

Iina Mäkipää

Kahvin vakuumpakkausprosessin laadunvalvonnan kehittäminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Bio- ja kemiantekniikka

Insinöörityö

1.6.2018

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	lina Mäkipää Kahvin vakuumpakkausprosessin laadunvalvonnan kehittämisen 32 sivua + 4 liitettä 1.6.2018
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Bio- ja kemiantekniikka
Ammatillinen pääaine	Bio- ja elintarviketekniikka
Ohjaajat	Lehtori, Pia-Tuulia Laine Laadunvarmistuksen päällikkö, Pirita Kaunisto
<p>Tämän insinööryön toimeksiantaja oli Oy Gustav Paulig Ab. Työssä keskityttiin laadunvalvonnan tehostamiseen 500 g:n kahvipaketteja valmistavilla vakuumpakkauslaitteilla K1–K4. Vakuumpakkausprosessissa syntyy aika ajoin vuotavia paketteja, jotka eivät ylläpidä kahvin laatua säilytyksen aikana. Vakuumpakkauslaitteilla työskentelevien operaattoreiden suorittaman laadunvalvonnan avulla pyritään havaitsemaan vuotavat kahvipaketit heti pakkausprosessin aikana. Laadunvalvonnassa keskeisessä roolissa ovat pakkauslaitteiden jälkeisille kuljetuslinjastoille sijoitetut vakuuminestauslaitteistot. Työn tavoitteena oli kehittää vakuumpakkauslaitteilla K1–K4 suoritettavaa laadunvalvontaa niin, että vuotavien kahvipakettien havainnointi olisi mahdollisimman tehokasta.</p> <p>Työtä pohjustettiin haastatteleamalla vakuumpakkauslaitteilla työskenteleviä operaattoreita. Haastatteluilla haluttiin kartoittaa laadunvalvonnan nykytilaa ja saada kehitysideoita. Vakuuminestauslaitteistojen suorittaman kahvipakettien kovuuden testauksen toimivuutta kartoitettiin vakuumpakkauslaitteilla K1, K2 ja K4. Vakuuminestauslaitteistojen testauksen herkkyytason määrittäviä raja-arvoasetuksia optimoitiin pakkausprosessien aikana vakuumpakkauslaitteilla K1–K3. Tämän lisäksi määritettiin uuden vesitestausmenetelmän ja Vacuum Leak Tester -laitteen toimivuutta osana laadunvalvontaa vuotavien pakettien havainnoimisen tehostamiseksi.</p> <p>Haastattelujen pohjalta nousi esiin operaattoreiden puutteellinen opastus vakuuminestauslaitteistojen toiminnan optimointiin. Vakuuminestauslaitteistojen toimintaa kartoittamalla havaittiin, että laitteistoihin asetetut raja-arvot, joihin laitteistojen testaus perustuu, oli asetettu liian korkeiksi. Operaattoreille laadittiin seurannan perusteella työohje raja-arvojen säätämiseen, jonka avulla vakuuminestauslaitteistojen toiminta optimoidaan parhaalle mahdolliselle tasolle ajoprosessikohtaisesti. Vesitestausmenetelmälle ja Vacuum Leak Tester -laitteelle tehtiin ehdotus mahdollisimman kattavalle testausprosessille.</p> <p>Raja-arvojen optimointi uuden työohjeen avulla parantaa vakuuminestauslaitteistojen luotettavuutta, mutta seurannassa niiden suorittamissa testauksissa havaittiin muitakin puutteita esimerkiksi kuljetuslinjaston ruuhkautuessa. Vakuuminestauslaitteistojen suorittaman testauksen parantamiseksi jatkotutkimukset mahdollisista mekaanisista vioista ovat tarpeellisia.</p>	
Avainsanat	kahvi, laadunvalvonta, vakuumpakkaus, vakuuminestaus

Author Title	Ilina Mäkipää Development of the quality control of coffee vacuum packaging process
Number of Pages Date	32 pages + 4 appendices 1 June 2018
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Biotechnology and Chemical Engineering
Professional Major	Biotechnology and Food Engineering
Instructors	Quality Assurance Manager, Pirita Kaunisto Senior Lecturer, Pirita Kaunisto
<p>The assignment for this thesis was given by Oy Gustav Paulig Ab. The focus of the thesis was on enhancing quality control with vacuum packing machines K1–K4, which produce 500 g coffee packages. Vacuum packing processes sometimes cause leaking packages that do not maintain the quality of coffee during storage. The quality control carried out by the operators working on vacuum packaging machines attempt to detect leaking coffee packages right after the packaging process. Key factors in quality control are vacuum testing units placed on the transport line behind the packing machines. The aim of the thesis was to develop the quality control on vacuum packing machines K1–K4 to make the observation of leaking packages as effective as possible.</p> <p>The study was begun by interviewing the operators working on vacuum packing machines. The purpose of the interviews was mapping the current state of the quality control and gaining development ideas. The reliability of hardness testing of coffee packages by vacuum testing units was mapped on packing machines K1, K2 and K4. The limit value settings for the testing of the sensitivity level of vacuum testing units were optimized during packaging process on packing machines K1–K3. Along with the optimization of vacuum testing units, functionality of the new water test method and the Vacuum Leak Tester was observed as part of quality control to improve the detection of leaking packages.</p> <p>The interviews showed that the guidance of the operators to optimize the performance at the vacuum testing units, was insufficient. By mapping the performance of the vacuum testing units, it was found out that the set limit values for the hardware to which the testing of the units was based were set too high. Based on the follow-up, a working instruction was prepared for the operators to adjust the limit values by optimizing the performance of the vacuum testing units to the best possible level in each packing process. Recommendations were made for more comprehensive test cycles for the water test method and the Vacuum Leak Tester.</p> <p>Optimizing limit values with the new working instructions improves the reliability of the vacuum testing units, but also other faults on vacuum testing units were noticed during follow-up, such as congestion of the transport line. In order to improve the testing performed by vacuum testing units, further investigations of possible mechanical defects are necessary.</p>	
Keywords	coffee, quality control, vacuum package, vacuum testing

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Kahvin säilyminen ja pakkausmateriaalit	2
2.1	Paahdon vaikutus kahvin ominaisuuksiin	2
2.2	Kahvin laadun heikkenemiseen vaikuttavat tekijät	3
2.3	Kahvin säilymisen asettamat vaatimukset pakkausmateriaalille	4
2.4	Monikerroslaminaatti	5
3	Vakuumpakkaaminen	7
3.1	Vakuumpakkaamisen periaate	7
3.2	Pakkausprosessi	8
3.3	Vuodot vakuumpakkauksissa	10
4	Laadunvalvonta	11
4.1	Laadunvalvonnan suorittaminen	11
4.2	Kovankoettajat	12
4.3	Otantaan perustuva laadunvalvonta	13
4.3.1	Pehmenemisseuranta	13
4.3.2	Ulkonäön tarkistus	14
4.3.3	Witt Leak-Master Easy -vesitestaustaite	15
4.3.4	Stationary Leak Tester Softpack -laite	16
4.3.5	Oxipack- Vacuum Leak Tester -laite	17
5	Materiaalit ja menetelmät	18
5.1	Toteutus	18
5.2	Pakkauslinjan toiminnan seuranta ja operaattoreiden haastattelu	19
5.3	Kovankoettajien raja-arvot	20
5.4	Vacuum Leak Tester -testaus ja Witt Leak-Master Easy -vesitestausten menetelmä	21
6	Tulokset ja niiden tarkastelu	22
6.1	Haastattelu	22
6.2	Kovankoettajien toiminta	23
6.3	VLT -laitteen ja vesitestausten menetelmän toimivuus laadunvalvonnassa	27
7	Päätelmät	29

Liitteet

Liite 1. Operaattoreiden haastattelulomake

Liite 2. Kooste kovankoettajien seurannasta

Liite 3. Kooste kovankoettajien raja-arvojen muutoksista

Liite 4. R-studio-ohjelmalla simulointiin käytetty koodi

1 Johdanto

Elintarvikkeen pakkauksen on tarkoitus suojata tuotetta sen valmistamisen ja kuluttamisen välisenä aikana ulkoiselta kontaminaatiolta, hapelta, valolta sekä kosteudelta [1, s. 9]. Tyhjiö- eli vakuumpakkausmenetelmää käytetään elintarvikkeiden pitkäaikaisessa säilytyksessä. Menetelmässä on tarkoituksena poistaa ilma pakkauksesta ja muodostaa tyhjiö. Hapesta eristäminen estää aerobisten mikrobin kasvua sekä yhdisteiden hapettumisreaktioita, jotka ovat molemmat suuressa roolissa elintarvikkeiden pilaantumisprosessissa. Vakuumpakkaamisen pidentää täten huomattavasti elintarvikkeen säilytysaikaa. Vakuumpakkaus asettaa tiettyjä vaatimuksia myös pakattavalle tuotteelle. Sen on kestävä alipaineen aiheuttama puristus sekä pystyttävä palautumaan alkuperäiseen kokoonsa tyhjiön poistamisen jälkeen. [1, s. 221] Vakuumpakkauksen onnistumisen kannalta oleellista on myös käyttöön soveltuva pakkausmenetelmä sekä -materiaali. Pakkauksen tulee olla säilyvyyden takaamisen lisäksi helposti avattavissa ja suljettavissa. Materiaalin tulee olla mekaanisen iskun kestävä, terveydelle vaaraton sekä ympäristöä säästävä. [1, s. 51]

Kahvi on elintarvikkeena haastava pakattava. Paahdettu kahvi sisältää satoja sen makuun vaikuttavia yhdisteitä, jotka ovat herkkiä hapettumiselle sekä haihtumiselle säilytyksen aikana. Mitä pienemmäksi kahvi on jauhettu, sitä herkempi se on pilaantumiselle. Suurimmat tekijät kahvin pilaantumiselle ovat kosteus, happi, sekä valo. Kahvin pilaantuminen ei tarkoita, että se olisi terveydelle haitallista. Pitkään hapelle ja valolle altistunut kahvi on edelleen juomakelpoista, mutta sen maku ei vastaa oikein säilytetyn kahvin laatua eikä täytä kuluttajan odotuksia. [2, s. 211] Paras tapa varmistaa paahdetun kahvin maun säilyminen hyvänä mahdollisimman pitkään on sen eristäminen hapesta pakkaamalla kahvi joko vakuumi- tai suojakaasupakkauksen.

Insinöörityön toimeksiantaja oli Oy Gustav Paulig Ab ja työ toteutettiin Vuosaaren paahdimolla. Työn tavoitteena oli tehostaa kahvin vakuumpakkausprosessin laadunvalvontaa niin, että vuotavia kahvipaketteja saataisiin tehokkaammin kiinni pakkausprosessin aikana ennen niiden päätymistä varastoitavaksi tai kuluttajalle asti. Insinöörityössä keskityttiin pelkästään vakuumpakkauskoneilla suoritettavaan on-line-tyyppiseen laadunvalvonnan tehostamiseen. Vuosaaren paahdimossa on useita pakkauskoneita erilaisille

kahvilaaduille ja kahvipakkauksille. Tässä työssä keskityttiin yrityksen 500 gramman jauhetun kahvin vakuumpakkauksia valmistaviin pakkauskoneisiin K1–K4. Näiden pakkauskoneiden tuotantovolyymit ovat suurimmat paahtimolla, ja niiden tuottamat vuotavat paketit ovat potentiaalinen ongelma yritykselle.

2 Kahvin säilyminen ja pakkausmateriaalit

2.1 Paahton vaikutus kahvin ominaisuuksiin

Käsittelemätön raakakahvi sisältää hyvin niukasti aromiyhdisteitä. Raaka kahvipapu koostuu pääasiassa vedestä, hiilihydraateista, lipideistä ja proteiineista. [3] Nautintoai-neena käytetyn kahvin tunnusomaiset aromin ja värin synnyttävät sadat erilaiset yhdisteet, jotka muodostuvat paahtoprosessin aikana. Paahton aikana kahvipapuja kuumennetaan lämpötilaltaan 200°C–230°C-asteiseksi halutun ajan. Paahto aika vaikuttaa kahvin tummuuteen. Mitä tummapaahtoisempi kahvi on, sitä pitemmän paahtoajan se vaatii. Perinteistä suomalaista vaaleapaahtoista kahvia paahdetaan 6–7 minuuttia. [4]

Paahton aikana kahvipavussa tapahtuu lukuisia fysikaalisia ja kemiallisia muutoksia. Keskeisessä roolissa on Maillard-reaktio ja pyrolyysireaktio, joissa syntyvät värimuutokset aikaansaavat melanoidit ja suurin osa aromiin vaikuttavista haihtuvista yhdisteistä. [5, s.192] Nämä haihtuvat yhdisteet ovat merkittävässä roolissa kahvin laadun ja maun kannalta. Paahtetusta kahvista on tunnistettu yli tuhat helposti haihtuvaa yhdistettä. Niistä 20–30 ovat oleellisia kahvin aromikkuuden kannalta. Paahton aikana kahvipavun väri tummenee ja koko sekä muoto muuttuvat (kuva 1.) [6] Hiilidioksidin vapautuminen paahtetusta kahvista jatkuu vielä paahtoprosessin jälkeenkin. Hiilidioksidia vapautumiseen kuluvaa aikaa paahton ja pakkaamisen välisenä aikana kutsutaan kaasuuntumisajaksi.



Kuva 1. Vasemmalla on raakakahvipapuja ja oikealla paahdettuja kahvipapuja. Paahdettujen papujen tummuus riippuu paahtoajasta.

Paahdettu kahvi on säilyvyyden kannalta vakaa tuote. Paahtoprosessin aikaisen korkean lämpötilan ja matalan veden aktiivisuuden vuoksi entsyymaattista ja mikrobiologista pilaantumista ei tapahdu. Varastoinnin aikana kahvi käy kuitenkin läpi monia merkittäviä kemiallisia ja fysikaalisia muutoksia, jotka vaikuttavat sen hyväksyttävään laatuun. Nämä muutokset ovat vastuussa kahvin maun ummehtumisesta ja sen vanhenemisprosessista. Vanhentuneen kahvin maun syntymisen pääsyinä ovat helposti haihtuvien aromiyhdisteiden haihtuminen ja hapettumisessa syntyneet sivumakuja aiheuttavat yhdisteet, kuten haihtuvat aldehydit. [5, s. 263]

2.2 Kahvin laadun heikkenemiseen vaikuttavat tekijät

Suurimmat tekijät paahdetun kahvin laadun heikkenemiseen ovat sen joutuminen kosketuksiin hapen ja kosteuden kanssa, sekä lämmölle altistuminen. [7, s. 7] Myös yhdisteiden haihtuminen paahdetun kahvin rakenteista heikentää aromia. Happi reagoi kahvin epävakaiden yhdisteiden kanssa herkästi, mikä synnyttää kahviin sivumakuja ja

heikentää alkuperäistä aromia. [2, s. 214] Kahvin sisältämät rasvahapot hapettuvat herkästi aiheuttaen kahviin eltaantuneen maun. Hapettumisen riskiä lisää jauhetun kahvin hienojakoisuus, sillä hapen kanssa kosketuksiin joutuvaa pinta-alaa on enemmän.

Lämpötila vaikuttaa merkittävästi kemiallisten reaktioiden nopeuteen. Jokainen 10 °C:n lämpötilan lasku pienentää reaktionopeutta puoleen aikaisemmasta. Kahvin säilyttäminen mahdollisimman viileässä siis hidastaa pilaantumisreaktioita. Valo katalysoi monia kahvissa tapahtuvia hapettumisreaktioita, joten altistuminen valolle nopeuttaa omalta osaltaan kahvin pilaantumista. [8, s. 185]

Kahvin kosteuspitoisuus on paahtoprosessin jälkeen noin 4 %:n luokkaa vedellä jäähdyttämisen ja vesimolekyylejä muodostavien hajoamisreaktioiden takia. Kahvi myös absorboi kosteutta itseensä ympäröivästä ilmasta. Jauhetun kahvin kyky sitoa kosteutta itseensä on suuremman pinta-alan puolesta parempi kuin kahvipavulla. Kahvin päästessä sitomaan kosteutta ympäröivästä ilmasta se paakkuuntuu ja on tahmeampaa. [5, s. 239]

2.3 Kahvin säilymisen asettamat vaatimukset pakkausmateriaalille

Suurin osa pakkausmateriaalin ominaisuuksien laatuvaatimuksista tähtäävät ehkäisemään kahvin pilaantumista, mutta materiaalin tulee soveltua myös tuotantoprosessiin, logistiikkaan sekä olla kuluttajalle mieluinen. Materiaalin täytyy olla ulkopuolisia kaasuja ja vettä läpäisemätön, sekä suojata kahvia valolta. Jos pakattava kahvi ei ole vapautunut vielä kaikki paahton aikana syntyneestä hiilidioksidista, on pakkauksen oltava vapautuvan hiilidioksidin läpäisevä. Sen tulee kuitenkin säilyttää kahvin helposti haihtuvat aromiyhdisteet ja suojata sitä ulkopuolisilta vierashajuilta. [5, s. 245]

Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus N: o 1935/2004 asettaa vaatimuksia elintarvikkeen kanssa kosketukseen joutuville pakkausmateriaaleille. Pakkausmateriaalissa käytettyjen aineiden tulee olla reaktiokyvyttömiä kahvin sisältämien yhdisteiden kanssa. Elintarvikkeeseen ei saa siirtyä aineita pakkausmateriaalista niin, että se vaarantaa ihmisen terveyden. Pakkaus ei saa myöskään vaikuttaa heikentävästi elintarvikkeen

aistinvaraisiin ominaisuuksiin. Pakkausmateriaalin pitää täyttää hygieniavaatimukset ja olla kaikin puolin turvallinen elintarvikkeiden pakkaamisen. [9]

Logistiikan kannalta pakkausmateriaalin tulee olla mekaanisesti kestävä, sillä pienikin reikä tai ruhje mitätöi suojaominaisuudet. Kustannustehokkuus ja ympäristöystävällisyys ovat tuotannon ja kierrätettävyyden kannalta tärkeitä seikkoja. Pakkausmateriaalin tulee olla ulkonäöltään miellyttävä ja pakkauksen helposti avattava, jotta tuote on kuluttajalle mieluinen. [1, s. 51] Kahvia pakataan esimerkiksi alumiinista tai tinatusta teräslevystä valmistettuihin metallipakkauksiin tai lasipakkauksiin. Ne tarjoavat kahville kestäväy- tensä takia tehokkaan suojan ja ovat myös kaasuja läpäisemättömiä. Materiaalina metalli ja lasi ovat kuitenkin kalliita, ja ne ovat muotonsa takia paljon tilaa vieviä pakkausmuo- toja. Nykyään kahvin pakkauksessa on yleisessä käytössä pääsääntöisesti muovista valmistetut ohuet ja joustavat monikerroslaminaatit. [5, s. 246]

2.4 Monikerroslaminaatti

Oy Gustav Paulig Ab:lla kaikki kahvilaadut pakataan monikerroslaminaattista muodos- tettavaan joustopakkaukseen. Tässä luvussa keskitytään tarkemmin vakuumpakkaamisessa käytettyihin materiaaleihin. Pakkausmateriaalina monikerros- laminaatti on materiaalinkulutukseltaan ja kustannustehokkuudeltaan parempi vaihtoehto metalli- ja lasipakkaukselle. Monikerroslaminaatista muodostettavat jousto- pakkaukset, ns. ”tiiliskivipaketit”, ovat myös varastoinnin ja kuljetusketjun kannalta vähiten tilaa vievä pakkausmuoto. (kuva 2.) Pakkausprosessissa monikerroslaminaatin käyttö antaa mahdollisuuksia muokata esimerkiksi kahvipaketin kokoa. Samalla pak- kauskoneella voidaan pakata tästä syystä sekä 400 gramman että 500 gramman vakuumpakkauksia.



Kuva 2. Oikealla kuva monikerroslaminaattiin pakatusta ehjästä kahvipaketista. Vasemmalla kuva pehmentyneestä ja muotonsa menettäneestä vuotavasta kahvipaketista.

Monikerroslaminaatin käytön heikkoutena on sen alttius iskujen ja pistojen aiheuttamalle rikkoutumiselle. Kova vakuumpakkaus ei josta iskujen osuessa siihen, joten ohut pakkausmateriaali murtuu helposti. Monikerroslaminaatit sisältävät useaa eri muovityyppiä ja metallia, minkä takia niiden kierrättäminen on hankalaa. Kierrätyslaitoksissa eri kerroksia ei pystytä erottelemaan toisistaan, joten monikerroslaminaatit hyödynnetään useimmiten poltettavana energijätteenä.

Vakuumpakkausprosessissa on käytössä kahta erilaista monikerroslaminaattia, ns. single -laminaattia ja double wall -laminaattia. Double wall -laminaatti on koostumukseltaan muuten samanlainen kuin single -laminaatti, mutta siinä on toinen laminaattikerros single-laminaatin päällä. Tämän toisen laminaattikerroksen tarkoitus on tehdä kahvipaketista sileän näköinen. Double wall -laminaattia käytettäessä kahvipakkaus on paksumpi, mutta iskunkestävyyden tai kahvin säilymisen kannalta sillä ei ole merkitystä. Molemmista monikerroslaminaateista on käytössä myös versioita, jotka on päällystetty mattalakalla mattamaisen ulkonäön saamiseksi. Mattalakkaus ei vaikuta myöskään pakatun kahvin säilymisen kannalta tärkeisiin pakkausominaisuuksiin. Mattalakkaa voi kuitenkin kertyä kahvipaketin saumoihin, mikä heikentää saumausta.

Singlelaminaatti koostuu kolmesta kerroksesta. (kuva 3) Uloin pistonkestokerros (15 μm) on kestävä muovia ja vahvistaa monikerroslaminaatin rakennetta. Keskimäinen metallista koostuva barrierikerros (7 μm) suojaa kahvia ympäristön pilaantumista edistäviltä vaikutuksilta, sillä se on kosteutta, kaasuja ja valoa läpäisemätön. Barrierikerroksella on

tehtävänsä myös pakkausaihion muodostuksessa. Se pitää jämäkkyytensä ansiosta aihion muodossaan pakkausprosessissa, ennen kuin pakkaus täytetään kahvilla ja vakumoidaan. Singlelaminaatin alinta muovikerrosta kutsutaan saumauskerrokseksi (90 μm). Sen tehtävänä on muodostaa helposti avattava, ns. piilautuva, sauma, kun pakkaus kuumasaumataan kiinni. [10]

<p style="text-align: center;">Pistonkestokerros 15 μm</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kestävä, suojaa pakkausta mekaaniselta rasitukselta
<p style="text-align: center;">Barrierikerros 7 μm</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kaasuja, kosteutta ja valoa läpäisemätön • Suojaa kahvia ympäristön vaikutuksilta • Antaa jämäkkyyttä pakkausaihiolle
<p style="text-align: center;">Saumauskerros 90 μm</p> <ul style="list-style-type: none"> • Muodostaa helposti avattavan saumauksen

Kuva 3. Single-laminaatin kolme kerrosta. Jokaisella kerroksella on tehtävänsä pakkausmateriaalin suojausominaisuuksien ja toimivuuden kannalta.

3 Vakuumipakkaaminen

3.1 Vakuumipakkaamisen periaate

Vakuumipakkaamisessa periaatteena on poistaa happi pakkauksesta eli muodostaa tyhjiö pakkauksen sisään. Niin sanotussa absoluuttisessa vakuumissa kaikki materiaali on poistettu tietyistä tilasta eli paine on arvoltaan nolla. Käytännössä täydellistä vakuumia ei voida pakkausteknologialla saavuttaa, joten vakuumista puhutaan, kun paine on alle normaalin ilmanpaineen (1013,25 mbar). [11] Kahvin vakuumipakkaukseen luodaan 800–900 millibaarin alipaine. Paine nousee ajan kuluessa pakkaushetkestä, mutta vakiintuu 300–500 millibaariin. Jäännöshappipitoisuus on vakuumipakkauksessa teoreettisesti

alle 1 %. Onnistunut vakuumpakkaus takaa kahville 9–17 kuukauden säilyvyysajan. Vakuumpakkaamalla kahvi saadaan pakattua myös hyvin tiiviisti mahdollisimman pieneen tilaan. [12.] Vakuumpakkaamista monikerroslaminaattiin käytetään kaikissa Oy Gustav Paulig Ab:n kotimaahan ja ulkomaille tuotetuissa 500, 400 ja 250 gramman kahvipaketeissa. Monikerroslaminaattiin pakattaessa kahvi painautuu tiiviisti sisällä olevaa kahvia vasten. Jotta joustopakkaus säilyttää muotonsa, on siihen pakattavan kahvin oltava kaasuntuunutta, jottei pakettiin vapaudu liikaa hiilidioksidia. [5, s. 248]

3.2 Pakkausprosessi

Monikerroslaminaattia käytettäessä jauhettu kahvi pakataan vertikaalisella muodostus-täyttö-suljentakoneella (Vertical forming, filling and sealing machine, VFFS) (kuva 4). Oy Gustav Paulig Ab:lla käytössä olevat vakuumpakkauskonet K1–K3 ovat Bocsh GmbH:n valmistamia. Pakkauskonet K1–K3 on otettu käyttöön vuonna 1994. Tässä esitellään näiden pakkauskonien toiminta. Pakkauskonetta K4 eroaa hiukan muista pakkauskonista, mutta toimintaperiaate on sama.



Kuva 4. Vakuumpakkauskonetta. Etualalla näkyvät vakuumikammiot, joissa kahvipakettiin muodostetaan vakuumi.

Monikerroslaminaatista muodostetaan ensin aihio vakuumpakkauslaitteen tuurnapyörässä. (kuva 5) Tuurnapyörään mahtuu kerralla 12 aihiota. [13] Aihio muodostetaan kuumasauamalla pitkä- ja pohjasauma. Saumauksen suorittavat tiettyyn lämpötilaan kuumennetut kolvit. Lämpötilaan vaikuttaa, muodostetaanko aihio singlelaminaatista vai double wall-laminaatista.



Kuva 5. Pakkauslaitteen muodostama aihio, johon kahvi pakataan. Paketin yläpää ei ole vielä saumattu.

Ahion muodostamisen jälkeen kolme annostelijaa täyttävät ahion kahvilla. Annostelijat täyttävät pakkauksen lähelle sen nimellispainoa. Tämän jälkeen kone punnitsee paketin vaa'alla ja jälkiannostelija tasaa painon oikeaksi. Täytön jälkeen kone punnitsee vielä paketit, ja poistolaite poistaa niistä ali- tai ylipainoistet. Yläsauma saumataan osittain, minkä jälkeen paketit siirtyvät vakuumikammioon, joita on 28 kappaletta. Vakuumikammiossa pakettiin imetään tyhjiö. Vakuumin muodostamisen jälkeen kahvipaketit saumataan kunnolla kiinni vakuumikammiossa. Saumauksen onnistuminen on keskeisessä roolissa kahvin säilyvyyden kannalta. Monikerroslaminaattien saumauserroksen on lisätty saumausta tarkoituksellisesti heikentävää piilausainetta. Piilausaine tekee saumasta helposti aukeavan. Sen ansiosta kuluttaja saa yläsauman käsin vetämällä auki, eikä tarvitse esimerkiksi saksia avukseen avatessaan kahvipakettia. [10] Yläpää suljetaan kuumasaukauksella kuten sivu- ja alasaumakin. Yläsauman muodostuksen jälkeen pakkauslaitteen vakuumintestauslaitteisto hylkää heti paketit, joihin vakuumia ei ole muodostunut. Tämän jälkeen pakettien yläsauman päälle teipataan suljentateippi ja paketit siirtyvät kuljetuslinjastolle.

3.3 Vuodot vakuumpakkauksissa

Kahvin pakkausprosessissa syntyy vuotavia vakuumpaketteja monista eri syistä. (kuva 6.) Oy Gustav Paulig Ab on teettänyt syntymissyistä sisäiseen käyttöön tarkoitettuja tutkimuksia. Yleisimmät vuotokohdat ovat paketin saumat, reikä tai repeämä pakkauksessa, laminaattimurtuma tai rypyt pakkauksessa. Saumoista yläsauma on herkin vuodoille. Sen väliin imeytyy herkästi vakuumia muodostettaessa kahvia, mistä johtuen saumasta ei muodostu tiivistä. Reiät syntyvät kahvipakettiin useimmiten pakkaus koneen rakenteiden tai kuljetuslinjaston terävästä kulmasta. Laminaattimurtumat syntyvät monikerroslaminaatin murtuessa esimerkiksi saumauksen tai paketin kulman taittokohdasta. Rypyt muodostuvat, kun sauma ei muodostu kunnolla esimerkiksi likaisen vakuumikammion saumauskolvin takia. [14]



Kuva 6. Esimerkkejä vuotosyistä. 1. Kahvia on jäänyt yläsauman väliin. 2. Paketissa on pistoreikä. 3. Paketissa on pieni nirhauma. 4. Paketin yläsaumaan on muodostunut rypyt.

Kahvipakettiin syntyvä vuotokohta voi olla niin pieni, ettei se ole silmämääräisesti havaittavissa. Tällöin puhutaan mikrovuodoista, jotka voivat olla kooltaan alle 10 mikrometrin luokkaa. Mikrovuotavat kahvipaketit voivat säilyttää vakuuminsa monta päivää, jopa viikkoja, minkä jälkeen alkavat pehmentyä vakuumitason heikentyessä tarpeeksi. Tällaiset mikrovuotavat paketit ovat hankala havaita laadunvalvonnassa, sillä pakkaushetkellä paketti näyttää moitteettomalta. Mikrovuotavat paketit pehmenevät varastoinnin aikana, kaupassa, tai vasta kuluttajalla. Paketin vakuumitason huonontuminen myöhemmässäkin vaiheessa on heikentävä tekijä kahvin laadun kannalta, joten vasta kuluttajallakin pehmenevä kahvipaketti ei takaa kahvin laadun säilymistä.

4 Laadunvalvonta

4.1 Laadunvalvonnan suorittaminen

Oy Gustav Paulig Ab:n paahtimolla kahvin pakkausprosessissa laadunvalvontaa suorittaa pakkauskoneen toiminnasta huolehtiva operaattori ja laadunvalvontalaboratorion työntekijät. Vakuumipakkauskoneilla K1–K4 työskentelee yksi operaattori jokaisessa työvuorossa. Työvuoroja on kolme, eli pakkauskoneilla pakataan kahvia ympäri vuorokauden. Tässä insinööriyössä keskityttiin operaattorien suorittaman laadunvalvonnan kehittämiseen. Operaattorit työskentelevät pakkauskoneilla jatkuvasti, ja heidän suorittamansa laadunvalvonta on määrällisesti kattavampaa ja reaaliaikaisempaa kuin laadunvalvontalaboratorion suorittama satunnaisempi kahvipakettien laadunvalvonta.

Laadunvalvontaa toteutetaan operaattorin toimesta tällä hetkellä silmämääräisesti. Laadunvalvonnan toimenpiteiden suorittamiseen on laadittu kirjalliset työohjeet, jotka sijaitsevat pakkauskoneiden työpisteillä paperisessa muodossa ja sähköisesti työtietokoneilla. Suorittamallaan laadunvalvonnalla operaattorit pyrkivät havaitsemaan virheelliset pakkaukset ja estämään niiden pääsyn jatkokäsittelyyn. Operaattoreiden otantaan perustuvan laadunvalvonnan lisäksi vakuumipakkauksien tiiviydien tarkistuksessa on isossa osassa pakkauksen jälkeiselle linjastolle sijoitetut vakuumintestausyksiköt, kovankoettajat, joiden toiminnasta kerrotaan tarkemmin luvussa 4.2 ja 6.3. Kaikki linjastoa pitkin kulkevat kahvipaketit kulkevat kovankoettajien läpi. Tarpeen tullen kovankoettajan tulisi hylätä pehmenneet paketit pois linjalta.

4.2 Kovankoettajat

Kovankoettajat ovat saksalaisen Bosch GmbH:n valmistamia vakuumin testausteitä. (kuva 7.) Kovankoettajilla testataan kahvipaketin tyhjiö pian pakkaamisen jälkeen. Kovankoettajia on jokaisella pakkauskoneiden K1–K4 jälkeisellä linjastolla kaksi kappaletta, toinen heti pakkauskoneen jälkeen pakkauskoneeseen liitettynä, ja toinen myöhemmin kuljetuslinjastolla, kun kahvipaketin muodostamisesta on kulunut noin kuusi minuuttia. Jos kahvipakkauksessa on isompi vuotokohta, niin se on kerennyt jo pehmeä linjastolla kulkeutumisen aikana. Tässä työssä keskitytään näiden jälkimmäisten kovankoettajien toiminnan kartoittamiseen, sillä niiden rooli vuotavien pakettien havainnoinnissa on oleellisempi. Pakkauskoneen yhteydessä oleva kovankoettaja hylkää pääsääntöisesti ne paketit, joihin ei ole muodostunut vakuumia ollenkaan ja jotka ovat pehmeitä saman tien vakuumoinnin jälkeen.



Kuva 7. Kovankoettajalaitteistot ovat sijoitettu pakkauskoneiden jälkeisille kuljetuslinjastoille. Kuvassa näkyy pakkauskoneiden K2–K4 kovankoettajat.

Kovankoettajien testausmenetelmä perustuu pakettia painavan kiintokuution (puhutaan mittausasemasta 1 ja mittausasemasta 2) antamaan mittautulokseen, joka vaihtelee

sen mukaan, kuinka paljon paketti antaa kiintokuution painallukseen periksi. Kovankoettajan kaksi mittausasemaa työntävät kahta peräkkäistä pakettia kerrallaan ja arvioivat paketin kovuuden kovankoettajille asetettujen prosentuaalisten raja-arvojen perusteella. Jos paketin vakuumi on heikentynyt ja se antaa liikaa myöten, niin mittauspisteen jälkeinen sylinteri työntää paketin pois hihnalta. Mittausprosessia on kuvailtu myöhemmässä luvussa 6.3 tarkemmin.

4.3 Otantaan perustuva laadunvalvonta

Operaattorin suorittama laadunvalvonta perustuu kerran tunnissa suoritettaviin testeihin. Pakkauskone tuottaa minuutissa 115–128 pakettia nopeussäädöstä riippuen, eli vähintään 6 900 pakettia tunnissa. Operaattori ei siis kykene havainnoimaan jokaista tuotetta edes pintapuolin. Otantaan perustuva laadunvalvonta on siten jatkuvaa kovankoettajien suorittamaa testausta heikompi tapa havainnoida satunnaisesti esiintyviä vuotavia paketteja. Seuraavissa kappaleissa 4.3.1–4.3.5 on esitelty käytössä olevat vakuumipakkausprosessin laadunvalvontamenetelmät, sekä muita testausmenetelmiä, jotka eivät ole vielä Oy Gustav Paulig Ab:lla vakuumitestauksessa käytössä.

4.3.1 Pehmenemisseuranta

Pakkauskonetta ajava operaattori ottaa tunnin välein kahvipaketteja linjalta vakuumipakkauskonteen työpisteelle pehmenemisseurantaan. (kuva 8.) Paketteja otetaan pehmenemisseurantaan pakkauskoneilta K1–K3 28 peräkkäistä, ja pakkauskoneella K4 30 peräkkäistä pakettia, yksi jokaisesta pakkauskoneen vakuumikammioista. Tunnin välein otettavan seurannan lisäksi pehmenemisseurantaan otetaan uudestaan 28 tai 30 pakettia monikerroslaminaatin vaihdon, koneeseen tehtävien korjauksien ja pidempien taukojen jälkeen. Pidemmät tauot voivat aiheutua esimerkiksi, kun pakkauskoneelle odotetaan lisää kahvia tai pakkauskoneen jälkeinen linjasto on ruuhkautunut. Tunnin aikana kahvipaketeista kerkeää pehmetä esimerkiksi ne, joissa on sauman väliin jäänyt reilusti kahvia tai joissa on pieni reikä. Jos sarjasta löytyy seurannan aikana pehmenneitä paketteja, tutkitaan pehmenemisen syy silmämääräisesti ja suoritetaan tarvittavat korjaustoimenpiteet. [15]



Kuva 8. Kahvipaketteja pehmenemisseurannassa K4 -vakuumpakkaukskoneella.

4.3.2 Ulkonäön tarkistus

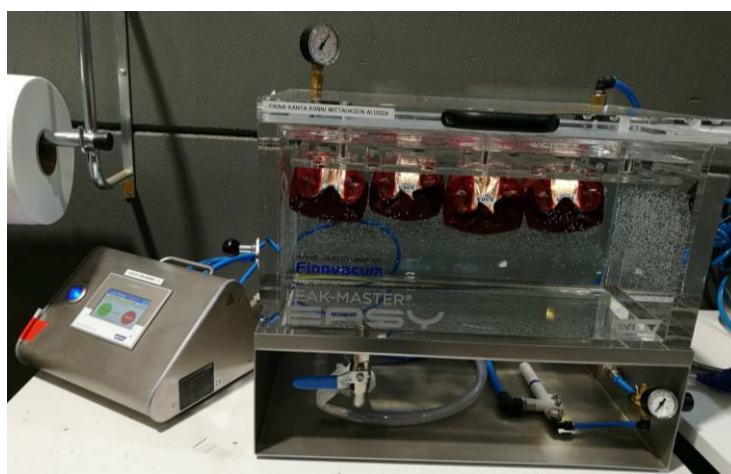
Vähintään kerran tunnissa operaattorit tarkastavat silmämääräisesti työohjeen mukaan kahvipaketin ylä- ja alasauman sekä pitkäsauman. (kuva 9.) Saumojen on oltava suorat ja yhtenäiset. Paketti avataan ja tarkastetaan, ettei kahvinpurua ole yläsaumassa eikä saumaukseen ole muodostunut ryppejä. Samalla tarkastetaan, että kahvipaketti avautuu normaalisti niin, että kuluttaja saa sen helposti auki. Tämän jälkeen tyhjenetään paketti kahvista ja tarkistetaan avaamalla myös pitkäsauman ja pohjasauman eheys. Saumojen tarkistuksen yhteydessä tarkistetaan paketin paino ja pituus. [15]



Kuva 9. Kahvipaketin ulkonäön tarkistuksessa kiinnitetään huomiota yläsauman, pitkäsauman ja pohjasauman eheyteen. Kuvassa on osoitettu kyseiset saumat.

4.3.3 Witt Leak-Master Easy -vesitestaustaite

Witt Leak-Master Easy -vesitestaustaite (kuva 10.) on saksalaisen Witt-Gasetechnik GmbH & Co KG:n valmistama vesitestaustaite. [18] Testaus perustuu kahvipakkauksen altistamiseen paineelle veden alla. Testaus tapahtuu tiiviissä vesisäiliössä, jossa on myös ilmakerros veden päällä. Tällä hetkellä vesitestaustaite on käytössä vain suojakaasupakkausten testauksessa, mutta sitä voidaan soveltaa myös vakuumpakkausten testaukseen. Suojakaasupakkaukset voidaan testata sellaisenaan, mutta vakuumpakkauksiin on tehtävä reikä, jotta pakettiin saadaan ilmaa. Reikäkohta on peitettävä teipillä. Vesitestaustaitemällä voidaan testata neljä kahvipakettia kerrallaan. Kahvipaketit asetetaan veteen ja säiliön kansi suljetaan tiukasti. Paineilman avulla säiliön painetta lasketaan 30 sekunnin ajaksi. Helposti avattavan vakuumpakkausten saumojen tulisi kestää vähintään 350 millibaarin suuruinen paine. Vesitestaustaiteeseen on liitetty ohjain, jolla voidaan esimerkiksi muuttaa testausäiliöön syntyvän paineen suuruutta. [19.] Huonosti muodostunut sauma ei kestä paineelle altistamista, vaan sauma peittää ja pakettin sisältämä ilma pulppuaa vuotokohdasta ulos. Testausmenetelmällä voidaan paikantaa siis tarkasti saumauksen heikoin kohta. Testausmenetelmä paljastaa saman tien 10 µm:n kokoiset mikrovuodot kahvipakkauksessa, joiden takia kahvipaketti pehmenisi normaalisti aikaisintaan vuorokauden kuluttua. Vesitestaustaitemetelmää käytettäessä testatun pakettin sisältämä kahvi joudutaan hävittämään biojätteenä mahdollisen kostumisen takia. Pakkausmateriaali hävitetään energijätteenä.



Kuva 10. Kahvipaketit ovat vesitestaauksessa Witt Leak-Master Easy -vesitestaustaiteessa.

4.3.4 Stationary Leak Tester Softpack -laite

Stationary Leak Tester Softpack -laite (SLTS -laite, kuva 11) on hollantilaisen Oxipack BV:n kehittämä laite pehmeiden suojakaasupakkausten vuotojen havainnointiin. Oy Gustav Paulig Ab:lla laite on jo käytössä osana suojakaasupakkausten laadunvalvontaa. SLTS-laite luo testauskammioon vakuumin kahden joustavan kumikalvon väliin. Jos paketti vuotaa, paketti vapauttaa pakkauksen sisältämää kaasua testauskammioon eikä kammion paine pysy stabiilina. Yksi mittaus kestää maksimissaan 30 sekuntia. SLTS-laite havaitsee 10 µm:n kokoiset reiät pakkauksessa, mutta tarkkaa vuotokohtaa ei voida paikantaa. [16] SLTS-laitetta voidaan soveltaa myös kovien vakuumpakettien testaamiseen, mutta pakettiin on pistettävä neulalla reikä, jotta vakuumpakettiin saadaan ilmaa. Reikä peitetään pienellä tarralla ennen mittausta. SLT -laitteella voidaan analysoida neljä 500 g:n vakuumpakkausta kerrallaan. Mittauksen jälkeen paketin sisältämä kahvi voidaan purkaa takaisin pakattavan kahvin sekaan, mutta rei'ittämisen takia syntyy laminaattihävikkiä. [17]



Kuva 11. Stationary Leak Tester Softpack -laite. Laitteella selvitetään, vuotaako pakkaus muodostamalla vakuumi kaasua sisältävän pakkauksen ympärille.

4.3.5 Oxipack- Vacuum Leak Tester -laite

Oxipack- Vacuum Leak Tester -laite (VLT-laite, kuva 12) on Oxipack BV:n kehittämä laite vakuumpakkausten tiiviyden testaamiseen. Sen avulla voidaan havaita yksittäisten kahvipakettien vuotoja ilman, että pakkaus vaurioituu. Mittausmenetelmällä voidaan havaita saman tien alle 10 µm:n vuodot. Testausmenetelmässä kahvipaketteja asetetaan yksi kerrallaan testaukseen tiiviin kuvun alle, jossa paineilman avulla painetaan kalvo vasten kahvipaketin pintaa. Paineelle altistaminen kestää 20 sekuntia, ja vuotavan pakettiin syntyy paineen aiheuttama ilmavirta, ja VLT-laite havaitsee sen aiheuttaman paineen laskun. VLT-laitteen toiminnan edellytyksenä on, että testauskupu on testattavan pakkauksen mittojen mukainen. Erikokoiset kahvipaketit tarvitsevat siis jokainen oman mittauskuvun. Mittauskupu on vaihdettavissa VLT-laitteeseen tarpeen mukaan. Oxipack-laitteella saadaan nopeasti selville vuotaako kahvipaketti, vaikkei se olisi silmämääräisesti nähtävissä. Menetelmän avulla ei kuitenkaan saada selville, missä kohtaa pakettia vuotokohta sijaitsee. VLT-laitetta käytettäessä vuotamattomat testatut kahvipaketit voidaan päästää takaisin jatkokäsittelyyn, eikä kahvi- ja laminaattihävikkiä synny lainkaan. Oy Gustav Paulig Ab ei ole vielä hankkinut vakuumpakkauskoneille VLT-laitetta. [18.]



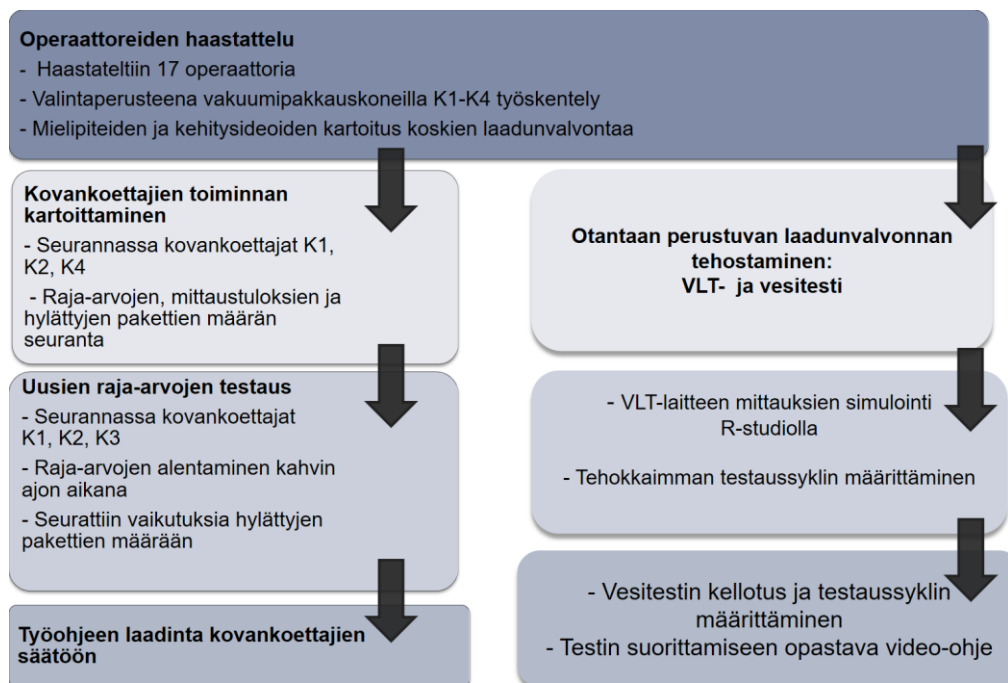
Kuva 12. Vacuum Leak Tester -laite [19].

5 Materiaalit ja menetelmät

5.1 Toteutus

Työtä pohjustettiin haastattelemalla vakuumpakkaus koneilla K1–K4 työskenteleviä operaattoreita. Haastattelujen pohjalta varmistui jo ennalta arveltu tarve paremmalle opastukselle kovankoettajien toiminnan varmistamiseen. Kovankoettajien toimintaa seurattiin tuotantotiloissa pakkausprosessien aikana. Seurannan pohjalta kartoitettiin, missä määrin kovankoettajien raja-arvot olivat säädettävissä. Tutkinnan pohjalta laadittiin työohje operattoreiden omatoimiseen kovankoettajien raja-arvojen asetusten optimoimiseen pakkausprosessikohtaisesti.

Työssä etsittiin ratkaisuja myös operaattorien suorittamaa otantaan perustuvaa laadunvalvonnan tehostamiseksi. Yksi otantaan perustuvan laadunvalvonnan testaussykli on 28 kahvipakettia, eli yksi jokaisesta vakuumpakkaus koneen vakuumikammista. Tarkoituksena oli selvittää, kuinka monta testaussykliä pystytään suorittamaan niin, että otos olisi mahdollisimman kattava. Tarkastelussa keskityttiin mahdollisesti yritykselle hankittavan VLT-laitteen sekä vesitestausmenetelmän tehokkuuden määrittämiseen. Vesitestausmenetelmä ei ole ollut osana vakuumpakkausten laadunvalvontaa, ja on uusi menetelmä myös suojakaasupakkauksien laadunvalvonnassa. Vesitestauksen suorittamiseen tehtiin video-ohje, jotta laitteen käyttö tulisi operaattoreille tutuksi. (kuva 13)



Kuva 13. Kaavio työn toteutuksen etenemisestä.

5.2 Pakkauslinjan toiminnan seuranta ja operaattoreiden haastattelu

Paahtimolla työskentelee yhteensä 35 operaattoria, joista 32 osaavat operoida vakuumpakkaus koneita K1–K4. Operaattorit valvovat pakkaus koneiden toimintaa päivittäin, ja heillä on paljon käytännön kokemusta ja tietämystä pakkauksen ongelmakohtista ja laadunvalvonnasta. Tämän vuoksi nykyistä laadunvalvontaa kartoitettiin haastattelemalla vakuumpakkaus koneilla K1–K4 työskenteleviä operaattoreita. Haastatteluihin osallistui 17 operaattoria aamu- ja iltavuorosta. Valintaperusteena oli ainoastaan se, että he osasivat työskennellä vakuumpakkaus koneita. Heidän kokemustasonsa oli hyvin vaihteleva. Haastatteluiden pohjaksi laadittiin 19 kysymystä sisältävä lomake, jonka mukaan jokainen operaattori haastateltiin anonymisti. (liite 1) Taustatietoina kysyttiin, kuinka kauan operaattori oli työskennellyt pakkaus koneilla ja oliko hän opastanut muita. Haastatteluista saadusta aineistosta kerättiin erikseen ylös usein esille nousseita seikkoja ja pohdittiin jatkotyön toteutusta niiden pohjalta.

5.3 Kovankoettajien raja-arvot

Kovankoettajien suorittama vakuumin testaus perustuu nimensä mukaisesti kahvipaketin kovuuden koettamiseen. Kovankoettajan kaksi mittausasemaa työntyvät kahta peräkkäistä kahvipakettia vasten ja arvioivat niiden kovuuden liikeratansa perusteella. Mittausasemien suorittama paketin testaus perustuu asetettuun maksimiraja-arvoon sekä mittausaseman antamaan mittaustulokseen. Kovankoettajille on asetettu jokaiselle tilaustuotteelle oma maksimiraja-arvo, jonka mukaan kovankoettajan kiintokuution mittaustuloksen perusteella hyväksyy ja hylkää testaamansa kahvipaketit. Jos mittaustulos on raja-arvoa suurempi, kovankoettaja hylkää paketin. Raja-arvo on annettu prosenttilukuna, joka määrittää kiintokuution liikeradan suuruuden sen maksimi liikeradasta. Kun raja-arvona on 100 %, kovankoettaja päästää kaikki paketit läpi, 0 %:n raja-arvolla se taas hylkää jokaisen. Raja-arvot on tallennettu Orfer Oy:n kehittämään automaatiojärjestelmään ja niiden muokkaus onnistuu tuotantotietokoneiden, sekä kovankoettajien omien ohjauspöytien kautta. (kuva 14.) [21]

Kovuustunnistin **210T201**

Tiedot **Testaus**

Nykyisen tuotteen asetukset

Tilausnumero: **100365352**

Tuote: **28000 Juhla Mokka 500g SJ su**

Mittausasema1 **77%** Mittausasema2 **81%**

Käytössä olevat rajat

	Yläraja	Mittaustulos
Mittausasema1	77 %	65 %
Mittausasema2	81 %	72 %

Tuotelaskurit

Hyväksytyt **25139**

Hylätyt **12**

Yläraja asetus

Mittausasema1 %

Mittausasema2 %

Kuva 14. Tuotantotietokoneen näkymä kovankoettajien asetuksiin. Kuvaan on ympyröity mittausasemille asetetut raja-arvot (yläraja) ja mittausasemien viimeisimmät mittaustulokset. "Yläraja asetus"-kohdasta raja-arvoja voidaan muuttaa.

Raja-arvoja ja kovankoettajien mittaustuloksia seurattiin pakkauskoneiden K1, K2 ja K4 kovankoettajilla seitsemän eri ajoprosessin aikana. Pakkauskoneen K3 kovankoettaja ei ollut käytössä seurantajakson aikana, joten kyseiseltä kovankoettajalta ei saatu tuloksia. Mittauksessa otettiin noin puolen tunnin välein ylös kymmenen paketin mittaustuloksen keskiarvo, paketin paksuus ja hyväksytyjen sekä hylättyjen pakettien määrä ajetuista paketeista. Tuloksien taulukointiin ja käsittelyyn käytettiin Exceliä. (Liite 2)

Kovankoettajien toiminnan kartoittamisen jälkeen selvitettiin, missä määrin raja-arvoja on mahdollista laskea. Seuranta tehtiin pakkauskoneilla K1, K2 ja K3 kolmentoista pakkausprosessin aikana. Vakuumpakkauskoneen K4 kovankoettaja ei ollut käytössä seurantajakson aikana. Raja-arvoja laskettiin pakkausprosessien aikana niin, että ne olisivat mahdollisen lähellä mittausasemien antamia mittaustuloksia. Aluksi seurannassa testattiin useita eri raja-arvoja. Haluttiin selvittää, millä raja-arvoilla kovankoettaja alkaa hylkäämään liikaa kovia kahvipaketteja. Liian herkkä kovankoettaja hylkää jo lähes jokaisen läpi kulkevan kahvipaketin.

5.4 Vacuum Leak Tester -testaus ja Witt Leak-Master Easy -vesitestausten menetelmä

VLT-testaus ja vesitestausten menetelmä tehostaisivat molemmat osaltaan operaattorin tunteittain suorittamaa otantaan perustuvaa laadunvalvontaa. Niiden avulla saataisiin tehokkaammin havaittua heti pakkaushetkellä mikrovuotavia paketteja, jotka pehmenisivät silminnähden vasta myöhemmin. Nykyisessä operaattorin suorittamassa laadunvalvonnassa 28 paketin nostaminen pehmenemisseurantaan kerran tunnissa on ainoa menetelmä mikrovuotojen havaitsemiseen. Läheskään kaikkia mikrovuotavia paketteja ei saada kiinni tällä tunnin kestäväällä seurannalla, sillä paketit saattavat pehmetä vasta useiden päivien tai viikkojen kuluessa. VLT-laitteella ja vesitestillä voidaan havaita heti noin 10 µm:n kokoiset vuodot. Useat mikrovuodot ovat kooltaan tätä luokkaa. VLT-laitteen hankintaa on suunniteltu osaksi vakuumpakkauskoneiden otantaan perustuvaa laadunvalvontaa. Laite tilataan suoraan valmistajalta Saksasta, eikä sitä ollut yrityksellä vielä käytössä. Tavoitteena oli selvittää, millainen testausyksiö VLT-laitteelle olisi kaikista kattavin. VLT-laite -mittauksia simuloitiin R-studiota hyväksikäyttäen. Tällä tavalla selvitettiin, kuinka paljon vuotavia paketteja saadaan arviolta kiinni milläkin testausyksiöllä. Vesitestillä paketeista voidaan paikantaa selkeästi myös vuotokohta. Vesitestissä syntyy

suuri määrä kahvi- ja laminaattihävikkiä, jos sitä käytetään 28 paketin testaukseen tunneittain. Työssä mitattiin vesitestaukseen kuluva aika ja tehtiin suositus parhaiten toimivalle testausykyllille. Opastuksen tueksi kuvattiin myös 1 min 30 s kestävä video-ohje vesitestin tekemisestä operaattoreille.

6 Tulokset ja niiden tarkastelu

6.1 Haastattelu

Haastatteluun osallistui yhteensä 17 operaattoria, jotka olivat kokemustasoltaan hyvin erilaisista lähtökohdista. Osa oli työskennellyt pakkauskoneiden K1–K4 parissa alle kolme vuotta (4 hlöä) ja osa (2 hlöä) siitä asti, kun nykyiset vakuumpakkauskoneet on otettu käyttöön (v.1994). Suurin osa operaattoreista oli ajanut pakkauskoneita 3–10 vuotta. Operaattoreista yhteensä 12 eli 71 prosenttia oli toiminut uusien operaattorien, esimerkiksi kesätyöntekijöiden opastustehtävissä.

Haastatteluissa nousi esiin operaattorien epävarmuus siitä, milloin laadunvalvontalaboratorioon ja työnjohtoon kuuluu olla yhteydessä ongelmatilanteissa. Laadunvalvonnassa tapahtuvista muutoksista informointi koettiin myös puutteelliseksi. Tieto muutoksista ei välttämättä välity kaikille eri vuoroissa työskenteleville operaattoreille. Tällä hetkellä laadunvarmennuksen työntekijät kommunikoivat muutoksista laadunvarmistuksessa sähköpostitse työnjohdolle ja informoimalla päivävuorossa työskenteleviä operaattoreita viemällä paperisen ohjeistuksen suoraan pakkauskoneelle.

Tämän lisäksi tiedonkulkua voisi varmistaa ottamalla rutiiniksi ilmoittaa laadunvalvonnassa tapahtuvista muutoksista tarpeen tullen kerran viikossa pidettävässä tuotannon palaverissa. Palaverit pidetään työvuorojen vaihtuessa, joten lähes kaikki työntekijät saivat tuolloin tiedon muutoksista. Laadunvalvonnan oikeaoppisen suorittamisen tärkeyden korostaminen palaverissa lisäisi tietoisuutta sen puutteellisuuden aiheuttamista ongelmista. Varsinkin uusille operaattoreille olisi hyvä järjestää koulutusta, jossa kerrottaisiin laadunvalvonnan merkityksestä ja opetettaisiin oikeat ja yhtenäiset menetelmät laadunvalvonnan toteuttamiseen. Tämän lisäksi työnjohdon saadessa tiedon, että

asiakkaalta on tullut palautuksia vuotavista paketeista tai kun vuotavat paketit on havaittu varastoinnin aikana, olisi heidän hyvä informoida asiasta heti myös operaattoreita.

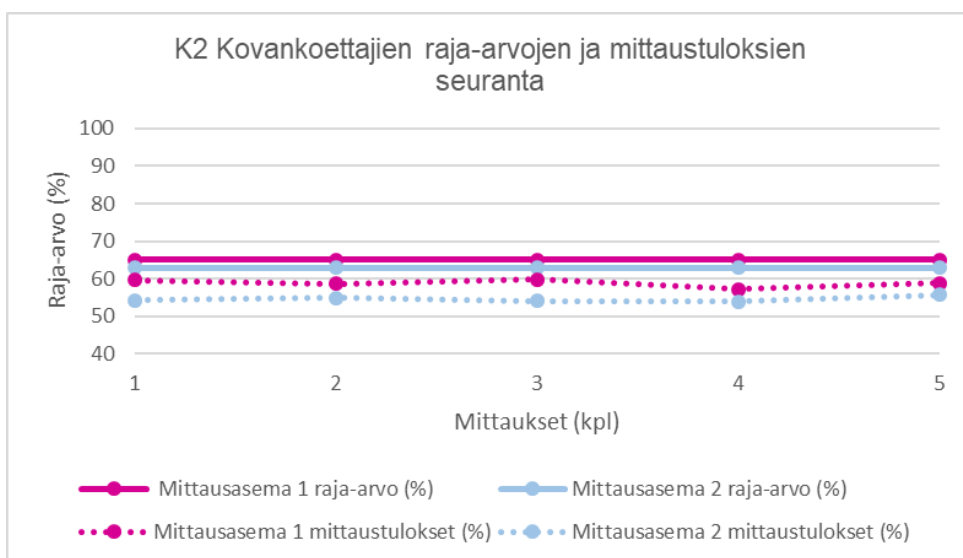
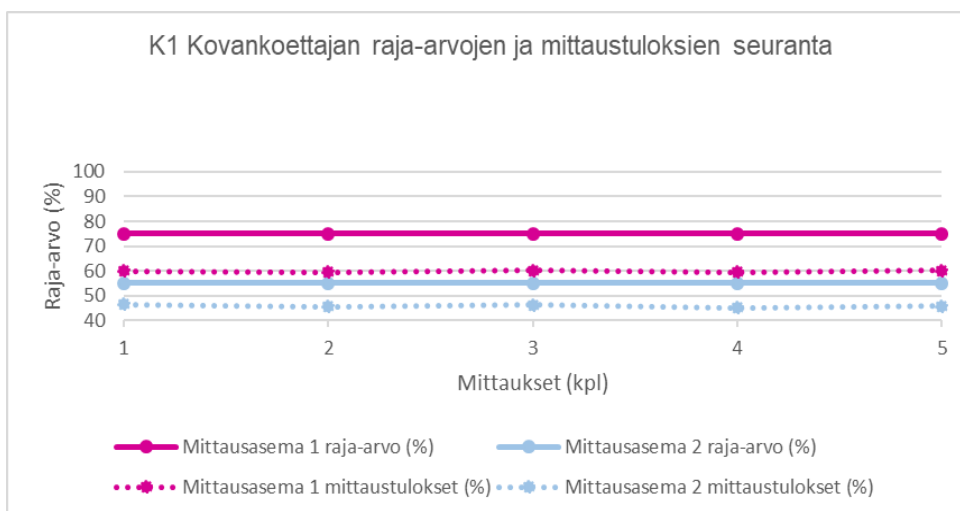
Haastatteluissa nousi esiin, että esimerkiksi uuden työntekijän opastuksen tueksi olisi hyvä saada video-ohjeita laadunvarmistuksen toimenpiteiden suorittamisesta ja pakkauskoneiden asetusten säätämisestä. Video-ohjeita ehdotettiin mm. saumojen tarkistukseen, vakuumikammioiden lämpötilojen säätöön, vakuumikammioiden puhdistukseen, sekä kahvipakkauksen sulkevan teipin vaihtoon. Toimenpiteistä on työpisteillä paperiset ohjeet, mutta video-ohjeen avulla ohjeistus olisi helpommin ymmärrettävissä.

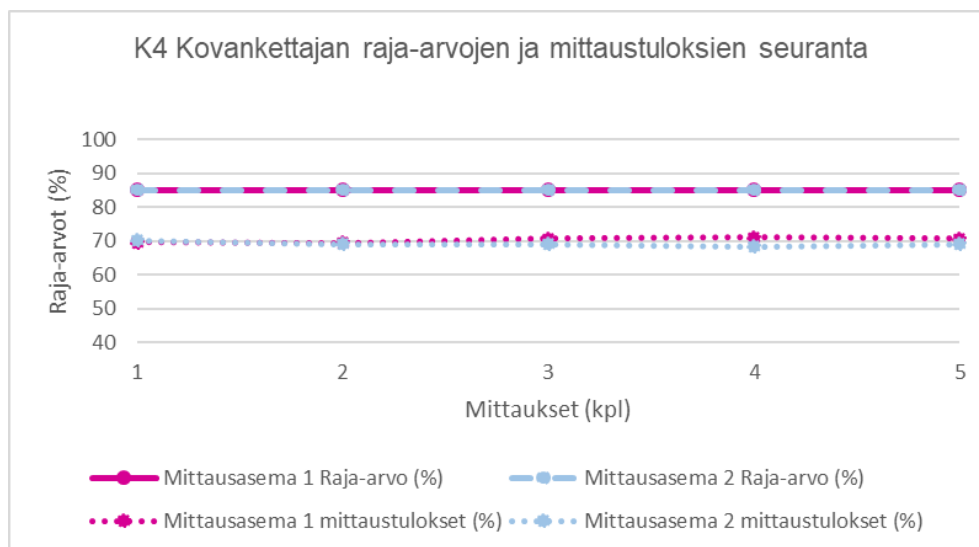
Mikrovuotojen havaitseminen nykyisillä laadunvalvontamenetelmillä on hyvin hankalaa. Pienet pakkauskoneen aiheuttamat mikrokoon reiät eivät ole silmämääräisesti havaittavissa paketin ulkonäköä tarkastelemalla. Kovankoettajat eivät myöskään hylkää mikrovuotavia paketteja, sillä vakuumitaso ei ole heikentynyt eikä paketti pehmentynyt. Mikrovuotojen havaitsemiseksi olisi lisättävä uusia tehokkaampia menetelmiä, osaksi laadunvalvontaa. Tämänhetkisessä operaattoreiden suorittamassa laadunvalvonnassa on helpointa huomata, jos kahvia on kertynyt yläsaumaan tai saumat ovat muuten muodostuneet huonosti. Jos vuotokohta aiheuttaa paketin nopean pehmenemisen, on se helpompi huomata joko pakettien pehmenemisseurannassa tai kovankoettajan hylätessä pehmeitä paketteja. Kovankoettajien hylkäämät paketit ovat operaattoreille selkein merkki siitä, milloin on aihetta alkaa selvittää vuodon aiheuttamaa syytä. Kovankoettajien optimaalinen toiminta on siis keskeisessä roolissa vuotojen havainnoimisessa. Haastatteluissa nousi esiin, etteivät operaattorit ole saaneet opastusta kovankoettajalaitteiden toiminnan testaamiseen tai kovankoettajien raja-arvojen säätämiseen. Niiden toimintaan kiinnitetään huomiota, jos kovankoettaja alkaa hylätä liikaa hyviä kahvipaketteja.

6.2 Kovankoettajien toiminta

Kovankoettajien toiminnan kartoittamisessa nousi esiin, että kiintokuutioiden (mittausasema 1 ja mittausasema 2) mittaustulokset poikkesivat liikaa asetetuista raja-arvoista. Seurannan aikana kovankoettajien raja-arvoasetukset säilytettiin alkuperäisenä. Tarkoituksena oli havaita puutteet niiden toiminnassa ja olla siksi vaikuttamatta normaaliin

pakkausprosessitilanteeseen. Mittausasemien antamissa mittaustuloksissa ei ollut suuria eroja eri mittauskerroilla, tosin eri kovankoettajilla ne poikkesivat toisistaan. (kuva 15) Mittauksissa asetettujen raja-arvojen ja mittaustulosten erotuksen keskiarvo oli 11,75 prosenttiyksikköä. Suurimmillaan erotus raja-arvon ja mittaustuloksen välillä oli 17 prosenttiyksikköä. (liite 2). Raja-arvot on siis asetettu usein liian korkealle mittaustuloksiin nähden, eivätkä kovankoettajien herkkyys ole optimaalisella tasolla. Tämä johtuu todennäköisesti operaattoreiden tietämättömyydestä, sillä heitä ei ole opastettu raja-arvojen säätämiseen. [12] Tarpeeksi herkän kovankoettajan kuuluisi satunnaisesti hylätä myös kovia paketteja, mutta seurannassa huomattiin, ettei kovankoettaja hylkää niitä toivottu.





Kuva 15. Kuvissa on esitetty kovankoettajien K1 (ylin kuva), K2 (keskimmäinen kuva) ja K4 (alin kuva) mittausasemien raja-arvojen ja mittaustuloksien eroavaisuutta seurannan aikana. Kuvista nähdään, että mittaustulokset ovat matalia raja-arvoihin verrattuna.

Kun kovankoettajien seurannassa havaittiin raja-arvojen liiallinen korkeus, lähdettiin selvittämään niiden madaltamismahdollisuuksia. Raja-arvoja muutamalla pakkausprosessien aikana selvisi, että niitä voitiin laskea melkein jokaisen pakkausprosessin aikana. (liite 2.) Yrityksen aiemmassa sisäiseen käyttöön tarkoitetussa tutkimuksessa oli tutkittu kovankoettajien herkkyyttä hylätä neulalla puhkaistuja, eli pehmeitä kahvipaketteja kahdella eri raja-arvoasetuksella. Aiemmassa tutkimuksessa havaittiin näiden eri raja-arvoasetusten vaikutus kovankoettajien toiminnan luotettavuuteen [14]. Tässä työssä saadut tulokset ovat yhtenevät aikaisemmin teetetyn tutkimuksen kanssa.

Seurannassa ei saatu määritettyä yhtä systemaattista toimintamallia, jonka mukaan raja-arvot voitaisiin säätää optimaaliselle herkkyydelle. Tähän on syynä eroavaisuudet pakkausprosessien ja laitteistojen välillä. Pakkausprosessien aikainen kuljetuslinjastojen ruuhkautumisen huomattiin vaikuttavan kovankoettajien toimintaan enemmän, kun raja-arvot olivat laskettu lähelle mittaustuloksia. Kuljetuslinjaston ruuhkautuessa kovankoettaja hylkäsi hetken lähes jokaisen kovan kahvipaketin linjaston lähtiessä uudestaan liikkeelle. Kovankoettajalaitteistoiden välillä on myös toiminnallisia eroja, sillä niiden

komponentit ovat kuluneet ajan saatossa eri tavoin ja niihin on tehty erilaisia korjaustoimenpiteitä. Ohjeelliseksi raja-arvon ja kiintokuution mittaustuloksen erotukseksi määriteltiin 5 %. Tämä erotus toimi kaikissa pakkausprosesseissa eikä aiheuttanut liiallista kovien kahvipakettien hylkäystä.

Jotta kovankoettajien toiminta olisi mahdollisimman tehokasta, olisi raja-arvojen säätöön kiinnitettävä aikaisempaa enemmän huomiota aina uuden kahvierän pakkaamisen alkaessa. Jos operaattori itse säätää kovankoettajan raja-arvot mahdollisimman lähelle kiintokuutioiden mittaustuloksia, saadaan aina jokaiselle pakkausprosessille parhaiten täsmäävä testaus. Kovankoettajien säätäminen operaattorin toimesta vaatii noin minuutin ajan mittaustuloksien seuranta tuotantotietokoneelta. Seurannan aikana määritetään, mikä on korkeimmat mittausasemien antamat mittaustulokset, ja sen perusteella asetetaan uusi raja-arvo viisi prosenttiyksikköä korkeammaksi. (taulukko 1)

Taulukko 1. Esimerkkitalanne kovankoettajien säädöstä kahvin pakkausprosessin alussa. Raja-arvot on alun perin asetettu arvoihin 75 % ja 55 %. Mittausasemien suurimmat mittaustulokset ovat 62 % ja 48 %, joten raja-arvot voidaan laskea 67 %:iin ja 53 %:iin.

Raja-arvo asetettu (%)	
Mittausasema 1	75
Mittausasema 2	55
1 min. mittaustuloksien seuranta	
Mittausasema 1. Suurin mittaustulos (%)	62
Mittausasema 2. Suurin mittaustulos (%)	48
Uudet operaattorin asettamat raja-arvot (%):	
Mittausasema 1	67
Mittausasema 2	53

Mittausasemien raja-arvojen asettaminen viisi prosenttiyksikköä korkeimpia mittaustuloksia suuremmiksi on ohjeellinen oletusasetus. Kahvin pakkausprosessissa kovankoettajan kuuluu hylätä ajoittain myös hyviä kovia paketteja, mutta liian herkälle asetettu kovankoettaja alkaa hylätä niitä liikaa. Operaattorin on seurattava pakkausprosessin aikana kovankoettajan toimintaa, ja mahdollisesti asetettava uudet raja-arvot.

Seurannassa ei voitu tehdä luotettavia johtopäätöksiä, kuinka paljon tehokkaammin kovankoettajat hylkäsivät pehmenneitä paketteja asettamalla raja-arvoja mittaustuloksien mukaan, sillä Orfer-automaatiojärjestelmä ei kirjaa ylös aikaisempien ajojen hyväksytyjen ja hylättyjen pakettien kappalemääriä. Pehmeiden pakettien määrään vaikuttaa myös koneen ajossa ilmenevät ongelmat, esimerkiksi kahvin kertyminen saumaan tai reikä paketissa. Tuolloin ei voida olettaa, että suurempi hylättyjen määrä johtuisi raja-arvojen laskemisesta, kun pehmenneitä paketteja on suhteessa enemmän. Raja-arvojen laskemisen vaikutus pehmeiden pakettien hylkäysmäärään vaatisi pidempiaikaista kovankoettajien toiminnan seuraamista.

6.3 VLT -laitteen ja vesitestausten menetelmän toimivuus laadunvalvonnassa

VLT -laitteen tehokkuutta vuotavien pakettien seulonnassa selvitettiin määrittämällä, kuinka monta mittausta laitteella tulisi suorittaa, jotta merkittävä osa vuotavista paketeista saataisiin kiinni. Jos halutaan seuloa tuotannosta kaikki vuotavat paketit, olisi jokainen paketti käytävä läpi. Tämä ei ole mahdollista otantaan perustuvassa testausmenetelmässä. Työssä selvitettiin eri mittaustiheyksien vuotavien pakettien kiinnisaamisprosentti.

Vakuumpakkauskoneneen nimelliskapasiteetti on 130 pakettia minuutissa. Tällä tuotant nopeudella vakuumpakkauskonene pakkaa 7 800 kahvipakettia tunnissa ja 187 200 kahvipakettia vuorokaudessa. Tuotantoa tarkasteltiin vuorokausitasolla. Oletettiin, että vuotavia paketteja on 1 % kaikista paketeista. Yksi testausyksiö VLT-laitteella olisi 28 pakettia eli yksi jokaisesta pakkauskoneneen vakuumpakkausyksiköstä. Yhden paketin testaus kestää 20 sekuntia, joten yksi testausyksiön kuluva aika on noin 9,3 min.

Määrityksessä oletettiin, että vuotavat paketit esiintyvät satunnaisesti ehjien pakettien seassa. Taulukkoon 2. on listattu yhden R-studiolla tehdyn simuloinnin tulokset. (liite 3.) Jos vuotavista paketeista halutaan kiinni yli 90 %, on mittauksia tehtävä vuorokauden aikana 264 kpl, eli 11 mittausta tunnissa. Tämä on käytännössä hyvin haastavaa, mutta esimerkiksi jo 4-kertaistamalla mittausten toisto vuotavien pakettien havainnointi on huomattavasti tehokkaampaa, kuin kerran tunnissa testaten. (taulukko 2.) Jos yksi henkilö työllistetään jokaiselle vakuumpakkauskoneneelle K1–K4 suorittamaan pelkästään VLT-

mittauksia, hän kerkeää suorittamaan tunnissa noin kuusi testausyksiä. Näin pystytään saamaan kiinni arviolta noin 50 % vuotavista pakkauksista.

Taulukko 2. R-studiolla suoritetun simuloinnin tulokset. Vasemmassa sarakkeessa on VLT-laitteella suoritettujen mittausten lukumäärä. Oikeassa sarakkeessa on merkitty, kuinka monta prosenttia vuotavista paketeista saadaan todennäköisesti kiinni kyseisellä mittaussyklillä.

VLT-mittausten lukumäärä vuorokaudessa (kpl)	Vuotavien pakettien kiinnisaamisprosentti (%)
24	8,4
48	17,7
72	25,4
96	34,8
120	43,3
144	52,8
168	62,6
192	67,6
216	77,7
240	87,0
264	94,2

VLT-laitteen hankinta on kannattavaa yritykselle, sillä tällä hetkellä tehokkaita menetelmiä mikrovuotojen havaitsemiseen ei ole. Laite on kehitetty yhteistyössä kahvinvalmistaja Douwe Egbertsin kanssa ja se on tarkoitettu nimenomaan jauhetun kahvin vakuumpakkausten testaamiseen. Sen käytöstä on hyvät käyttökokemukset muilta kahvinvalmistajilta viimeisen muutaman vuoden ajalta. Valmistaja Oxipack Oyj suosittelee laitetta kuitenkin vain kahvipakettien satunnaistestaukseen, eikä laajaan kahvipakettien seulontaan. [19] Vesitestaukseen kuluu enemmän aikaa kuin VLT-testaukseen. Testausmenetelmä kelloitettiin, ja 28 kahvipaketin testaukseen kuluva aika oli 19,6 min eli noin 20 minuuttia. Neljän paketin testaamiseen kuluu aikaa 2 min 48 s, noin 3 minuuttia. Testaukseen kuluva aika on huomioon otettava asia laadunvalvonnan toteutuksen suunnittelussa. Jos testausmenetelmä vie liikaa operaattorin aikaa, kerkeää vakuumpakkauskoneen tuotannossa ilmetä tuona aikana ongelmia. Laadunvalvonnan testausmenetelmän hitaus ja

monimutkaisuus ovat laadunvalvontaa hankaloittavia tekijöitä. Tehostamisen sijaan testausten menetelmä saattaa hidastaa operaattorin työskentelyä ja saattaa jäädä kokonaan käyttämättä. [21]

Jos vesitestiä käytetään kerran tunnissa pakkauskoneilla K1–K3 28 kahvipaketin (500 g) ja pakkauskoneella K4 30 kahvipaketin (500 g) vesitestaukseen, syntyy kahvihävikkiä vuorokaudessa 1 368 kg. Kuukaudessa syntynyttä kahvihävikkiä on jo 27 360 kg. Tämä on merkittävä määrä jätettä, sillä vesitestausten menetelmällä testatun kahvipaketin sisältämää kahvia ei voida enää hyötykäyttää, vaan se hävitetään biojätteenä. Energijätteenä hävitettävää pakkausmateriaalihävikkiä syntyy vuorokaudessa 2 736 kahvipaketin ja kuukaudessa 54 720 kahvipaketin verran.

Ajallisesti, taloudellisesti ja ekologisesti ajateltuna säännöllinen testaus sykli vesitestillä ei ole kannattava ratkaisu laadunvalvonnan tehostamiseksi. Vesitestausta on kuitenkin tehokas menetelmä paikantaa kahvipaketin vuodon tarkka sijaintikohta. VLT-testin tavoin sillä voidaan havaita myös mikrokoon vuodot. Se olisi hyvä lisä nykyisen laadunvarmistuksen ohelle. Tehokkainta olisi käyttää sitä tarkan vuotokohdan löytämiseen, kun vuoto on jo havaittu esimerkiksi VLT-laitteella. Ennen VLT-laitteen hankintaa vesitesti olisi hyvä toteuttaa operaattoreiden niin usein kuin resurssien puitteissa on mahdollista.

7 Päätelmät

Insinööriyön tavoitteena oli kehittää kahvin vakuumpakkausprosessissa suoritettavaa laadunvalvontaa niin, että vuotavien pakettien havainnointi olisi mahdollisimman tehokasta. Työssä kartoitettiin kovankoettajalaitteistojen toimintaa ja havaittiin mittausasemien raja-arvojen liiallinen korkeus verrattuna mittaustuloksiin. Operaattoreiden puutteellinen opastus kovankoettajien toiminnan seuraamiseen nousi haastattelussa esille, ja kovankoettajien testauksen optimoimiseen laadittiin työohje. Insinööriyössä kartoitettiin mahdollisuuksia tehostaa nykyistä otantaan perustuvaa laadunvalvontaa menetelmillä, joiden avulla mikrovuodot voitaisiin havaita heti pakkausprosessin yhteydessä. VLT-laitteelle ja vesitestausten menetelmälle tehtiin ehdotus mahdollisimman kattavasta testaus syklistä.

Tehokkuudeltaan paras testausmenetelmä on kovankoettajien suorittama kahvipakettien kovuuden testaus, sillä kovankoettajan läpi kulkee jokainen pakkauskoneen tuottama kahvipaketti. Kovankoettajalaitteistojen toiminnassa on ollut puutteita, eivätkä laitteistot hylkää paketteja toivotusti. Raja-arvojen optimoiminen pakkausprosessikohtaisesti voidaan lisätä kovankoettajien herkkyyttä ja näin tehostaa niiden kykyä tunnistaa pehmeät kahvipaketit. Operaattorit pystyvät muuttamaan raja-arvoja pakkausprosessin aikana uuden työohjeen mukaisesti. Tätä tehokkaampi menetelmä raja-arvojen optimoimiseksi olisi automatisoida raja-arvojen säätö osaksi Offer-automaatiojärjestelmää. Järjestelmä voisi määrittää asetettavat raja-arvot esimerkiksi sadalle kahvipaketille tehtyjen mittausten keskiarvon mukaan.

Raja-arvojen säätö ei kuitenkaan poista kovankoettajien toiminnan kaikkia heikkouksia. Pakkausprosessissa tapahtuvien muutoksien vaikutuksesta kovankoettajien toimintaan olisi hyvä tehdä jatkotutkimuksia. Seurannassa huomattiin, että esimerkiksi ruuhkatilanteet kuljetuslinjastolla ja pitkäaikainen seisottaminen vaikuttavat kovankoettajien toiminnan luotettavuuteen. Nykyisen kovankoettajalaitteiston korvaamiseksi voisi harvita uudempia vastaavanlaisia vakuuminestausmenetelmiä.

Vaikka kovankoettajien suorittama testaus on määrällisesti kattava, sillä ei pystytä havaitsemaan vasta myöhemmin pehmeneviä mikrovuotavia kahvipaketteja. Pehmenemisseuranta on tällä hetkellä ainoa operaattoreiden suorittama testausmenetelmä, jolla osa mikrovuodoista voidaan havaita. Mikrovuodot havaitsevat VLT-laitte ja vesitestauslaite tehostaisivat siis osaltaan nykyistä laadunvalvontaa. Jotta VLT-laitteella saataisiin seulottua puolet vuotavista paketeista, olisi 28 paketin testaus sykli toistettava vähintään kuusi kertaa tunnissa. Tässä nousee ongelmaksi testaukseen kuluva aika, jolloin operaattorin huomio on pois tuotantoprosessista. Vesitestausmenetelmän ongelmana on sen hitauden lisäksi myös syntyvä kahvi- ja pakkausmateriaalihävikki. Se on kuitenkin tehokas menetelmä havaita kahvipaketin tarkka vuotokohta, joten sen käyttö vuotavien pakettien tutkimisessa on hyvä ottaa käytännöksi.

Operaattoreiden tietoisuuden lisääminen vuotavien kahvipakettien aiheuttamista ongelmista olisi hyvä keino kannustaa uusien ideoiden kehittämisessä ja testausmenetelmien käyttöönotossa. Uusien operaattoreiden opastuksessa olisi hyvä panostaa yhdenmukaisuuteen, niin että jokainen oppii oikean tavan suorittaa laadunvalvonnan toimenpiteet.

Lähteet

- 1 Järvi-Kääriäinen. Terhen; Ollila Margareetta. 2007. Toimiva pakkaus. Helsinki: Hakapaino Oy.
- 2 Rothfos. Bernhard. 1986. Coffee Consumption. Hamburg: Gordian Max Rieck GmbH.
- 3 Kahvin koostumus. Verkkoaineisto. Kahvi- ja paahtimoyhdistys <www.kahvi.fi/kahvi-juomana/kahvin-ravintoaineet/kahvin-koostumus.html>. Luettu 16.3.2018.
- 4 Kahvin paahtaminen. Verkkoaineisto. Kahvi- ja paahtimoyhdistys. <www.kahvi.fi/pensaasta-paahtimoon/pavusta-pakkaukseen/kahvin-paahtaminen.html>. Luettu 16.4.2018.
- 5 Illy, Andrea & Viani, Rinantonio. 2005. Espresso Coffee: The Chemistry of Quality. Italy: Elsevier Academic Press.
- 6 Saarinen, Pirjo. 2018. Paahtoprofiilin ja kahvilaadun vaikutus kahvin akryyliamidi-pitoisuuteen. Insiöörityö. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 7 Jürg Baggenstoss. 2008. Coffee roasting and quenching technology – Formation and stability of aroma compounds. Tutkielma. Zürichin teknillinen yliopisto.
- 8 Clarke, R.J. 1987. Roasted Coffee. Teoksessa Quality control in the food industry volume 4. Oxford: Academic Press.
- 9 Euroopan neuvosto ja parlamentin asetus. Verkkoaineisto. <<https://publications.europa.eu/fin/publication-detail/-/publication/08a6f2ca-ddae-4630-801b-debd699a5af2/language-fi>>. Luettu 11.4.2018.
- 10 Randell, Kati. 2018., Senior Manager, Strategic Packaging Development. Oy Gustav Pualig Ab, Keskustelu. 9.4.2018.
- 11 Basic principles of vacuum technology, brief overview. Verkkoaineisto. Festo Group<www.festo.com/net/SupportPortal/Files/286804/Basic_Vacuum_Technology_Principles.pdf>. Luettu 11.2.2018.
- 12 Nikula, Janne. 2018. CI Manager. Oy Gustav Paulig Ab. Sähköposti. 5.4.2018.

- 13 Bosch Packaging Technology. Verkkoaineisto. Robert Bosch Packaging Technology GmbH. <<http://www.boschpackaging.com/en/pa/products/industries/pd/product-detail/pkd-bv-11776.php?ind=1678&mt=14019&tg=17541>>. Luettu 11.4.2018.
- 14 Malm, Riikka. 2017. Kahvipakkauksen laadun säilyttäminen tuotannossa ja logistiikkaketjussa. Maisterintutkielma. Helsingin yliopisto.
- 15 Tiivistetty laatuohje pakkauskoneille K1-K4. 2017. Yrityksen sisäinen dokumentti. Oy Gustav Paulig Ab.
- 16 Testing flexible packaging for leaks. Verkkoaineisto. Oxipack. <<http://www.oxipack.com/flexible-packaging>>. Luettu 14.2.2018.
- 17 Package Leak Detector LEAK-MASTER® EASY. Verkkoaineisto. Witt-Gasetechnik GmbH & Co KG ><http://www.wittgas.com/us/products/package-leak-detectors/bubble-test-easy/package-leak-detector-leak-master-easy.html><. Luettu 19.2.2018
- 18 Raukamo, Kirsi. 2018. QA Team Leader. Oy Gustav Paulig Ab. Sähköposti.
- 19 Testing vacuum packed food for leaks. Verkkoaineisto. 2015. Oxipack. <<http://www.oxipack.com/vacuum-packaging/>< Luettu 4.4.2018
- 20 Nikula, Janne. 2018. CI Manager. Oy Gustav Paulig Ab. Perekdytys kovankoettajien toimintaan. Keskustelu. 29.1.2018.
- 21 Laadunhallinta tuotantoteollisuudessa. Verkkoaineisto. 2018. Arrow Engineering Oy. <https://cdn2.hubspot.net/hubfs/2122721/Docs/Laadunhallinta%20tuotantoteollisuudessa.pdf?t=1525324260858&utm_campaign=Laadunhallinta&utm_source=hs_automation&utm_medium=email&utm_content=55100729&_hsenc=p2ANqtz--nhb79s7_YlqYlg-Z7RSIkZZRXZzOBKI4jB_FGEkQKVhetKQEo3XjEVFIUCxwC-zxQ1wFXxRKMskswF81GTGqI9HISTsayBoyh9XqrAfiE3fCqbeS8&_hsmi=55100729>. Luettu 9.5.2018.

Operaattoreiden haastattelulomake

Tavoitteena kartoittaa operaattoreiden omia mielipiteitä ja kehitysideoita koskien heidän suorittamaa laadunvalvontaa ja selvittää laadunvalvonnan nykytilaa. Kysely tapahtuu haastatteluna näiden kysymysten pohjalta, mutta haastateltavien nimiä ei kirjata ylös.

Taustatieto: kuinka kauan olet työskennellyt pakkaushallissa, ajanut pakkauskoneita K1-K4, ja oletko opastanut uusia työntekijöitä?

- Kuinka usein teet laadunvalvontaa? Mitä teet ja kuinka usein?
- Tiedätkö mistä löytyvät laadunvalvonnan ohjeet?
- Oletko tutustunut ohjeisiin? Olisiko ohjeissa parannettavaa?
- Koetko saaneesi riittävän hyvän perehdytyksen laadunvalvonnan toimenpiteisiin?
- Koetko jotkin tämänhetkisistä laadunvalvontamenetelmistä toimimattomaksi?
- Mikä on mielestäsi nykyisissä laadunvalvontamenetelmissä toimivaa?
- Koetko, että aikasi riittää tarvittavaan laadunvalvontaan muun työn lomassa?
- Mitkä ovat mielestäsi suurimmat tekijät virheellisten pakkausten pääsyyn laadunvalvonnan läpi?
- Onko sinulla ideoita, miten nykyistä laadunvalvontaa saisi tehokkaammaksi?
- Voisiko laadunvalvontaa mielestäsi helpottaa jotenkin?
- Jääkö laadunvalvontaa joskus tekemättä?
- Kaipaisitko jostakin laadunvalvonnantyövaiheesta video-ohjetta, mistä?
- Tuotevaihtoja tehtäessä, osaatko arvioida kuinka monta pakettia ajat ulos koneesta ennen labraan vietäviä näytteitä? Entä vaihtelee määrä eri tilanteissa?
- Tarkasteletko silmämääräisesti kahvin väriä paketeista ennen kuin viet aloituspaketin labraan?

- Koetko että tuotevaihdot vievät aikaa?
- Ilmeneekö tuotevaihdossa joitakin ongelmia?
- Miten paljon kiinnität vuotaviin paketteihin huomiota tämänhetkisessä laadunvalvonnassa
- Kiinnitätkö huomiota kovankoettajien toimintaan?
- Onko sinua ohjeistettu, miten kovankoettajien toimivuutta seurataan?

Kovankoettaajien seurantakooste

KOVANKOETTAJA 210T101		
Päivämäärä		30.1.2018
Tuote	Tuote B	
Laminaatti	2-kerros X	
Pakkauskone	K1	
Tutkittu aika	1h 33min	
	Yläraja (%)	
Mittausasema 1		85
Mittausasema 2		65
		Ylärajan ja mittaustuloksen erotus ka
Mittausasema 1 mittaustulos ka (%)	74,8	10,2
Mittausasema 2 mittaustulos ka (%)	57,6	7,4
10 paketin paksuus ka (mm)	63,5	
Hyväksytyt (kpl)	6583	
Hylätyt (kpl)	10	
Hylätyistä kovia (%)	70	
Hylätyistä pehmeitä (%)	30	
Hylättyjä (%)	0,2	
Päivämäärä		30.1.2018
Tuote	Tuote A	
Laminaatti	1-kerros Y	
Pakkauskone	K1	
Tutkittu aika	2h 50min	
	Yläraja (%)	
Mittausasema 1		75
Mittausasema 2		55
		Ylärajan ja mittaustuloksen erotus ka
Mittausasema 1 mittaustulos ka (%)	60	15
Mittausasema 2 mittaustulos ka (%)	45,9	9,1
10 paketin paksuus ka (mm)	63,9	
Hyväksytyt (kpl)	19207	
Hylätyt (kpl)	0	
Hylätyistä kovia (%)	0	
Hylätyistä pehmeitä (%)	0	
Hylättyjä (%)	0	
Päivämäärä		1.2.2018
Tuote	Tuote A	
Laminaatti	1-kerros Y	
Pakkauskone	K1	
Tutkittu aika	2h 20min	
	Yläraja (%)	
Mittausasema 1		75
Mittausasema 2		55
		Ylärajan ja mittaustuloksen erotus ka
Mittausasema 1 mittaustulos ka (%)	60,2	14,8
Mittausasema 2 mittaustulos ka (%)	46,1	8,9
10 paketin paksuus ka (mm)	64,8	
Hyväksytyt (kpl)	14776	
Hylätyt (kpl)	3	
Hylätyistä kovia (%)	0	
Hylätyistä pehmeitä (%)	100	
Hylättyjä (%)	0,02	

KOVANKOETTAJA 210T201			
Päivämäärä		31.1.2018	
Tuote	Tuote A		
Laminaatti	1-kerros X		
Pakkaus kone	K2		
Tutkittu aika	2h 30min		
	Yläraja (%)		
Mittausasema 1		65	
Mittausasema 2		63	
			Ylärajan ja mittaustuloksen erotus ka
Mittausasema 1 mittaustulos ka (%)		59	6
Mittausasema 2 mittaustulos ka (%)		54,5	8,5
10 paketin paksuus ka (mm)		63,9	
Hyväksytyt (kpl)		17932	
Hylätyt (kpl)		9	
Hylätyistä kovia (%)		0	
Hylätyistä pehmeitä (%)		100	
Hylättyjä (%)		0,05	
Päivämäärä		31.1.2018	
Tuote	Tuote A		
Laminaatti	1-kerros Y		
Pakkaus kone	K2		
Tutkittu aika	1h		
	Yläraja (%)		
Mittausasema 1		67	
Mittausasema 2		67	
			Ylärajan ja mittaustuloksen erotus ka
Mittausasema 1 mittaustulos ka (%)		59	8
Mittausasema 2 mittaustulos ka (%)		54,4	12,6
10 paketin paksuus ka (mm)		65,4	
Hyväksytyt (kpl)		5122	
Hylätyt (kpl)		1	
Hylätyistä kovia (%)		0	
Hylätyistä pehmeitä (%)		100	
Hylättyjä (%)		0,02	

KOVANKOETTAJA 210T401			
Päivämäärä		31.1.2018	
Tuote	Tuote D		
Laminaatti	1-kerros Y		
Pakkaus kone	K3		
Tutkittu aika	2h		
	Yläraja (%)		
Mittausasema 1		90	
Mittausasema 2		90	
			Ylärajan ja mittaustuloksetn erotus ka
Mittausasema 1 mittaustulos ka (%)		73	17
Mittausasema 2 mittaustulos ka (%)		73,6	16,4
10 paketin paksuus ka (mm)		65,7	
Hyväksytyt (kpl)		7978	
Hylättyjä (kpl)		4	
Hylätyistä kovia (%)		75	
Hylätyistä pehmeitä (%)		25	
Hylättyjä (%)		0,05	
Päivämäärä		1.2.2015	
Tuote	Tuote C		
Laminaatti	1-kerros X		
Pakkaus kone	K3		
Tutkittu aika	2h 19min		
	Yläraja (%)		
Mittausasema 1		85	
Mittausasema 2		85	
			Ylärajan ja mittaustuloksetn erotus ka
Mittausasema 1 mittaustulos ka (%)		70,3	14,7
Mittausasema 2 mittaustulos ka (%)		69,1	15,9
10 paketin paksuus ka (mm)		66,2	
Hyväksytyt (kpl)		7101	
Hylättyjä (kpl)		12	
Hylätyistä kovia (%)		16,7	
Hylätyistä pehmeitä (%)		83,3	
Hylättyjä (%)		0,17	

Kooste kovankoettajien raja-arvojen muutoksista

Kovankoettaja K1, Ajossa tuote A					
	Alkuperäinen Orferiin asetettu raja-arvo (%)	Raja-arvon ja mittaustuloksen erotus	Hyväksytyt paketit (kpl)	Hylätyt paketit (kpl)	Hylättyjen osuus (%)
Mittausasema 1	75	13	7 801	2	0,03
Mittausasema 2	55	7			
Mittausasema 1 max. Mittaustulos: 62 %					
Mittausasema 2. max. Mittaustulos: 48 %					
Max mittausarvot MA 1: 62 %, MA 2:48 %					
	Säädetyt raja-arvot (%)				
MA 1*	67	5	7046	4	0,06
MA 2*	53	5			
MA 1	70	8	1554	0	0,00
MA 2	50	2			
MA 1	65	3	32	7	21,9
MA 2	50	2			
Kovankoettaja K2, Ajossa tuote A					
	Alkuperäinen Orferiin tallennettu raja-arvo (%)	Raja-arvon ja mittaustuloksen erotus	Hyväksytyt paketit (kpl)	Hylätyt paketit (kpl)	Hylättyjen osuus (%)
Mittausasema 1	80	3	42821	9	0,02
Mittausasema 2	85	5			
Mittausasema 1. max. mittaustulos: 77 %					
Mittausasema 2. max. mittaustulos: 80 %					
	Säädetyt raja-arvot (%)				
MA 1	75	2	7212	9	0,12
MA 2	80	0			
MA 1	77	0	2223	39	1,75
MA 2	80	0			
MA 1	75	2	3345	52	1,55
MA 2	80	0			
MA 1	80	3	8336	4	0,05
MA 2	85	5			
Kovankoettaja K3, Ajossa Tuote A					
	Alkuperäinen Orferiin asetettu raja-arvo (%)	Raja-arvon ja mittaustuloksien erotus	Hyväksytyt paketit (kpl)	Hylätyt paketit (kpl)	Hylättyjen osuus (%)
Mittausasema 1	75	11	21690	5	0,023
Mittausasema 2	77	10			
Mittausasema 1 max. Mittaustulos: 64 %					
Mittausasema 2 max. Mittaustulos: 67 %					
	Säädetyt raja-arvot (%)				
MA 1	70	6	5140	1	0,02
MA 2	72	5			
MA 1	68	4	4029	5	0,12
MA 2	70	3			
MA 1	65	1	564	16	2,84
MA 2	67	0			
MA 1	69	5	4992	6	0,12
MA 2	72	5			
*MA 1 = mittausasema 1					
*MA 2 = mittausasema 2					

R-studio-ohjelmalla simulointiin käytetty koodi

```
# t ja n pitää antaa komentoikkunassa
N <- 130*60*24
M <- 24*28*n #n on oxipack mittauksien lukumäärä
p <- 0.01
n <- 251
t <- 1
x <- rbinom(N,1,p)
y <- sample(x,M)
cat('Oxipack-laitteiden lkm = ',n,'\n')
cat('Testaus tehdään kerran tunnissa!\n')
cat('Tarkastelujakso =',t,'tunti\n')
cat('Vuotavia yhteensä:',sum(x),
'; vuotavia testatuissa:', sum(y), 'kpl', ', round(100* sum(y) / length(y), 2),
'%',
'; vuotavia ei testatuissa:',sum(x)-sum(y),'kpl', round(100* (sum(x)-sum(y)) /
(length(x)-length(y))),'%\n')
cat(n,'mittausta',round(100*sum(y)/sum(x),2), '% vuotavista saatiin kiinni')
```