säilyvyyttä. Tällöin ruoka-aineiden patogeenisten ja pilaantumista edistävien mikrobien määrä vähenisi, jolloin pystyttäisiin vaikuttamaan positiivisesti maailman ravintohävikkiin.

Tutkimus suoritettiin Tampereen ammattikorkeakoulun paperi- ja pakkauslaboratorion tiloissa. Laboratoriossa valmistettiin referenssiarkkeja, jotka sisälsivät vain mäntysellua, ja arkkeja, jotka sisälsivät sellun lisäksi kaurankuorta, porkkanaa tai rahkasammalta. Tutkittavien lisäjakeiden osuudet arkeissa olivat 5 %, 15 % ja 30 % arkin koko kuiva-aineen massasta. Arkeista tutkittiin perus-, lujuus- ja absorptio-ominaisuuksia. Näiden lisäksi suoritettiin makutesti ja tutkittiin lisäjakeiden mahdollisia antifungaalisia vaikutuksia. Arkit kalanteroitiin ennen mittauksien suorittamista TAMKIn kalanterilla.

Perusominaisuuksien tuloksista havaittiin, että vaikka arkkien neliömassa oli lähes sama, niin arkeilla, jotka sisälsivät rahkasammalta ja kaurankuoria, oli matalammat tiheyden arvot. Porkkanaa sisältävät arkit olivat sen sijaan huomattavasti lähempänä referenssiä. Absorption arvoissa porkkanaa sisältävien näytteiden arvot olivat samaa tasoa tai alempia kuin referenssin ja korkeampia kuin rahkasammalta ja kaurankuorta sisältävien. Repäisy- ja lujuudessa pienen pitoisuuden lisäpaperit olivat referenssiä parempia. Vetolujuusindeksissä ne olivat selvästi referenssiä huonompia, mutta pienen pitoisuuden porkkanaa sisältävä paperi ei ollut merkittävästi referenssiä huonompi. Makutestissä, jossa testattavana oli korkeimman sivujakeen pitoisuuden paperit, havaittiin lisäjakeiden aiheuttavan vahvoja sivumakuja tuotteisiin, mikä ei ole toivottavaa. Antifungaalisia ominaisuuksia tutkittaessa ei päästy käyttämään varsinaisia tarkoitukseen kehitettyjä menetelmiä. Työssä päädyttiin testaamaan, onko kirsikkatomaattien ja viinirypäleiden säilyvyydessä eroja näistä eri raaka-aineista tehdyissä rasioissa verrattuna muovirasiaan. Näissä koeksissa ei havaittu juurikaan eroja eri mittauspisteiden välillä.

Tutkimuksissa selvisi, että jatkotutkimuksissa kannattaisi käyttää paremmin antifungaalisuutta mittaavia testejä, kuten kiekkomenetelmää tai migraatiotestejä. Näiden lisäksi kannattaa pyrkiä selvittämään, saisiko sivuraaka-aineiden erilaisilla käsittelyillä paperin tärkeisiin ominaisuuksiin haluttuja vaikutuksia.

Asiasanat: antifungaalisuus, kaurankuori, migraatio, porkkana, rahkasammal

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Bioproduct- and process engineering
Markus Grannas
Properties of Biobased Packages

Bachelor's thesis 69 pages, appendices 14 pages
May 2018

The purpose of this paper was to study how the oak shell, carrot and *Sphagnum* moss affect the properties of paper and board. In industry there are large volumes of side streams that are not utilised or are poorly utilised. In addition, there are large quantities of unused raw materials which could be used, at least theoretically, in paper making with positive effects.

An important research topic was the possible antimicrobial effects of the used side streams on food. Should this be the case, the number of pathogens and detrimental microbes of food would be reduced, thus positively affecting the world's nutrient losses.

The work was conducted at the Tampere University of Applied Sciences paper laboratory. The work was carried out by making reference sheets containing only pine pulp and sheets containing oat shells, carrots or *Sphagnum* moss in addition to pulp. The concentrations of the combinations were 5 %, 15 % and 30 % of the total dry mass of the sheet. The sheets examined basic-, strength- and absorption properties. In addition to these, a taste test was carried out, and the possible antifungal effects of the fractions were studied. The sheets were calendered with TAMK calender machine before measuring the properties.

Based on the results of the basic properties, it was found that even if the sheets were almost the same weight the sheets containing *Sphagnum* moss and oat shells, had lower density than the reference. Instead, the sheets containing carrot were much closer to the reference. In the absorption values the samples containing carrot were at the same level or lower with the reference. Sheets containing *Sphagnum* moss or oat shells on the other hand had much higher absorption properties. In the strength properties, all the additional fractions clearly weakened the properties of the sheets noticeable at 30% concentrations, but on the tear strength a small addition of side stream had positive effects. The flavor test found out that additional fractions produces strong side flavor in the products, which is not desirable. While studying the antifungal properties, the actual testing methods could not be performed. A decision was made to test, if there are differences on the storage length of groceries, when different raw materials are used. The test included all the made paper sheets and plastic. No significant differences were found between the measuring points, which means that it would be better to use antifungal tests, such as disc diffusion susceptibility testing or migration tests, in further studies. In addition to these, it is worth trying to find out, if it is possible to get the desired effects on the paper by material handling.

Key words: antifungal, carrot, migration, oat shell, *Sphagnum* moss

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	MIKROBI TOIMINTA.....	8
2.1	Antimikrobi.....	8
2.2	Antifungaalisuus	9
2.3	Mikrobiologiset testit elintarvikepakkauksissa.....	9
2.3.1	Migraatiotesti	9
2.3.2	Kiekkomenetelmä	12
3	Tutkittavat lisäraaka-aineet	13
3.1	Rahkasammal.....	13
3.2	Porkkana	13
3.3	Kaura.....	14
4	KIERTOTALOUS.....	15
4.1	Ruokahävikki	16
4.1.1	Ruokahävikin määrät	16
4.1.2	Pilaantumisen syyt	17
4.1.3	Pilaantumisen vähentäminen.....	18
5	ELINTARVIKEPAKKAUS	20
5.1	Elintarvikepakkausten vaatimukset ja ominaisuudet.....	20
5.2	Elintarvikepakkausten testaaminen.....	22
5.3	Elintarvikepakkausten materiaalit.....	22
5.3.1	Lasi.....	22
5.3.2	Metalli	23
5.3.3	Muovi	23
5.3.4	Paperi tuotteet.....	24
5.4	Biopohjaiset pakkaukset elintarviketeollisuudessa.....	24
6	Työn suoritus..... Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.	
6.1	Jauhatus.....	26
6.2	Tarvittavat laskut	28
6.3	Arkin valmistus.....	30
6.4	Kalanterointi	31
6.5	Säilyvyyden testaaminen	32
7	TULOKSET	33
7.1	Neliömassa.....	33
7.2	Paksuus, tiheys ja bulkki.....	33
7.3	Taivutusvastus	36
7.4	Vetolujuus.....	37

7.5	Repäisylujuus	39
7.6	Vesiabsorptio	41
7.7	Öllyabsorptio	42
7.8	Makutesti	42
7.9	Säilyvyytesti	44
8	JOHTOPÄÄTÖKSET	51
8.1	Perusominaisuudet	52
8.2	Lujuusominaisuudet	52
8.3	Absorptio-ominaisuudet	53
8.4	Makutesti	53
8.5	Säilyvyytesti	54
8.6	Lopputulos	54
8.7	Jatkotoimenpide ehdotukset	54
	LÄHTEET	56
	LIITTEET	60
	Liite 1. Neliömassa	60
	Liite 2. Paksuus	61
	Liite 3. Tiheys	62
	Liite 4. Bulkki	63
	Liite 5. Repäisylujuus ja repäisylujuus indeksi	64
	Liite 6. Vetolujuus, vetolujuusindeksi ja venymä	65
	Liite 7. Taivutusvastus	66
	Liite 8. Klemm- menetelmä	67
	Liite 9. Öllyabsorptio	68
	Liite 10. Makutesti	69

LYHENTEET JA TERMIT

Absorptio	Aineen imeytyessä toisen aineen sisälle muuttaen sen rakennetta
Antifunfgaalisuus	Kemikaali tai keino, jolla tapetaan sieniä
Antimikrobitoiminta	Kyky tuhota tai estää mikro-organismien ja erityisesti patogeenisen mikro-organismin kasvua
Inhiboida	Kyky estää mikrobien kasvua
Mikrobi	Yksinkertaisia, yleensä yksisoluisia, erilaistumattomia eliöitä, jotka eivät näy paljain silmin
Patogeeni	Tauteja levittävä mikrobi
Sivuvirta	Prosessissa valmistetun tuotteen lisäksi syntyneet ylimääräiset lisä tuotteet

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin non-wood eli ei-puukuituisen raaka-aineiden vaikutusta paperin ominaisuuksiin. Mitattavia ominaisuuksia olivat pakkauksille oleelliset perus-, lujuus- ja absorptio-ominaisuudet. Tämän lisäksi tutkittiin elintarviketeollisuuspakkauksille tärkeitä ominaisuuksia, kuten sivumaku ja tutkittiin olisiko tällaisella lisäjakeen hyödyntämisellä ruoka-aineen säilyvyyden parantavia ominaisuuksia. Teollisuudessa jää usein sivuvirtoja, joita hyödynnetään joko heikosti tai ei lainkaan. Sen lisäksi on olemassa potentiaalisia raaka-aineita, joille ei vielä ole järkevää hyödyntämisen kohdetta tai niiden käyttö on vähäistä. Tässä työssä käytetyt lisäjakeet olivat porkkana, rahkasammal ja kaurankuori.

Työn kirjallisuusosa painottuu antimikrobi toimintaan, joka mahdollisesti mahdollistaisi ruoka-aineiden säilyvyyden parantamisen. Osiossa keskitytään erilaisiin antimikrobi toimintoihin sekä kuinka sitä voi testata. Tämän lisäksi kirjallisuusosiossa käydään läpi käytettyjä raaka-aineita ja niiden ominaisuuksia. Lisäksi pohditaan kiertotalouden merkitystä ja kuinka lisäjakeiden käyttäminen vaikuttaisi siihen. Lopuksi käsitellään elintarvikepakkausien vaatimuksia, käytettyjä materiaaleja ja niiden testaamista. Elintarvikepakkausissa esille nousee erityisesti biopohjaiset pakkausratkaisut, missä materiaalit tuotetaan biomassan ja biologisten prosessien avulla eli ne perustuvat uusiutuviin biologisiin resursseihin.

Kokeellisessa osiossa oli tarkoitus selvittää kuinka näiden lisäjakeiden lisäys vaikuttaa paperin ominaisuuksiin. Työn referenssinä toimi 100 %:sta mäntysellusta valmistettu paperiarkki, jota verrattiin arkkeihin, joiden kuiva-aine massasta 5 %, 15 % ja 30 % oli korvattu porkkanalla, rahkasammaleella tai kaurankuorella. Kaikki näytteet oli kalantestoitu ja työn suoritettiin Tampereen ammattikorkeakoulun paperilaboratorion tiloissa. Mittauksissa tutkittiin paperin perus-, lujuus-, absorptio ominaisuuksia sekä suoritettiin makutesti. Tämän lisäksi tutkittiin olisiko lisäjakeiden lisäämisellä vaikutusta ruoka-aineiden säilyvyyteen.

2 MIKROBI TOIMINTA

Sana mikrobi tarkoittaa paljaalle silmälle näkymätöntä eliötä. Niihin kuuluvat mm. virukset, bakteerit ja sienet. Mikrobeja on erittäin paljon erilaisia. Ne ovat monipuolisia ja toisistaan poikkeavia eliöitä, joilla on erinomainen lisääntymiskyky. Mikrobit ovat sopeutuneet hyvin erilaisiin olosuhteisiin esimerkiksi jotkut viihtyvät hyvin happamissa ja toiset emäksisissä olosuhteissa. Mikrobien kasvun estäminen ja ehkäisy tapahtuukin usein luomalla niille sellainen kasvu ympäristö, missä ne eivät viihdy. (Sojakka, Välimäki, 2011; Kokkonen, Nowak, Veistola, Vilkki 2012; Precott, Harley, Klein 2005, 16-18)

Mikrobit on jaoteltu erilaisiin mikrobiryhmiin. Näitä ovat bakteerit, virukset, sienet ja alkueläimet. Virukset ovat näistä kooltaan kaikkein pienimpiä. Virukset myös tarvitsevat elääkseen ja lisääntyäkseen isäntäsolukon. Bakteerit ovat alkeistumallisia eli tumattomia eliöitä, jotka lisääntyvät jakaantumalla kahtia. Bakteerit voivat muuttua mikrobilääkkeille vastustuskykyisiksi, mikä on kasvava riski nyky-yhteiskunnassa. Aitotumallisia yksisoluisia hiivoja ja rihmamaisia homeita kutsutaan sieniksi. Alkueläimiä ovat parasiitit ja loiset. Ne ovat kookkaampia kuin muut mikrobit. Alkueläimet muistuttavat tumansa ansiosta ihmisen soluja. Alkueläimet ovat aitotumallisia yksisoluisia eliöitä. (Sojakka, Välimäki 2011; Kokkonen, Nowak, Veistola, Vilkki 2012; Evira 2016; Precott, Harley, Klein 2005, 16-18)

2.1 Antimikrobi

Antimikrobi toiminnalla tarkoitetaan kykyä tuhota tai estää mikro-organismien ja erityisesti patogeenisen mikro-organismien kasvua. Antimikrobisista aineista antibiootteja käytetään bakteereja vastaan ja antifungaalisia aineita sieniä vastaan. Toiset aineet tappavat mikrobeja ja toiset taas estävät niiden kasvua inhiboimalla. Antimikrobinen toiminta tapahtuu usein vaurioittamalla patogeenien soluseiniä, vaurioittamalla kalvo rakennetta tai inhiboimalla avain entsyymejä ja tärkeitä proteiineja. Elintarviketeollisuudessa on mahdollista käyttää antimikrobisia materiaaleja, joka hidastaa mikrobien kasvua tai leviämistä. (Baron 1996a; Prescott, Harley, Klein 2005, 779-792)

2.2 Antifungaalisuus

Antifungaalisuudella tarkoitetaan kemikaalia tai keinoa, jolla tapetaan sieniä. Kasvien antifungaalisia ominaisuuksia käytetään hyväksi kansanlääketieteessä, elintarvike- ja säilöntäaineistossa sekä hajusteissa. Antifungaalisten aineiden kehitys on jäänyt antibakteerisia aineita jälkeen. Tämä johtuu näiden organismien solurakenteesta. Bakteerit ovat prokaryootisia, mikä tarkoittaa, että niillä ei ole tumaa, vaan niiden DNA on kiinni solukalvossa. Tämän takia ne tarjoavat lukuisia rakenteellisia ja aineenvaihduntatavoitteita, jotka poikkeavat ihmisen isännästä. Sienet ovat sen sijaan eukaryootteja, joilla on tuma ja erikoistuneita soluelimiä, ja siksi useimmat myrkylliset aineet ovat myös myrkyllisiä isännälle. Tämän lisäksi, koska sienet yleensä kasvavat hitaasti ja usein munasoluisissa muodoissa on niitä vaikeampi määrittää kuin bakteereja. Tämä vaikeuttaa antifungaalisten aineiden tutkimista ja kehittämistä. (Baron 1996b)

2.3 Mikrobiologiset testit elintarvikepakkauksissa

Elintarvikepakkauksille tehdään erilaisia mikrobiologisia testejä, joilla pystytään varmistamaan pakkausten mikrobiologinen puhtaus ja täten huolehtimaan kuluttajien turvallisuudesta. Näin tehostetaan tautien leviämisen ehkäisyä elintarvikkeiden välityksellä. Testien tarkoitus on varmistaa, ettei pakkauksesta siirry ainesosia elintarvikkeeseen sellaisia määriä, jotka voisivat vaarantaa ihmisten terveyden, aiheuttaa sopimattomia muutoksia elintarvikkeen koostumukseen tai aiheuttaa elintarvikkeen aistinvaraisten ominaisuuksien heikentymistä. Tärkein mittaustapa on migraatiotesti ja sen lisäksi sitä voi testata kvalitatiivisella kiekkomenetelmällä. (Korkeala 2007, 480-481)

2.3.1 Migraatiotesti

Migraatiotesti kertoo, mitä aineita ja kuinka paljon materiaalista voi siirtyä elintarvikkeeseen. Lisäksi yleensä tutkitaan materiaaliakohtaisesti erilaisten yhdisteiden siirtymiä, kuten metallien ja joidenkin orgaanisten yhdisteiden migraatiota. Migraatiotestissä voidaan myös tunnistaa siirtyneitä yhdisteitä tutkimalla erilaisten yhdisteiden siirtymistä malliaineeseen. Migraatiotestissä mitatut pitoisuudet jaetaan seuraavasti: kokonaispitoisuus, ominaismigraatiotraja ja kokonaismigraatoraja. Kokonaispitoisuus kuvaa aineen kokonaispitoisuutta materiaalissa mg/kg eli kuinka monta milligrammaa ainetta on per kilo elintarviketta. Ominaismigraatoraja kuvaa maksimimäärä, jota tiettyä ainetta saa siirtyä

elintarvikkeeseen mg/kg. Kokonaismigraatoraja sen sijaan on kaikkien aineiden yhteismäärä, joka saa siirtyä elintarvikkeeseen ja sen raja-arvo on 10 mg/dm². Tämä testi koskee tällä hetkellä vain muovimateriaaleja, eikä se ota kantaa aineiden haitallisuudelle. (Virtanen. 2017; Finlex 1992; Sillanpää, Raaska, Sipiläinen-Malm, Sjöberg 2004)

Migraatio testissä ensin valitaan tutkittavat näytteet. Tämän jälkeen valitaan testeihin sopiva simulantti, koska aina ei pystytä käyttämään oikeita elintarvikkeita, jotka ovat kosketuksessa elintarvikepakkaus materiaalin kanssa. Käytettävissä olevat simulantit ovat nähtävillä taulukossa 1. (Finlex 1992, 1448)

TAULUKKO 1. Elintarvikesimulantit ja niiden käyttöolosuhteet (Finlex. 1992, 1448-1449)

Elintarviketyyppi	Tavanomainen luokitus	Elintarvikesimulantti	Lyhenne
Vesipitoiset elintarvikkeet (eli vesipitoiset elintarvikkeet, joiden pH > 4,5)	Elintarvikkeet, joille KTM:n päätöksessä 262/1992 ¹ on säädetty testaus ainoastaan simulantilla A	Tislattu vesi tai laadultaan vastaava vesi	Simulantti A
Happamat elintarvikkeet (eli vesipitoiset elintarvikkeet, joiden pH ≤ 4,5)	Elintarvikkeet, joille KTM:n päätöksessä 262/1992 ¹ on säädetty testaus ainoastaan simulantilla B	Etikkahappo, 3 % (w/v)	Simulantti B
Alkoholipitoiset elintarvikkeet	Elintarvikkeet, joille KTM:n päätöksessä 262/1992 ¹ on säädetty testaus ainoastaan simulantilla C	Etanoli, 10 % (v/v). Tämä pitoisuus suhteutetaan elintarvikkeen todelliseen alkoholipitoisuuteen, jos se ylittää 10 % (v/v)	Simulantti C
Rasvapitoiset elintarvikkeet	Elintarvikkeet, joille KTM:n päätöksessä 262/1992 ¹ on säädetty testaus ainoastaan simulantilla D	Puhdistettu oliiviöljy tai muut rasvapitoisten elintarvikkeiden simulantit	Simulantti D
Kuivat elintarvikkeet		Ei ole	Ei ole

Tämän jälkeen valitaan sopivat mittausolosuhteet käytetyn materiaalin ja sen loppukäytön mukaan. Tyypillisimmät mittausolosuhteet ovat näkyvillä taulukossa 2. Tämän jälkeen näyte altistetaan simulantille tai elintarvikkeelle, jonka jälkeen analysoidaan siirtyneet aineet. (Finlex 1992)

TAULUKKO 2. Migraatiotestin tyypillisimmät mittausolosuhteet (Finlex. 1992, 1451-1452)

Kosketusolosuhteet epäsuotuisimmissa ennakoitavissa olevassa käytössä	Testiolosuhteet
Kosketusaika	Testiaika
$t \leq 5 \text{ min}$	
$5 \text{ min} < t \leq 0,5 \text{ tuntia (h)}$	0,5 h
$0,5 \text{ h} < t \leq 1 \text{ h}$	1 h
$1 \text{ h} < t \leq 2 \text{ h}$	2 h
$2 \text{ h} < t \leq 4 \text{ h}$	4 h
$4 \text{ h} < t \leq 24 \text{ h}$	24 h
$t > 24 \text{ h}$	10 vrk
Kosketuslämpötila	Testilämpötila
$T \leq 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$	5 $^{\circ}\text{C}$
$5 \text{ }^{\circ}\text{C} < T \leq 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$	20 $^{\circ}\text{C}$
$20 \text{ }^{\circ}\text{C} < T \leq 40 \text{ }^{\circ}\text{C}$	40 $^{\circ}\text{C}$
$40 \text{ }^{\circ}\text{C} < T \leq 70 \text{ }^{\circ}\text{C}$	70 $^{\circ}\text{C}$
$70 \text{ }^{\circ}\text{C} < T \leq 100 \text{ }^{\circ}\text{C}$	100 $^{\circ}\text{C}$ tai refluksointilämpötila
Kosketusolosuhteet epäsuotuisimmissa ennakoitavissa olevassa käytössä	Testiolosuhteet
$100 \text{ }^{\circ}\text{C} < T \leq 121 \text{ }^{\circ}\text{C}$	121 $^{\circ}\text{C}$ (*)
$121 \text{ }^{\circ}\text{C} < T \leq 130 \text{ }^{\circ}\text{C}$	130 $^{\circ}\text{C}$ (*)
$130 \text{ }^{\circ}\text{C} < T \leq 150 \text{ }^{\circ}\text{C}$	150 $^{\circ}\text{C}$ (*)
$T > 150 \text{ }^{\circ}\text{C}$	175 $^{\circ}\text{C}$ (*)
(*) Lämpötilaa käytetään ainoastaan simulantille D. Simulanteille A, B tai C testi voidaan korvata 100 $^{\circ}\text{C}$:n lämpötilassa tai refluksointilämpötilassa tapahtuvalla testillä, jonka kesto on neljä kertaa niin pitkä kuin kohdassa 1 esitettyjen yleisten sääntöjen mukaisesti valittu testiaika.	

2.3.2 Kiekkomenetelmä

Kiekkomenetelmää käytetään lähinnä lääkkeiden toimivuuden testaamiseen. Joustavan käyttölaajuutensa vuoksi se onkin yleisin herkkyysmääritysmenetelmä, joka kuvaa bakteerien sietokykyä aineita vastaan. Tämän vuoksi tässä työssä pohdittiinkin, jos sitä voisi käyttää myös elintarvikepakkausten mikrobiologisissa mittauksissa. (Gunell 2012, 18-19)

Kiekkomenetelmässä bakteerisuspensio levitetään tasaiseksi kasvustoksi elatusainemaljalle. Maljalle asetetaan imupaperikiekot, jotka sisältävät tietyn määrän tutkittavaa näytettä. Kiekosta elatusaineeseen leviävä mikrobilääke muodostaa kiekon ympärille gradientin, joka stabiloituu parin tunnin kuluessa. Maljat asetetaan lämpökaappiin, jossa bakteerin kasvu alkaa ja maljalle muodostuu vähitellen silmällä havaittava kasvusto. Kiekkojen ympärille jää useimmiten tyhjä alue, missä bakteeri ei pysty kasvamaan. Tätä aluetta kutsutaan estorenkaksi ja bakteerien herkkyys määritetään sen halkaisijan avulla. Saatuja arvoja verrataan raja-arvoihin, jonka pohjalta voidaan tehdä johtopäätöksiä bakteerien herkkyydestä. (Gunell 2012, 18-19)

Elintarvikepakkauksissa voitaisiin tutkia, onko mikrobi kasvanut kiinni tutkittavaan materiaaliin, vai onko havaittavissa alue, jossa mikrobi ei ole pystynyt kasvamaan ja tehdä johtopäätökset tämän osalta. Jos mikrobit eivät pystyisi kasvamaan tutkittavalla materiaalilla, tarkoittaisi tämä, että materiaalia voitaisiin hyödyntää elintarvikkeiden säilömisessä. Koska työssä käytetään hyvin erilaisia materiaaleja, kuin yleensä on käytössä elintarvikepakkauksissa, olisi tämä testausmenetelmä sopiva niiden antimikrobisten ominaisuuksien määrittämiseksi sen laajan käyttöalueensa takia. (Gunell 2012, 18-19)

3 Tutkittavat lisäraaka-aineet

3.1 Rahkasammal

Sammalia on perinteisesti käytetty eri ihosairauksien ja vammojen hoitoon. Rahkasammalten kasvit koostuvat pääasiassa polysakkarideista, joka sisältää glukoosia ja pektiiniäistä biopolymeeriä, polyuroni- happoa. Sammaleet ovat luonteeltaan hyvin antibioottisia ja ovatkin tämän takia mahdollisia raaka-aineita lääkkeille. Merkittävin todiste rahkasammaleen antimikrobisten ominaisuuksista on sen äärimmäisen hidas hajoaminen. Rahkasammalta käytetään tänä päivänä muun muassa arktisilla alueilla arkeologisten löytöjen pakkaus materiaalina. Rahkasammal pitää sen luonnollisen kosteuden ja suojaa siten esineitä kuivumiselta ja muodonmuutoksilta. Organismien hidas hajoaminen voidaan selittää pienellä mikrobiologisella aktiivisuudella kosteissa ympäristöissä ja niiden antimikrobiologisilla kasvin osilla. (Zaitseva 2009; Hotanen 2016)

Rahkasammal pystyy lukitsemaan mineraaleja (lähinnä kalsiumionia), mitkä ovat välttämättömiä mikrobien kasvamiselle. Tämä perustuu ioninvaihtomekanismiin, elävät ja kuolleet sammaleet pystyvät pitämään mineraaleja, kunnes kasvukudos on hajonnut. Samanaikaisesti hajoavat mikro-organismit tarvitsevat näitä mineraaleja kasvuun, mutta eivät pysty ottamaan näitä mineraaleja ja täten eivät pysty kasvamaan. Sammalissa on myös karbonyyliryhmä, joka reagoi proteiinien primääristen amiinien kanssa, jolloin syntyy stabiileja glykokonjugaatteja, mikä estää mätänemistä tehostavien bakteerien entsyymien erittämistä, hidastaen mikrobiologista aktiivisuutta. (Zaitseva. 2009; Hotanen. 2016)

3.2 Porkkana

Porkkanasta valmistetussa porkkana öljyssä on havaittu tutkimuksissa vahvoja antifungaalisia ominaisuuksia. Porkkana öljyn pääainesosalla karotolilla on vahva inhibitorinen vaikutus, mikä tarkoittaa, että se estää sienien kasvua. (Jasicka-Misiak 2004, 791-796)

Tutkimukset osoittavat, että kuorittujen ja silputtujen porkkanoiden puhdistetuissa etanolisissa uutteissa on mikrobiologista vaikutusta erilaisiin elintarvikkeisiin tarttuviin mikro-organismeihin. Tutkimuksissa porkkanasta löydettiin tyydyttämättömiä rasvahappoja ja tyydyttyneiden rasvahappojen metyyliestereitä, jotka saattavat aiheuttaa porkkanan antimikrobiset ominaisuudet. Niiden pitoisuus kuitenkin oli riittävä vain tuoreissa

porkkanoissa, jolloin pitoisuus on riittävä estämään pilaantumisbakteereja. (Davies, Lewis 1981; Jasicka-Misiak 2004, 791-796)

3.3 Kaura

Kauran siemenet sisältävät paljon vitamiineja A, B, E, rautaa, sinkkiä, magnesiumia ja kalsiumia. Kauran siemenuute sisältää proteiineja, joilla on inhibitorisia ominaisuuksia, mikä hidastaa mikrobien kasvua. (Chu 2014; Pagnussatt 2013, 38-39)

Tutkimukset osoittavat, että kauran antifungaaliset ominaisuudet ovat huomattavasti suuremmat kuin esimerkiksi vehnän. Sen lisäksi kauran siemenuute on erityisen tehokas tappamaan grampositiivisia bakteereja eli bakteereja, joilla on soluseinässä vain yksi kalvo. Kaura öljyä käytetään esimerkiksi iho tuotteissa, koska se on tehokas tappamaan bakteereja parantaen ihon terveyttä, mutta myös sen lisäksi parantamaan haavoja ja kosteuttamaan ihoa. (Chu 2014; Pagnussatt 2013, 38-39)

4 KIERTOTALOUS

Kiertotaloudella tarkoitetaan talousmallia, missä tuotanto ja käyttö on suunniteltu siten, että jätettä ei synny, vaan materiaalit on suunniteltu siten, että ne voidaan laittaa uudelleen kiertoon. Tämä voi tapahtua eri muodoissa kuten huolto, uudelleenkäyttö, uudelleenvalmistus tai kierrätys. Sen periaate on esitetty kuvassa 1. Se on aivan päinvastainen perinteiselle lineaariselle valmista - käytä - hävitä - mallille, jossa luodaan jatkuvasti uusia tuotteita ja syntyy jätettä, jota ei käytetä hyväksi. Kiertotalouden perusajatus on, että ihmiskunta ei pysty käyttämään loputtomiin neitseellisiä luonnonvaroja, joten niiden käyttöä pitää rajoittaa. Tämän hetkisellä resurssien käytöllä tarvittaisiin noin 1,6 maapalloa. Lisäksi luonnonvarojen tarve kasvaa yhä voimakkaasti, sillä viidentoista seuraavan vuoden aikana maapallon väestömäärä lisääntyy miljardilla lähelle kahdeksaa miljardia ja kulutustaan kasvattava keskiluokka yli kaksinkertaistuu 5 miljardiin. Kiertotalouden merkitys on noussut ja nousee koko ajan, kun ilmastonmuutos kasvaa ja luonnonvarojen väheneminen yleistyy. Taloudellisesta näkökulmasta kiertotalous luo myös uusia yrityksiä, liiketoimintaa, innovaatioita ja kasvattaa näin liiketoimintaa. Samalla syntyy uusia työpaikkoja ja liiketoimintamallit lisäävät tuottavuutta. Esineitä ja resursseja jaetaan omistamisen sijaan, jolloin säästetään kuluissa. (EK 2018; Ympäristöministeriö 2018; Sitra 2018.)

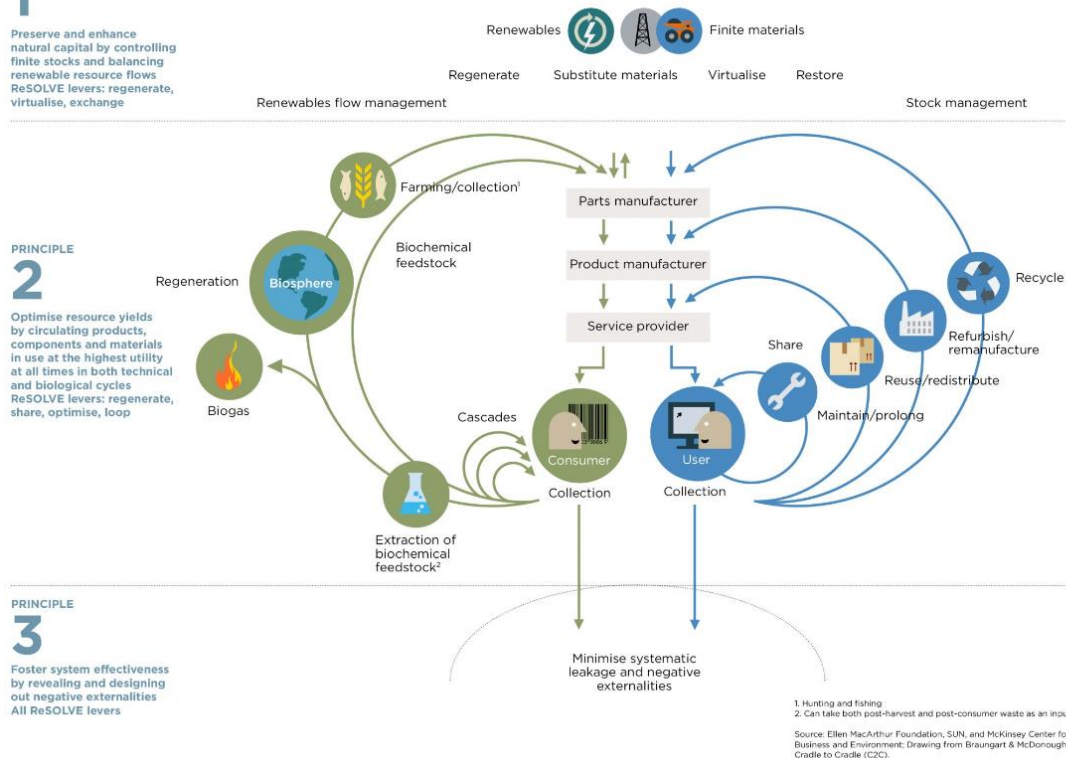
Suomessa kiertotalous on viety hyvin pitkälle ja Suomessa toimiva Tulevaisuustalo Sitra palkittiinkin maailman johtavaksi julkisen sektorin kiertotaloustoimijaksi The Circularity Awards -kilpailussa. Sitra myös julkaisi Suomen kiertotalouden tiekartan 2016-2025, missä tulee esille, millä konkreettisilla toimilla voidaan vauhdittaa Suomen siirtymää kohti kilpailukykyistä kiertotaloutta. Tiekartan avainhankkeita ovat muun muassa alueellinen yhteistyö lähiruuan mahdollistamiseksi, metsäalan biotuotteiden pääseminen kokeiluun laboratorion ja yritysten sivuvirtojen suurempi hyödyntäminen. Suomen paperi- ja selluteollisuus on hyvä esimerkki kiertotaloudesta. Puunjalostuksen aikana tuotetut materiaalit ja sivuvirrat ovat jo käytössä monenlaisissa tuotteissa tai uusiutuvan energian tuottamiseen. Ruokajätettä taas voidaan käyttää esimerkiksi biopolttoaineiden valmistamiseen. Tästä hyvä esimerkki on St1. (EK 2018; Ympäristöministeriö 2018; Sitra 2018.)

OUTLINE OF A CIRCULAR ECONOMY

PRINCIPLE

1

Preserve and enhance natural capital by controlling finite stocks and balancing renewable resource flows. ReSOLVE levers: regenerate, virtualise, exchange



KUVA 1. Kiertotalouden periaate (European Parliamentary Research Service Blog. 2016)

4.1 Ruokahävikki

Ruokahävikillä tarkoitetaan ruokaa, joka on alun perin ollut syömäkelpoista, mutta jostain syystä päätyy roskeen tai biojätteeksi. Yleisimpiä syitä ruuan poisheitolle on sen pilaantuminen, sen parasta ennen päivän umpeutuminen tai liian ruuan valmistaminen, jolloin jää tähteitä. Ruokahävikki syntyy ruokaketjun kaikissa kohdissa, mutta suurin osa tulee kotitalouksista. Turhan ruuan tuottamisesta myös aiheutuu ympäristökuormitusta, mikä voitaisiin välttää paremmilla systeemeillä. Samalla menetetään myös kasvatukseen, pakkaamiseen, kuljettamiseen ja markkinointiin käytetyt resurssit.

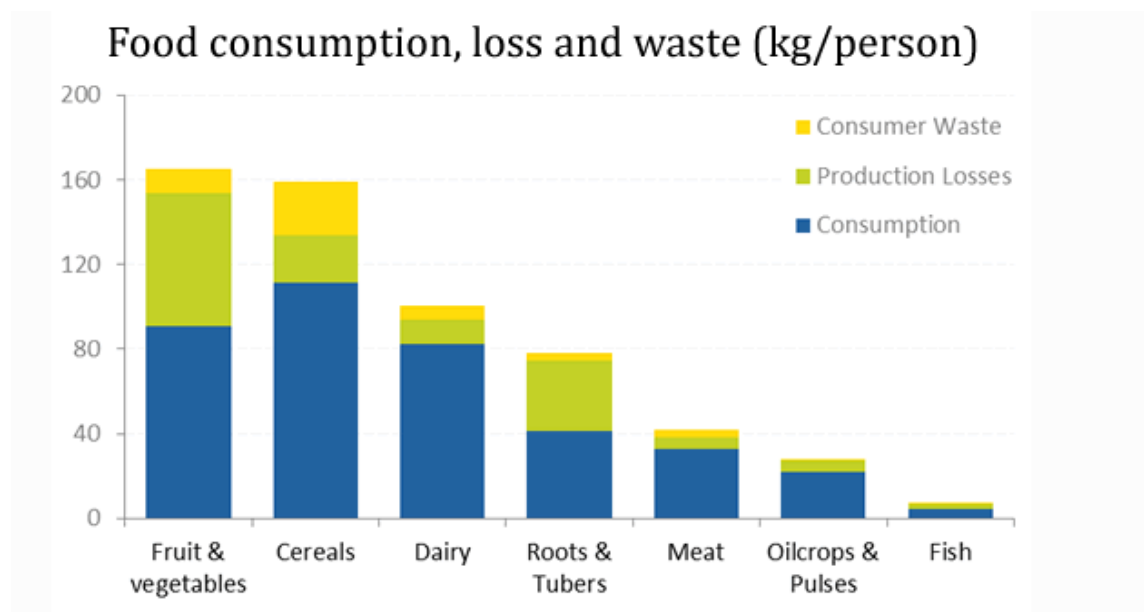
(Luke 2018; Silvennoinen 2012.)

4.1.1 Ruokahävikin määrät

Koko maailman ruokatuotannosta noin 30% päätyy ruokahävikkiin. Tämä vastaa 1,3 miljardia tonnia ruoka-aineita. Tällä ruoka määrällä pystyttäisiin ruokkimaan yli 2 miljardia

ihmistä vuodessa. EU:n alueella heitetään noin 88 miljoonaa tonnia ruokaa pois, mikä tarkoittaa 173 kg henkeä kohden vuodessa. Suomen kotitalouksien ruokahävikki on vuosittain 120–160 miljoonaa kiloa, mikä tarkoittaa 20–25 kiloa henkilöä kohden. Suomalaisista vähittäis- ja tukkukaupoista päättyy ruokaa biojätteisiin 65–75 miljoonaa kiloa, mikä tarkoittaa 12–14 kiloa jokaista suomalaista kohti. Elintarvikejätteet tuottavat 3,3 miljardia tonnia kasvihuonekaasuja. Jos ruokahävikki olisi valtio, tämä tarkoittaisi kolmanneksi eniten kasvihuonekaasu päästöjä kaikista maailman valtioista. Ruokahävikiksi joutuu noin 30% viljoista, 40% juureskasveista, hedelmistä ja kasviksista, 20% öljysiemenistä, liha- ja maitotuotteista ja 35% kalatuotteista. (FAO 2018)

Yhdistyneiden kansakuntien ja Euroopan unionin tavoitteena on vähentää ruokahävikkiä 50 prosentilla vuoteen 2030 mennessä. Kuviossa 1 on kuvattu ruokahävikin määrää, tuotanto häviöitä ja kulutusta kg henkilöä kohden eri ruoka-aineille.



Kuvio 1. Ruokahävikin määrää, tuotanto häviöitä ja kulutusta kg henkilöä kohden eri ruoka-aineille (Gustavsson 2011)

4.1.2 Pilaantumisen syyt

Ruokatuotteet ovat erinomaisia ravintoaine lähteitä, mikä mahdollistaa mikro-organismien nopean kasvun niissä. Jos tämän lisäksi täyttyy muut mikrobien kasvutekijät, kasvu on erittäin suurta ja ruoka pilaantuu nopeasti. Mikro-organismien kasvuun vaikuttavia tekijöitä ruuassa ovat pH, kosteuspitoisuus, ruuan fysikaalinen rakenne, hapetuspelkistys

mahdollisuudet, tarjolla oleva ravintomäärä ja mahdollisten antimikrobisten aineiden läsnäolo. (Prescott, Harley, Klein 2005, 938-946)

Kun ruoka koostuu pääosin hiilihydraateista se ei haise pilaantuessa. Tämän takia ruoka-aineet kuten leipä, hillo ja jotkin hedelmät osoittavat pilaantumisen sieni kasvuston kasvulla eli homehtumisena. Jos ruoka-aine sisältää paljon proteiinia kuten voi ja liha tuotteet, alkavat ne haista pahalle pilaantuessaan. Tätä proteiineista johtuvaa pilaantumisen muotoa kutsutaan mätänemiseksi. (Prescott, Harley, Klein 2005, 938-946)

pH on tärkeä tekijä, koska neutraalilla tai alkalisella alueella kuten lihatuotteet, bakteerit aiheuttavat helpommin pilaantumista ja mätänemistä. Veden saatavuus on iso tekijä siinä, kuinka hyvin bakteerit pystyvät asuttamaan ruokatuotteet. Vesipitoisuutta voi vähentää kuivaamalla tai lisäämällä siihen suolaa tai sokeria. Tällöin mikro-organismit kärsivät nestehukasta eivätkä voi kasvaa. Hapetus-pelkistys potentiaali tulee esille, kun esimerkiksi lihatuotteita valmistetaan, niillä on pienempi hapetus-pelkistys potentiaali. Tällainen alue on ideaalinen ympäristö anaerobisille eliöille. (Prescott, Harley, Klein 2005, 938-943)

Ruoka-aineen fysikaalinen rakenne voi lisätä ruokahävikkiä. Esimerkiksi ruuan jauhaminen ja sekoittaminen muihin aineisiin lisää pinta-alaa ja muokkaa ruuan solutason rakennetta. Jos se tämän jälkeen esimerkiksi varastoidaan väärin, kasvaa ruokahävikki. Hedelmillä ja kasviksilla on usein ulkokerros, joka suojaa niitä pilaantumiselta. Jos pinta kärsii tai mikro-organismeilla on entsyymejä, jotka ovat erikoistuneet läpäisemään vastaavia kerroksia, vaikuttaa se suuresti niiden pilaantumiseen. Yrteillä ja mausteilla on usein antimikrobisia ominaisuuksia, joille sienet ovat alttiimpia kuin bakteerit. Niiden sisältämät fenolit ja aldehydit pystyvät inhiboimaan mikrobien kasvua. Lämpötilalla ja suhteellisella kosteudella on myös suuri vaikutus ruuan pilaantumiseen. Kun suhteellinen kosteus on suuri, mikrobien kasvu on suurta, jopa pienemmillä lämpötiloissa. Tämän takia säilytystilan ilmapiiri on tärkeä. (Prescott, Harley, Klein 2005, 938-943)

4.1.3 Pilaantumisen vähentäminen

Ruokahävikkiä voidaan vähentää nostamalla ihmisten tietoisuutta ruokahävikistä. Tällöin ihmiset osaisivat asioida kaupassa järkevämmiin, säilyttää ruokaa oikein ja valmistaa ruokaa sopivat määrät. Poliittisilla asetuksilla voidaan vähentää ruokahävikin ja jätteiden

määrää. Esimerkiksi Ranska on kieltänyt supermarketteja ja elintarviketuottajia heittä-
mästä ruokaa roskeen. (PTY 2018)

Kauppojen hävikin vähentäminen on onnistunut hyvän menekinhallinnan, sähköisten en-
nuste- ja tilausjärjestelmien, tehokkaan logistiikan, vapautuneiden aukioloaikojen sekä
ammattitaitoisen henkilökunnan ansiosta. Tuotteita voidaan myös myydä alennetuilla
hinnoilla parasta ennen -merkinnän tai viimeinen käyttöpäivä -päiväyksen lähestyessä.
Myyntä jääneitä elintarvikkeita annetaan ensisijaisesti hyväntekeväisyyteen tai niitä
käytetään hyödyksi teollisten prosessien raaka-aineena. (PTY 2018)

Ruokahävikkiä voidaan myös vähentää ruoka-aineen käsittelyllä, mistä osa tuli jo esiin
edellisessä kappaleessa. Käsittelykeinoja ovat mikro-organismien poistaminen, lämpöti-
lan hallinta, veden saatavuus, kemikaalinen käsittely, säteilyttäminen ja mikrobien inhi-
boiminen. Mikro-organismien poistaminen tapahtuu esimerkiksi suodattamalla nestemäi-
sissä tuotteissa. Lämpötilan hallinnassa voidaan käyttää, joko korkeaa tai matalaa lämpö-
tilaa. Matalissa lämpötiloissa mikrobien kasvua hidastetaan, mutta se ei tuhoa nykyistä
mikrobi populaatiota. 5°C:ssa mikrobien kasvu hidastuu merkittävästi ja miinus asteilla
niiden kasvu lakkaa lähes kokonaan. Kun käytetään korkeita lämpötiloja, pystytään tap-
pamaan mikrobit ja parantamaan näin ruokatuotteiden säilyvyyttä. Esimerkiksi pastö-
rointi ja tölkkiruoka perustuu tähän. Yleinen ruuan säilytysmenetelmä pakastus perustuu,
mikrobien veden saatavuuden rajoittamiseen. Kemiallisessa käsittelyssä, esimerkiksi säi-
lyntäaineiden lisäyksessä, ruoka-aineeseen lisätään kemiallisia aineita, jotka kasvattavat
ruuan säilyttämistä. Säteilyttämällä tai ionisoimalla ruokaa voidaan hallita mikro-orga-
nismien populaatioita. Mikrobien inhibointia eli mikrobien kasvun estämistä voidaan
käyttää hyväksi säilyttämällä ruoka-aineita materiaalisissa, jolla on inhiboivia ominaisuuks-
ia. Tutkittavien materiaalin inhiboiva vaikutus oli yksi tämän työn motivaation lähde.
(Prescott, Harley, Klein 2005, 943-946)

5 ELINTARVIKEPAKKAUS

Elintarvikepakkauksen tarkoitus on ylläpitää tuotteen elintarvikekäsittelyssä saadut edut loppuun asti. Pakkauksen tulee myös suojata tuotetta sitä kuljetettaessa paikasta toiseen. sisältää luvattu tuote ja tarjota kuluttajille ainesosa- ja ravitsemustietoja. Jäljitettävyyys, kätevyys ja takaisinkytkentä ovat toissijaisia toimintoja, mutta ovat tulossa yhä tärkeämmiksi ominaisuuksiksi mitä pidemmälle mennään. Pakkaustekniikan tulee tasapainotella pakkauksen suojautuvuuden ja muiden asioiden kanssa, kuten energia- ja materiaalikustannukset, sosiaalisen ja ympäristötietoisuuden kohoamisen sekä tiukkojen määräyksien kanssa koskien epäpuhtauksien ja kiinteiden yhdyskuntajätteiden hävittämisestä. Materiaalin valmistajan tulee hankkia elintarvikekelpoisuusselvitykset valmistamilleen elintarvikepakkausmateriaaleille, jotta niitä voitaisiin käyttää. (Marsh, Bugusu 2007)

5.1 Elintarvikepakkausten vaatimukset ja ominaisuudet

Elintarvikepakkaukset voivat pidentää tuotteiden säilymisaikaa, ylläpitää käsittelyiden positiivisia vaikutuksia ja hidastaa tuotteen huononemista. Toisin sanoen pakkaus suojaa tuotetta fysikaalisilta, kemiallisilta ja biologisilta vaikutuksilta. Kemiallisessa suojauksessa pakkaus suojaa tuotetta ympäristövaikutuksilta kuten kaasulta, kosteudelta ja valolta. Toisin sanoen pakkaus estää migraatiota eli kemiallisten aineiden siirtymistä kontaktimateriaaleista elintarvikkeeseen. Jotkin materiaalit voivat tarjota kemiallisen esteen kuten lasi ja metalli, jotka tarjoavat lähes absoluuttisen esteen. Niiden käyttöä rajoittaa kuitenkin niiden epäkäytännöllisyys, saatavuus ja kustannukset. Muovipakkaus tarjoaa laajan valikoiman esteitä, mutta se on yleensä läpäisevämpi kuin lasi ja metalli. (Marsh, Bugusu 2007; Turtle 1993)

Biologinen suojelu estää mikro-organismeja (patogeeneja ja pilaavia aineita), hyönteisiä, jyrsijöitä ja muita eläimiä estäen siten sairauksien ja pilaantumisen leviämisen. Lisäksi biologiset esteet ylläpitävät ehtoja vanhenemisen hallintaan (kypsytytys ja ikääntyminen). Biologisen suojelun keinoja ovat aineiden pääsyn estäminen, hajun siirron estäminen ja pakkauksen sisäisen ympäristön ylläpitäminen. Fyysinen suoja suojaa ruoan mekaanisilta vaurioilta ja vaimentaa iskun voimaa, mikä kohdistuu tuotteeseen. Pahvista ja aalloteuista materiaaleista valmistetut pakkaukset estävät iskut, hankaumat ja murskautumisva-

hingot, joten niitä käytetään laajalti kuljetusastioina ja pakkauksina herkille elintarvikkeille, kuten munille ja tuoreille hedelmille. Asianmukainen fyysinen pakkaus suojaa myös kuluttajia erilaisilta vaaroilta. Esimerkiksi lasipullojen vaihtaminen muovipulloihin on vähentänyt riskiä rikkoutuneesta lasitavarasta. (Marsh, Bugusu 2007)

Pakkaus on usein tuotteen kasvot ja kuluttaja tekeekin ostovalintansa usein pakkauksen ulkonäön mukaan. Siksi erottamiskykyiset tai innovatiiviset pakkaukset voivat lisätä myyntiä kilpailuympäristössä. Pakkaus tarjoaa myös tietoja kuluttajalle. Esimerkiksi pakkausmerkinnät täyttävät lakisääteiset vaatimukset tuotteen tunnistamista, ravintoarvot, käytetyt ainesosat ja valmistajan tiedot. Lisäksi pakkaus välittää tärkeitä tietoja tuotteesta, kuten ruoanvalmistusohjeista, tuotemerkin tunnistuksesta ja hinnoittelusta. (Marsh, Bugusu 2007; Turtle 1993)

Tuotteen jäljitettävyydellä on kolme tehtävää: tarjonnan hallinnan parantaminen, elintarvikkeiden turvallisuuden ja laatuvarmistuksen jäljittämisen helpottaminen sekä erilaisten ja vähäpätöisten tai havaitsemattomien laatuominaisuuksien erottaminen ja markkinointi. Elintarvikepakkaukset lisäävät pakkauksiinsa koodeja, jotka voivat olla esimerkiksi viivakoodin muodossa. Näin yritys voi seurata pakkauksiaan koko jakeluprosessin ajan. Pakkauksien mukavuus ominaisuuksien määrä on kasvanut jatkuvasti. Mukavuusominaisuuksia on muun muassa helppokäyttöisyys, käsittely, annostelu, hävittäminen, tuotteen näkyvyys, uudelleensuljettavuus sekä mahdollisuus käyttää mikroaaltouunia. Nämä ominaisuudet mahdollistavat kuluttajien vaivattoman ruuan valmistuksen, annostelun ja säilyttämisen. Nämä lisäominaisuudet tuovat lisäarvoa ja kilpailuetuja tuotteisiin, mutta ne voivat myös vaikuttaa loppusijoitustarpeen määrään ja tyyppiin. (Marsh, Bugusu 2007; Turtle 1993)

Elintarvikepakkauksille on määritetty paljon eri lainsäädäntöjä, joita niiden tulee noudattaa. Lainsäädäntöihin kuuluvat riski- ja turvallisuustekijöiden valvominen. Käytetyille eri materiaaleille on omat lainsäädäntönsä (muovi, lasi, sellu), aktiivisille pakkaukselle (pakkaustapa joka parantaa tuotteen säilyvyyttä) ja älykkäille pakkauksille (pakkaus, jossa on indikaattori, joka ilmaisee sisällön tilaa) on omat lainsäädäntönsä. Muita tärkeitä asetuksia on EU-asetus 1831/2003, joka koskee kaikkia elintarvikkeen kanssa suoraan tai välilliseen kosketukseen joutuvia materiaaleja ja tarvikkeita. Siinä määritellään yleiset vaatimukset näiden materiaalien ja tarvikkeen kemiallisesta pysyvyydestä. EU-asetus

2023/2006 on laadunhallintajärjestelmä hyvien tuotantotapojen varmistamiseksi ja varmistetaan ensisijaisesti kontaktimateriaalien kemiallinen turvallisuus. (Evira 2018)

5.2 Elintarvikepakkausten testaaminen

Elintarvikepakkausten kontaktimateriaaleja testaamalla todistetaan niiden vaatimustenmukaisuuden ja turvallisuuden täytyminen. Ennen testausta pitää ottaa selvää lainsäädännön vaatimuksista kontaktimateriaalille. Sen lisäksi pitää selvittää millaisia asiakirjoja ja tietoja kontaktimateriaalin raaka-aineista pitää hankkia. Näiden lisäksi tulee määrittää kontaktimateriaalin tulevat käyttöolosuhteet. Lopuksi pitää ottaa selvää mitä testataan (migraatio, aineiden jäämäpitoisuuksia kontaktimateriaalissa, aistinvarainen laatu, materiaalien puhtaustutkimukset, mikrobiologinen laatu) ja missä testit suoritetaan. (Evira 2018)

5.3 Elintarvikepakkausten materiaalit

Pakkauksen suunnittelu ja valmistus vaikuttaa suuresti elintarviketuotteiden säilyvyyteen. Valitsemalla oikeat materiaalit voidaan maksimoida tuotteen laatu, säilyvyys ja varastointi. Elintarvikepakkauksien yleisimmät materiaalit ovat lasi, metallit (alumiini, kalvot ja laminaatit, tinattu levy ja tinaton terä), paperi- ja kartonkilaatat sekä muovit. Nykypäivän ruokapakkaukset yhdistävät usein useita materiaaleja kunkin materiaalin funktionaalisten tai esteettisten ominaisuuksien hyödyntämiseksi. (Marsh, Bugusu 2007)

5.3.1 Lasi

Ruokapakkauksissa käytetyt lasimateriaalit ovat usein pinnoitettuja, jolla pystytään estämään naarmuuntuminen tai pinnan kuluminen ja linjatukokset. Lasipinnoitteet myös liisäävät ja säilyttävät pullon lujuutta rikkoutumisen vähentämiseksi. Parempi kestävyys antaa valmistajille mahdollisuuden käyttää ohuempia laseja, mikä vähentää painoa ja helpottaa kuljetusta. Lasi on hajuton ja kemiallisesti inertti, minkä takia lasi on erinomainen materiaalivehto. Tämä tarkoittaa sitä, että se on läpäisemätöntä kaasulle ja höyryille, joten se ylläpitää tuoreutta pitkään. Kyky kestää korkeita lämpötiloja mahdollistaa lämmön käytön ruoka-aineiden käsittelyssä, esimerkiksi lämpösterilointi. Lasi on jäykkä, sekä monipuolisesti muovailtava, mikä mahdollistaa erilaisia pakkausratkaisuja. Ne ovat

myös läpinäkyviä, mikä tarkoittaa sitä, että asiakkaalla on mahdollisuus nähdä tuote ennen ostamista. Lasit ovat myös kierrätettäviä ja uudelleen käytettäviä. Lasin haittapuolina kuitenkin on sen suuri paino ja alttius rikkoutumiselle. (Marsh, Bugusu 2007)

5.3.2 Metalli

Metalli tarjoaa erinomaisen fyysisen suojan, muovattavuuden ja sulkuominaisuuden tuotteelle ja ne on mahdollista käyttää myös uudelleen. Yleisimmät käytetyt metallit ovat teräs ja alumiini. Alumiinia käytetään tölkkien, kalvojen, laminoitujen papereiden, folioiden ja muovipakkausten valmistukseen. Alumiinin ominaisuuksia ovat keveys, joustavuus, pinnan kestävyys, muokattavuus ja erinomainen korroosiokestävyys. Korroosiokestävyyden takia se estää tehokkaasti kosteuden, ilman, valon, hajun ja mikro-organismien haitalliset vaikutukset. Alumiini on myös erittäin hyvä kierrätysmateriaali, koska sitä on helppo käsitellä ja siitä on helppo luoda uusia tuotteita. Alumiinin haittapuolina on sen suuret valmistuskustannukset ja se, että sitä ei voi hitsata, mikä rajoittaa pakkauksen sulkumahdollisuuksia. Teräs on metalliseos ja sillä on ominaisuuksina erinomaiset barrier-, sulku- ja lämpökäsittely ominaisuudet. Teräspakkaukset voidaan myös sulkea hermeettisesti, mikä tarkoittaa, että ne ovat suojattua ulkopuolisilta kaasuilta, kuten hapelta ja säilyvät siten paremmin. Niiden hyvä muovailtavuuden takia, niitä käytetään paljon tölkkien valmistamisessa. (Marsh, Bugusu 2007)

5.3.3 Muovi

Muovien käyttö on lisääntynyt erittäin paljon viimeisten vuosien aikana. Muovien etuja ovat nestemäinen muoto ja muovailtavuus, mikä tarkoittaa sitä, että siitä voi valmistaa arkkeja, muotoja ja rakenteita. Tämä mahdollistaa laajan valikoiman erilaisia pakkaus designeja. Muovit ovat kemiallisesti kestäviä, halpa valmistaa ja sen lisäksi niillä on hyvät fysikaaliset ominaisuudet. Muovien suurin haittapuoli niiden suuri läpäisevyys valolle, kaasulle, höyryille ja pienimolekyylipainoisille molekyyleille, sekä niiden ympäristövaikutukset. Muovit jaetaan kahteen luokkaan: kertamuovit ja kestonmuovit. Kertamuovit eivät palaudu enää takaisin alkuperäiseen muotoon lämpökäsittelyn jälkeen, minkä takia niitä käytetään vahvuutta ja kestävyyttä vaativissa tuotteissa kuten autot ja rakennusallalla. Kestomuovit taas palautuvat alkuperäiseen muotoonsa ja niillä on hyvät muovailtavuus ominaisuudet, minkä takia ne soveltuvat erinomaisesti elintarviketeollisuudelle. (Marsh, Bugusu 2007)

5.3.4 Paperi tuotteet

Paperia ja pahvia käytetään yleisesti aaltopahvilaatikoissa, nestepakkauksissa, koteloissa, pusseissa ja säkeissä sekä käärepapereissa. Paperilevyt ja kupit ovat muita esimerkkejä paperi- ja kartonkituotteista. Paperia ei käytetä tuotteissa, jotka vaativat pitkää varastomisaikaa, koska paperilla on huonot barrier-ominaisuudet. Paperia käsitellään tai lamiroidaan usein hartsilla, liimalla tai lakkaamalla, jotta sen barrier ominaisuudet paranisi. Pahvi on paperia paksumpaa ja se koostuu usein useasta kerroksesta. Tämän takia se on paperia painavampaa, mutta samalla sillä on huomattavasti paremmat kestävyys ominaisuudet. Pahvia käytetään yleisesti kuljetuksessa laatikoina tai lokeroina. Paperituotteilla on erittäin hyvät kierrätys ominaisuudet. (Marsh, Bugusu 2007)

5.4 Biopohjaiset pakkaukset elintarviketeollisuudessa

Biopakkaus on seuraava askel ympäristöystävällisestä pakkauksesta. Biopakkaus on olennainen osa biotalouteen siirtymisessä. Biotalousmaailman toiminta perustuu kokonaan uusiutuviin biologisiin resursseihin, mikä tarkoittaa, että elintarvikkeet, eläinten rehu, energia ja materiaalit tuotetaan biomassan ja biologisten prosessien avulla. Suurin bio-pakkausryhmä koostuu pahvipakkauksista ja aaltopahvista sekä muista kuitupohjaisista elintarvikkeiden pakkaustuotteista, kuten paperipusseista, valetuista sellutuotteista (munakennot) ja tekstiilipusseista. Kuitupakkauksiin liittyy vähän hiilidioksidipäästöjä, koska niiden valmistuksessa käytetään bioenergiaa ja biomassaa, kuten kierrätyskuitua ja puuta, ja pakkaukset ovat kierrätettäviä. (Paunonen 2018; Chiellini 2008)

Muovia käytetään paljon elintarvikepakkauksiin sen erinomaisten ominaisuuksien ansiosta. Öljypohjainen muovi on niin kestävä, että se ei edes hajoa kokonaan vaan se pilkkoutuu pienemmiksi paloiksi, jotka kertyvät valtameriin, kaloihin ja lintuihin ja kaatopaikoille. Luonto tuottaa myös polymeerejä, jotka voidaan jalostaa muoveiksi. Näitä kutsutaan bioplastiksi. Pohjimmiltaan kaikki biologiset makromolekyylit ovat sopivia biomuovien tuottamiseen, mutta ne ovat edelleen yleisimmin valmistettuja tärkkelyksestä, sokereista ja selluloosasta. Bioplastilla eli muovilla, jossa raaka-aineena on ei-fossiilinen biomassa, on vain yksi prosentti kaikista valmistetusta muovista, mutta sen osuus kasvaa nopeasti. Tämän hetkinen biomassan määrä ei salli pyrkimyksiä korvata muovin kuluusta nykyisellä tasolla biomassaan perustuvasta energiasta ja materiaaleista. Luonto ei

tuota kaikkia ihmisen tarpeellisia materiaaleja vaadituissa määrissä. (Paunonen 2018; Chiellini 2008)

VTT aikoo aloittaa tähän teeman liittyvän kansainvälisen hankkeen YK:n elintarvike- ja maatalousjärjestön (FAO) tilaamana. Ajatuksena on analysoida valitun elintarvikeketjun elintarvikejätteitä, pakkausmateriaaleja ja sivutuotteita ja kehittää ratkaisuja "vihreän" ketjun kautta biopakkausmateriaalien ja -toimintojen avulla. (Paunonen 2018)

Seuraavana on pari esimerkkiä tämän hetkisistä uudentyyppistä biopakkauksista. Eurooppalainen projekti SUCCIPACK valmistaa PBS:stä, joka on biopohjainen polymeeri, valmistettuja pakkauksia. Hankkeen tavoitteena on lisätä merkittävästi orgaanisten ja biohajavien pakkausten tuotantoa. Tämä luo jatkuvan prosessin, jossa pakkaus on kokonaan kierrätettävissä tai hajoava, esimerkiksi kompostoimalla maaperän lannoitusta varten. Viinin valmistajalla Veuve Clicquot:lla on merkki Naturally Clicquot, missä pullojen pakkaukset ovat biopakkauksia. Pakkauksiin on lisätty perunatärkkelystä ja rypäleiden kuoria. (Veuve Clicquot 2018; Succipack 2018)

6 TYÖN SUORITUS

Työ suoritettiin täysin Tampereen ammattikorkeakoulun paperi- ja pakkauslaboratoriossa. Työ alkoi arkkien valmistuksella, mikä koostuu massan valmistamisesta, arkin muo-
dostamisesta, arkin kuivatuksesta ja niiden kalanteroinnista. Valmistetusta näyte- sekä
referenssikartongista tehtiin paperilaboratoriossa mittaukset taulukon 2 mukaisesti. Tau-
lukossa tulee esille mitattu ominaisuus, käytetty standardi, mittauskappaleiden lukumäärä
sekä käytetty laite. Työn suoritukset poikkeavat standardeista vain tehtyjen mittausten
lukumäärän osalta. Näytteet on ilmastoitu standardin ISO 187:n mukaan. Näiden lisäksi
näytteillä tehtiin ruoka tuotteiden säilyvyys testi, jossa testattiin olisiko tehdyillä pape-
reilla ominaisuuksia, jotka parantaisi ruoka tuotteiden säilyvyyttä.

TAULUKKO 3. Mittaukset, laitteisto, standardit ja mittausten lukumäärä

Ominaisuus	Standardi	Mittausten lukumäärä	Laite
Neliömassa	ISO 536	15	Pyöröleikkuri L&W
Paksuus	ISO 534	5	Paksuusmittari L&W
Tiheys	ISO 543	5	
Vetolujuus, venymä	ISO 1924-3	5	Vetolujuusmittari L&W
Repäisylujuus	ISO 1974:1990	3	Repäisylujuusmittari L&W
Klemm- vesiabsorptio	SCAN-P13:66	10	
Makutesti	SFS-EN 1230-2		
Taivutusvastus	ISO 2493	5	Taivutusvastus ja -jäykkyysmittari L&W

6.1 Jauhatus

Jauhatuksen tarkoituksena on aktivoida kuitujen sitoutumiskykyä. Jauhatus toisin sanoen kasvattaa kuitujen välisiä sidoksia parantaen arkin lujuusominaisuuksia niin kuivana kuin märkänä. Jauhatuksella saadaan samalla tiiviimpi ja sileämpi pinta, mikä parantaa paperin painatusominaisuuksia. Jauhatus kuitenkin pienentää paperin valonsirontakykyä, mikä tarkoittaa, että sen vaaleus ja opasiteetti huononee kemiallisessa massassa. Mekaanisessa massassa vaikutus on päinvastainen. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2006, 113)

Jauhatuksen vaikutukset kuituihin jaetaan usein kuuteen eri osaan: Ensimmäinen on ulkoinen fibrillaatio eli kuidun ulkokerrosten osittainen irtoaminen ja haiventuminen. Tämä parantaa kuitujen sitoutumiskykyä. Toinen mekanismi on sisäinen fibrillaatio eli veden tunkeutuminen kuituseinämän lamellien väliin, jonka johdosta kuidut notkistuvat. Kolmantena on kuitujen suoruuden muutokset, mikä tarkoittaa, että kuidut suoristuvat matalassa sakeudessa ja notkistuvat korkeassa sakeudessa. Neljän ominaisuus on kuitujen katkeileminen ja keskipituuden lyheneminen. Tämä on jauhatuksen huonopuoli, koska pitkät kuidut ovat arvokkaampia kuin lyhyet. Tämä heikentää lujuusominaisuuksia, mutta parantaa tiiveyttä ja optisia ominaisuuksia. Viides mekanismi on hienoaineen syntyminen. Hienoaine syntyy kuitujen ja niiden seinämien jauhautuessa pieniksi partikkeleiksi. Tämä edistää kuitujen välistä sitoutumiskykyä. Kuudes ominaisuus on kuidun liukeneminen. Tämä voi olla osittaista tai sitten se voi tapahtua kokonaan. Osittainen liukeneminen muodostaa sitoutuvan kerroksen kuitujen pintaan. Kokonaan liukeneminen on epätoivottu ominaisuus, koska siinä syntyy saantotappioita ja kolloidiset aineet häiritsevät muuta paperinvalmistus prosessia. (Häggblom-Ahnger & Komulainen 2006, 113)

Ennen kuin jauhatusta voitiin suorittaa, piti liuottaa mäntysellu arkkiä veden kanssa yön yli. Selluarkkia pilkottiin 360 g kuivapainona eli ensin piti määrittää kosteus-%, jotta tiedetään paljonko selluarkkia pitää pilkkoa kokonaisuudessaan. Kosteusprosentin avulla tarvittava määrä saadaan kaavalla 1.

$$\frac{m_1}{m_2} = M \quad (1)$$

Missä m_1 tarvittava kuivapaino, m_2 tarvittava kokonaispaino kosteuksineen ja M on kosteus-%. Kaavasta ratkaistaan m_2 , jonka jälkeen tiedetään paljonko raaka-ainetta pitää lisätä.

Pilkottu selluarkki massa lisättiin 5 litraan noin 20 °C vettä ja annettiin liueta yön yli. Tämän jälkeen massa on valmis jauhatukseen. Tämän työn jauhatusta suoritettiin Valley-Hollanterilla. Yön yli liuotettu sellumassa lisätään jauhimeen ja jauhin täytetään vedellä. Jauhimen annetaan pyöriä ilman varsinaista jauhatusta ensin 20 minuuttia, jonka jälkeen lisätään kuormitus, jolloin varsinainen jauhatus alkaa. Tässä työssä jauhatusaika oli 30 minuuttia. 30 minuutin jauhatusajalla mahdollistettiin laboratorioarkkien korkeampi neiliömassa. Jauhatussakeutena tässä työssä käytettiin 15,7 g/l, mikä on yleinen jauhatussakeus.

Työssä käytetty käytettiin Saarioisten Sahalahden tehtaasta toimittamaa porkkanaa. Käytetty porkkana toimitettiin silppuina ja hieman isompina paloina. Silppu oli hylkyyn menevää tavaraa ja isommat palat olivat lattialle tippuneita paloja, jotka olivat myös jätettä. Rahkasammal toimitettiin Luken Parkanon toimipisteestä. Rahkasammal toimitettiin kokonaisina. Kaurankuori toimitettiin valmiiksi jauhatettuna Fazerin toimesta, eikä sitä jatkokäsitelty. Rahkasammal ja porkkana jauhettiin pienemmäksi sauvasekoittimella, koska jauhimella niiden koostumus jäi epätasaisemmaksi eikä se soveltunut hyvin pienien määrien jauhukseen. Rahkasammaleessa piti vielä myös lajitella varsi osat pois, koska ne eivät jauhautuneet kunnolla.

6.2 Tarvittavat laskut

Ennen kuin arkkeja voidaan alkaa valmistamaan pitää laskea kuinka paljon kuiva-ainetta yhteen arkkiin pitää saada. Kuiva-ainepitoisuuden osuus koostuu sellun massasta ja lisätyn näytteen (rahkasammal, porkkana ja kaura) kuiva-aine massasta. Ensimmäisenä pitää laskea kuinka paljon kuiva-ainetta tarvitaan kokonaisuudessaan. Tämä saadaan kaavasta 2.

$$\frac{\rho_A}{A} = m \quad (2)$$

Missä ρ_A on haluttu neliömassa, A on pinta-ala ja m on kuiva-aineen massa kokonaisuudessaan paperiarkissa. Tässä työssä haluttu neliömassa 100 g/m² ja pinta-ala on 0,165 m * 0,165 m. Kun arvot sijoitetaan kaavaan, saadaan kokonaismassaksi 2,72 g per arkki.

Tämän jälkeen pitää määrittää, kuinka paljon näytettä (rahkasammal, porkkana, kaura), pitää olla eri massapitoisuuksilla. Tässä työssä tutkittavat massapitoisuudet ovat 5 %, 15 % ja 30 %. Tämä tarkoittaa kuinka paljon 2,72 g:sta pitää olla esimerkiksi porkkanaa, että 5 %:n porkkana paperiarkin koko massasta olisi 5% porkkanaa. Tämä voidaan laskea kaavalla 3.

$$\frac{m_3}{m+m_3} = m\% \quad (3)$$

Missä m_3 on näytteen kuiva-ainemassa, m on koko arkissa oleva kuiva-aine massa eli tässä tapauksessa 2,72 g ja m-% massapitoisuus eli 5 %, 15 % tai 30 %. Tästä kaavasta ratkaistaan m_3 . Tarvittavat massat on ilmoitettu taulukossa 2.

TAULUKKO 4. Näytteen tarvittava kuiva-aine massa

Massapitoisuus %	Massa g
5	0,143
15	0,48
30	1,166

Jotta näytettä lisätään sellun joukkoon oikea määrä, pitää ottaa huomioon näytteiden kosteuspitoisuudet. Näytteiden kosteuspitoisuudet on esitetty taulukossa 5. Näiden tietojen avulla pitää laskea kuinka paljon näytettä pitää lisätä kokonaisuudessaan, jotta saavutetaan haluttu kuiva-ainemassa. Tämä voidaan laskea käyttämällä kaava 1, kun tiedetään kosteuspitoisuus ja haluttu kuiva-aine massa. Tämä pitää laskea erikseen jokaiselle näytteelle ja pitoisuudelle. Tässä työssä tarvittavat massat on esitetty taulukossa 6.

TAULUKKO 5. Näytteiden kosteuspitoisuudet

Näyte	Kosteus-%
Sammal	93
Porkkana	89
Kaura	8,50

Ennen kuin arkkeja voidaan aloittaa valmistamaan, pitää vielä laskea paljonko sellun määrää pitää vähentää, kun osa kokonaiskuiva-aine massasta koostuu myös näytteen kuiva-aine massasta. Tämä voidaan laskea kaavalla 4.

$$\frac{(m-m_3)}{c} = V \quad (4)$$

Missä m on kuiva-aineen kokonaismassa, m_3 on näytteen kuiva-ainemassa, c on käytetty sakeus eli tässä työssä 2 g/l ja V on tarvittava sellun tilavuus eli litra määrä. Sellun tarvittava määrä on ilmoitettu taulukossa 6.

TAULUKKO 6. Sellun ja lisäraaka-aineen määrä

Näyte	Sellun määrä l	Lisäraaka-aineen määrä g
Referenssi	1,36	0
Sammal 5%	1,29	2,04
Sammal 15%	1,12	6,86
Sammal 30%	0,78	16,66
Porkkana 5%	1,29	1,30
Porkkana 15%	1,12	4,36
Porkkana 30%	0,78	10,60
Kaura 5%	1,29	0,16
Kaura 15%	1,12	0,53
Kaura 30%	0,78	1,27

6.3 Arkin valmistus

Paperiarkkien valmistuksella laboratoriossa pyritään simuloimaan paperikoneprosessia. Kun tarvittavat laskut on tehty, voidaan alkaa valmistamaan arkkeja. Arkkien valmistus alkoi käsittelemällä rahkasammal ja porkkana pienemmäksi. Kaura toimitettiin jo valmiiksi jauhattuna, joten se voitiin käyttää sellaisenaan. Porkkana raastettiin ensin pienemmäksi, jonka jälkeen se käsiteltiin sauvasekoittimella sosemaiseksi. Rahkasammal käsiteltiin suoraan sauvasekoittimella, jonka jälkeen rahkasammaleen varsiosat lajiteltiin pois, koska ne eivät hajonneet pieniksi.

Arkkien valmistus tapahtui sekoittamalla sopiva määrä sellua ja näytettä ja tämä seos laitettiin arkkimuotin säiliöosaan. Säiliöön johdetaan tämän jälkeen vettä ja tämä seos kokonaisuudessaan sekoitetaan muottiin rakennetun sekoitusominaisuuden avulla. Kun sekoitus on ohi, valutetaan vesi pois, ja valmistettu paperiarkki muodostuu viiraosaan. Arkki kuivataan tämän jälkeen imukartonkien avulla ja ne merkataan tunnuksilla, jotta ne voidaan erottaa. Tämän jälkeen arkit laitetaan 2- vaiheeseen puristukseen, missä poistetaan suurin osa vedestä. Prässäyksien välissä vaihdetaan näytearkkien molemmiin puolin olevat imukartongit vedenpoiston parantamiseksi. Lopuksi arkit laitetaan kuivausrumpuun, jossa ne kuivuvat kaksi tuntia. Käytetyt arkkimuotit ja prässi on Lorentzen & Wettre:n valmistamia ja kuivausrumpu on Oy. E. Sarlin AB:n valmistama. Arkkeja valmistettiin 20 kappaletta jokaista näytepistettä kohden eli yhteensä 200 arkkiä. Tällöin on

tarvittava määrä tehdä tarpeellinen määrä laboratoriomittauksia, sekä muutama ylimääräinen kappale varmuuden vuoksi. Tässä työssä tutkittiin vain kalanteroitujen arkkien ominaisuuksia, mikä tarkoittaa sitä, että jos tuloksia haluaa verrata kalanteroimattomiin pitää valmistettavien arkkien määrä tuplata.

6.4 Kalanterointi

Kalanteroinnissa paperia puristetaan kahden tai useamman telan välissä. Tällöin paperi muuttuu niin tason kuin pituus suunnassakin. Kalanterointia voidaan edistää lämpöä tai kosteutta lisäämällä. Kalanteroinnin päätehtävä on muuttaa paperin pintaominaisuudet painatukseen sopiviksi. Sen lisäksi kalanteroinnilla pystytään hallitsemaan paperin paksuusprofiilia. Kalanteroinnin suotuisia vaikutuksia on erityisesti sileyden ja kiillon suuri kasvu, mitä enemmän kalanteroidaan. Samalla kuitenkin menetetään jäykkyys ja lujuus ominaisuuksia, mitkä tulee ottaa huomioon paperia valmistettaessa. Kalanteroinnin tärkeimpiä muuttujia on paperin omien ominaisuuksien lisäksi, nippipaine, nippien määrä, lämpötila, kosteus ja viipymäaika nipissä. Nipillä tarkoitetaan kohtaa, jossa paperi menee telojen välistä ja puristuu. Kalanterin vaikutusta voidaan lisätä suurentamalla nippipainetta, lisäämällä nippien määrää sekä pienentämällä ajonopeutta, jolloin viipymäaika nipissä kasvaa. Mitä suurempi nippipaine on ja mitä enemmän nippejä on, sekä jos ajonopeus on pieni, jolloin viipymäaika nipissä on pidempi, tällöin kalanterin vaikutukset kasvavat. Mitä korkeampi lämpötila, sen helpommin paperia voi plastisoida eli se kalanteroituu helpommin. Sama pätee myös kosteuteen, tämä johtuu siitä, että ligniini ja hemiselluloosa pehmenevät. (Häggblom-Ahnger & Komulainen 2006, 204-208)

Kalanterointiin käytettiin TAMKin paperilaboratoriosta löytyvää kalanteria, joka koostuu yhdestä pehmeästä telasta sekä yhdestä kovasta telasta. Nämä kaksi telaa muodostavat yhden nipin. Koneessa käytettiin 90 kN/m painetta ja 45 °C lämpöä. Arkit kalanterointiin siten, että yksi puoli sai aina sileän pinnan. Tämä johtaa siihen, että arkit ovat hyvin yksipuolisia ja niiden annettiin kiertää telat 5 kertaa arkkia kohden, jolloin lopputulos vastaa enemmän superkalanterin tulosta. Tässä työssä tarkasteltiin vain kalanteroitujen arkkien ominaisuuksia, koska jos näytteistä joskus tehtäisiin pakkauksia olisi ne todennäköisesti kalanteroitu.

6.5 Säilyvyyden testaaminen

Näytteistä haluttiin myös tutkia, olisiko niillä ominaisuuksia, jotka parantaisivat ruoka-aineiden säilyvyyttä. Tätä lähdettiin testaamaan valmistamalla näytteistä rasioita ja laittamalla niihin luumutomaatteja ja viinirypäleitä, minkä säilyvyyttä tarkasteltiin 50 päivän ajan. Valmistetuissa rasioissa ei haluttu käyttää liima-aineita, koska niillä voisi olla vaikutusta tuloksiin, joten rasiat valmistettiin vain taittamalla. Testeissä käytettiin suomalaisia Pirkan luumutomaatteja ja Pirkan viinirypäleitä. Rasioiden materiaaleina käytettiin muovia, referenssi-, porkkana-, rahkasammal- ja kaurapaperia. Porkkana, rahkasammal ja kaura näytteissä käytettiin kaikkia eri mittauspisteitä eli 5 %, 15 % ja 30 %.

Rasioita säilytettiin jääkaapissa, jossa on noin 5 °C lämmintä ja vallitsee 75 % kosteuspi-toisuus. Alun perin oli tarkoitus säilyttää tuotteet kaupan vihannesosaston olosuhteissa, mutta TAMKin olosuhdekaappiin tuli vika, mikä esti tämän. Jääkaappi on kuitenkin perustelu olosuhde, koska kuluttajat kuitenkin säilyttävät vihanneksensa jääkaapissa.

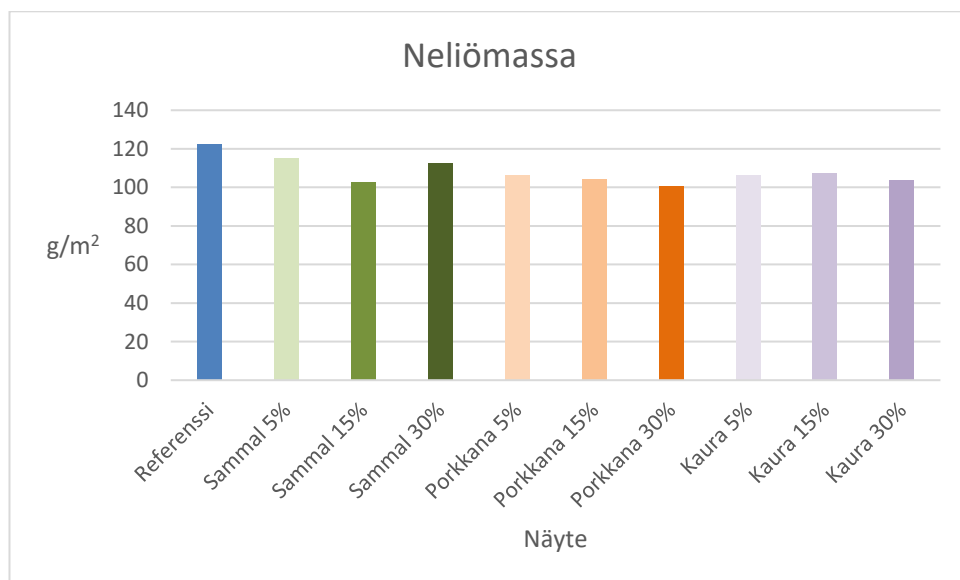
Näytteet kuvattiin joka toinen päivä ja samalla punnittiin niiden rasioiden paino, millä haluttiin katsoa, imeekö rasia itseensä kosteutta. Samalla tarkasteltiin luumutomaattien ja rypäleiden kuntoa. Kunnon tarkastelu koostui tomaattien ja rypäleiden värien, rakenteen, hajun ja poikkeuksien havainnoinnista. Tuloksia vertailtiin toisiin näytteisiin ja samalla tutkittiin, jos ruoka-aineet pilaantuisivat hitaammin jossain muussa rasiassa kuin toisessa.

7 TULOKSET

7.1 Neliömassa

Neliömassa tarkoittaa massaa grammoina neliometriä kohden (g/m^2). Neliömassa on erittäin oleellinen ominaisuus ja se vaikuttaa lähes kaikkiin muihin paperin ominaisuuksiin. Neliömassaan sisältyy sekä paperin kuiva-aine että vesi. Neliömassan kasvaessa myös usein paperin lujuus, opasiteetti ja tiiveys paranevat. Toisaalta tämä tarkoittaa samalla, että paperin kustannuksetkin kasvavat raaka-aine kustannusten takia. (KnowPap 2018; Häggblom-Ahnger & Komulainen 2006, 78)

Tässä työssä pyrittiin kaikkiin näytteisiin saamaan sama neliömassa, jotta näytteet olisivat keskenään vertailukelpoisia muissa ominaisuuksissa. Kuvaajasta 1 nähdään, että tässä onnistuttiin melko hyvin.



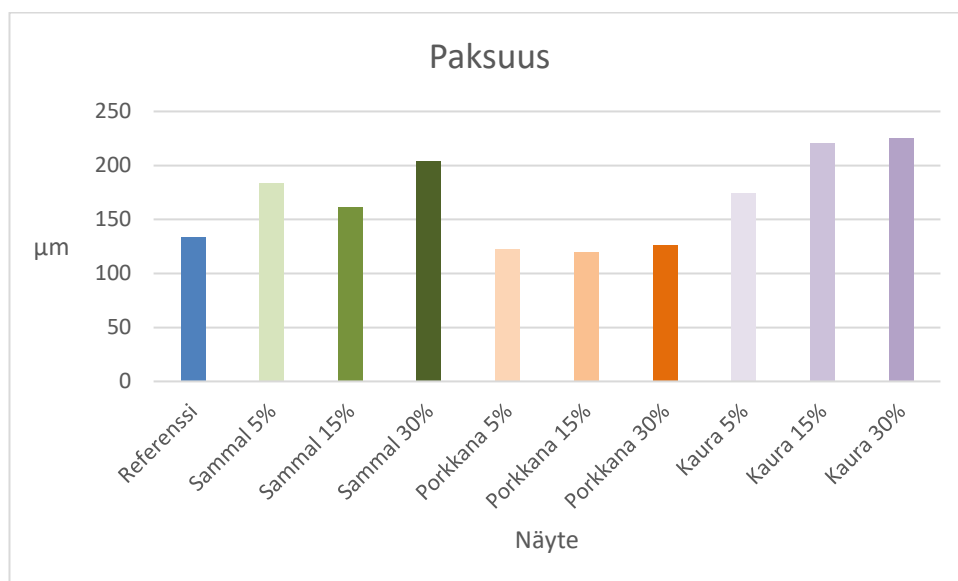
KUVAAJA 1. Neliömassojen keskiarvot laboratorioarkeissa, jossa referenssinä toimi pelkkä havusellu ja muina näytteinä havusellun ja rahkasammaleen, porkkanan tai kauran kuoren yhdistelmä arkit

7.2 Paksuus, tiheys ja bulkki

Paksuus on oleellinen paperin jäykkyyden kannalta. Paksuuden taso- ja tasaisuus ovat tärkeitä paksuutta tarkasteltaessa. Paksuuden ja neliömassan avulla voidaan laskea paperin tiheys ja bulkki. Tiheys ja bulkki ovat rakenteellisia ominaisuuksia. Tiheys on neliö-

massa jaettuna paksuudella ja sen perusyksikkö on kg/m^3 . Bulkki taas on tiheyden käänteisluku ja sen perusyksikkö on cm^3/g . Hyvä bulkki tarkoittaa yleensä myös hyvää reppäisylujuutta, suurta jäykkyyttä, suurta kokoonpuristuvuutta ja hyvää opasiteettia. Samalla kuitenkin vetolujuus ja sileys huononevat. Tiheys riippuu raaka-aineen ainestihydestä ja paperin huokoisuudesta. (KnowPap 2018)

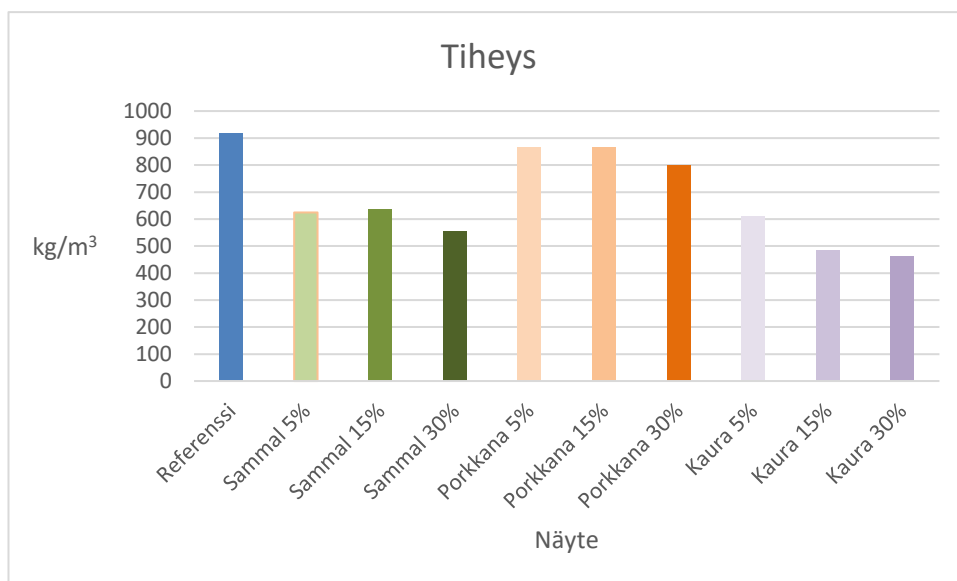
Paksuuden arvoista nähdään, muiden näytteiden paksuus näyttäisi lisääntyvän sitä mukaan, mitä suuremmat pitoisuudet niissä on lisäjaetta. Tämä johtuu siitä, että sivuvirran rakenne on epätasaisempaa kuin sellun, mikä aiheuttaa sen määrän kasvaessa suhteessa selluun, paperin paksuuden kasvun. Porkkanan selvästi ohuempi rakenne johtuu raaka-aineen käsittelystä. Kun käytettyjä raaka-aineita jauhettiin pienemmäksi, niin porkkana hajosi sosemaiseksi, kun taas sammal ja kaura on rakenteeltaan rakeisempia. Tämän vuoksi paperi, joka sisältää rahkasammalta ja kauraa on havaittavasti paksumpaa kuin porkkanaa sisältävän paperin.



KUVAAJA 2. Paksuuksien keskiarvot laboratorioarkeissa, jossa referenssinä toimi pelkkä havusellu ja muina näytteinä havusellun ja rahkasammaleen, porkkanan tai kauran kuoren yhdistelmä arkit

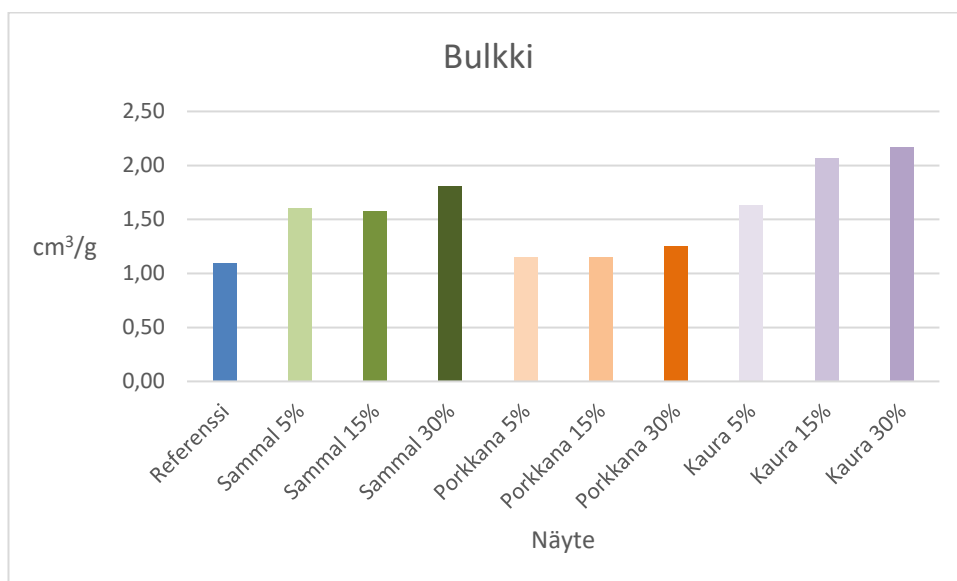
Tiheyden arvoja tarkasteltaessa voidaan havaita, että ohuempien papereiden tiheyden arvot ovat suurempia kuin paksumpien papereiden. Referenssin arvo on luokaltaan hyvin samaa porkkanan kaikkien pitoisuuksien kanssa. Rahkasammal ja kaurankuorinäytteissä tiheys on sen sijaan selvästi pienempi. Kuvaajaa 3 tutkiessa huomataan myös, että tiheys pienenee, mitä enemmän sivuvirtapitoisuus kasvaa. Tiheyden pieneminen on suurinta

kaurassa, jonka rakenne oli kaikkein rakeisin. Tämä johtuu toisaalta myös siitä, että sellun kuiduilla on litistymis- ja taipumisominaisuuksia, mikä mahdollistaa tiiviimmän rakenteen.



KUVAAJA 3. Tiheyksien keskiarvot laboratorioarkeissa, jossa referenssinä toimi pelkkä havusellu ja muina näytteinä havusellun ja rahkasammaleen, porkkanan tai kauran kuoren yhdistelmä arkit

Bulkin keskiarvojen kuvaajasta nähdään paperiarkkien bulkin arvot. Kuvaaja on päinvas-
tainen, kuin tiheyden kuvaaja, koska bulkki on tiheyden käänteisluku.

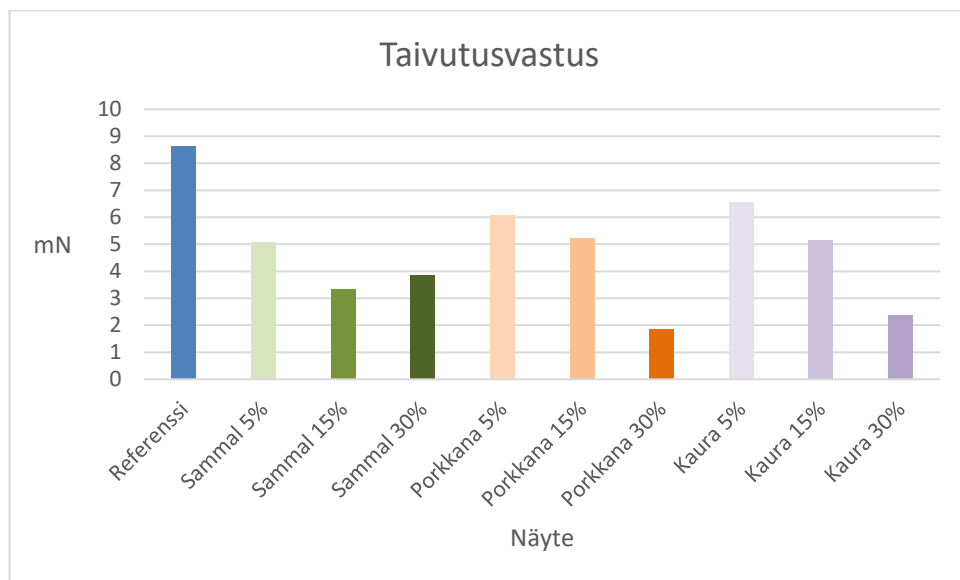


KUVAAJA 4. Bulkkien keskiarvot laboratorioarkeissa, jossa referenssinä toimi pelkkä havusellu ja muina näytteinä havusellun ja rahkasammaleen, porkkanan tai kauran kuoren yhdistelmä arkit

7.3 Taivutusvastus

Taivutusvastus on tärkeä ominaisuus erityisesti kartonki tuotteille, koska niitä käytetään pakkauksissa. Kartonkien suurempi jäykkyys papereihin verrattuna johtuu niiden paksummasta rakenteesta. Jäykkyys toisin sanoen kasvaa, kun neliömassaa kasvatetaan. Myös massavalinnoilla pystytään vaikuttamaan jäykkyyteen. Jäykkyyttä miettiessä pitää ottaa huomioon, että paperikoneen pitää pystyä valmistaa paperia ilman katkoja, jolloin pitää ottaa huomioon myös ajettavuus tekijät. (KnowPap 2018)

Taivutusvastuksen tuloksia tutkiessa havaitaan, että arvot putoavat jälleen osuuden kasvaessa. Rahkasammaleessa pudotus on selvästi pienempi kuin porkkana ja kaura näytteissä. Tuloksista nähdään, että jo 5 % lisäys soseutettua porkkanaa, jauhettua rahkasammalta ja kauraa heikentää taivutusvastusta eli jäykkyyttä selvästi havuselluarkkiin verrattuna.

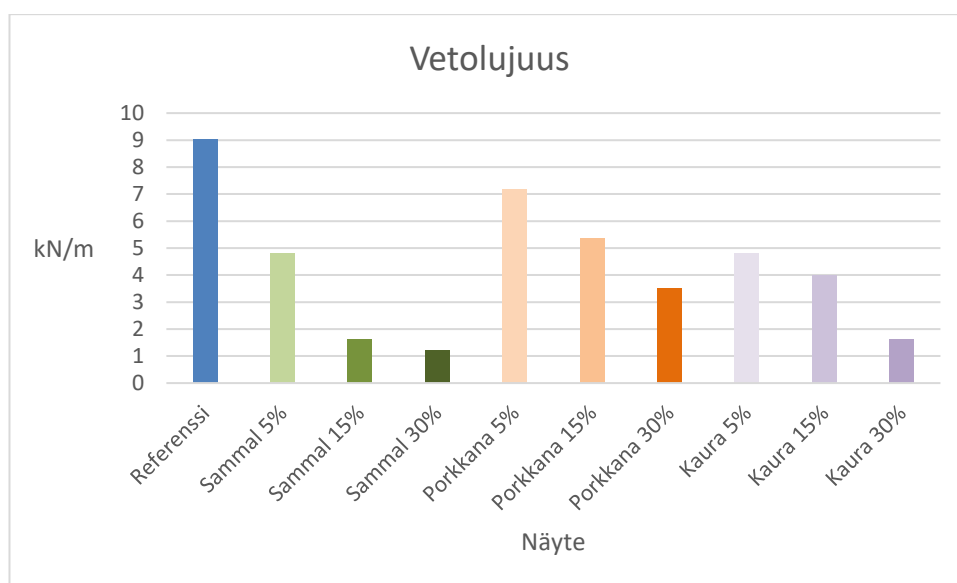


KUVAAJA 10. Taivutusvastusten keskiarvot laboratorioarkeissa, jossa referenssinä toimi pelkkä havusellu ja muina näytteinä havusellun ja rahkasammaleen, porkkanan tai kauran kuoren yhdistelmä arkit

7.4 Vetolujuus

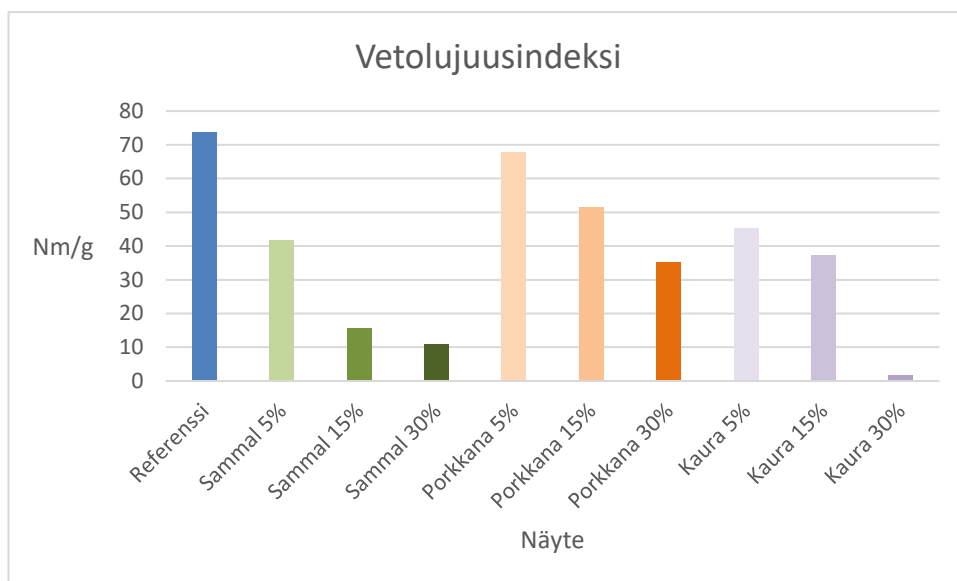
Vetolujuus tarkoittaa voimaa leveysyksikköä kohden (kN/m). Vetolujuus kasvaa paperin neliömassan kasvaessa. Näiden lisäksi vetolujuuteen vaikuttavat kuitupituus, kuitujen oma lujuus ja orientaatio. Vetolujuutta voidaan säädellä valmistustavallakin. Esimerkiksi pienentämällä perälaatikon sakeutta, voidaan parantaa vetolujuutta. Lujuusominaisuuksista voidaan laskea indeksi, jossa otetaan huomioon näytteen neliömassa. Tämä helpottaa näytteiden vertailua keskenään, kun niillä ei ole samat neliömassat. (KnowPap 2018; Häggblom-Ahnger & Komulainen 2006, 94–95, 97)

Vetolujuutta tarkasteltaessa huomataan, että jo pienikin määrä käsiteltyä lisäjaetta laskee vetolujuutta. Tosin 5 % porkkanaa sisältävän näytteen vetolujuusindeksi ei ollut kovin paljon referenssiä huonompi. Putoaminen jatkuu tasaisesti, mitä enemmän lisäjakeen massapitoisuutta lisätään. Referenssillä on selvästi suurin vetolujuus, kun seuraavaksi isoin arvo on 5 %:lla porkkana näytteellä. Heikoin vetolujuus on 30 %:lla rahkasammal näytteellä, jonka arvo tippui radikaalisti verrattuna referenssiin. Kuvaajasta 7 nähdään, että erityisesti rahkasammalta ja kauraa lisättäessä vetolujuus pienenee huomattavasti.



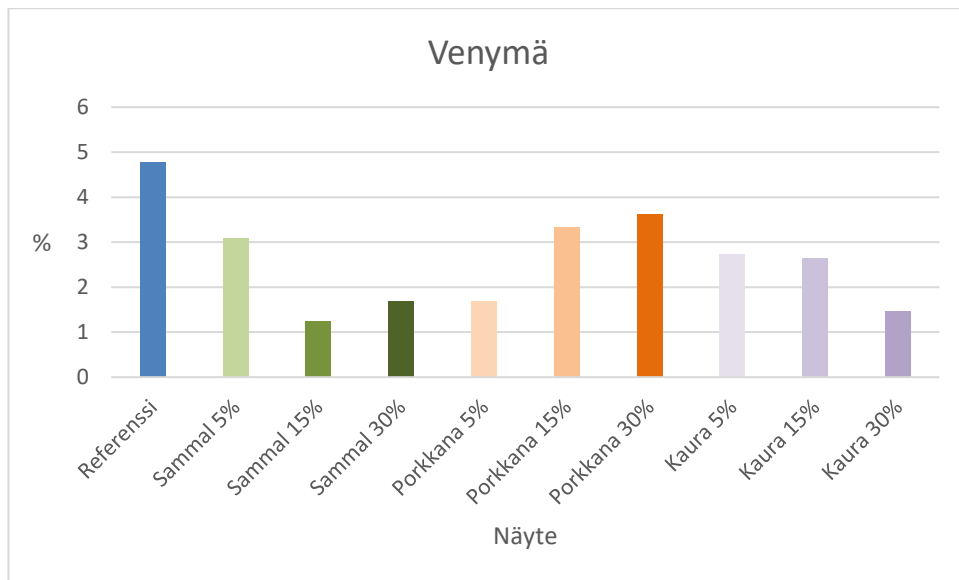
KUVAAJA 7. Vetolujuuksien keskiarvot laboratorioarkeissa, jossa referenssinä toimi pelkkä havusellu ja muina näytteinä havusellun ja rahkasammaleen, porkkanan tai kauran kuoren yhdistelmä arkit

Vetolujuusindeksissä otetaan näytteen neliömassa huomioon samanlailla kuin repäisylujuusindeksissä. Siihen päteekin samat ominaisuudet kuin repäisylujuusindeksiin, kun tarkastellaan kuvaajan muotoa ja sen arvoja.



KUVAAJA 8. Vetolujuusindeksien keskiarvot laboratorioarkeissa, jossa referenssinä toimi pelkkä havusellu ja muina näytteinä havusellun ja rahkasammaleen, porkkanan tai kauran kuoren yhdistelmä arkit

Venymää tarkasteltaessa huomataan, että referenssin arvo on jälleen kerran suurin. Kuvaajasta nähdään, että venymä ei käyttäydy samalla tavalla, kun lisätään rahkasammaleen, porkkanan tai kauran osuutta paperissa. Rahkasammalella ja kauralla venymä tuntuu pienenevän, mitä enemmän niihin lisätään tutkittavaa raaka-ainetta. Poikkeuksena on rahkasammaleen 30 m-% näyte, mutta tämä on todennäköisemmin sattuma, mikä johtuu inhimillisistä tekijöistä laboratorio mittauksia tehtäessä. Porkkanassa sen sijaan voidaan havaita, että venymä kasvaa, mitä suurempi porkkanan osuus on. Tämä voi johtua siitä, että sen rakenne on hienojakeisempaa, mikä takaa tiiviimmän rakenteen.

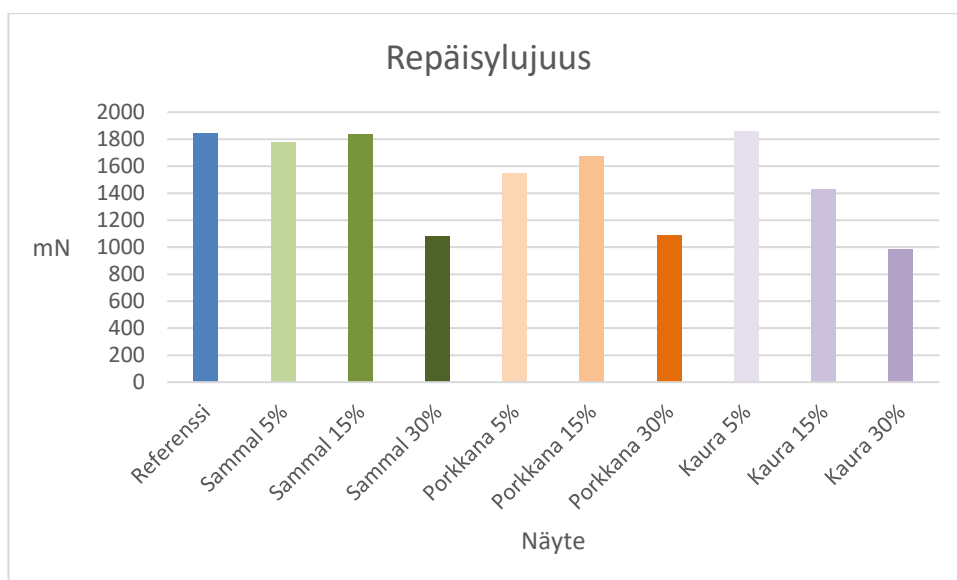


KUVAAJA 9. Venymän keskiarvot laboratorioarkeissa, jossa referenssinä toimi pelkkä havusellu ja muina näytteinä havusellun ja rahkasammaleen, porkkanan tai kauran kuoren yhdistelmä arkit

7.5 Repäisylujuus

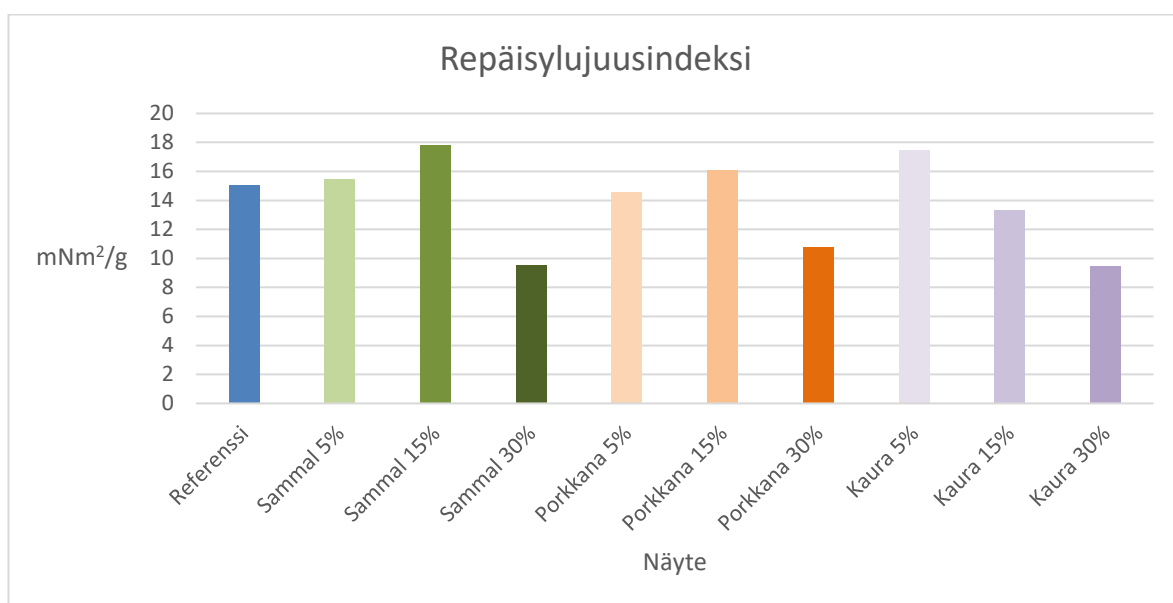
Repäisylujuudella tarkoitetaan voimaa, joka vaaditaan repäisyn jatkamiseen ja sen yksikkö on mN. Sitä käytetään simuloimaan tilannetta, jossa rainassa on repeämä tai reikä, mikä vähentää repeämisen jatkamiseen tarvittavaa voimaa verrattuna ehjään rainaan. Repäisylujuuteen vaikuttavat kuitupituus, kuidun lujuus ja sitoutumisaste. (KnowPap 2018; Häggblom-Ahnger & Komulainen 2006, 98)

Repäisylujuuksia tarkasteltaessa huomataan, että pieni lisäys lisäjaetta ei vaikuta suuresti repäisylujuteen tai jopa parantaa sitä, kuten repäisylujuusindeksin kuvaajasta 6 huomataan. Arvot kuitenkin putoavat huomattavasti suuremmissa lisäjae pitoisuuksissa kaikissa näytteissä. Kaikissa 30 m-% näytteissä arvot putoavat hyvin lähelle arvoa 1000 mN. Arvo putoaa siis melkein puolella verrattuna referenssiin.



KUVAAJA 5. Repäisylujuuden keskiarvot laboratorioarkeissa, jossa referenssinä toimi pelkkä havusellu ja muina näytteinä havusellun ja rahkasammaleen, porkkanan tai kauran kuoren yhdistelmä arkit

Repäisylujuusindeksissä repäisylujuuteen otetaan huomioon myös näytteen neliömassa eli se saadaan jakamalla repäisylujuus neliömassalla. Repäisylujuusindeksi on käytännöllisempi ja se antaa paremman kuvan kuin pelkkä repäisylujuus. Kuvaaja 6 on muodoltaan hyvin saman muotoinen kuin repäisylujuuden kuvaaja, koska näytteiden neliömassat ovat hyvin lähellä toisiaan. Kuvaajasta kuitenkin huomataan, että ero pienenee hieman, kun verrataan pelkkään repäisylujuuteen. Tämä johtuu siitä, että referenssin neliömassa oli hieman isompi kuin tutkittavien näytteiden.

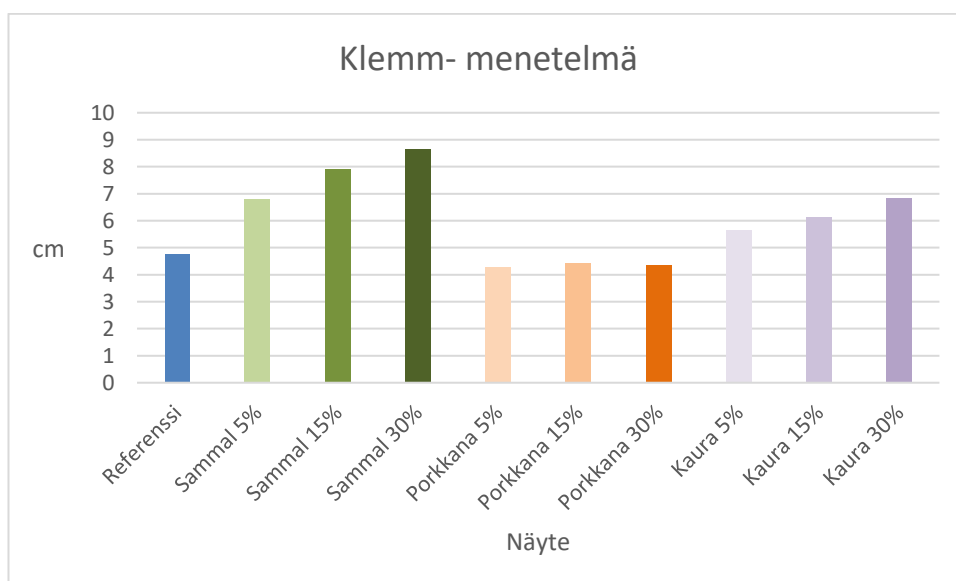


KUVAAJA 6. Repäisylujuusindeksien keskiarvot laboratorioarkeissa, jossa referenssinä toimi pelkkä havusellu ja muina näytteinä havusellun ja rahkasammaleen, porkkanan tai kauran kuoren yhdistelmä arkit

7.6 Vesiabsorptio

Adsorptiolla tarkoitetaan ilmiötä, jossa aine kerääntyy (yleensä neste tai kaasu) toisen aineen pintaan. Jos tämä aine imeytyy toisen aineen sisälle muuttaen sen rakennetta, niin tätä kutsutaan absorptioksi. Absorptio-ominaisuudet vaikuttavat lujuusominaisuuksien ja optisen laadun lisäksi moniin paperin jatkojalostus- ja loppukäyttötarkoituksiin. Absorptio-ominaisuuksiin voidaan vaikuttaa kuituraaka-aineiden ja lisäaineiden valinnalla sekä lukuisilla valmistusprosessin hallintasuureilla. (KnowPap 2018)

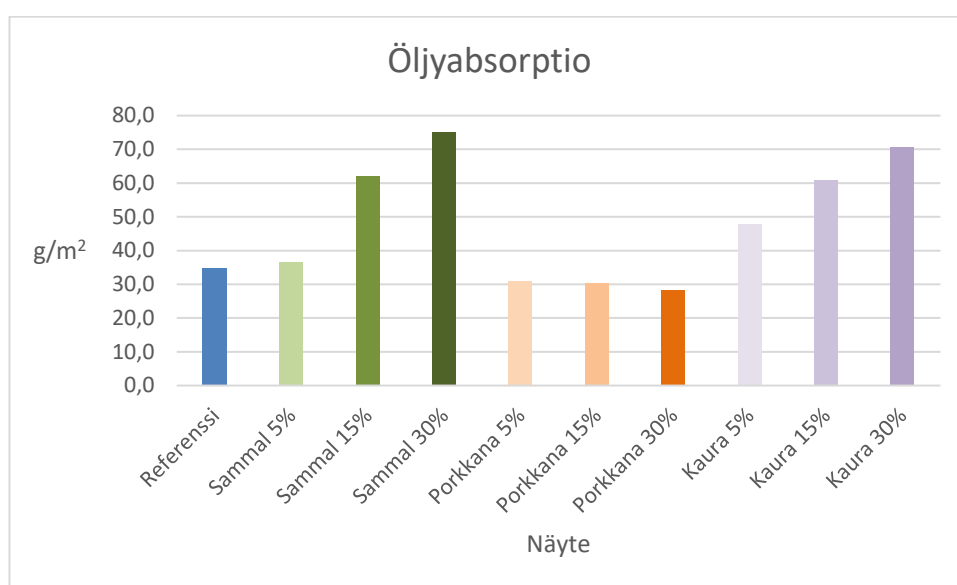
Vesiabsorptiion tuloksissa nähdään, että näytteet imevät enemmän vettä itseensä, mitä suurempi muuta tutkittavaa näytettä niissä on. Suurimmat absorptio-ominaisuudet ovat rahkasammaleella, jonka arvot kasvavat selvästi, mitä enemmän rahkasammalta lisätään. Kauran tuloksissa nähdään myös samanlaista nousua massapitoisuuden kasvaessa. Porkkanassa sen sijaan kasvu on hyvin minimaalinen ja sen arvot ovat hyvin lähellä referenssiä.



KUVAAJA 11. Paperiarkkien Klemm-testin veden imukorkeuden arvot, jossa referenssinä toimi pelkkä havusellu ja muina näytteinä havusellun ja rahkasammaleen, porkkanan tai kauran kuoren yhdistelmä arkit

7.7 Öljyabsorptio

Öljyabsorption kuvaaja 12 tutkittaessa huomataan, että öljyabsorption arvot käyttäytyvät hyvin samanlailla kuin vesiabsorption tulokset. Rahkasammal ja kaura näytteissä nähdään selvää kasvua, mitä enemmän niitä lisätään sellun sekaan. Erot ovat selvimät eri massapitoisuuksilla kuin vesiabsorptiossa. 30 %:lla rahkasammal näytteellä on suurin öljyabsorptio ja tämän jälkeen 30 %:lla kaurankuori näytteellä. Porkkanan kaikkien pitoisuuksien arvot ovat hyvin lähellä tai alempia kuin referenssillä.



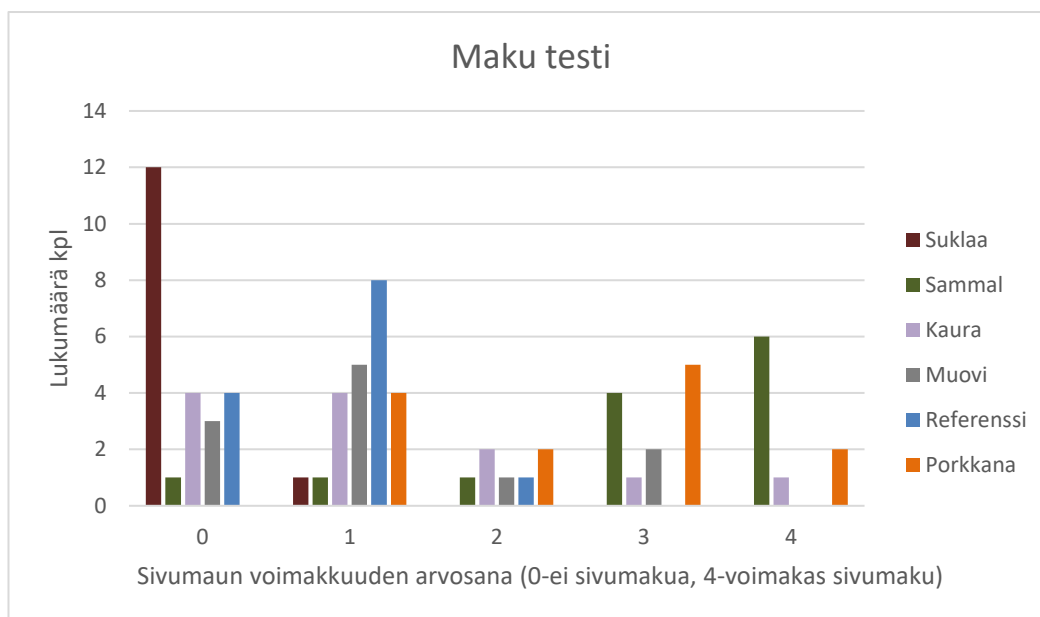
KUVAAJA 12. Öljyabsorption keskiarvot laboratorioarkeissa, jossa referenssinä toimi pelkkä havusellu ja muina näytteinä havusellun ja rahkasammaleen, porkkanan tai kauran kuoren yhdistelmä arkit

7.8 Makutesti

Makutestissä näytteitä säilytetään eksikaattorissa tutkittavan pakkausmateriaalin ympäröimänä parin päivän ajan. Tämän jälkeen panelisti antaa oman arvionsa sivumaun vahvuudesta, kun sitä verrataan normaaliin elintarvikkeeseen. Makutestin paneeli koostui 13 henkilöstä. Tutkittavina materiaaleina oli muovi, referenssiarkki ja 30 % lisäjäe arkit. Kuvaajan y-akseli kuvaa kuinka monta ääntä kukin arvio on saanut. Arviot menevät seuraavanlaisesti:

- 0 = Ei havaittavaa sivumakua
 1 = Pientä sivumaku havaittavissa (vaikea määrittellä)
 2 = Heikko sivumaku
 3 = Selvä sivumaku
 4 = Voimakas sivumaku

Tuloksista nähdään, että pelkällä suklaalla ei havaittu sivumakua. Referenssissä ei havaittu sivumakua tai sitten sivumaku oli erittäin pientä ja vaikeasti havaittavaa. Muovin tulokset ovat hyvin lähellä referenssiä, mutta pari panelistia havaitsi suklaassa, mikä oli muovin kanssa selvää sivumakua. Rahkasammal näytteestä sen sijaan huomattiin joko selvää tai voimakasta sivumakua. Porkkanan tulokset jakautuivat hyvin epätasaisesti. Pieni sivumaku sai neljä ääntä ja selvä sivumaku sai viisi ääntä. Näiden lisäksi heikko ja voimakas sivumaku sai molemmat pari ääntä. Kauran äänet jakautuivat pääsääntöisesti joko pienen sivumakuun tai ei lainkaan sivumakua, mutta sai myös yksittäisiä arvioita muihin kohtiin. Tämän opinnäytetyön tutkittavista näytteistä siis havaittiin sivumakua, näistä kuitenkin kaikkein vähiten kauran osalta.



KUVAAJA 13. Laboratorioarkkien maku testin tulokset, jossa referenssinä toimi pelkkä havusellu ja täysi muovi ja muina näytteinä havusellun ja rahkasammaleen, porkkanan tai kauran kuoren yhdistelmä arkit

7.9 Säilyvyystesti

Tutkittavista pakkausmateriaalista taiteltiin rasiat, johon aseteltiin muutama viinirypäle ja miniluumutomaatti. Näytteitä säilytettiin jääkaapissa 50 päivän ajan ja samalla tutkittiin sekä rasioiden, että ruoka-aineiden kunnon kehittymistä.

Säilyvyys testin aikana rasioiden paino ei muuttunut juuri lainkaan, eli rasiat eivät absorptoineet itseensä vettä jääkaapissa. Niissä rasioissa, joissa oli iso pitoisuus rahkasammalta, porkkana tai kauraa oli ongelmana, että rasiat alkoivat jo kahden päivän jälkeen pehmentyä, mikä ei ole toivottava ominaisuus. Tämän lisäksi rasioista aiheutui haju haittoja, mikä oli erityisesti havaittavissa rahkasammal näytteissä. Testauksen aikana selvisi myös, että rasioista irtosi partikkeleita luumutomaatteihin ja viinirypäleisiin, mikä näkyy kuvassa 2.



KUVA 2. Irtopartikkeileita luumutomaateissa, joita oli säilytetty 30 %:ssa kauran kuorirasiassa

Itse säilymistestissä ensimmäiset pilaantumisen merkit alkoivat seitsemäntenä päivänä 30 m-% rahkasammal rasiassa, jossa viinirypäleisiin ilmestyi ruskeita pisteitä, kuva 3. Tästä ei kuitenkaan voi tehdä johtopäätöksiä, koska myös muissa näytteissä alkoi näkyä pilaantumisen merkkejä pian tämän jälkeen, mukaan lukien referenssissä ja muovissa. Tomaattien pilaantuminen alkoi selvästi myöhemmin. Ensimmäisiä pilaantumisen merkkejä tomaateissa tuli 10. päivänä, mikä näkyi niiden kuori osan pehmenemisenä sekä pienellä tummumisella, kuva 4. Tomaatit alkoivat mennä huonoksi ensin kaura näytteissä, mutta myös tässä tapauksessa tomaattien pilaantumisen merkit ilmaantuivat muihin näytteisiin seuraavana päivänä. Tulokset ovat varsin odotettuja, koska kasvien säilymisaika on noin 2 viikkoa, ottaen huomioon, että näitä ei ole ostettu tuoreina ja jääkaapissa vallitseva olosuhde ei ole optimi olot.



KUVA 3. Pilaantumisen merkkejä viinirypäleissä, joita oli säilytetty 30:ssa rahkasammalrasiassa



KUVA 4. Luumutomaattien pilaantumisen merkkejä, joita oli säilytetty muovirasiassa

13. päivänä rypäleet olivat pehmentyneet huomattavasti, voimakkain rypäleiden kuivuminen oli rahkasammal näytteissä, mikä on nähtävissä kuvasta 5. Tämä johtunee siitä, että rahkasammal näytteessä tapahtuu paljon migraatiota. Vaikka osa siirtyvistä aineista olisi hyviä ja parantaisi täten tuotteen säilyvyyttä, niin samalla siirtyy paljon ei toivottuja aineita, mikä tehostaa pilaantumista. Muilla näytteillä meni pari päivää ennen kuin niille kävi samanlailla kuin rahkasammalta sisältäneellä näytteellä. Tomaateilla sen sijaan kesti aika kauan ennen kuin niissä alkoi muodostumaan lisää pilaantumisen merkkejä. Seuraava selvä vaihe oli 19. päivä, jolloin näki, että tomaatit alkoivat kuivua selvästi ja alkoivat rypistyä samanlailla kuin rypäleet. Tämä näkyi kaikkein selvimmin tomaateissa, jota säilytettiin kaura rasioissa, kuva 6. Tämän jälkeen valitettavasti ei ollut selviä eroja näytteiden välillä vaan pilaantuminen tapahtui tasaisesti kaikissa näytteissä. Tämä näkyi tummumisen vahvistumisena sekä tuotteet jatkoivat kuivumistaan. Loppujen lopuksi eri tutkittavissa näytteissä ei ollut suurta eroa, mikä on yllättävää. Säilyvyyden testin oleelliset asiat ovat nähtävissä taulukossa 7.

TAULUKKO 7. Säilyvyytestin oleellinen sisältö 25 päivän ajalta

Päivä	Kommentit
1	Testaus aloitettu
2	Ei muutoksia
3	Ei muutoksia
4	Rasiat alkaneet kärsiä
5	Ei muutoksia
6	Ei muutoksia
7	Rahkasammal 30%, yhdessä tomaatissa pilaantumisen merkkejä. Rypäleisiin ruskeita pisteitä.
8	Pilaantumisen merkkejä muihin näytteisiin
9	Pilaantumisen merkkejä muihin näytteisiin
10	Kaura näytteiden tomaateissa pehmenemisen ja tummumisen merkkejä
11	Tomaatit alkaneet pilaantua muissakin näytteissä
12	Rypäleet ja tomaatit alkaneet pilaantua kaikissa näytteissä
13	Rypäleiden selvä pehmentyminen, muovin yksi tomaatti kärsinyt erityisesti, 30% sammaleessa pilaantumistäplä
14	Rypäleiden ja tomaatin tasainen pilaantuminen
15	Rypäleiden ja tomaatin tasainen pilaantuminen
16	Rypäleiden ja tomaatin tasainen pilaantuminen
17	Rypäleiden ja tomaatin tasainen pilaantuminen
18	Rypäleiden ja tomaatin tasainen pilaantuminen
19	Tomaattien selvä rypistyminen, eniten kaurarasioissa
20	Tomaattinäytteiden rypistyminen kaikissa näytteissä
21	Tomaattinäytteiden rypistyminen kaikissa näytteissä
22	Rypäleiden ja tomaattien tummentuminen ja rusinoituminen
23	Rypäleiden ja tomaattien tummentuminen ja rusinoituminen
24	Rypäleiden ja tomaattien tummentuminen ja rusinoituminen
25	Rypäleiden ja tomaattien tummentuminen ja rusinoituminen



KUVA 5. Viinirypäleen kuivuminen, joita oli säilytetty 30 %ssa rahkasammalrasiassa



KUVA 6. Luumutomaattien kuivuminen, joita oli säilytetty 15 % kauran kuorirasiassa

Testin aika tuli esille yksittäistapauksia eli kun jokaisessa rasiassa oli kolme luumutomaattia tai viinirypälettä niin näistä yksi saattoi pilaantua selvästi muita nopeammin. Yksittäistapauksia oli muovin viinirypäleissä ja luumutomaateissa sekä 30 m-% rahkasammaleen luumutomaateissa. Nämä nähtävillä kuvissa 7, 8 ja 9. Nämä todennäköisesti johtuvat siitä, että ne ovat saaneet jonkinlaisen kolhun jossain vaiheessa, mikä on rikkonut

niiden omaa puolustuskykyä haitta-aineita vastaan, minkä seurauksena ne ovat pilaantuneet huomattavasti pahemmin kuin muut. Tämän puolesta puhuu myös se, että missään muissa näytteissä ei näy samanlaista vaikutusta ja pilaantuminen rajoittuu selvästi tiettyyn kohtaan, mihin tutkittava näyte on todennäköisesti saanut kolhun.



KUVA 7. Muovirasiassa säilytetyt luumutomaatit



KUVA 8. 30 %:ssa rahkasammalrasiassa säilytetyt luumutomaatit



KUVA 9. Muovirasiassa säilytetyt viinirypäleet

8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Ympäristöystävällinen ajattelutapa on tällä hetkellä jatkuvassa nousussa, mikä johtuu ihmisten tietoisuuden ja tietämyksen kasvusta. Samaan aikaan hyödyntämättömien sivuvirtojen hyödyntämisen tarve kasvaa jatkuvasti niiden määrän kasvaessa, mikä johtuu elintason noususta ja populaation kasvusta. Tällä hetkellä teollisuudessa ja elintarviketeollisuudessa muodostuu paljon sivuvirtoja, joiden hyödyntäminen on vähäistä tai ne toimitetaan jätteeksi tai poltetaan energiaksi. Tämä on aikaan saanut myös yritysten kiinnostuksen nousun ympäristöasioita kohtaan. Ottamalla huomioon ympäristö asiat yritys pystyy kohottamaan imagoaan asiakkaiden silmissä, saaden näin epäsuoraa markkinointi etua. Samaan aikaan yritykset pystyvät saamaan myös suoraa markkina etuja. Jos yritys pystyy hyödyntämään sivuvirtaa tai käyttämätöntä raaka-ainetta ja jatkojalostamaan tästä toimivan tuotteen pystyy se hyödyntämään uusia markkina-alueita ja käyttämään sellaisia raaka-aineita, joille ei ole kilpailua.

Työssä painotettiin erityisesti sivuvirtojen hyödyntämistä elintarvikepakkauksissa. Tämä johtuu siitä, että Suomessa metsien hyödyntäminen on aina ollut suuri asia ja pakkausten valmistus on yksi tärkeä osa niiden hyödyntämistä. Jos pakkaukseen pystytään tuomaan sekä rahallista arvoa, että ympäristöllistä arvoa, pystytään luomaan toimiva tuote. Samaan aikaan pystytään luomaan monialainen malli metsäbioalan tuote- ja palveluinnovoinnille. Tämä malli toimisi alkuna monelle muulle innovaatiolle, mikä arvostaa samoja arvoja. Tässä työssä arvoja pyrittiin nostamaan monipuolisella raaka-aineiden hyödyntämisellä ja käyttämällä niiden ominaisuuksia ruoka-aineiden säilömiseen. Tämä mahdollistaisi erittäin tehokkaan kiertotalous kierron, jossa elintarvike pystyttäisiin säilyttämään sen valmistamisessa syntyneistä sivuvirroista valmistetusta pakkauksessa. Mikä olisikaan hienompaa kuin se, että pystyttäisiin säilyttämään kaura leipää kauran kuorista tehdyillä pussissa, mikä samaan aikaan parantaisi tuotteen säilyvyyttä.

Kun pohditaan näytteiden potentiaalia pakkausmateriaalina pitää muistaa, että ne pitää myös valmistaa. Valmistuksessa pitää ottaa huomioon raaka-aine kustannukset ja niiden saatavuus ja näiden lisäksi itse paperi/kartonki pitää saada valmistettua koneella. Tällä hetkellä porkkanajätettä syötetään eläimille ja kauran kuorta poltetaan energiaksi. Tosin sanoen niitä pystytään hyödyntämään jo nyt ja eivät silloin ole suoranaisesti jätettä. Toki jos niillä on jatkojalostusarvoa, niin yritykset lähtevät toteuttamaan tätä ratkaisua isom-

man voiton perässä. Tämä voi kuitenkin olla samalla ristiriidassa kiertotalouden ja bioajattelun kanssa. Jos joudutaan valmistamaan uutta ravintoa eläimille ravinnoksi sen takia, että sivuvirtoja käytetään hyväksi jossain muualla. Tämä ei olisi kuitenkaan ongelma, jos tuotanto on suhteellisen pientä, koska ruokajätettä syntyy enemmän kuin sen käyttö olisi. Samaan aikaan rahkasammaleen kosteusprosentti on suhteellisen suuri ja sitä tarvitaan yllättävän paljon pieniinkin pitoisuuksiin.

Paperin ja kartongin valmistuksessa pitää huomioida raaka-aineita lisättäessä, että ne tulee hienontaa melko pieniksi partikkeleiksi, jotta menevät siellä laitteistoista läpi. On myös otettava huomioon, että nämä lisätyt aineet voivat heikentää paperin ja kartongin lujuutta. Näiden asioiden selvittämiseksi lisäkokeet ovat tarpeen. Massanvalmistus puolelta pitää saada laite, joka jauhaa käytetyn raaka-aineen sopivaksi ja lajittimiksi, jotka erottelevat liian suuret hiukkaset pois. Samalla pitää muistaa se, että koneella tehdyllä paperilla tai kartongilla on erilaiset ominaisuudet kuin käsintehdyllä paperiarkilla, joten kokeet pilotkoneilla olisivat suotavia.

Näytteiden puolesta puhuu se, että sivuvirtojen hyväksi käytölle on jatkuvasti enemmän kysyntää. Samaan aikaan ihmisten bio- ja ympäristöystävällinen ajattelu tapa vahvistuu jatkuvasti mitä pidemmälle mennään. Samaan aikaan he voivat kehittää imagoaan mainostamalla olevansa ympäristöystävällisen ajattelutavan edelläkävijöitä.

8.1 Perusominaisuudet

Tässä työssä eniten kartongin perusomaisuuksiin vaikutti materiaalin hiukkaskoko. Karkeat kauran ja rahkasammaleen partikkelit ovat kokoluokaltaan kuituja selvästi suurempia sekä leveys- että pituussuunnassa. Tämä teki paksuusprofiilista epätasaisen, ja kartongin heterogeeninen rakenne aiheutti vaihtelua neliömassamittauksissa. Partikkeleiden vaihteleva koko näkyi myös tiheyden satunnaisena vaihteluna. Tämä vaihtelu oli pienempää porkkanalla, koska sillä on erilainen koostumus kuin rahkasammaleella tai kauralla.

8.2 Lujuusominaisuudet

Lujuusominaisuuksia tarkasteltaessa huomataan, että käytetyn raaka-aineen koostumus on tärkeä tekijä. Porkkanan, rahkasammaleen ja kauran rakenteen takia, ei pystytty luomaan yhtä paljon kuitusidoksia ja lujuudet heikkenevät. Porkkana on näistä tutkittavista

näytteistä lupaavin. Porkkanalla pystytään säilyttämään paremmat lujuusominaisuudet, massapitoisuutta lisättäessä.

Repäisylujuusindeksin arvoissa havaittu pieni nousu lisäjäe arkeissa pienillä pitoisuuksilla voi johtua kuidun pituuden kasvusta. Tällöin saadaan vahvempi kokonaisrakenne. Lisäjakeen osuuden kasvaessa, sidosten määrä kuitenkin pienenee, jolloin lujuusominaisuudet heikkenevät.

8.3 Absorptio-ominaisuudet

Absorptiota tutkittaessa voidaan havaita, että arvot nousevat kauran ja rahkasammaleen osuuden kasvaessa. Porkkanalla arvot olivat sen sijaan tasaisia ja hyvin lähellä tai jopa alhaisempia kuin referenssillä. Absorptio ei saisi olla korkea erityisesti elintarvikepakkauksilla, koska sillä on haitallinen vaikutus sen sisällä oleviin elintarvikkeisiin. Tämän takia porkkana on tutkittavista näytteistä selvästi potentiaalisin vaihtoehto.

8.4 Makutesti

Makutestin tuloksia katseltaessa nähdään, että kaikissa tutkittavissa näytteissä havaittiin huomattavasti enemmän sivumakua kuin pelkkään suklaaseen tai muovin tai referenssin kanssa olleeseen suklaaseen. Tutkittavista näytteistä kauralla oli kaikkein vähiten sivumakua, kun taas rahkasammaleella ja porkkanalla oli selvät vahvat sivumaun vivahteet. Mittauksia tehdessä kuulin parin panelistin puhuvan, että kauran kanssa olleen suklaassa oli hyvän makuinen sivumaku, mikä on saattanut vaikuttaa positiivisesti kaura näytteen tuloksiin. Tässä on kyse siitä, että hyväkin sivumaku on sivumaku ja elintarvikepakkauksissa on tärkeää, että itse tuotteeseen ei tule sivumakua. Samalla ilman testauksiakaan voin sanoa, että näytteet aiheuttavat myös haju haittoja tuotteelle. Tämä on erityisen voimakas rahkasammaleesta tehdyistä papereista.

Tulee kuitenkin huomioida, että tehdyt mittaukset tehtiin 30 %:lla lisäjäe näytteillä. Todellisuudessa kuitenkin, jos tämänlaisia arkkeja alettaisiin valmistamaan olisi lisäjakeiden osuus huomattavasti pienempi. Tällöin materiaalinkin aiheuttama sivumaku jäisi pienemmäksi, jolloin työssä käytetyt lisäjakeet voisivat soveltua sivumaun osalta pakkausmateriaalin raaka-aineeksi.

8.5 Säilyvyystesti

Säilyvyystesti ei valitettavasti antanut sellaista tulosta kuin olisi osannut odottaa. Tuotteiden pilaantumisessa ei ole niin selviä eroja, että niistä uskaltaa vetää suoraa johtopäätöstä siitä, että jokin olisi parempi kuin toinen. Pieniä johtopäätöksiä voitaisiin tehdä, siitä kuinka kaura näytteissä alkoi esimerkiksi luumutomaattien pilaantuminen ensiksi. Tämän kanssa on kuitenkin ristiriidassa se, että säilyvyydessä ei ollut eroja saman näytteen eri massapitoisuuksien välillä. Tämä tarkoittaa sitä, että käytössä ollut testi ei ole hyvä tapa mitata tuotteiden säilyvyyttä ainakaan jääkaappi olosuhteilla. Tulos voisi olla erilainen, jos olisi ollut mahdollista käyttää kaupan vihannesosaston olosuhteita.

Työssä havaittu partikkelien irtoaminen elintarvikkeeseen voitaisiin korjata käyttämällä tärkkelystä paperin valmistuksessa. Tärkkelys toimisi liima-aineena, jolloin partikkelit eivät irtoaisi niin helposti.

8.6 Lopputulos

Ennen kuin tämänlaiset pakkausratkaisut tulee markkinoille, tarvitaan vielä lisää testejä ja tutkimustyötä eri raaka-aineista ja niiden käyttäytymisestä. Koska tälläkin hetkellä on jo olemassa tällaisia pakkaus ratkaisuja, josta esimerkkinä aikaisemmin mainittu viinin valmistaja Veuve Clicquot, voidaan todeta, että potentiaalia löytyy. Kun tekniikka kehittyy ja kun pystytään optimoimaan paremmin raaka-aineen käyttö, tulee sivuvirtojen hyödyntäminen kasvamaan tulevaisuudessa.

8.7 Jatkotoimenpide ehdotukset

Jos tätä opinnäytetyötä käytetään pohjana jatkotutkimusta varten seuraavaksi kannattaisi tutkia erityisesti kahta asiaa. Ensimmäinen on raaka-aineen käsittely ja valinta massan optimoimiseksi. Toinen asia on tehdä kunnolliset säilyvyyttä mittaavat testit mikrolaboratoriossa. Nämä voisi tehdä esimerkiksi erillisinä opinnäytetyö aiheina.

Massan koostumus on erittäin tärkeä paperin tekijä paperin valmistuksessa. Tässäkin työssä esille nousseet lujuusominaisuuksia voitaisiin parantaa huomattavasti paremmalla massa koostumuksella. Tässä työssä pitäisi miettiä kuinka raaka-aine kannattaa käsitellä. Pystytäänkö jauhamalla saamaan aikaan hyvä rakenne, käytetäänkö kemikaaleja ja

kuinka liuotus ja sekoitus tapahtuu. Tässä työssä opiskelijalle voitaisiin antaa myös tehtäväksi pohtia sopivia raaka-aineita paperinvalmistuksen kannalta. Tämä tuli esille tässäkin työssä, jossa porkkanalla saatiin aikaiseksi parempi koostumus, mikä tarkoitti parempia ominaisuuksia.

Mikrobiologian laboratoriossa tulisi tutkia migraatiota ja sen lisäksi voitaisiin tehdä kiekkomenetelmä- testejä. Tässäkin työssä oli tarkoitus tehdä mikrobiologinen testi, mutta se osoittautui yllättävän haastavaksi, koska testi olisi pitänyt ajaa sisään ja se vaatisi tämän alan asiantuntemusta. Migraation mittaaminen on erityisen tärkeää elintarvikepakkauksille, mutta se vaatii hyvin perusteellista perehtymistä mittaustapaan, kun kyseessä on tällaiset pakkausmateriaalit. Tämän lisäksi kiekkomenetelmä ei ole optimaalinen testaus tapa elintarvikepakkauksille, mutta sen laajan käyttötavan ja ominaisuuksien takia se voisi toimia teoriassa.

LÄHTEET

Alves-Silva, J. Zuzarte, M. Gonçalves, M. Cavaleiro, C. Cruz, M. Cardoso, S. Salgueiro, L. 2015. New Claims for Wild Carrot (*Daucus carota* subsp. *carota*) Essential Oil. Research article. Luettu 7.3.2018

<https://www.hindawi.com/journals/ecam/2016/9045196/>

AMRLS. Antimicrobial resistance learning site. 2011. Antimicrobials: An Introduction. Michigan State University. Luettu 2.3.2018

<https://amrls.cvm.msu.edu/pharmacology/antimicrobials/antimicrobials-an-introduction>

AMRLS. Antimicrobial resistance learning site. 2018. Microbiology. University of Minnesota. Luettu 2.3.2018

<https://amrls.umn.edu/antimicrobial-resistance-learning-site/microbiology>

Baron, S. 1996a. Medical Microbiology, 4th edition. Chapter 11. Antimicrobial Chemotherapy. Texas. University of Texas Medical Branch at Galveston,

Baron, S. 1996b. Medical Microbiology, 4th edition. Chapter 76. Antifungal Agents. Texas. University of Texas Medical Branch at Galveston,

Chiellini, E. 2008. Environmentally Compatible Food Packaging. Woodhead Publishing.

Chu, Y. 2014. Oats Nutrition and Technology. Yhdysvallat. Wiley-Blackwell.

Davies, W. Lewis, B. 1981. Antifungal activity in carrot roots in relation to storage infection by *myco-centrospora acerina* (hartig) deighton. University of East Anglia. UK. Luettu 7.3.2018

<https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1469-8137.1981.tb04753.x>

EK. 2018. Mikä ihmeen kiertotalous?. Elinkeinoelämän keskusliitto. Luettu 8.3.2018

<https://ek.fi/syty-kiertotaloudesta/mika-ihmeen-kiertotalous/>

European Parliamentary Research Service Blog. 2016. Luettu 8.3.2018

<https://epthinktank.eu/2016/01/07/closing-the-loop-new-circular-economy-package/out-line-of-a-circular-economy/>

Evira. 2018. Elintarvikkeiden kontaktimateriaalit. Luettu 10.3.2018

<https://www.evira.fi/elintarvikkeet/valmistus-ja-myynti/kontaktimateriaalit/>

Evira. 2016. Yleistä mikrobeista. Luettu 2.3.2018

<https://www.evira.fi/elintarvikkeet/tietoa-elintarvikkeista/elintarvikevaarat/ruokamyrkytykset/yleista-mikrobeista/>

Fao. 2018. SAVE FOOD: Global Initiative on Food Loss and Waste Reduction. Food and agriculture organisation of the United Nations. Luettu 9.3.2018.

<http://www.fao.org/save-food/resources/keyfindings/en/>

Finlex. 1992. Perussäännöt kokonais- ja ominaismigraation testaamiseen, N:o 487.

Liite. Luettu 4.3.2018

<http://www.finlex.fi/pdf/sdliite/liite/2572.pdf>

Gunell, M. 2012. Mikrobilääkeresistenssi Suomessa Finres 1997–2010. Terveiden ja hyvinvoinnin laitos. Luettu 5.3.2018

http://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/90830/URN_ISBN_978-952-245-767-7.pdf?sequence

Gustavsson, J., Cederberg, C. & Sonesson, U. 2011. Global Food Losses and Food Waste – extent, causes and prevention. Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO)

Hotanen, J-P. 2016. Soiden valtiat. Blogiartikkeli. Luke Luonnonvarakeskus. Luettu 6.3.2018.

<https://www.luke.fi/blogi/soiden-valtiat/>

Häggblom-Ahnger, U. & Komulainen, P. 2003. *Kemiallinen metsäteollisuus: 2, Paperin ja kartongin valmistus*. 3. tark. p. - 5.p. 2006. Helsinki: Opetushallitus.

Imoto, Y. 2017. Comparison of Quantitative Antifungal Testing Methods for Textile Fabrics. *Biocontrol science*, 22(1), p. 47. Luettu 3.3.2018

Jahns, H. Masselink, A. K., Sarvela, J., Järvinen, I. & Vitikainen, O. 2001. Sanikkaiset, sammalet, jäkälät. 4. p. Helsingissä: Otava.

Jasicka-Misiak, I. Lipok, J. Nowakowska, E. Wieczorek, P. Młynarz, P. Kafarski, P. 2004. Antifungal Activity of the Carrot Seed Oil and its Major Sesquiterpene Compounds. University of Opole. Luettu 7.3.2018.

<https://pdfs.semanticscholar.org/a9ca/6634838136aac4b5d4d5572a70d815e2865d.pdf>

KnowPap versio 19.0. 2018. Tuotteet ja ominaisuudet. Rajoitettavasti saatavilla. Luettu 11.3.2018

http://www.knowpap.com.elib.tamk.fi/extranet/suomi/knowpap_system/user_interfaces/paper_grades/quality.htm

Kokkonen, S. Nowak, A., Veistola, S. Vilkki, J. 2012. Lukion biologia 2: Solu ja perinnöllisyys. Helsinki. Otava.

Korkeala, H. 2007. Elintarvikehygieniä: ympäristöhygieniä, elintarvike- ja ympäristötoksikologia. Helsinki. WSOY Oppimateriaalit.

Latokartano, M. 2016. Saako rahkasammal mahdollisuuden?. Artikkel. Luke Luonnonvarakeskus. Luettu 6.3.2018.

<https://www.luke.fi/saako-rahkasammal-mahdollisuuden/>

Luke. 2018. Ruokahävikki ja ruokajärjestelmän kiertotalous. Luke Luonnonvarakeskus. Luettu 9.3.2018

<https://www.luke.fi/tietoa-luonnonvaroista/ruoka-ja-ravitsemus/ruokahavikki/>

Marsh, K. Bugusu, B. 2007. Food Packaging—Roles, Materials, and Environmental Issues. Scientific status summary. IFT, Institute of Food Technology. Luettu 10.3.2018

http://www.ift.org/~media/Knowledge%20Center/Science%20Reports/Scientific%20Status%20Summaries/FoodPackagingEnviron_0407.pdf

Pagnussatt, F. 2013. Promising Antifungal Effect of Rice (*Oryza sativa* L.), Oat (*Avena sativa* L.) and Wheat (*Triticum aestivum* L.) Extracts. Journal of Applied Biotechnology. Macrothink Institute. Luettu. 7.3.2018
<http://oaji.net/articles/2014/1108-1407490975.pdf>

Paunonen, S. 2018. Bio-packaging of food – How does it contribute to saving the world?. VTT Blog. Luettu 10.3.2018
<https://vttblog.com/2015/04/28/bio-packaging-of-food-how-does-it-contribute-to-saving-the-world/>

Prescott. Harley. Klein. 2005. Microbiology, Sixth edition. New York. McGraw-Hill.

PTY 2018. Ruokahävikin vähentäminen kaupoissa. Päivittäistavarakauppa ry. Luettu 9.3.2018
<https://www.pty.fi/ruokahaevikki/>

Saarnio, S. 2017. Jauhetun ohran- ja kaurankuoren vaikutus paperin ominaisuuksiin. Opinnäytetyö. Tampereen ammattikorkeakoulu. Luettu 7.3.2018.
http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/139972/Saarnio_Samu.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Sillanpää, J. Raaska, L. Sipiläinen-Malm, T. Sjöberg, A-M. 2004. Omavalvonta ja prosessihygienia paperi- ja pakkausteollisuudessa. VTT, VALTION TEKNILLINEN TUTKIMUSKESKUS. VTT Tiedotteita. Luettu 5.3.2018
<http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/1999/T2004.pdf>

Silvennoinen, K. Koivupuro, H-K. Katajajuuri, J-M. Jalkanen, L. Reinikainen, A. 2012. Ruokahävikki suomalaisessa ruokaketjussa. Raportti. MTT. Luettu 9.3.2018
<http://www.mtt.fi/mttraportti/pdf/mttraportti41.pdf>

Sitra. 2018. Kiertotalous. Luettu 8.3.2018.
<https://www.sitra.fi/aiheet/kiertotalous/#julkaisut>

SLL. Rahkasammaleet. Suomen luonnonsuojelu liitto. Pääsivu. Luettu 6.3.2018.
<https://www.sll.fi/mita-me-teemme/lajit/rahkasammal>

Sojakka, K. & Välimäki, M. 2011. Ammatillinen mikrobiologia. Helsinki: Opetushallitus.

Succipack. 2018. Euroquality Website. Luettu 10.3.2018
<http://www.succipack.eu/>

Turtle, B. 1993. Aseptic Processing and Packaging of Particulate Foods. Springer US.

Vanhala, P. 2006. Vihannesten kuluttajalaadun parantaminen – esimerkkinä porkkana. MTT:n selvityksiä 134. MTT. Luettu 7.3.2018.
<http://www.mtt.fi/mtts/pdf/mtts134.pdf>

Veuve Clicquot. 2018. Naturally Clicquot. Luettu 10.3.2018

<https://www.veuveclique.com/en-int/collections/naturally-clique>

Virtanen, M 2017. Kontaktimateriaalien vaatimustenmukaisuuden testaus. Evira. Luettu 5.3.2017. Saatavilla rajoitetusti

Ympäristöministeriö. 2018. Kiertotalous. Luettu 8.3.2018.

<http://www.ym.fi/fi-FI/Ymparisto/Kiertotalous>

Zaitseva, N. 2009. A POLYSACCHARIDE EXTRACTED FROM SPHAGNUM MOSS AS ANTIFUNGAL AGENT IN ARCHAEOLOGICAL CONSERVATION. Queen's University. Luettu 6.3.2018

<http://www.collectionscanada.gc.ca/obj/thesescanada/vol2/OKQ/TC-OKQ-5392.pdf>

LIITTEET

Liite 1. Neliömassa

Näyte	Keskiarvo g/m²
Referenssi	122,4
Sammal 5%	114,9
Sammal 15%	102,8
Sammal 30%	112,5
Porkkana 5%	106,1
Porkkana 15%	104,0
Porkkana 30%	100,5
Kaura 5%	106,3
Kaura 15%	107,1
Kaura 30%	103,8

Liite 2. Paksuus

Näyte	Keskiarvo μm	Hajonta μm
Referenssi	133,7	10,2
Sammal 5%	184,1	55,1
Sammal 15%	161,7	25,4
Sammal 30%	203,6	30,6
Porkkana 5%	122,7	9
Porkkana 15%	119,9	13,1
Porkkana 30%	126,1	8,4
Kaura 5%	174	25,7
Kaura 15%	221,1	31,8
Kaura 30%	225,1	20,8

Liite 3. Tiheys

Näyte	Keskiarvo kg/m ³
Referenssi	915,8
Sammal 5%	624,4
Sammal 15%	636,7
Sammal 30%	552,6
Porkkana 5%	865,1
Porkkana 15%	867
Porkkana 30%	797,1
Kaura 5%	610,7
Kaura 15%	484,4
Kaura 30%	461,3

Liite 4. Bulkki

Näyte	Keskiarvo cm ³ /g
Referenssi	1,1
Sammal 5%	1,6
Sammal 15%	1,6
Sammal 30%	1,8
Porkkana 5%	1,2
Porkkana 15%	1,2
Porkkana 30%	1,3
Kaura 5%	1,64
Kaura 15%	2,1
Kaura 30%	2,2

Liite 5. Repäisylujuus ja repäisylujuus indeksi

Näyte	Keskiarvo mN	Hajonta mN
Referenssi	1841	65
Sammal 5%	1777	134
Sammal 15%	1835	66
Sammal 30%	1077	67
Porkkana 5%	1546	69
Porkkana 15%	1674	58
Porkkana 30%	1087	28
Kaura 5%	1859	45
Kaura 15%	1426	162
Kaura 30%	982	6

Näyte	Keskiarvo mNm ² /g
Referenssi	15
Sammal 5%	15,5
Sammal 15%	17,9
Sammal 30%	9,6
Porkkana 5%	14,6
Porkkana 15%	16,1
Porkkana 30%	10,8
Kaura 5%	17,5
Kaura 15%	13,3
Kaura 30%	9,5

Liite 6. Vetolujuus, vetolujuusindeksi ja venymä

Näyte	Keskiarvo kN/m	Hajonta kN/m
Referenssi	9,0	0,9
Sammal 5%	4,8	1,2
Sammal 15%	1,6	0,3
Sammal 30%	1,2	0,3
Porkkana 5%	7,2	0,7
Porkkana 15%	5,4	0,6
Porkkana 30%	3,5	1,0
Kaura 5%	4,8	0,7
Kaura 15%	4,0	0,5
Kaura 30%	1,6	0,2

Näyte	Keskiarvo Nm/g	Hajonta Nm/g
Referenssi	73,8	7,4
Sammal 5%	41,8	10,8
Sammal 15%	15,5	2,8
Sammal 30%	10,8	2,4
Porkkana 5%	67,8	7,1
Porkkana 15%	51,5	5,8
Porkkana 30%	35,0	10,1
Kaura 5%	45,4	7,0
Kaura 15%	37,1	5,1
Kaura 30%	1,6	0,2

Näyte	Keskiarvo %	Hajonta %
Referenssi	4,8	0,4
Sammal 5%	3,1	1,1
Sammal 15%	1,3	0,4
Sammal 30%	1,7	0,4
Porkkana 5%	1,7	0,0
Porkkana 15%	3,3	0,6
Porkkana 30%	3,6	0,9
Kaura 5%	2,7	0,6
Kaura 15%	2,6	0,6
Kaura 30%	1,5	0,2

Liite 7. Taivutusvastus

Näyte	Keskiarvo mN	Hajonta mN
Referenssi	8,63	1,35
Sammal 5%	5,09	1,39
Sammal 15%	3,34	0,31
Sammal 30%	3,86	0,7
Porkkana 5%	6,08	2,08
Porkkana 15%	5,24	0,66
Porkkana 30%	1,87	0,26
Kaura 5%	6,56	1,15
Kaura 15%	5,15	0,78
Kaura 30%	2,39	0,95

Liite 8. Klemm- menetelmä

Näyte	Keskiarvo cm
Referenssi	4,8
Sammal 5%	6,8
Sammal 15%	7,9
Sammal 30%	8,7
Porkkana 5%	4,3
Porkkana 15%	4,4
Porkkana 30%	4,4
Kaura 5%	5,7
Kaura 15%	6,1
Kaura 30%	6,8

Liite 9. Öljyabsorptio

Näyte	Keskiarvo
Referenssi	34,7
Sammal 5%	36,6
Sammal 15%	62,2
Sammal 30%	75,2
Porkkana 5%	31
Porkkana 15%	30,5
Porkkana 30%	28,2
Kaura 5%	47,9
Kaura 15%	60,8
Kaura 30%	70,5

Liite 10. Makutesti

Näyte	Arvio 0 kpl määrä	Arvio 1 kpl määrä	Arvio 2 kpl määrä	Arvio 3 kpl määrä	Arvio 4 kpl määrä
1. Suklaa	12	1	0	0	0
2. Sammal	1	1	1	4	6
3. Kaura	4	4	2	1	1
4. Muovi	3	5	1	2	0
5. Referenssi	4	8	1	0	0
6. Porkkana	0	4	2	5	2