



Janina Mäkinen

Pastan valmistusprosessin seuranta ja kehitys

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Bio- ja kemiantekniikka

Insinöörityö

17.11.2021

Tiivistelmä

Tekijä: Janina Mäkinen
Otsikko: Pastan valmistusprosessin seuranta ja kehitys
Sivumäärä: 47 sivua + 3 liitettä
Aika: 17.11.2021

Tutkinto: Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma: Bio- ja kemiantekniikka
Ammatillinen pääaine: Bio- ja elintarviketekniikka
Ohjaajat: Tuotantojohtaja Tea Tilander
Lehtori Pia-Tuulia Laine

Elintarvikeprosesseissa suositaan energiatehokkuutta ja nopeita valmistusmenetelmiä, kehitetään jatkuvasti tehokkaampia tapoja tuottaa elintarvikkeita ja samalla pyritään vähentämään hävikin muodostumista. Työ tehtiin elintarvikeyritykselle, jolla oli tavoitteena selvittää mahdollisia kehityskohteita prosessissa ennen tuotantolinjaston automatisointia.

Tämän insinööriyön päätavoitteena oli seurata kahden eri uunipastan valmistusprosesseja ja havainnoida niissä kehityskohteita. Pastan 1 prosessissa oli kylmä kastike ja keitetty pasta. Pastan 2 prosessissa oli kuuma kastike ja sekaan lisättiin kuiva pasta. Tavoitteena oli myös vertailla, kumpi pastoista oli nopeampi valmistaa. Samalla seurattiin kuivan pastan kahta eri keittomenetelmää ja vertailtiin menetelmien energiatehokkuutta ja vedenkulutus eroja.

Kirjallisessa osuudessa tarkasteltiin ensin kuivaa pastaa raaka-aineena. Perekdyttiin myös yksityiskohtaisesti kuivan pastan valmistusprosessiin ja ominaisuuksiin. Tarkasteltiin pastojen keiton aikana liukenevia ainesosia ja niiden vaikutuksia keitinveiteen. Seuraavaksi selvitettiin kastikkeiden raaka-aineita ja valmistustapojen eroja. Lopuksi tarkasteltiin eri tärkkelyksiä pasta-kastikkeiden suurusteina.

Kokeellisessa osuudessa mitattiin pastojen kokonaismassojen määrät, pastamassojen häviötä sekoittajalta ja prosessiaikoja. Seurattiin kahta eri menetelmää keittää kuivaa pastaa eli padoilla ja VCC-pannulla ja vertailtiin niiden energiatehokkuutta sekä veden kulutusta. Työssä tarkasteltiin myös uunien tehokkuuksia. Mitattiin myös, oliko eri uunitasoilla vaikutusta tuotteiden painoihin ja paistohäviöihin.

Mittaustuloksista selvisi, että pasta 1 oli huomattavasti nopeampi valmistaa kuin pasta 2. Pastan 1 valmistukseen kului ennen annostelua 30 minuuttia ja pastaan 2 kului 90 minuuttia. Pastojen annoshävikkiä syntyi keskimäärin enemmän pastassa 1. Tulosten mukaan VCC-pannu oli pastan keitossa energiatehokkaampi kuin padat. Pastan 2 prosessia voisi tulevaisuudessa nopeuttaa hyödyntämällä homogeenointia kastikkeen valmistuksessa. Uunitasoilla havaittuihin painoeroihin tulisi tulevaisuudessa mahdollisesti kiinnittää huomiota tuotteiden tasalaatuisuuden varmistamiseksi.

Avainsanat: kehitys, elintarvikkeet, hävikki, prosessi, pasta, kastike

Abstract

Author: Janina Mäkinen
Title: Monitoring and Development of the Pasta Dish Process
Number of Pages: 47 pages + 3 appendices
Date: 17 November 2021

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Biotechnology and Chemical Engineering
Professional Major: Biotechnology and Food Engineering
Supervisors: Tea Tilander, Production Director
Pia-Tuulia Laine, Senior Lecturer

The food processing industry favours energy efficiency and fast production methods. There is continuous development for new more efficient ways to manufacture foods and reduce the amount of waste. The thesis was done for a food processing company that had the aim of examining possible areas of development in the process before automatizing the production line.

The main goal of the thesis was to observe the manufacturing of two different baked pasta dishes and identify areas of development. Pasta 1 was made with a cold sauce and cooked pasta. In the process of making Pasta 2, there was a hot sauce and dry pasta was added afterwards to the sauce to swell. The aim was also to compare which of the two pasta dishes was faster to manufacture. At the same time two methods of boiling dry pasta were being examined and their energy efficiency and water consumption were compared.

In the theoretical part of the thesis dry pasta was first being examined as a raw material. The manufacturing process and the qualities of the dry pasta were also studied thoroughly. In addition, the components that dissolve in the water during boiling and their impact in the boiling water were examined.

The gross weight, mass losses and processing times of the pasta dishes were measured in the experimental part of the thesis. Two different methods of cooking dry pasta were considered – industrial pots and the VCC pan – their energy efficiency as well as water consumption were compared. The differences in efficiency of the ovens were observed. The effect of the different oven levels on the weight of the product was measured.

The results indicated clearly that Pasta 1 was three times faster to produce than Pasta 2 before dosing. The loss of the mass was greater on average in Pasta 1 than in Pasta 2. The results showed that the VCC pan was more energy efficient in cooking the pasta than the industrial pots. The manufacturing process of Pasta 2 could be accelerated in the future by utilizing homogenization in the preparation of the sauce. Differences in weight observed at oven levels should possibly be addressed in the future for product homogeneity.

Keywords: development, food, food loss, process, pasta, sauce

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Pastan ominaisuudet	2
2.1	Yleistä	2
2.2	Pasta raaka-aineena	4
2.3	Kuivatun pastan laatu	6
3	Pastakastikkeiden valmistustapojen erot	6
4	Materiaalit ja menetelmät	9
4.1	Yleistä	9
4.2	Pastan keittäminen padoilla	12
4.3	Pastan keitto VCC-pannulla	13
4.4	Kastikkeet	14
4.5	Paistohäviöt	16
4.6	Aikamittaukset	18
4.7	Valmistuksessa syntyvä hävikki	19
5	Tulokset ja niiden tarkastelu	20
5.1	Prosessiajat	20
5.2	Pastan keittomenetelmien tarkkailu	24
5.2.1	Keittäminen padoilla	24
5.2.2	Keittäminen VCC-pannulla	27
5.2.3	Pastojen keittotapojen vertailu	31
5.3	Kastike- ja massasaannot	32
5.3.1	Alkumassojen hajonta	34
5.3.2	Massat ennen uunia	36
5.3.3	Uunin jälkeen	37
6	Päätelmät	46
	Lähteet	48
	Liitteet	

Liite 1: Vaunukohtaiset paistohäviöt uuneittain

Liite 2: P1:n rasiakohtaiset paistohäviöt uuneittain ja kerroksittain

Liite 3: P2:n rasiakohtaiset paistohäviöt uuneittain ja kerroksittain

Lyhenteet

AK	Uunivaunun alhaalta ja keskeltä mitatut tulokset
AR	Uunivaunun alhaalta ja reunasta mitatut tulokset
KK	Uunivaunun keskeltä ja keskeltä mitatut tulokset
KR	Uunivaunun keskeltä ja reunasta mitatut tulokset
P1	Pasta 1
P2	Pasta 2
VCC	VarioCooking Center eli kypsennyskeskus
YK	Uunivaunun ylhäältä ja keskeltä mitatut tulokset
YR	Uunivaunun ylhäältä ja reunasta mitatut tulokset

1 Johdanto

Elintarvikeprosesseissa suositaan energiatehokkuutta ja nopeita valmistusmenetelmiä. Elintarviketeollisuudessa kehitetään jatkuvasti tehokkaampia tapoja tuottaa elintarvikkeita ja samalla vähentää hävikkiä. Kilpailu tuotteiden laadusta ja näkyvyydestä on kovaa ja vaatii yritykseltä resursseja niin rahallisesti kuin ajallisestikin.

Insinööriyön idea lähti siitä, että elintarvikeyrityksellä oli tavoitteena selvittää nykyinen pastaprosessin valmistustilanne, havainnoida mahdollisia kehityskohteita ja ideoida tulevaisuuden mahdollisuuksia. Insinööriyön tavoitteena oli tarkastella manuaalisen pastanvalmistuslinjan vaiheita, joita tulevaisuudessa pyritään mahdollisimman monesta kohdasta automatisoimaan.

Työ keskittyi kahden olemassa olevan pastan valmistustavan havainnointiin ja mittaamiseen. Tavoitteena oli myös selvittää missä hävikkiä syntyy ja miten sitä voisi mahdollisesti estää. Ennen prosessin mahdollista kehitystä oli käytävä läpi nykyinen tilanne ja havainnoida tämän pohjalta kannattavuus tuleviin uudistuksiin. Prosessikatselmuksessa nousi pintaan seikkoja, joita ei välttämättä osattu ajatella ennalta, ja joilla oli lopulta merkitystä mittausten etenemiseen. Tämän insinööriyön tuloksia hyödynnetään mahdollisen uuden pastalaitteiston hankinnassa.

2 Pastan ominaisuudet

Pastatyyppejä on erilaisia, mutta suurin osa valmistetaan durumvehnäjauhoista. Tavallisen vaalean pastan lisäksi on täysjyväpastaa ja tummaa pastaa. Durumvehnä eroaa tavallisesta vehnästä siten, että durumvehnää kasvatetaan kuivemmassa ilmastossa ja sen jyvät ovat kestävämpiä ja väriltään kellertävämpiä (1). Durumvehnää kasvatetaan vähemmän kuin tavallista vehnää. Tavallinen vehnä sopii helpon jauhettavuuden vuoksi paremmin leivän valmistukseen kuin durumvehnä, mutta durumvehnä soveltuu erinomaisesti pastan valmistukseen. Durumvehnästä valmistetaan vaaleaa pastaa ja täysjyväpastaa. Täysjyväjauhot on valmistettu nimensä mukaisesti koko jyvästä eli jyvän kuoresta, ytimeistä ja alkiosta. Vaaleat jauhot ovat peräisin jyvän ytimeistä. Toisin kun vaaleat- ja täysjyväpastat, tumma pasta on valmistettu leipähiivajauhoista, joissa on hyödynnetty jyvän kuorta ja ydintä. (2; 3; 4.)

2.1 Yleistä

Pastan alkuperämaasta kiistellään, mutta useimmille pastan lähtömaa on Italia, missä pastan valmistus- ja käsittelymenetelmät ovat tarkasti määriteltyjä. Pastan valmistus alkaa semolinan eli mannasuurimoiden ja veden sekoituksesta eli italialaisittain *acqua e farina*. Semolina on peräisin durumvehnäjauhoista. Tuorepastaa valmistaessa voidaan käyttää jauhojen ja veden lisäksi kananmunaa. Valmistaessa kuiva- ja tuorepastaa voidaan myös käyttää mausteita ja väriaineita. Raaka-aineiden sekoituksen jälkeen seosta vaivataan, kunnes saadaan hieman kostea ja rakenteensa pitävä seos, minkä jälkeen pasta puristetaan muotoonsa ja leikataan halutun pituisiksi paloiksi. PASTOJEN OLLESSA HALUTUN MUOTOISIA, NE PÄÄTYVÄT KUIVATTAVAKSI 70–90 °C:seen (5, s. 339). Kuivauksen tavoitteena on saada pastojen kosteuspitoisuus ja vedenaktiivisuus alle 12,5 prosenttiin, jotta tuote ei homehdu pakkauksessa ja säilyy ainakin luvattuun päiväkseen asti. Ero kuivatun pastan ja tuorepastan välillä on se, että kuiva pastan kosteuspitoisuus on $\leq 12,5\%$ ja vedenaktiivisuus alle 0,6 huoneenlämmössä, kun taas tuorepastassa kosteuspitoisuus on noin 30 % ja vedenaktiivisuus 0,92–0,97. (5, s. 330–333, 338, 340.)

Kuivatun pastan valmistusprosessit ovat samankaltaisia raaka-aineineen, mutta muotoilu tuo niihin eroja. Erilaisia pastamuotoja on satoja. Pastan ideana on juoksevan kastikkeen pitelyn lisäksi tuoda ruokaan struktuuria, makua ja yksityiskohtia annokseen. Pastamuotoja on esimerkiksi (kuva 1) pitkulaisia (spagetti), onttoja (penne), kuppimaisia (conchiglie), spiraaleja (fusillit) ja levyjä (lasagne). Pastamuodoille on määritetty myös sopivimmat raaka-aineet ja kastikepohjat, joiden kanssa ne parhaiten sopivat. (6.)



Kuva 1: Erilaisia pastamuotoja (vasemmalta oikealle): farfalle, fusilli, gnocchi ja penne rigate.

Ei ole sääntöä, mikä kastike tulisi olla tietynlaisen pastan kanssa, mutta lähes kaikille pastoille on annettu suosituksia. Esimerkiksi öljypohjaisille kastikkeille soveltuvat ohuet tai joustavat pastat, koska öljy tekee kastikkeesta juoksevampaa. Esimerkiksi *spagetti* tai *fusilli* ovat sopivia, koska kastike tarttuu pintaan luoden pastalle kastikekalvon. Kermapohjainen kastike taas vaatii rakenteeltaan kestävämpää, laajapintaista ja muotonsa pitävää pastaa, joka pystyy pitelemaan kastiketta itsessään. Tähän soveltuu hyvin esimerkiksi *farfalle*- tai *penne rigate* -pastat, koska ne ovat rakenteeltaan kuppimaisia tai onttoja ja sitovat sisälleen sopivan annoksen kastiketta. Tomaattipohjainen kastike on usein rakenteeltaan paksumpaa ja eikä jää pastan pintaan samalla tavalla kuin öljypohjainen, joten kastikkeelle sopii parhaiten pastat, joiden muoto on ontto tai pitkulainen. Onttoihin pastoihin tarttuu sisälle kastiketta, kun taas pitkulaista pastaa pyörittäessä kastike tarttuu pastan väleihin. Paistettaviin pastaruokiin soveltuu pasta, jonka pituus on lyhyehkö ja ontto, koska ainesten sekoitus ennen paistoa onnistuu ongelmitta ja rakenteensa ansiosta pasta absorboi helposti sisäänsä kastiketta. Työssä tutkittavina pastoina olivat Rummo-pastat, jotka on valmistettu semolinasta eli durumvehnästä. (6; 7; 8.)

2.2 Pasta raaka-aineena

Pastan keittotavoista ollaan montaa mieltä. Suosituin keittotapa on kuitenkin vedessä keittämällä ilman lisukkeita (suolaa ja öljyä). Pastaa voidaan myös keittää suolatussa vedessä tai lisätä keiton jälkeen öljyä. Pelkässä vedessä keitettävä pasta on rakenteeltaan pakkauksessa ilmoitetun kaltainen oikein keitettynä. Pastan keittämisessä tulee ottaa huomioon sen koostumus. Italialaisen kemistin Dario Bressaninin mukaan korkea proteiinipitoisuus estää tärkkelyksen liukenemista keitinveeten. Proteiinipitoisuus pastassa kuitenkin laskee pastaa keittäessä, koska pieni osa liukenee keitinveeten. Yleisesti käytettävät pastamerkit sisältävät noin 13 grammaa proteiinia 100 grammaa kohden. Huomioon tulee ottaa myös veden kiehuminen ja lämpötila. Bressanini suosittelee keittämään veden ensin kiehuvaan ja lisäämään pastan sen jälkeen. Pastan keitinveden lämmityksen voi lopettaa, kun keitinvesi saavuttaa kiehumispisteen uudelleen. Näin voidaan vaikuttaa pastan haluttuun al dente -rakenteeseen. Pastaa voidaan kutsua al denteksi, kun sen rakenne on hieman kova, mutta ei raa'an oloinen ja pastan suutuntuma on napsahtava. (5, s. 333, 355; 7; 9.)

Pastaa keittäessä veden lämpötilaksi on määritetty veden kiehumispiste eli 100 °C, mutta Bressaninin mukaan pastan keittämiseen riittäisi lämpötilaksi 80 °C. Veden lämmittäminen 100 °C:seen kuluttaa ylimääräistä energiaakin, kun taas 80 °C:seen lämmittäessä säästetään niin keitinaikaa kun energiaa ja tuolloin pastan keittoaika olisi 12 minuuttia. Pastaa voisi valmistaa kylmässäkin vedessä liottamalla, mutta se vain kuluttaa ylimääräistä aikaa eikä ole tuotantolaitoksessa järkevä vaihtoehto. Pasta koostuu suurimmaksi osaksi vehnäjauhoista, jonka koostumuksesta suurin osa on tärkkelystä, noin 60–75 % (10). Pastaa keittäessä ja veden lämpötilan ylittäessä 60 °C, pastan tärkkelys alkaa turvota pastassa ja pehmittää rakennetta. Jos pastaa keittää liian kauan ja korkeassa lämpötilassa niin tärkkelystä liukenee suuria määriä veteen ja se alkaa sakeuttaa keitinveettä ja saa pastan rakenteesta liian pehmeän. Vehnätärkkelyksen liisteröitysmäärä on riippuvainen tärkkelyksen amyloosi- ja amylopektiinipitoisuudesta, yleensä amyloosia 25–26 % ja amylopektiiniä 74–75 %. Vehnätärkkelyksen liisteröityminen tapahtuu 89 °C ja liisteröitynyt massa on amyloosia.

Pitkään lämmittäessä amylopektiinin vetysidokset katkeavat ja sitäkin liukenee keitinveeteen. Keitinveden lämpötilan saavuttaessa 70–80 °C, pastassa oleva tärkkelys alkaa liueta. Jos pasta seisoo näissä lämpötiloissa liian kauan, sen pinta alkaa muuttua liisteriseksi ja tahmeaksi. (5, s. 333, 353; 9; 11, s. 8, 18–19.)

Suuri proteiinipitoisuus edistää pastassa veden imukykyä (12). Proteiinit pääsääntöisesti rakentuvat aminohapoista ja vetysidosten muodostamista polypeptidiketjuista. Gluteeni koostuu 33 aminohaposta, joista saadaan kaksi gluteenin pääproteiinia gliadiini ja gluteniini. Pastasta löytyvistä aminohapoista suurin osa on glutamiinihappoa. Muita aminohappoja, joita esiintyy kuivassa pastassa ovat esimerkiksi asparagiinihappo, lysyiini ja leusiini. Pastan L-glutamiinihappoa alkaa liueta jo 20 asteiseen veteen ja sitä liukenee noin 7,5 grammaa litraa kohden (13). Leusiinia liukenee myös 20 °C vedessä, mutta suurempia määriä, noin 125,5 grammaa litraa kohden (14). Osaksi hajonneet aminohappoketjut jäävät keitinveeteen ja osa pastan pinnalle. Osa proteiineista denaturoituu 60–90 °C lämpötilassa ja liukenee keitinveeteen (15). Vehnäproteiineista gluteeni ei liukene veteen, mutta albumiini on vesiliukoinen. Tärkeää on siis poistaa pasta keitinvedestä niin pian kuin mahdollista, jotta keitetyn pastan rakenne pysyy halutunlaisena. (5, s. 333; 16; 17; 18, 19, s. 35.)

Kuivaa pastaa voidaan valmistaa myös ilman keittämistä eli turvottamalla kuiva pasta valmiissa kastikkeessa. Pastan valmistaminen kastikkeessa säästää keittämisen prosessin, mutta se on aikaa vievää. Turvotusmenetelmä sopii varsinkin pataruokiin, jossa pasta ehtii olla kastikkeessa pitkän aikaa ja absorboimaan mahdollisimman paljon nestettä pehmetäkseen. Hyvän lopputuloksen saamiseksi pastaa tulee turvottaa ennen paistamista. Haastavaa turvottamisesta tekee veden määrän arviointi. Kuinka paljon nestettä tulee olla, että pasta absorboi sitä tarpeeksi, ei liian vähän eikä liian paljon. Liian vähäinen nestemäärä jättää pastan raa'aksi ja suuri määrä saa koko annoksen vetiseksi, ja tuolloin paistoaikaa on lisättävä. Yleisesti pasta absorboi nestettä itseensä 1,8 kertaa kuivapainonsa verran ja al dente -pastaa valmistaessa paino kasvaa noin 1,4-

kertaiseksi kuivapainoonsa verrattuna. Esimerkiksi kilosta kuivaa pastaa saadaan täysin valmiiksi keitettynä tai turvotettuna 1,8 kiloa valmista pastaa. (20; 21.)

2.3 Kuivatun pastan laatu

Pastan laatuun vaikuttavia tekijöitä ovat raaka-aineiden laatu, oikeanlaiset säilytysolosuhteet ja kosteutta estävä pakkaus. Kuivan pastan valmistuksessa tärkein tekijä on, että pastan kosteus on mahdollisimman matala ennen pakkaamista. Jos näin ei ole, niin pasta todennäköisesti homehtuu. Durumvehnän laatuvaatimukset ovat tarkentuneet pastateknologian kehittyessä. Pastavalmistajat ovat kiinnostuneet semolinan koostumuksesta, proteiinipitoisuudesta ja gluteenin lujuudesta. Heitä kiinnostaa myös jyvien väri sekä se, kuinka väri näkyy valmiissa pastassa ja kuinka durumvehnän ominaisuudet kokonaisuudessaan vaikuttavaa pastan valmistuslaatuun. Pastan raaka-aineiden laatu voidaan varmistaa jatkuvilla laatumittauksilla sekä kehitystyöllä, jolla saadaan laadusta entistä parempi. Pastan valmistuksen jälkeen ja kuivatettuna pastalaadun pitävyydestä vastaa pakkaus ja oikeanlaiset säilytysolosuhteet. (5, s. 338; 22, s. 139–143.)

3 Pastakastikkeiden valmistustapojen erot

Vaikuttavin tekijä uunipastan miellyttävyyteen on kastikkeen koostumus ja tärkeänä tekijänä on myös sen ulkonäkö. Kastikkeen tärkein tehtävä on tuoda ruoka-annokseen makua. Kastikkeita löytyy lähes jokaiseen ruokalajiin; tunnetuimpia kastikkeita suomalaisissa kotitalouksissa ovat ruskea- ja kermakastike. Kastikkeita valmistetaan monenlaisista raaka-aineista ja monenlaisiin tarkoituksiin. Yleisimpiä kastikkeiden raaka-ainepohjia ovat öljy-, rasva-, kerma- tai tomaattipohjainen kastike. Kastikkeita parannellaan maustein, ja rakenteen pitää kasassa suurusteet. Suurusteina elintarviketeollisuudessa ovat monenlaiset tärkkelykset niiden monipuolisten ominaisuuksien takia. (6; 11, s. 15; 23, s. 8.)

Kastikkeiden valmistusmenetelmät

Perinteinen tapa valmistaa kastikkeita on kuumentamalla nesteitä (esimerkiksi vettä tai maitoa) ja suurustetta padassa tai kattilassa. Kuuman kastikkeen hyöty on se, että kuivaa pastaa ei välttämättä tarvitse keittää erikseen. Kuiva pasta kuitenkin vaatii kunnollisen sekoituksen kastikkeen kanssa ja hetken turvotusajan ennen paistoa, ettei pasta jää osittain raa'aksi. Kastikkeen valmistus teollisuuskokossa on aikaa vievää, koska nestemäärä on suuri ja lämmitykseen kuluu aikaa. Kastikkeen valmistus kuumentamalla tuhoaa mahdolliset pilaajamikrobit keittohetkellä ja keittäessä lämpötilan tulee olla tuolloin ainakin 72 °C. Osa kastikkeiden raaka-aineista, esimerkiksi hydrofobiset rasvat vaativat kuumennuksen, koska partikkelit eivät muuten sekoitu tasaisesti keskenään. Tasalaatuiseen kastikkeen valmistukseen ei kuitenkaan aina vaadita kuumennusta. (19, s. 106, 128; 24.)

Perinteisen valmistustavan lisäksi kastikkeita voi valmistaa homogenisaattorilla, jonka tarkoituksena on sekoittaa ja hienontaa ainekset (esimerkiksi maidon rasvat ja vesi) lähes samankokoisiksi partikkeleiksi hyödyntäen mekaanista hajoitusta ja korkeaa painetta. Partikkelien koko varsinkin maidon rasvoissa on halkaisijaltaan 1–10 µm ja homogenoinnilla partikkeleista saadaan 0,2–2,0 µm:n kokoisia, mitkä sekoittuvat sen jälkeen helpommin kastikkeeseen ja näin kastikkeesta saadaan tasalaatuinen. Homogenoimalla kastike on nopea valmistaa ja se on muutaman minuutin pituinen sekoitus kuiva-aineille ja nesteille. Nopeutta edistää alhaiset lämpötilat, koska kastike ei vaadi valmistuksessa kuumennusta. Kastikkeiden valmistuksessa maitotuotteiden tulee olla kuitenkin ennestään pastöroitua, jotta ne olisivat turvallisia käyttää kastikkeen valmistuksessa. (19, s. 109; 25.)

Kun kastiketta ei erikseen kuumenneta ennen paistoa, niin on olemassa mikrobiologiset riskit. Kuljetuksen ajaksi kastikkeet tulee suojata, ettei niihin pääse ilmasta hiukkasia ja on varmistettava, että kylmäketju ei pääse katkeamaan. Valmiit massat kuitenkin käyvät läpi pitkän kuumennuksen, joten osa kastikkeisiin päätyvistä hiukkasista tuhoutuu uunilämpötilassa. Se ei kuitenkaan poissulje suojauksen tarpeellisuutta. Molemmat kastikkeiden valmistusmenetelmät ovat

tehokkaita tapoja valmistaa kastikkeita, mutta homogenointi on kuitenkin nopeampi menetelmä ja mahdollistaa myös tuotteen nopean valmistuksen. Molemmilla kastikkeiden valmistusmenetelmillä pyritään samaan lopputulokseen, eli tasalaatuisen kastikkeeseen, joka on juoksevaa ja sileää. (24; 25.)

Raaka-aineet kastikkeissa

Kastikkeissa yleisesti käytettäviä raaka-aineita ovat esimerkiksi vesi, maitotuotteet, suurusteet (esim. tärkkelys) ja rasvat. Kastike toimii usein lisukkeena ja määrittyy kiinteän pääraaka-aineen mukaan. Uunipastojen kiinteisiin raaka-aineisiin kastikkeen kanssa lukeutuu pasta ja lihavalmisteet. Varsinkin pastoissa käytetyt lihavalmisteet ovat ennalta kypsennettyjä ennen kastikkeeseen lisäämistä. Valmisruoat lämmitetään usein vielä jälkikäteen, mutta lihan kypsytyksellä alkutuotannossa ehkäistään valmiisiin tuotteisiin päätyviä pilaajamikrobeja ja estetään se, etteivät lihavalmisteet jää raakaksi lopputuotteeseen. Ei ole esitetty, etteikö lihan voi lisätä myös raakana, mutta tuotteet vaativat tuolloin, että uunien tehojen tulee olla tasaiset. Tuotteiden tulee myös olla turvallisia syötäväksi kylmänäkin. Merkittävin kastikkeiden rakenteeseen vaikuttava raaka-aine on suuruste. Suuruste kastikkeissa sitoo nestettä ja näin saadaan kastikkeen koostumuksesta sakeampaa ja rakenteeltaan kestävämpää. Yleisiä ruuissa käytettyjä suurusteita ovat: maissitärkkelys, vahamainen maissitärkkelys, amyloosi pitoinen maissitärkkelys, perunatarkkelys, tapiokatärkkelys ja vehnätärkkelys. (26, s. 579–580; 27, s. 24.)

Tärkkelys on käytetyin suuruste sen monipuolisten ominaisuuksien takia (11, s. 15). Tärkkelystä lämmittäessä sen koostumuksesta tulee paksua ja viilentyessään siitä muovautuu geelimäinen läpikuultava massa. Läpikuultavuutensa ansiosta se soveltuu sakeuttajaksi monenlaisiin elintarvikkeisiin ja valmisteisiin. Tärkkelystä käytettäessä kokonaismassan tulee olla kosteaa, mutta tärkkelys ei itsessään liukene kylmään veteen. Tärkkelysten välillä on myös eroavaisuuksia, esimerkiksi maissitärkkelys soveltuu parhaiten kuumiin kastikkeisiin ja liisteröityy 82 °C:ssa. Perunatarkkelys eli perunajauhot soveltuvat kylmiin kastikkeisiin ja vaativat vain lyhyen kypsyttämisen (28). Perunatarkkelys liisteröityy noin 64

°C:ssa ja saostuu paksummaksi massaksi kuin maissitärkkelys. Perunatarkkelys myös absorboi keskiarvallisesti 7 kertaa enemmän nestettä kuin maissitärkkelys (11, s. 17). Vehnätärkkelystä käytetään yhdessä vehnä jauhojen kanssa sakeuttamiseen. Vehnätärkkelys tulee turvottaa erikseen ennen lisäystä kastikkeisiin, muuten se paakkuuntuu. Vehnätärkkelys alkaa liisteröityä noin 89 °C:ssa. (11, s. 19; 26, s. 303, 493, 579.)

Toisaalta tärkkelyksiä ei aina ole valmistettu vain yhdestä raaka-aineesta tai tärkkelyslähteestä, vaan niistä voidaan myös tehdä muunnoksia ja tuolloin ne saattavat kulkea nimellä lisäaine (29). Muunnettuja tärkkelyksiä hyödynnetään kuuma- ja kylmäsaosteisiin kastikkeisiin ja ne voivat olla johdannaisia maissitärkkelyksestä tai olla eri tärkkelysten yhdistelmiä, esimerkiksi peruna-maissitärkkelys. Kylmäsaostuvat tärkkelykset vaativat yleensä esiliisteröinnin ennen liukenemista kylmiin nesteisiin. Kastikkeiden saostuksen voi myös toteuttaa ilman tärkkelystä, esimerkiksi hyödyntäen erilaisia jauhoja, agar-agaria, ksantaanikumia tai kollageenia. (30, s. 7, 13; 31.)

4 Materiaalit ja menetelmät

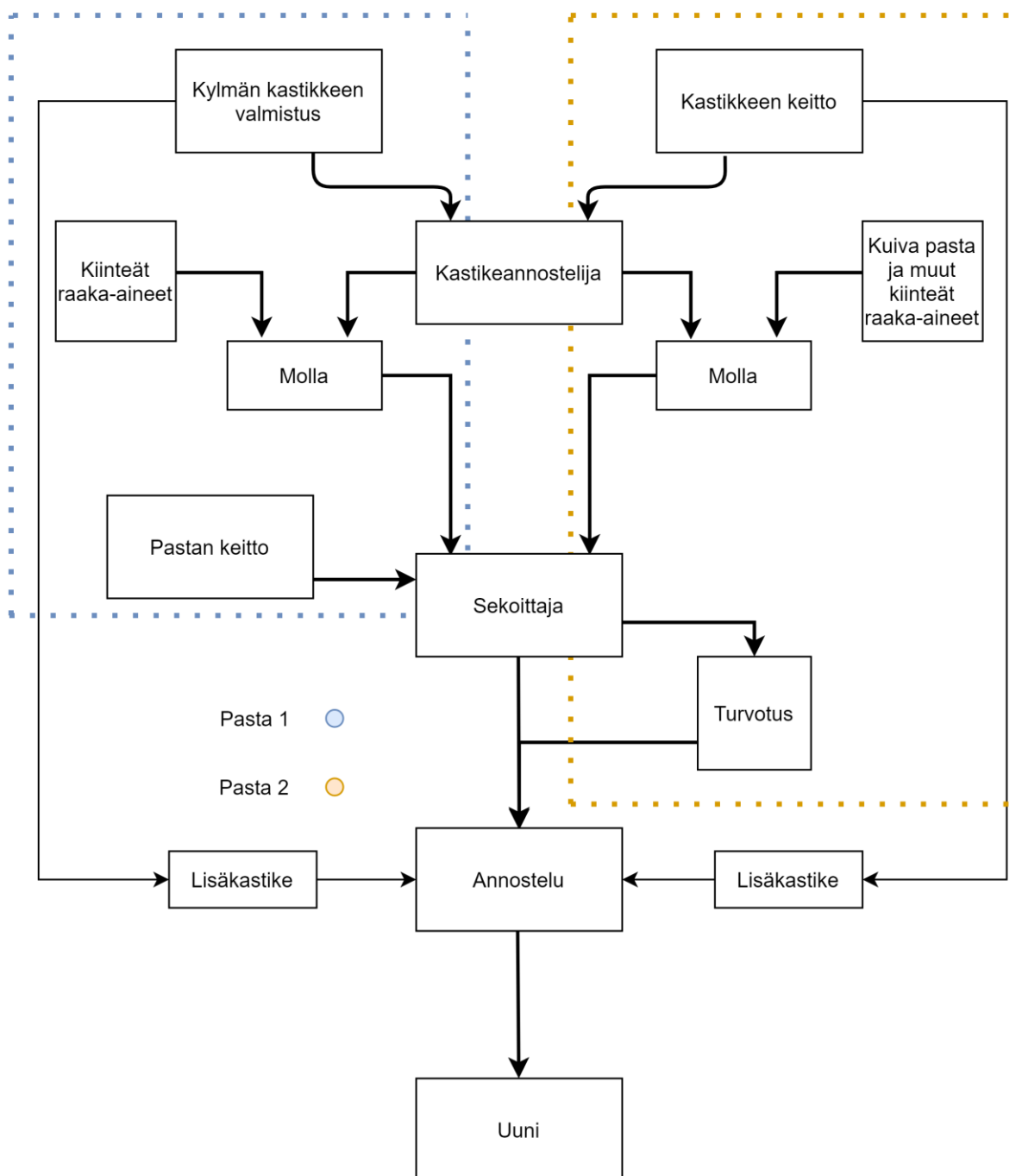
4.1 Yleistä

Työ tehtiin kuuden viikon aikana syksyllä 2021. Tarkkailtavina olivat kaksi erilaista uunipastaa ja kaksi rasiakokoa, suuret ja pienet. Mittausten aikana pyrittiin tarkastelemaan molempien valmistustapojen hyviä puolia ja kehittämiskohteita. Taulukossa 1 on lueteltu mittauskohteet.

Taulukko 1: Työn aikana suoritettut kokeelliset mittaukset.

Seurantakohde	Seurantamenetelmät ja mittaukset
Pastan keitto padoilla	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Keitetyn pastan saannot: 68 kpl ▪ Aikamittaukset: padat: 4, 5, 6
Kastikkeiden valmistus padoilla	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Valmistuksen seuranta ▪ Padat: 0, 1, 2, 3, 4 ja 5 ▪ Aikamittaukset: 0, 1, 2 ▪ Kastikesaannot: 22 kpl
Kylmän kastikkeen valmistus	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Valmistuksen seuranta ▪ Aikamittaukset padalta
Sekoittajan hävikkimittaukset	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pasta 1: 9 kpl ▪ Pasta 2: 11 kpl
VCC-pannu	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Saman veden hyödyntäminen: 5 kertaa ▪ Aikamittaukset ▪ pastan saannot 15 kpl
Annostelu (Pasta 1 ja Pasta 2)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Suurten ja pienten rasioiden lähtöpainot ▪ Aikamittaukset
Odotusajat	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Siirtoajat ▪ Uunivaunut ▪ (raaka-aine odotusajat) ▪ Turvotusaika pasta 2 ▪ Annostelu
Uunit	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Paistohäviöt ▪ Uuniajat ▪ vaunukohtaiset: 76 kpl ▪ rasiakohtaiset: 768 kpl

Mittausten otoskoot eivät olleet tilastollisesti merkittäviä. Pääpiirteissään mittauksissa havainnoitiin prosessiaikaa, keitetyn pastan saantoa, vedenkulutusta, kastike- ja kokonaismassa-saantoja, massojen hävikkejä, suurien ja pienten rasioiden annostelupainoja ja massojen paistohäviöitä rasiakokohtaisesti. Lisäksi testattiin toista menetelmää keittää pastaa ja vertailun avulla pohdittiin voisiko se toimia energiatehokkaammin kuin nykyinen keittotapa padoilla. Kuvasta 2 näkyy vuokaavio prosessien kulusta ja eroavaisuuksista.



Kuva 2: Yhdistetty prosessivuokaavio pastoille (pasta 1 ja pasta 2), joita mittauksissa havainnointiin.

4.2 Pastan keittäminen padoilla

Tutuin tapa valmistaa pastaa on keittämällä padassa tai kattilassa. Pastan koostumukseen pystyy tällöin vaikuttamaan keittoajalla ja lämpötilalla. Tässä insinööriyössä pastan keittämisen seuranta alkoi patojen toimintaan tutustumalla, seuraamalla oliko eri padoilla eroavaisuuksia, sekä tutkimalla kuinka ne vaikuttivat prosessiin ja pastasaantoon.

Pastaa keitettiin useilla padoilla (kuva 3) ja jokaisella tavoiteltiin samanlaista pastasaantomäärää. Pastaa oli tavoitteena keittää 8 minuuttia ja saada pastasta al dentea, jotta se kypsyisi loppuun vasta kastikkeen seassa. Teoriaan nojaten (ks. 21) tämä tarkoittaisi, että pastan painon tulisi olla ainakin 1,4-kertainen kuivapainoonsa verrattuna. Patojen ominaisuuksiin kuului lämpötilan säätö ja sekoitusominaisuus sekä kaato-ominaisuus, jolla pata tyhjennettiin. Padoilla tavoiteltiin veden lämpötilaksi 92 °C. Seurattavana oli myös kuinka paljon vettä kuluisi keittokerroilla. Laskettiin myös, kuinka paljon energiaa veden lämmitykseen kului.



Kuva 3: Padat, joita käytettiin pastan keitossa. Vasemmalla pata kaatotilassa ja oikealla käytössä.

Varsinaiset painomittaukset alkoivat aikamittauksien jälkeen, kun pasta oli tyhjennetty padasta. Pastat kaadettiin kuljetusastiaan ja kuljetettiin mittauksia varten vaa'alle. Mittauksissa seurattiin, kuinka paljon pasta oli absorboinut vettä. Vaakamittaukset suoritettiin teollisuusvaa'alla eli mollavaa'alla (kuva 4, vasen). Pastoista siivilöitiin vesi ennen punnituksia. Punnitukset, joissa oli selkeää alitai ylipainoa, rajattiin ulos, koska prosessissa oli poikkeavuuksia. Pastapatojen

tilavuudet olivat keskimäärin 150 litraa ja ne täytettiin keittäessä lähes täyteen, eli noin 130 litraan asti, jotta padoille jäi kiehumisvaraa. Punnitsemisen jälkeen pastat siirrettiin massasekoittajalle kuljetusastialla (kuva 4, oikea).



Kuva 4: Vasemmalla teollisuusvaaka (mollavaaka) ja oikealla kuljetusastia (molla).

4.3 Pastan keitto VCC-pannulla

VCC-pannu (*VarioCooking Center*) (kuva 5) on laite, jolla voi paistaa tai keittää elintarvikkeita. Pannua harkitaan käytettäväksi pastan keittoon sen mahdollisen energiatehokkuuden vuoksi, koskien veden uusiokäyttöä. VCC-pannulla oli aikaisemminkin keitetty pastaa, mutta selvitetävänä oli, kuinka monta kertaa samaa vettä voidaan hyödyntää kuivan pastan keittämiseen ennen veden vaihtoa. Mitattiin tarkkailemalla veden väriä ja vaahtoutumista sekä pastojen painoa keiton jälkeen. Testauksessa oli 5 kg pastaa jokaista koria kohden. Seurattiin myös veden lämmitykseen kuluvaa energiaa.



Kuva 5: VCC-pannu.

Aluksi mitattiin pannun tyhjennysaika putkella ja sen jälkeen padan täyttö- ja veden lämmitysaika. VCC-pannu lämmitti vettä jo täytön aikana. Veden saavuttaessa kiehumispisteen (100 °C) pastat lisättiin koreihin ja laskettiin veteen keittymään. Kansi oli keiton aikana raollaan jokaisella mitattavalla keittokerralla, mutta sen olisi voinut halutessaan sulkea. Pannun kansi pidettiin auki, jotta sekoittaminen keiton aikana onnistuisi ja jokaista pastakoria sekoitettiin kerran keiton aikana hyödyntäen muovista kauhaa. Sekoituksesta huolimatta huuhtelemattomat pastat takertuivat toisiinsa jäähtyessään punnitusten aikana. Keittokertojen väleissä patoihin lisättiin vettä, koska sitä absorboitui pastaan ja haihtui keiton aikana ilmaan. Keittokertojen välissä mitattiin veden lisäys-, lämmitys- ja pastanlisäysaikaa. Ensimmäisillä kolmella keittokerralla pastat punnittiin ilman huuhtelua ja kahdella viimeisellä kerralla huuhtelun jälkeen. Painojen mittausten jälkeen lopuksi vielä mitattiin pannun tyhjennykseen kuluva aika, joka kului kaataessa keitinveden pois pannusta.

4.4 Kastikkeet

Seurattiin kahta erilaista kastikkeen valmistusta (kuva 6). Pastassa 1 (P1) oli käytössä kylmä kastike, jonka kanssa oli keitettyä pastaa. Kylmäkastike valmistettiin homogenisaattorilla. Pastassa 2 (P2) oli käytössä kuuma kastike, johon pastaa ei keitetty erikseen. Kuuma kastike valmistettiin padalla keittäen. Kastikkeiden valmistuksessa seurattiin valmistusaikaa ja mitattiin saantoja. P1:n kastikesaantojen tarkkailu jäi vähemmälle.

Pastassa 1 raaka-aineita ei kuumennettu ennen massojen yhdistämistä, vaan kastikkeen valmistus perustui partikkelien pilkkomiseen ja sekoitukseen paineis-
tetussa padassa homogeenimalla (ks. 25). Näin kastikkeen koostumuksesta saatiin mahdollisimman tasalaatuista. Yhdestä P1:n kastikeannoksesta sai noin 2,5 kuljetusastiallista, puolikas annos kuljetusastiassa jäi odottamaan seuraavan kastikeannoksen valmistumista. Puolikasta kuljetusastiallista ei välissä punnittu, eli seuraavasta padallisesta valmistui yhteensä kolmen kuljetusastiallisen verran kastiketta. Haluttu kastikemäärä oli ilmoitettu koko padallisesta, ja määrä

oli lähes sama kuin P2:ssa. P1:n kastikkeeseen keskityttiin kuitenkin enemmän massojen yhdistysvaiheessa.

Pastassa 2 seurattiin kastikkeiden saantoja pääsääntöisesti kahdella eri kastikepadalla (kuva 6, vasen), mutta muitakin patoja oli käytössä, jos kastikkeiden valmistuksessa oli kiire tai jos suuremmat padat olivat poikkeuksellisesti pois käytöstä. Kastikkeiden seuranta suoritettiin poikkeustilassa, kun patojen neste-pumppu oli huollossa. Poikkeustilan takia kävi ilmi, että nestemäistä raaka-ainetta oli hankala mitata tarkasti, joten tarkkailtiin poikkeavuuksia kastikesaantojen avulla. Padan sekoittajassa oli mittari, jonka mukaan pystyi seuraamaan silmä-määräisesti annostelukokoa, mutta tarkkoja lukemia oli hankalaa saada. Poikkeustilanteesta syntyi keskustelua ja sovittiin, että olisi hyvä ideoida tilanteeseen mahdollisesti tehokkaampaa menetelmää.



Kuva 6: Kastikepadat, vasemmalla kuumen- ja oikealla kylmän kastikkeen.

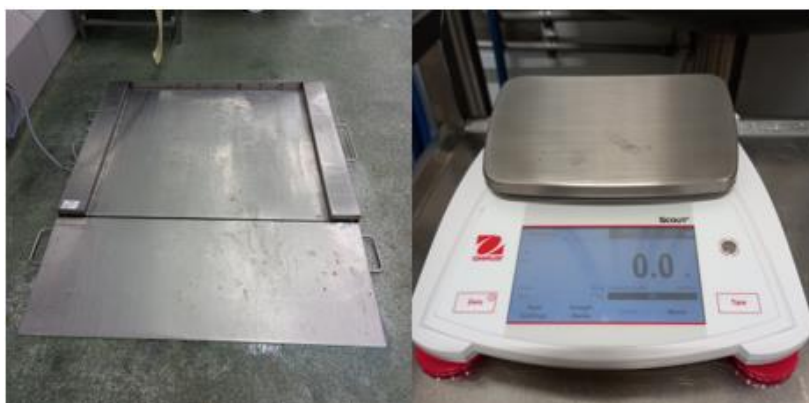
Kastikkeiden valmistuksen jälkeen kastikkeet siirrettiin kastikeannostelijalle (kuva 7, vasen), joka annosteli halutun määrän kuljetusastiaan eli mollaan, joka sisälsi muut kiinteät raaka-aineet. Kastikeannostelija pumppasi tietyn määrän kastiketta kerrallaan, mutta se piti manuaalisesti pysäyttää oikean painomäärän näkyessä mollavaa'an lukijalla. Ainesten lisäyksen jälkeen molla kuljetettiin massansekoittajalle (kuva 7, oikea). Kokonaisuudessa punnittiin ennen massan sekoitusta ja sen jälkeen, jotta selvisi todellinen saantomäärä. Samalla tarkkailtiin sekoittajalta syntyvää kokonaisuusmassahävikkiä.



Kuva 7: Vasemmalla kastikeannostelija ja oikealla massasekoittaja.

4.5 Paistohäviöt

Uunituotteissa paistohäviö on välttämätön osa tuotteen valmistusta. Häviöön voidaan vaikuttaa annostelussa tuotteiden alkupainoilla ja paiston aikana uunien tehoilla ja paist ajoilla. Paistohäviöitä tarkasteltiin tuotannossa kahdella eri menetelmällä molemmille pastoille. Ensimmäisenä suoritettiin vaunumittaukset (kuva 9, vasen), joista selvisi kokonaispainot ja voitiin laskea keskiarvoilla rasiapainot ennen ja jälkeen paiston. Ennen tuotteiden mittauksia selvitettiin tyhjien vaunujen ja rasioiden painot. Vaunumittaukset suoritettiin mollavaa'alla (kuva 8, vasen) ja rasiamittaukset pöytävaaka'alla (kuva 8, oikea).



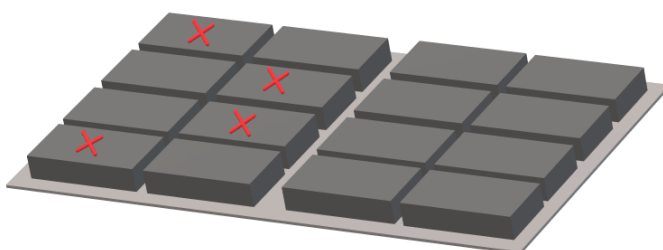
Kuva 8: Vaa'at, joita hyödynnettiin mittauksissa. Vasemmalla teollisuusvaaka (mollavaaka) ja oikealla pöytävaaka.

Vertailussa olivat myös uunien (kuva 9, oikea) tehokkuudet ja kuinka ne vaikuttavat valmiiden tuotteiden painoihin. Uuneissa oli eroja, osa oli erittäin tehokkaita ja yhden teho matala, joten varsinkin suurissa rasioissa olevat tuotteet jäivät juokseviksi ja huomattavan ylipainoisiksi. Uuneissa oli höyrytoiminto ja se mahdollisti, että tuotteet eivät kuivuisi pinnalta paiston aikana. Selvitettiin myös, vaikuttiko vaunujen odotusaika ennen uunia loppupainoon.



Kuva 9: Vasemmalla uunivaunu ja oikealla uuni.

Lasketut paistohäviöt olivat pienille rasioille 8,2 % ja suurille 8,8 %. Painot laskivat vielä jäähdytystunnelissa noin 1 %:n ennen pakkausta ja se otettiin huomioon myös tulosten tulkinnassa. Uunien toiminta perustui kuumen ilman kierrätykseen ja vaunujen pyörimiseen, jotta rasiat paistuisivat tasaisesti. Uuneihin mahtui kaksi vaunua ja uunivaunuriviin 16 rasiaa kahdella eri ritilällä (kuva 10).



Kuva 10: Rasioiden asetelma uunivaunujen tasoilla (suuret ja pienet rasiat). Punaisella rastitettuja rasiat, joiden painoa seurattiin.

Toinen paistohäviöiden mittausten menetelmä oli yksittäisten rasioiden punnitseminen ennen ja jälkeen uunin. Rasiat punnittiin vaunujen reunoista ja keskeltä kuvan 10 mukaisesti, sekä kolmelta eri tasolta: ylhäältä, keskeltä ja alhaalta. Tavoitteena oli selvittää, oliko uunitasoilla ja rasioiden sijoituksilla vaikutusta tuotteiden painoihin.

4.6 Aikamittaukset

Seurattiin kahden eri pastan valmistukseen kuluvaan aikaan alusta paistoon asti. Aikamittaukset suoritettiin kahdella eri tavalla, ensimmäiset mittaukset suoritettiin niin, että työntekijät olivat tietoisia aikamittauksesta ja toisella kerralla eivät. Mittausmenetelmällä ei ollut merkittävää vaikutusta kokonaisaikaan.

Pastalle 1 ja pastalle 2 oli samankaltaisia mittauksia: lisäkastikkeiden kesto-aika suurille ja pienille rasioille, massansekoitusaika ja massan annostelu rasioihin. Erona oli P1:n ja P2:n kokonaismassamäärä, koska P1:n kuljetusastian annos oli painoltaan suurempi kuin P2:n. Massansekoitusaikaa ei erikseen kirjattu, joten se oli vakio molemmille tuotteille. Lisäkastikkeita oli keskiarvallisesti sama määrä molemmissa tuotteissa ja sitä annosteltiin sama määrä, joten aikamittauksia tarvittiin vain yksi. Seurannan aikana huomioitiin myös linjan pienet pysähdykset, joita syntyi esimerkiksi vaunuritilöiden hausta.

Eroja tuotteiden valmistusajoissa oli P1:n pastan keitto ja kylmän kastikkeen valmistus. P2:n valmistuksessa erona olivat kuuman kastikkeen valmistus, massojen yhdistys, turvotus ja uuniaika. P1:n aikamittaukset aloitettiin pastan keitosta, jossa mitattiin ensin padan täyttö- ja veden lämmitysaika (100 °C). Sen jälkeen mitattiin itse pastan keittoon kuluva aika. Keittoaikoja tarkkailtiin padoilta löytyvistä sekuntikelloista ja myös puhelimen sekuntikellolla. Lisäksi mitattiin padan tyhjennysaika vedestä ja pastasta, ja seurattiin myös siirtoaikaa padoilta massasekoittajalle.

Molempien pastojen seurannassa kastikemassan valmistusaika mitattiin sekuntikellolla ensimmäisestä raaka-aineen lisäämisestä kastikepumpun pysäyttämiseen. Seuraavaksi tarkasteltiin annostelua, vaununtäyttöä ja annoksen kestoaikaa. Mittaukset suoritettiin tarkkailemalla annostelijoilla aikaa. Molemmilla tuotteilla mitattiin myös lisäkastikkeen kestoaikaa. Uunijat olivat eri molemmilla pastoilla, mutta tuotteet paistuivat ajallisesti sen verran, kun ajastimeen oli asetettu, niin erillisiä aikamittauksia ei tarvinnut ottaa.

4.7 Valmistuksessa syntyvä hävikki

Hävikin tarkkailu alkoi tarkastelemalla koko prosessia. Hävikkiä syntyi vähän jokaisessa prosessin vaiheessa, osa raaka-ainehävikistä oli välttämätöntä tuotteen valmistuksen kannalta nykyisissä olosuhteissa ja osa oli aikahävikkiä. Aluksi tarkasteltiin P1:n välttämätön vesihävikki syntyy pastan keitinveden keräykästä ja energiahävikki veden lämmittämisestä. Pastan seurannan jälkeen siirryttiin tarkkailemaan kastikeannostelijalta ja massasekoittajalta syntyvää raaka-ainehävikkiä ja aikahävikkiä. Sekoittajalla mitattiin massojen painoa ennen ja jälkeen, jotta saatiin selville tarkka määrä syntyvästä lattiahävikistä. Huomioon otettiin ennen sekoitusta mitattu pastan paino ja kastikeannostelijalta saatu kastikemäärä yhtenäisenä massana.

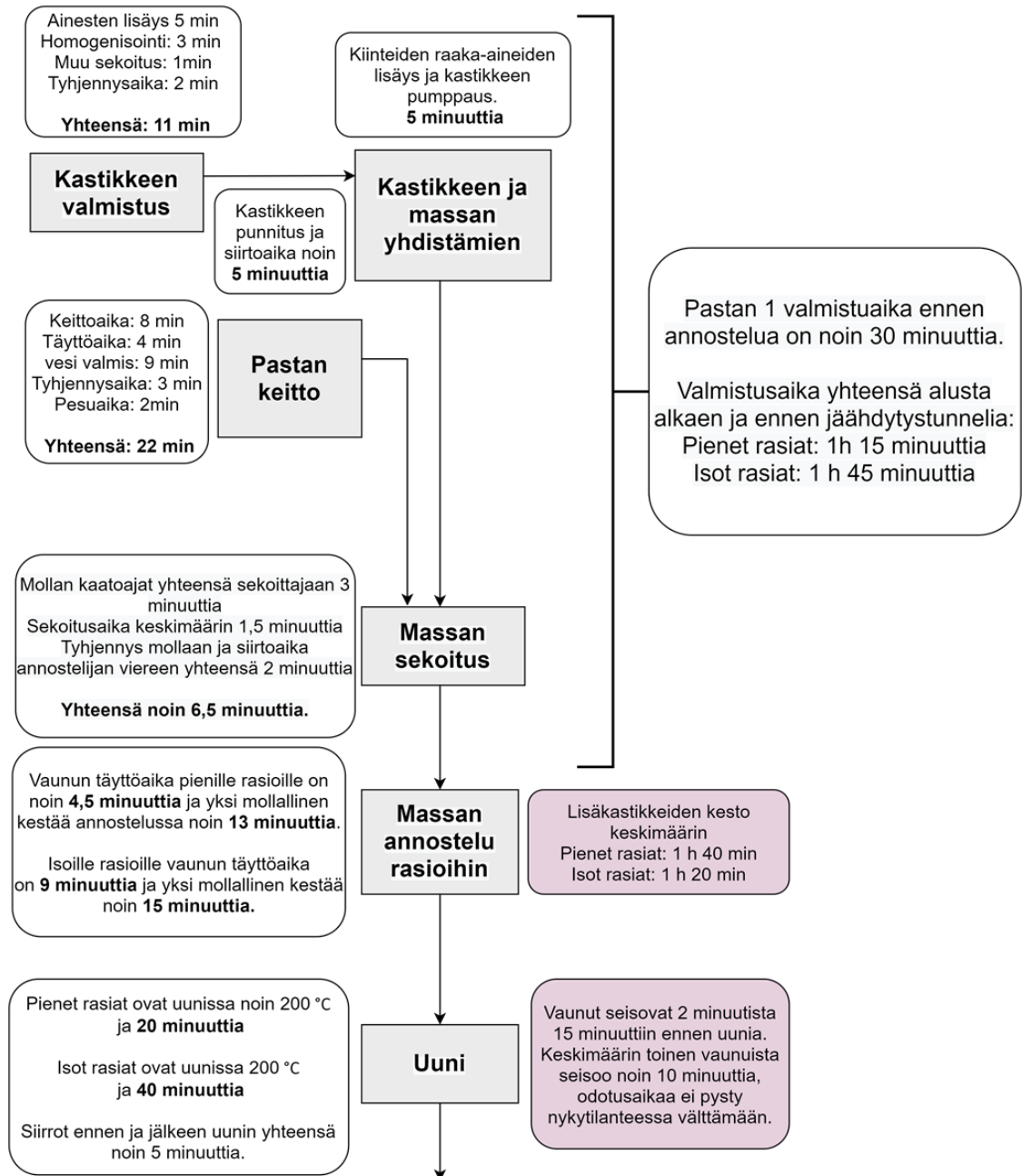
Seuraavaksi seurattiin massa-annostelijoita, joita oli kaksi kappaletta, ja molempiin meni yksi kuljetusastiallinen massaa kerrallaan. Annostelussa oli suuret ja pienet rasiat sekä P1:ssä että P2:ssa. Lopuksi seurattiin uuneilla syntyvää aikahävikkiä, jota mitattiin vaunujen odotteluajoista. Seurattiin myös, oliko odotteluajoilla vaikutusta tuotteiden painoihin uunin jälkeen. Testattiin myös uunien epätasaisuuksia paistohäviöiden avulla.

5 Tulokset ja niiden tarkastelu

Tavoitteena oli saada selville kokonaispastamassojen määrä ja raaka-aine sekä tuotehävikkiä aiheuttavat kohdat prosesseissa. Elintarvikeyrityksen tavoitteena on saada nykyinen manuaalinen tuotantolinja automatisoitua mahdollisimman monesta kohdasta, joten selvittävänä oli kohdat, joita voisi tehostaa tai kehittää, sekä ideoida tulevaisuuden mahdollisuuksia. Tavoitteena oli myös selvittää, kumpi kuivien pastojen keittomenetelmistä oli energiatehokkaampi.

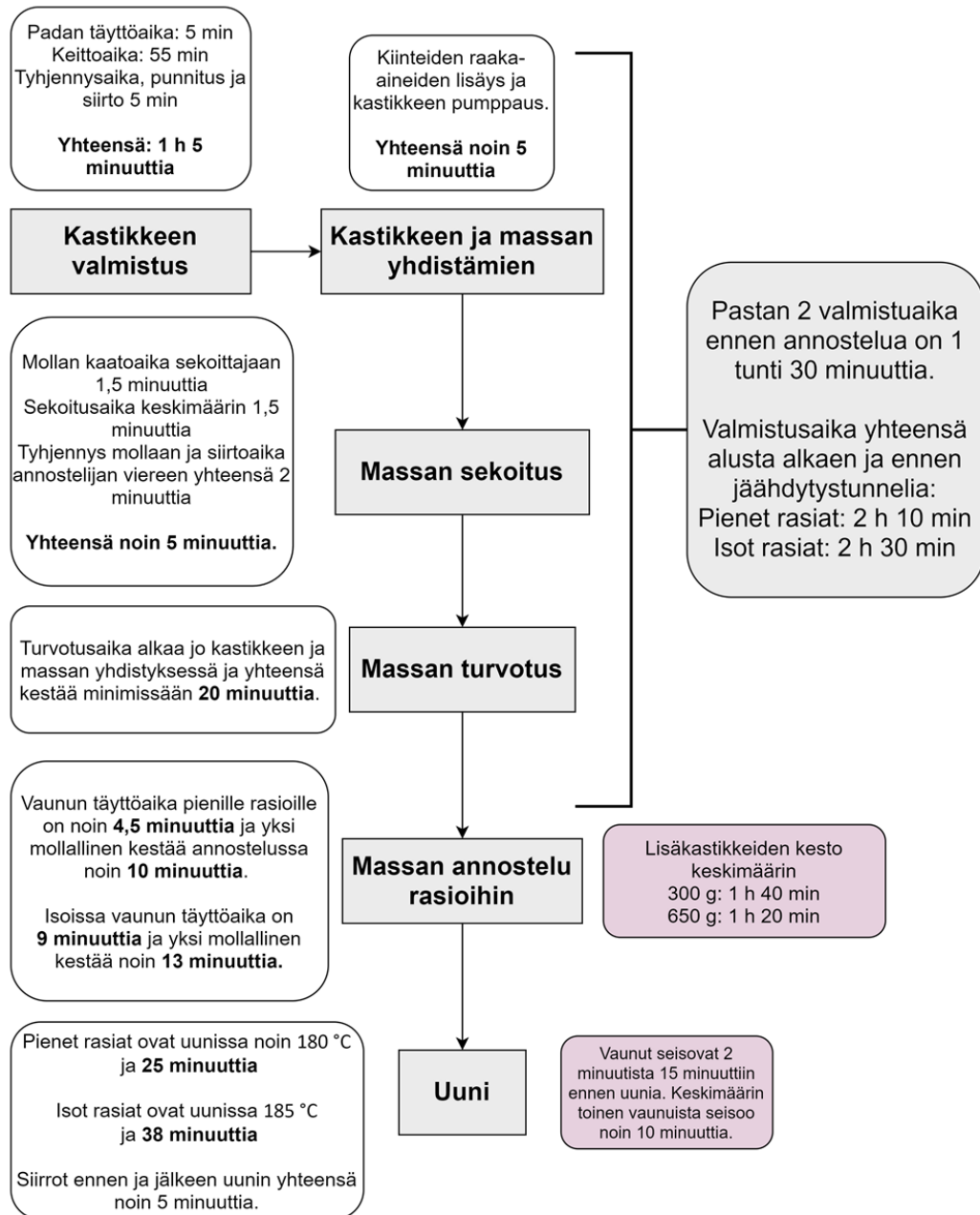
5.1 Prosessiajat

Havainnoitiin yhtäaikaaisesti linjaston kahden eri pastan valmistusta ja vertailtiin valmistusaikoja keskenään. Tulosten perusteella pastan 1 (30 min, kuva 11) alkumassa oli nopeampi valmistaa kuin pastan 2 (90 min). Pastojen valmistusnopeuteen vaikuttivat kastikkeiden valmistustavat: P2:n kuuman kastikkeen valmistukseen meni aikaa noin tunti, kun taas P1:n kylmään kastikkeeseen noin 8 minuuttia. P2:ssa kastikkeen punnitus ja siirto oli hieman nopeampi kastikeannostelijalle kuin P1:ssä, koska P2:n kastikepadat sijaitsivat kastikeannostelijan vieressä, kun taas P1:n pata sijaitsi eri tilassa. Kastikeannostelijan vieressä sijaitsee homogenisaattori, jota tullaan tulevaisuudessa mahdollisesti hyödyntämään kylmän kastikkeen valmistuksessa, joten P1:n kastikkeen siirtoaika kestäisi noin 30 sekuntia punnituksineen.



Kuva 11: Pastan 1 prosessiaikakaavio ja valmistusajat.

P1:ssä pastan keittoon meni keskiarvallisesti aikaa noin 22 minuuttia, joka sisälsi padan pesun, veden lisäyksen, lämmityksen, pastan keiton ja padan tyhjennyksen. Pastamassojen kuljetus ja tyhjennys sekoittajaan kesti keskimäärin noin 1,5 minuuttia, ja sama aika kului myös kastikkeiden lisäyksessä. Alla P2:n prosessiaikakaavio (kuva 12).



Kuva 12: Pastan 2 prosessiaikakaavio ja valmistusajat.

Massojen sekoitus kesti molemmilla pastoilla saman verran (1,5 min). Sekoittaja toimi automaattisesti nappia painamalla, joten sekoitusaika voitiin todeta vakioksi. Sekoittaja oli mittausten aikana merkittävin aikahävikin tuottaja pienen kokonsa vuoksi. Sekoittajaan mahtui vain yksi kuljetusastiallinen kerrallaan, mutta tulevaisuudessa tarkoituksena olisi ottaa käyttöön sekoittaja, johon mahtuisi

kaksi kuljetusastiallista kerrallaan. Suurempi sekoittaja mahdollistaisi molemmille annostelijoille annokset yhtäaikaaisesti. Vaikutusta olisi eniten varsinkin P2:ssa, koska annostelijoiden odotusaika pienentyisi. P2:ssa oli kuivan pastan turvotusaika, joka kesti minimissään 20 minuuttia. Turvotusaika laskettiin alka-neeksi jo massojen yhdistyksestä, joten sekoituksen jälkeen pastaa tuli turvot-taa vielä noin 15 minuuttia.

Uunivaunujen täyttöajat olivat molemmilla tuotteilla samankaltaiset, mutta suu-rien vaunujen pidempään täyttöaikaan vaikutti rasioihin annosteltavan massan suurempi määrä ja se, että linjalla oli 1–2 työntekijää. Pienten vaunujen täy-tössä oli pienempi määrä massaa rasiakohtaisesti ja 2–3 työntekijää. Suurien rasioiden vaunujentäyttöaikaan voisi vaikuttaa tulevaisuudessa lisäämällä linjan pituutta, jotta laskualusta olisi suurempi ja pysähdyksiä ei tulisi niin usein.

P1:n yhdessä annoksessa eli mollallisessa oli noin 22 % enemmän massaa, kuin P2:ssa. P1:ssä ei ollut pitkää odotusta seuraavan annoksen kanssa, koska sen massa oli nopea valmistaa, toisin kun P2:ssa tuli odottaa noin 5–15 minuut-tia ennen seuraavan annoksen annostelua turvotusajan vuoksi. P2:n massa-määrä saataisiin tasoitettua P1:n kokoluokkaan, jos pasta keitetäisiin. Näin li-sättäisiin myös annosten kestoaikaa ja saataisiin pienennettyä odotusväliä. Jos pasta keitetäisiin niin P2:ssa massan turvotusaika poistuisi prosessista ja koko-naismassa olisi nopeammin annostelijoilla.

Molemmilla annostelijoilla oli sama määrä lisäkastiketta, eli noin 1 kuljetusastial-linen. Jokaiseen rasiaan annosteltiin massan lisäksi lisäkastike ennen vaunuihin laittoa. Suurien rasioiden lisäkastike kului nopeammin, kuin pienissä rasioissa. Pieniin rasioihin mahtui 55 % vähemmän kastiketta. Lisäkastikemäärä oli riittävä molemmissa tuotteissa, koska se ei ehtinyt loppua ennen seuraavaa annosta. Suuret rasiat tarvitsivat useammin kastikkeen, mutta sillä ei ollut vaikutusta an-nostelutahtiin. Kastikkeita valmistui tunnin välein ja lisäkastike kesti suurilla rasi-oilla keskimäärin 1 h 20 minuuttia ja pienillä rasioilla 1 h 40 minuuttia.

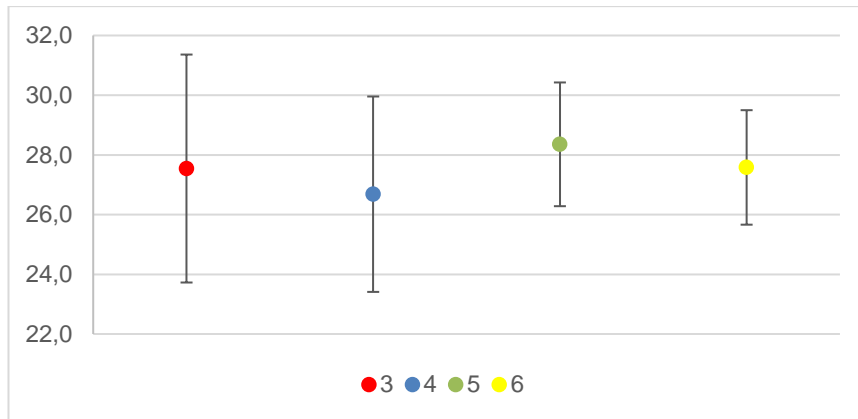
Seurannassa olivat myös uunijat ja vaunujen siirtoajat. Ensimmäisen uunivaunun valmistuttua vaunu odotti toisen valmistumista. Ensimmäiset vaunut seisoivat 2 minuutista 15 minuuttiin. Kun toinen vaunu oli valmis, niin ne siirrettiin suoraan uuniin. Vaunujen erittäin lyhyt odotusaika johtui siitä, että ensimmäistä vaunua ei suoraan siirretty uuniaulaan ja toinen vaunu oli tuolloin jo puoliksi täytetty, eli odotusaika oli todellisuudessa noin 5 minuuttia. Välillä uunit ruuhkautuivat johtuen usean tuotteen samanaikaisista paistotarpeesta ja vaunut seisoivat hieman pidemmän aikaa. Uunijat olivat eri pastojen 1 ja 2 välillä, pienillä rasioilla ero 5 min ja suurilla rasioilla 2 min. Uuniaika ja -teho määräytyivät valmistetun pastan ja rasiakoon mukaan. Uunijat pysyivät jokaisen paiston yhteydessä samoina, koska uuni sammui automaattisesti ohjelman päätyttyä.

5.2 Pastan keittomenetelmien tarkkailu

Tarkkailtiin kahta eri kuivan pastan keittotapaa. Tarkkailtavana oli Rummo-pasta, joka valmistetaan semolinasta eli durumvehnästä (ks. 8). Ensin tarkkailtiin, kuinka paljon nykyisellä menetelmällä saadaan keitettyä pastaa ja sitten, kuinka voitaisiin tulevaisuudessa valmistaa keitettyä pastaa energiatehokkaammin. Tuloksissa tarkastellaan ensin, kuinka paljon pastat olivat absorboineet vettä, sitten tarkastellaan VCC-pannulla suoritettuja mittauksia ja lopuksi käsitellään pastojen keittotapojen erot ja vertaillaan, kumpi menetelmä on nykytilanteessa tehokkaampi. Tarkkaillaan samalla veden ja energian kulutusta eri menetelmillä.

5.2.1 Keittäminen padoilla

Padoilla keitetyt pastat olivat lähes saman painoisia jokaisella keittokerralla, paria poikkeamaa lukuun ottamatta. Usein padoissa olevan veden lämpötila oli noin 100 °C:ista, kun kuivat pastat lisättiin keitinveeseen, vaikka tavoitteena oli 92 °C:tta. Korkeammalla lämpötilalla ei todennäköisesti ollut negatiivista vaikutusta pastojen painoihin, mutta se kulutti enemmän energiaa. Kuvassa 13 on nähtävissä kuinka paljon kuivat pastat absorboivat vettä keittämisen aikana.



Kuva 13: Veden imeytyminen patakohtaisesti, eli kuinka paljon vettä absorboitui pastoihin keittämisen aikana (n=68).

Kuvassa 13 mukana ovat padat 3, 4, 5 ja 6 (kuvassa 13 vasemmalta oikealle). Arvot on ilmoitettu keskiarvoina. Padoilla pastoihin absorboitui vettä keskimäärin 27 kg, kun lähtöpaino kuivissa pastoissa oli 35 kg. Keitinveettä oli noin 130 litraa ja siitä noin 20 % absorboitui pastoihin. Patojen mittareista mitattujen lähtölämpötilojen keskiarvo oli 70 °C:tta. Se on ristiriidassa teoreettisesti hanasta tulevan veden maksimilämpötilaan 65 °C (ks. 32). Voidaan todeta, että mitattu lukema oli mittausvirhe. Todennäköisesti lukemaan vaikutti se, että mittaushetkellä pata ei ollut täysin jäähtynyt. Eli todellisuudessa veden lämmityksen ΔT (lämpötilan muutos) oli minimissään 35 °C:tta, kun vesi lämmitettiin 100-asteiseksi. Veden keittämiseen kului aikaa keskimäärin 8 minuuttia. Lasketaan, kuinka paljon energiaa kului veden lämmitykseen:

$$q = 4,19 \frac{\text{kJ}}{(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})} * 130 \text{ kg} * 35^\circ\text{C} = 19\,065 \text{ kJ eli } 5,2958 \text{ kWh} \quad (1)$$

Keitinveden lämmitykseen kuluu energiaa ainakin 5,3 kWh 100 °C:seen lämmitettynä ja padan vaadittava teho oli 8 minuutin aikana 41 kW. Patoja ei ole suunniteltu lämmittämään vettä 100 °C:ksi, joten lämmitykseen kului usein pidempi aika. Jos padat lämmitettäisiin haluttuun 92 °C:n lämpötilaan, niin energiaa kuluisi:

$$q = 4,19 \frac{\text{kJ}}{(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})} * 130 \text{ kg} * 27^\circ\text{C} = 14\,707 \text{ kJ eli } 4,0853 \text{ kWh} \quad (2)$$

Keitinveden lämmitys haluttuun lämpötilaan kuluttaisi energiaa siis 4,1 kWh ja keittokertaa (8 min) kohden tehovaatimus olisi 32 kW, eli todellisuudessa haluttuun lämpötilaan keittäminen kestäisi 7 minuuttia, jos tehot olivat ilmoitetun mukaiset. Muutos oli laskujen mukaan huomattava keittolämpötilojen välillä. Keittopatojen ilmoitettu teho oli patakohtaisesti noin 35 kW. Voidaan myös olettaa, että patojen tehot olivat hieman ilmoitettua suuremmat. Linjastolla työntekijät miettivät patojen lämmitysaikaa ja koettivat nostaa lämpötilaa ottamatta huomioon suurta vesimäärää ja padan tehoa. Vesimäärän tulisi olla tulosten mukaan huomattavasti pienempi, jotta padat lämmittäisivät veden nopeammin ja lämpötilat pysyisivät haluttuina. Padat kykenisivät lämmittämään 130 litraa vettä 8 minuutin aikana noin 30 °C:tta. Eli alkulähtölämpötilan tulisi tuolloin olla minimissään 62 °C:tta, kun haluttu keitinveden lämpötila oli 92 °C. Pata 4 osoittautui aikamittausten mukaan veden lämmityksessä hitaimmaksi. Vedenlämmitysaika oli noin 13,5 minuuttia (0,23 h) ja vesi pyrittiin tuolloin lämmittämään 100 °C:ksi. Padalla 4 oli keskimäärin yhtä pitkä vedentäyttöaika kuin muillakin padoilla. Eli kaavan 1 mukaisesti padan teho olisi ollut vain 27 kW.

Teoriaan nojaten, pastalle riittäisi 80 °C:n lämpötila, mutta pastojen keittoaika olisi tuolloin oltava 12 minuuttia. (ks. 9). Alkulämpötilan ollessa 65 °C lämpötilan muutos olisi vain 15 °C.

$$q = 4,19 \frac{\text{kJ}}{(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})} * 130 \text{ kg} * 15 ^\circ\text{C} = 8\,171 \text{ kJ eli } 2,2697 \text{ kWh} \quad (3)$$

Tuolloin kuluisi energiaa noin 2,3 kWh ja keitinveden lämmitykseen (jos 8 minuuttia) tarvittaisiin 18 kW:n teho. Eli voidaan laskea, että keittoaika olisi tuolloin puolet lyhyempi eli 3,9 minuuttia. Tulosten mukaan olisi kannattavaa keittää pasta pienemmissä lämpötiloissa energiansäästöä ajatellen. Vettä tulisi myös lisätä vain sen verran, että pastat peittyvät veden alle. Pastan keittoon riittäisi siis vähän yli kolminkertainen määrä pastan kuivapainosta, jos tavoitteena olisi tulevaisuudessa pienemmän vesimäärän käyttö (ks. 21).

Tulosten mukaan myös pastojen painot olivat nousseet keskimääräisesti noin 1,78-kertaiseksi kuivapainostaan ja tavoitteena oli 1,83-kertainen paino. Tavoite

on laskettu halutun painon ja kuivapainon erosta. Teoriaan nojaten (ks. 21) keskimääräisesti kuivien pastojen painot nousevat 1,4–1,8-kertaiseksi kuivapainostaan. Tulosten mukaan pastat olivat keskiarvallisesti hyvin lähellä teoreettista täysin kypsää arvoa ja jos luku oli suurempi, niin pastan mukana oli todennäköisesti vettä tuomassa lisäpainoa tai pastan kuivapaino oli ollut suurempi kuin pakkauksessa oli ilmoitettu. Hyvin todennäköistä oli myös se, että teorian kuivapainokertoimet olivat keskiarvoja ja ne eivät päde kaikille kuivapastoille.

5.2.2 Keittäminen VCC-pannulla

VCC-pannulla (kuva 14) testattiin saman veden hyödyntämistä useampaan kertaan pastan keitossa. Saman veden hyödyntäminen ei vaikuttanut pastan havaittavaan ulkonäköön, mutta vaikutti siten, että pastat takertuivat helpommin toisiinsa keittokertojen lisääntyessä. Neljännellä ja viidennellä keittokerralla pastaa huuhdeltiin ennen punnitusta, mikä esti hieman pastojen takertumista. Huuhtelulla oli tuloksien mukaan myös vaikutusta pastojen painon nousuun. Kuvasta 14 on selvästi nähtävissä keitinveden sakeus ensimmäisen ja viimeisen keittokerran välillä. Vettä oli sama määrä kummassakin pannussa eli 90 litraa.



Kuva 14: Pastan keittoa VCC-pannulla, samaa vettä käytetty keitinvetenä useamman kerran. Vasemmalla 1. kerta ja oikealla 5. kerta.

VCC-pannun aikamittaukset ja energiankulutus

Taulukossa 2 on nähtävissä VCC-pannun aikatulokset. VCC-pannun lämmitys-aika oli noin 2 kertaa hitaampi kuin padoilla ja pannun tyttöaika oli melkein 4 kertaa hitaampi. VCC-pannun täyttöaikaa voisi nopeuttaa erillisellä letkulla ja tuolloin veden lämmitys-aika lyhenisi ainakin ensimmäisellä täyttökerralla. Tyhjennystä ei ole järkevää suorittaa putkella, koska se oli 5 kertaa hitaampaa kuin kaatamalla. Muihin aikoihin ei voida erityisesti vaikuttaa.

Taulukko 2: VCC-pannulla toteutetut aikamittaukset.

Mittauskohteet	Aika
Täyttöaika:	15 min 25 sek.
Veden lämmitys 1. täytön yhteydessä	16 min 50 sek.
Veden lisäys ja lämmitys-aika yhteensä	~ 4 min
Pastanlisäysaika	~ 1 min
Tyhjennysaika putkella	9 min 56 sek.
Tyhjennysaika kaatamalla	2 min 50 sek.
Pesuaika	3 min 10 sek.

VCC-pannulla vesi lämmitettiin noin 100 °C:ksi. Pannulla veden alkulämpötilaa ei mitattu, mutta oletetaan veden lämpötilan olevan putkissa tulevan veden maksimilämpötila eli 65 °C:tta (ks. 32). Lasketaan, kuinka paljon energiaa kului veden lämmitykseen: Tarvittava vesimäärä keittämiseen oli 90 litraa.

$$q = 4,19 \frac{kJ}{(kg \cdot ^\circ C)} * 90 kg * 35 ^\circ C = 13\,199 kJ = 3,6664 kWh \quad (4)$$

Pannulla veden lämmitykseen kului energiaa ainakin 3,7 kWh. Veden ensimmäiseen lämmitykseen kului aikaa noin 17 minuuttia (0,28 h), joka oli tehoina 13 kW. Pannun teho oli noin 45 kW. Voidaan todeta, että pannu ei päässyt hyödyntämään täysiä tehojaan veden hitaan lisäyksen seurauksena. Todellisuudessa jos pannun täyttöaika olisi nopeampi niin aikaa kuluisi lämmitykseen noin 4,9

minuuttia, eli lämmitysaika olisi tuolloin 3,5 kertaa nykyistä nopeampi. Ensimmäisen keittokerran jälkeiseen veden lisäys- ja lämmitysaikaan ei voi todennäköisesti vaikuttaa, koska pannu käytti tuolloin täyttä tehoa.

VCC-pannun keittokertojen eroavuudet

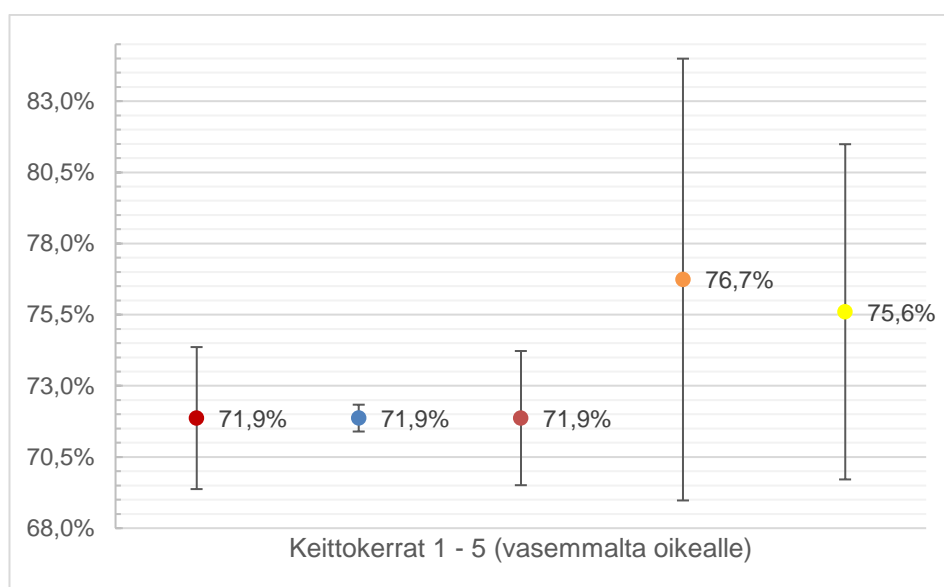
Ensimmäisen keittokerran (kuva 15, 1) jälkeen veden väri oli hieman muuttunut, mutta pannun pohja oli vielä näkyvässä ja vedessä hyvin vähäistä vaahtoutumista. Veden ulkonäön perusteella keitinveettä voisi käyttää vielä uudemman kerran pastan keittämiseen. Vettä oli haihtunut ja imeytynyt pastaan yhteensä 10 litraa. Toisen keittokerran (kuva 15, 2) jälkeen veden pinta oli selvästi vaahtoutunut, mutta pannun pohjan erotti paljaalla silmällä. Keitinveden väri oli aikaista keittokertaa keltaisempi, mutta pastojen painot eivät olleet heitelleet lähes ollenkaan ensimmäisen keittokerran keskiarvallisesta painosta. Kolmannen keittokerran (kuva 15, 3) jälkeen keitinvesi ei eronnut paljoa vaahtoutumisen puolesta toisesta keittokerrasta, mutta vesi oli selvästi sakeampi ja keltaisempi. Pastoissa ei ollut ulkoisesti havaittavissa merkittäviä muutoksia verrattuna aikaisempiin keittokertoihin ja painot olivat jälleen samat keskiarvallisesti kuin kahdella aikaisemmalla keittokerralla.



Kuva 15: Veden ulkonäkö 1–5 keittokerran jälkeen (sama vesi).

Toiseksi viimeisen keittokerran jälkeen vesi oli selvästi kaikista vaahtoutunein (kuva 15, 4) ja väri tummempi kuin aikaisemmilla keittokertoilla. Tärkkelystä oli ehtinyt liueta pastasta jo kolmella aikaisemmalla keittokerralla niin paljon, että pohjan erottaminen oli paljaalla silmällä hankalaa. Liisteröityneet tärkkelykset olivat takertuneet toisiinsa ja muodostivat keitinveeten maitomaisen vivahteen

(ks. 5, s. 348). Kuva oli otettu vasta veden lisäyksen jälkeen, mikä saattoi hie-
man laimentaa veden väriä. Suurin osa vaahdostakin oli kuvanottohetkellä ka-
donna. Vesi ei todennäköisesti sovellu enää pastan keittoon ainakaan ilman
pastojen kunnollista huuhtelua, koska vesi oli erittäin tärkkelyspitoista. Viimei-
sen keittokerran jälkeen vesi ei ollut enää niin vaahtoista (kuva 15, 5), mutta
selvästi väriltään tummin ja koostumukseltaan kaikista sakein. Pastojen painot
nousivat keittokertojen lisääntyessä. Kuvasta 16 näkee prosentteina kuivien
pastojen painojen nousun verrattuna alkuperäiseen kuivapainoon.



Kuva 16: Keitetyiden painojen nousu prosentteina verrattuna pastan kuivapainoon. Vasemmalta oikealle keittokerrat 1–5

Kuvasta 16 on nähtävissä, että keskimäärin kuivien pastojen painot nousivat
noin 72 % keittokertoja kohden, mutta huuhtelun jälkeen keitetyjen pastojen ha-
jonta oli selvästi suurempi. Todennäköisesti huuhtelussa käytetty vesi jäi pasto-
jen pintaan ja väleihin tai vettä absorboitui lisää pastoihin. Kahdella viimeisellä
keittokerralla ainakin kaksi kuudesta korista oli lähes samanpainoisia, kuin kol-
mella ensimmäisellä keittokerralla keskiarvillisesti. Tuloksista voi päätellä, että
pastojen painot eivät heittele ilman huuhtelua ja ovat ennustettavissa. Huuhte-
lun jälkeen keitetyillä pastoilla esiintyy paljon hajontaa ja on vaikeaa arvioida
lopputulosta.

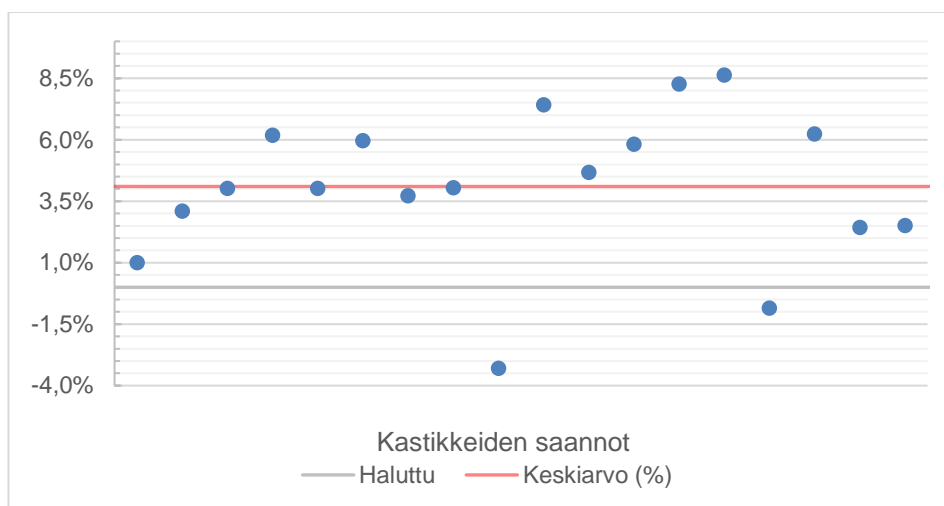
5.2.3 Patojen keittotapojen vertailu

Padoilla vettä kului jokaisella keittokerroilla noin 130 litraa ja VCC-pannulla 90 litraa. Padoilla vettä ei käytetty uudelleen eli jokaisen keittokerran yhteydessä tarvittiin sama määrä uudelleen. Padoilla vesi käytettiin uudelleen ja sitä lisättiin keittokertojen välissä noin 10 litraa. Vedenkulutus kolmella peräkkäisellä kerralla oli padoilla 390 litraa ja VCC-pannulla 110 litraa, joka oli noin 3,5 kertaa vähemmän. Vedenkulutuksen puolesta VCC-pannu oli veden uusiokäytön puolesta energiatehokkaampi menetelmä keittää pastaa. Saantomittauksista oli havaittavissa, että padoilla pastojen painot nousivat keskimäärin 79 % kuivapainostaan ja VCC-pannulla 72 %. Padoilla keittäessä pastojen painon keskiarvoinen hajonta oli noin 2,2 %. VCC-pannulla keskihajonta ilman pastojen huuhtelua 1,8 % ja huuhtelulla 6,8 %. Painojen eroihin vaikutti todennäköisesti keitinvesimäärien erot. Tuloksista on pääteltävissä, että suurempi määrä vettä kasvattaa pastojen painoa suuremmiksi.

Energiaa kului patojen lämmitykseen enemmän, koska vesimäärä oli noin 40 litraa suurempi. Veden lämmitysaika erot johtuivat siitä, että padat täytettiin suuremmalla letkulla ja VCC-pannu sen omalla täyttöputkella. Mietittiin kumpi menetelmä maksaa enemmän. Tulosten perusteella padoilla keitinveden lämmitykseen kuluu enemmän energiaa, kuin pannuilla. Patojen veden lämmitykseen kuluvaan energiaan voisi vaikuttaa pienemmällä vesimäärällä. Nykyään vesimäärää lisätään silmämääräisesti, joten keitinveden määrä oli jokaisella keittokerralla eri. Kaavan 3 mukaisesti padoilla energiankulutuksen pienentämiseen vaikuttaisi pastojen keitossa keitinveden alhaisempi lämpötila. Teoriassa kuivan pastan keitinveden lämpötilaksi riittäisi 80 °C ja tuolloin keittoajan tulisi olla 12 minuuttia, jotta pasta kypsyy halutuksi al dente -rakenteeksi (ks. 9). Tämä ei kuitenkaan päde kaikille pastamuodoille. Tulevaisuudessa pastan keittämiseen tarvittavan ajan voisi erikseen testata, jotta saataisiin selville, päteekö 12 minuutin keittoaika myös Rummo-pastalle. Tuolloin prosessiaika pysyisi samana, mutta säästöä tulisi lämmityskuluissa. Pidemmässä keittoajassa tulisi myös huomioida tärkkelyksen liukeneminen ja vaikutus pastojen lopulliseen koostumukseen.

5.3 Kastike- ja massasaannot

Ennen massojen yhdistämistä seurattiin P1:n P2:n kastikkeiden valmistusta. P1:n kastiketta saatiin noin 2,5 kuljetusastiallista jokaisella valmistuskerralla. P1:n kastiketta päättyi vaihtelevasti 2 tai 3 astiallista kastikeannostelijalle. P1:n kastikesaantoja ei mitattu kuin pari kappaletta, koska yksi mollista (puolikas) jäi odottamaan seuraavaa padallista ja seuraava padallinen valmistui noin 10 minuutin sisällä. Haluttu määrä ilmoitettiin yhdestä kokonaisesta padallisesta, joten kaikkea kastiketta ei saatu mitattua. P2:n kastiketta (kuva 17) saatiin noin 3 kuljetusastiallista jokaisella valmistuskerralla ja ne saatiin mitattua kaikki kerrallaan.



Kuva 17: Kastikkeiden saannot padoilla pastalle 2 (n=22).

Tulosten perusteella P2:n kastikkeita valmistettiin enemmän, kuin sitä haluttiin. Kastikepadallisen määrä oli keskiarvillisesti 4,1 % haluttua määrää enemmän eli noin 17 kg. Kun kastiketta valmistettiin enemmän kuin oli haluttu, niin ylimäärä päättyi hävikkiin päivän päättyessä. Eli poikkeustilalla oli tulosten mukaan vaikutusta kastikkeiden saantoihin. Kiinteät raaka-aineet annosteltiin samalla tavalla kuin normaalistikin, mutta nestemäisiä suuria määriä oli selvästi hankalaa annostella haluttua määrää. Pari mittaus tulosta oli alle halutun määrän ja siihen vaikutti se, että kastiketta oli keitetty yliaikaa, kun vapaana ei ollut kuljetusastioita, joihin kastikkeen olisi voinut tyhjentää. Kastike oli valmista, kun se oli 90

°C:sta. Kastikepata ei erikseen ilmoittanut kastikkeen valmistumisesta vain työntekijöiden tuli mitata asteet lämpömittareilla. Tilanteesta syntyi keskustelua ja sovittiin, että olisi hyvä ideoida mahdollisesti tehokkaampaa menetelmää jatkoa varten, jos samanlainen tilanne toistuu.

Kastikkeiden vertailu ja kehitysideoita

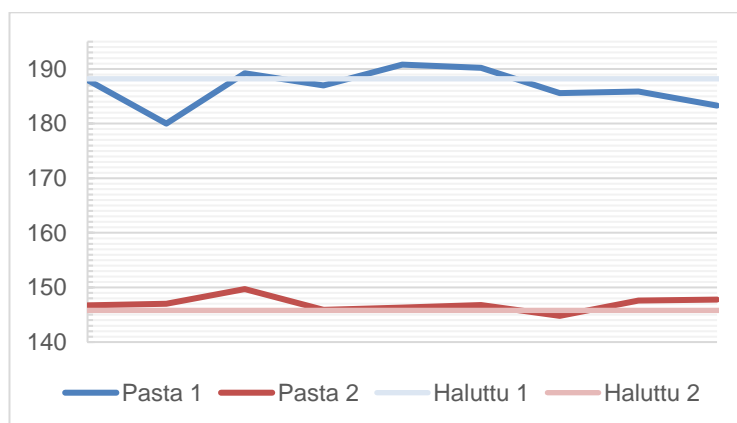
P1:n kastikkeen valmistusmenetelmä oli useiden tulosten mukaan hyvä menetelmä valmistaa kastikkeita nykyisessä prosessissa. P1:ssä prosessiaikaa voisi entisestään nopeuttaa valmistamalla kastike linjaston omalla homogenisointorilla. Ajallisesti tämä merkitsee siirtoajassa noin 4 minuutin säästöä. P1:n prosessia ei pysty nykytilanteessa nopeuttamaan, koska uunimäärät eivät riittäisi valmistamaan tuotteita yhtä nopeasti, koska muitakin tuotteita valmistetaan samaan aikaan. Jos tuotetta valmistettaisiin nykyistä nopeammin, niin riskinä on se, että vaunut kasaantuisivat uuniaulaan. Eli nykyinen menetelmä P1:ssä toimii prosessin käyttöasteella parhaimmalla mahdollisella tavalla. Ainoa kohta, johon voisi halutessaan vaikuttaa olisi pastojen keittoaikaprosessi, koska se oli puolet hitaampi verrattuna kylmän kastikkeiden valmistusaikaan. Pastoja kuitenkin valmistettiin kolmella eri padalla samanaikaisesti, joten aikaero ei todellisuudessa ollut nähtävissä.

P2:n kastikkeen valmistus oli suurin vaikuttaja kokonaisprosessiaikaan. Kuumen kastikkeen valmistuksen hyötynä oli se, että pastaa ei tarvinnut keittää erikseen. Poikkeustilanteessa pohdittiin kuinka kuumen kastikkeen ylipainoon voisi vaikuttaa. Yleensä padoilta voi määrittää näytöltä halutun nestemäärän, mutta poikkeuksellisesti neste lisättiin putkella suoraan pataan. Tähän voisi vaikuttaa tulevaisuudessa esimerkiksi liikutettavalla konttipumpulla, johon voisi määrittellä lisättävän nestemäärän. Vaihtoehtoisesti nykyisiin mittareihin voisi lisätä säädettävät korostetut kohdat kiristystekniikalla tai kiinteät, esimerkiksi väreillä tai numeroilla merkityt kohoumat, joiden reunat olisivat mahdollisimman leveät, jotta niistä erottaisi selvästi, kun neste koskettaa korostettua kohtaa. Jälkimmäinen mittaus suoritettaisiin kuitenkin silmämääräisesti, joten ei ole varmuutta, että lisättävä määrä olisi jokaisella kerralla samansuuruinen.

P2:n kastikkeen valmistusnopeuteen ei pysty nykytilanteessa vaikuttamaan, nestemäärän suuruuden vuoksi. Patojen teho ei kykene lämmittämään kastiketta nopeammin 90 °C:ksi. Jos halutaan vaikuttaa enemmän prosessiajan lyhentämiseen P2:ssa niin kastike voitaisiin myös valmistaa homogenoimalla. Tuolloin todennäköisesti pastakin keitetäisiin, niin se kumoaisi pastamassojen turvotusajan. Tuolloin P1:n ja P2:n prosessiajat olisivat lähes yhtä nopeat. P2:ssa tulisi tuolloin ottaa huomioon kastikkeen suuruste, jotta se soveltuu kylmän kastikkeen valmistukseen (ks. 31). Tuolloin tulisi ottaa myös huomioon tapahtuuko suurustus kastikkeen valmistusvaiheessa vai vaatiiko se toimiakseen erillisen lämmityksen. Suurusteen vaatiessa erillisen lämmityksen toimiakseen, tulee huomioida nestemäärän riittävyys, että uunipasta ei kuivahda paiston aikana.

5.3.1 Alkumassojen hajonta

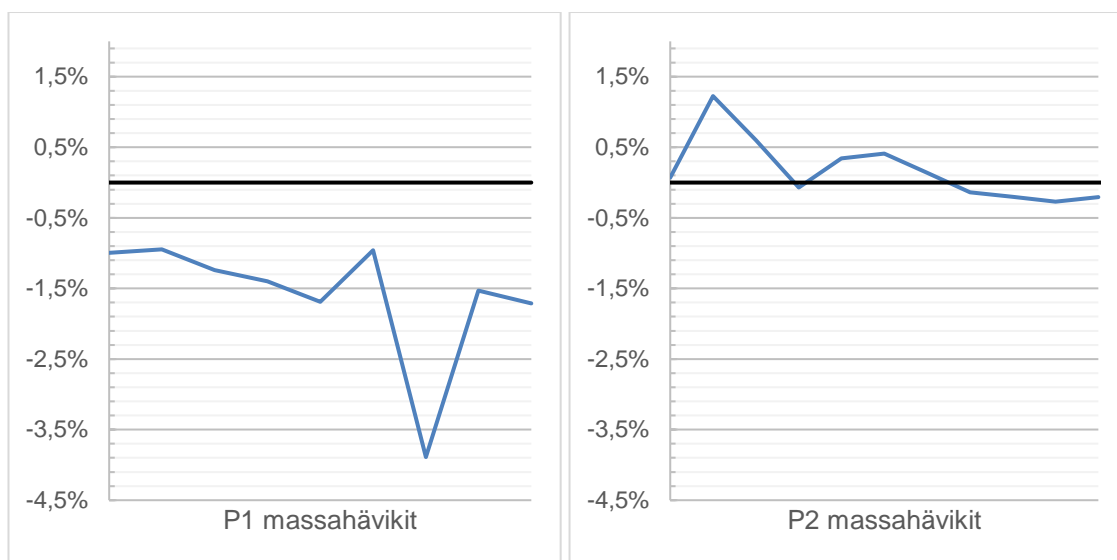
Alkumassojen hajontaa tavattiin sekoituksen yhteydessä. Kuvasta 18 on nähtävissä molempien pastojen kokonaismassat, jotka päätyivät annosteluun sekoituksen jälkeen.



Kuva 18: Pastan 1 ja 2 kokonaismassat kilogrammoina sekoituksen jälkeen (n=20).

P1:ssä oli enemmän hajontaa haluttuun massaan nähden kuin P2:lla. Hajontaan vaikutti raaka-aineiden manuaalinen lisäys kastikeannostelijalla, varsinkin kastikepumpun osalta. Pumppu tulisi pysäyttää juuri ennen haluttua määrää.

Kuvassa 19 näkyy molempien pastojen massahävikit. Keskimäärin ylipaino molemmilla pastoilla oli 1 % eli noin 2 kg:n kokoluokkaa, mikä ei vaikuttanut merkittävästi tuotteiden koostumukseen. Voidaan todeta, että tuotteet olivat suurimmaksi osaksi massakoostumukseltaan halutunlaisia.



Kuva 19: Massahävikit sekoittajalta. Vasemmalla P1 ja oikealla P2. Tumma viiva on suhteutettu lähtöpainoihin ennen sekoitusta (n=20).

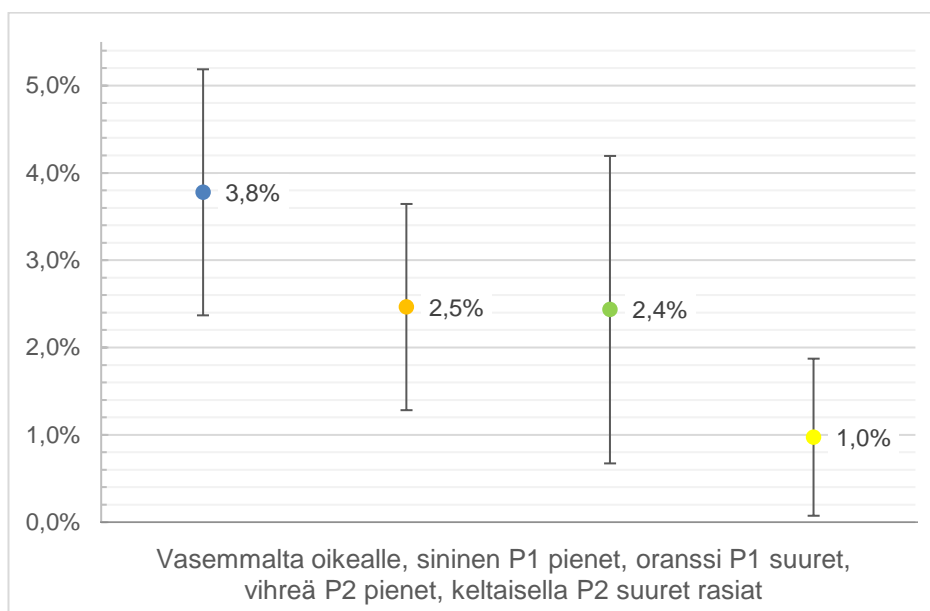
P1:n hävikki johtui suurimmaksi osaksi keitetystä pastasta, josta osa sekoittajaan kaadettaessa putosi lattialle sekoittajan matalien reunojen ja jyrkän kaatokulman vuoksi. P2:ssa massahävikki oli hyvin vähäistä. P2:n hävikkimittauksissa ihmetystä herätti massojen nousu, joka todennäköisesti johtui siitä, että osa massoista mitattiin aluksi kahdella eri vaa'alla. Tulosten perusteella tulisi kiinnittää huomiota P1:n pastan lisäykseen massasekoittajalla.

Hävikin vähentämiseen voisi vaikuttaa esimerkiksi jäähdyttämällä keitetyt pastat ennen sekoittajaan lisäystä tai siirtää pastat suoraan sekoittajaan, ettei pastojen jähmettymistä ehdi tapahtua kuljetusastiassa. Tulevaisuudessa suurempaan sekoittajaan olisi hyvä lisätä korkeammat reunat, jos massojen lisäys tapahtuu samalla menetelmällä, kuin nykyisessä prosessissa. Kastiketta valui myös välillä

pieniä määriä ohi sekoittajasta. Tähänkin voitaisiin vaikuttaa lisäämällä kuljetusastioiden etuosaan esimerkiksi irrotettavat muoviset kourut, jota pitkin kastike valuisi sekoittajaan.

5.3.2 Massat ennen uunia

P1:n ja P2:n halutut painot pienillä ja suurilla rasioilla olivat samanlaiset. Halutusti rasiapainosta oli 79 % massaa ja 21 % lisäkastiketta. Kuvassa 18 merkit kuvaavat rasioiden painojen vaihtelua keskiarvallisesti haluttuun painoon nähden ennen uunia.



Kuva 20: Rasioiden painot ennen uunia verrattuna haluttuun lähtöpainoon (n=768).

Tulosten perusteella P2:n pienillä rasioilla esiintyi eniten hajontaa ja toiseksi P1:n pienillä rasioilla. P1:n rasiat olivat keskiarvallisesti painavampia, kuin P2:n ennen uunia. Rasioissa havaittu alipaino johtui yleensä lisäkastikkeen vähäisestä määrästä tai mahdollisesti sen puuttumisesta kokonaan. Lisäkastike annosteltiin käsin kahdeksaan eri rasiaan ennen siirtoa, joten oli mahdollista, että nopeassa tahdissa kastikkeen lisäys esimerkiksi yhteen rasiaan jäi välistä. Mahdollista oli myös se, että epähuomiossa oletettiin, että kastike oli jo lisätty ja ra-

siaritulä siirrettiin uunivaunuun. Rasiämittauksia ei otettu ilman lisäkastiketta. Lisäkastiketta oli keskimäärin 145 kg annostelulaitetta kohden kerrallaan ja yhdestä lisäkastikeannoksesta riitti kastiketta yhteensä noin 2 000 kappaleeseen pieniä rasioita ja noin 960 kappaleeseen suuria rasioita.

Tulevaisuudessa voisi ottaa huomioon esimerkiksi vaakojen lisäykset yhdeksi osaksi kiinteää linjastoa. Näin ollen annostelijoiden ei tarvitsisi keskeyttää annostelua punnitusvaiheessa, vaan he voisivat suoraan tarkistaa näytöltä, että rasiat ovat oikean painoisia. Vaihtoehtoisesti koneet voisivat automaattisesti pyyhkäistä sivuun tuotteet, jotka eivät ole merkittyjen painoluokkien sisällä. Jos annosteluajoja haluaa nopeuttaa suurien rasioiden kohdalla niin annostelulinjan pituutta voisi lisätä. Esimerkiksi, jos linjaston laskualue olisi hieman pidempi, se voisi ehkäistä annosteluiden pysähtymisiä ja nopeuttaa vaunujen täyttöaikaa.

5.3.3 Uunin jälkeen

Vaunukohtaisia tuloksia tulkiten: lähtöpainot suurien rasioiden vaunuilla (haluttu 138,2 kg) olivat noin 1,9 % haluttua painavammat ja pienten rasioiden vaunut (haluttu 89,8 kg) noin 2,6 %. Tämä tarkoittaa, että yhdessä vaunussa kokonaismassaa olisi suurissa vaunuissa ylimääräistä 2,6 kg ja pienissä 2,3 kg. Oletetaan, että molempia rasiakokoja ja pastoja valmistetaan 1,66 kertaa viikon aikana ja tuolloin suuria vaunuja olisi päivässä 35 kpl ja pieniä 35 kpl. Lasketaan vuoden aikana syntyvät massahäviöt molemmista rasiakoista yhteensä, jos oletetaan että tuotteita valmistetaan samalla kaavalla ympäri vuoden:

$$(2,6 * 1,66 * 52 * 35) + (2,3 * 1,66 * 52 * 35) = 14\,803,9 \text{ kg} \quad (5)$$

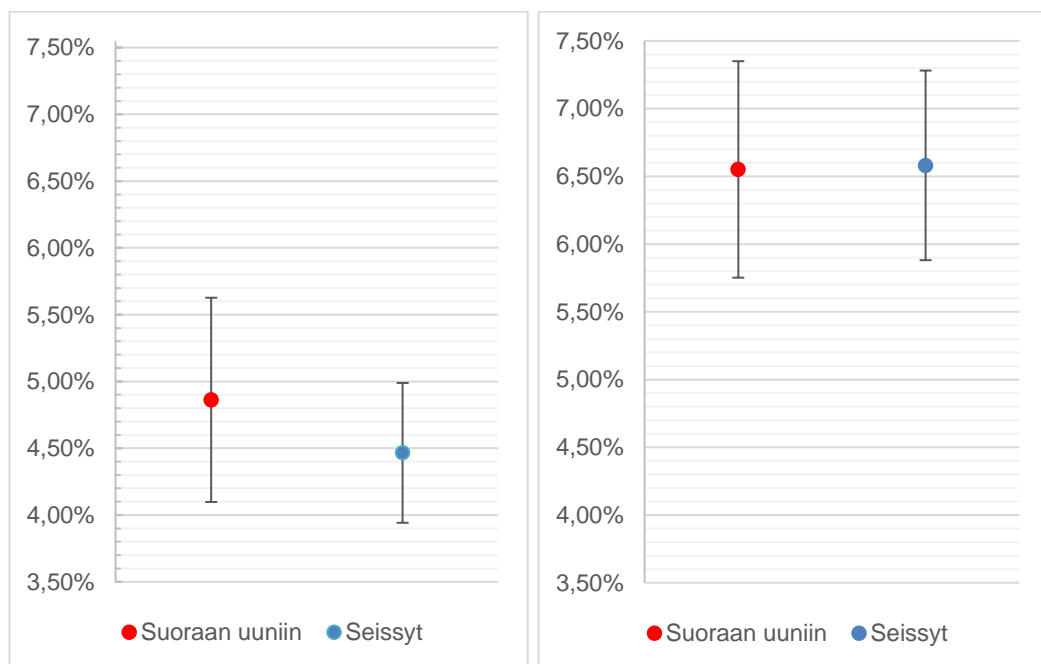
Ylipainoiset vaunut tuovat siis elintarvikeyritykselle arvioidusti noin 15 000 kg massahävikkiä vuoden aikana, jos vaunut ovat jatkuvasti ylipainoisia. Ylipainoa esiintyi enemmän pastassa 1.

Paistohäviöiden laskettu määrä oli pienille rasioille 8,2 % (7 kg) ja suurille noin 8,8 % (12 kg), kun rasioiden lähtöpainot olivat halutuissa arvoissa. Ylipainoisten

suurien rasioiden tarvittavaksi paistohäviöksi tulisi keskiarvallisesti 10,7 % ja pienille 10,8 %, jotta saavutettaisiin ylipainoisten rasioiden halutut rasiapainot uunin jälkeen. Suuret paistohäviöt eivät kuitenkaan ole toivottuja, joten rasioiden ylipainoon voisi vaikuttaa tarkkailemalla ja säätelemällä annostelupainoja ja uunien tehoja.

Odottaneiden vaunujen vaikutus paistohäviöön

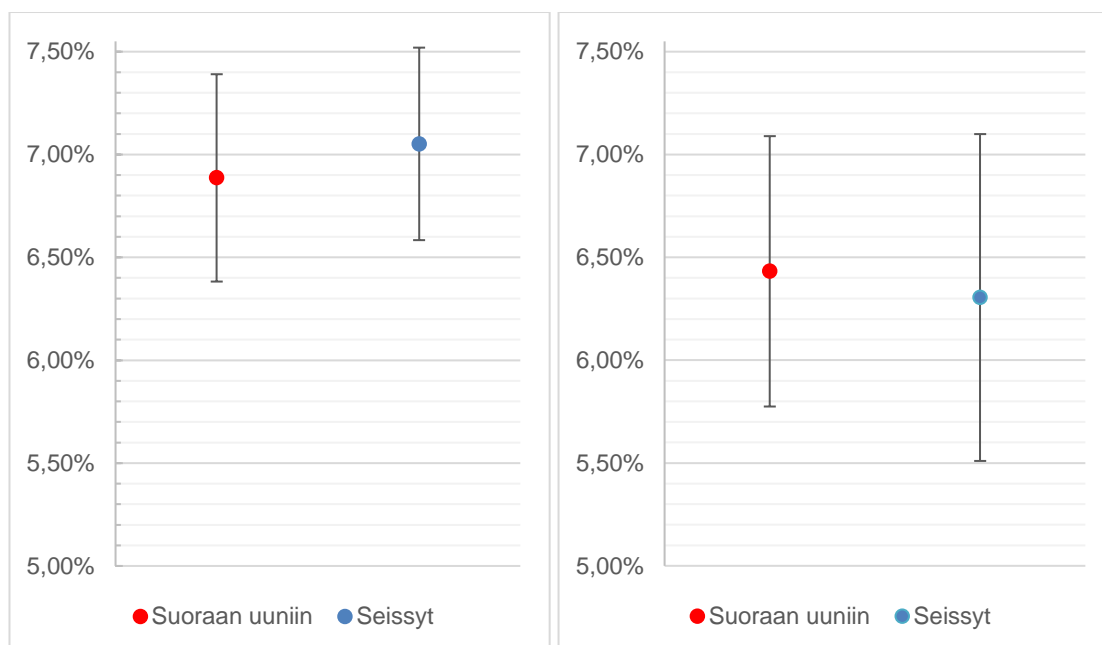
Tuloksissa tarkasteltiin, oliko vaunujen odotusaajoilla vaikutusta paistohäviöön. Tarkemmat paistohäviötulokset vaunuittain ovat liitteessä 1. Kun vaunu oli annosteltu valmiiksi, se joutui odottamaan seuraavan vaunun valmistumista ennen uunia, koska uuneihin laitettiin kaksi vaunua kerrallaan. Alla olevissa tuloksissa (kuva 21 ja 22) on huomioitu vain kokonaisten vaunujen mittaukset.



Kuva 21: Vaunukohtaiset tulokset pienille rasioille. Näkyvissä seisoneiden ja suoraan uuniin laitettujen vaunujen paistohäviö erot. Vasemmalla P1 (n=18) ja oikealla P2 (n=15).

Kuvassa 21 on nähtävissä vaunukohtaiset tulokset pienille rasioille ja tarkasteltavana oli, vaikuttiko uunivaunujen odotusaika paistohäviöihin. P1:ssä odottaneiden ja suoraan uuniin päätyneiden uunivaunujen paistohäviöero oli 0,4 pro-

senttiyksikköä ja P2:lla ero oli vain 0,03 prosenttiyksikköä. Suoraan uuniin laitettujen vaunujen keskihajonta oli suurempi kuin odottaneiden vaunujen, joten tulosten perusteella voidaan todeta, että vaunujen odotusajoilla ei ollut merkittävää vaikutusta pienten rasioiden paistohäviöihin.



Kuva 22: Vaunukohtaiset tulokset suurille rasioille. Näkyvissä seisoneiden ja suoraan uuniin laitettujen vaunujen paistohäviö erot. Vasemmalla P1 (n=21) ja oikealla P2 (n=22).

Kuvassa 22 on nähtävissä vaunukohtaiset tulokset suurille rasioille. P1:n suurien rasioiden paistohäviöissä ei ollut keskiarvillisesti merkittävää eroa odottaneiden ja suoraan uuniin laitettujen vaunujen välillä, ero oli noin 0,2 prosenttiyksikköä. P2:n uunivaunujen paistohäviöiden ero oli noin 0,1 prosenttiyksikköä. P2:n odottaneiden vaunujen keskihajonta oli hieman suurempi kuin suoraan uuniin laitettujen. Tulosten perusteella P1:n vaunujen odotusajoilla ei ollut merkittävää vaikutusta paistohäviöihin. P2:n suurilla rasioilla oli selvästi havaittavaa hajontaa, mutta vaunujen keskiarvoilla ei ollut selvää eroa. Vaunujen keskihajonta oli riippuvainen rasioiden lähtöpainoista.

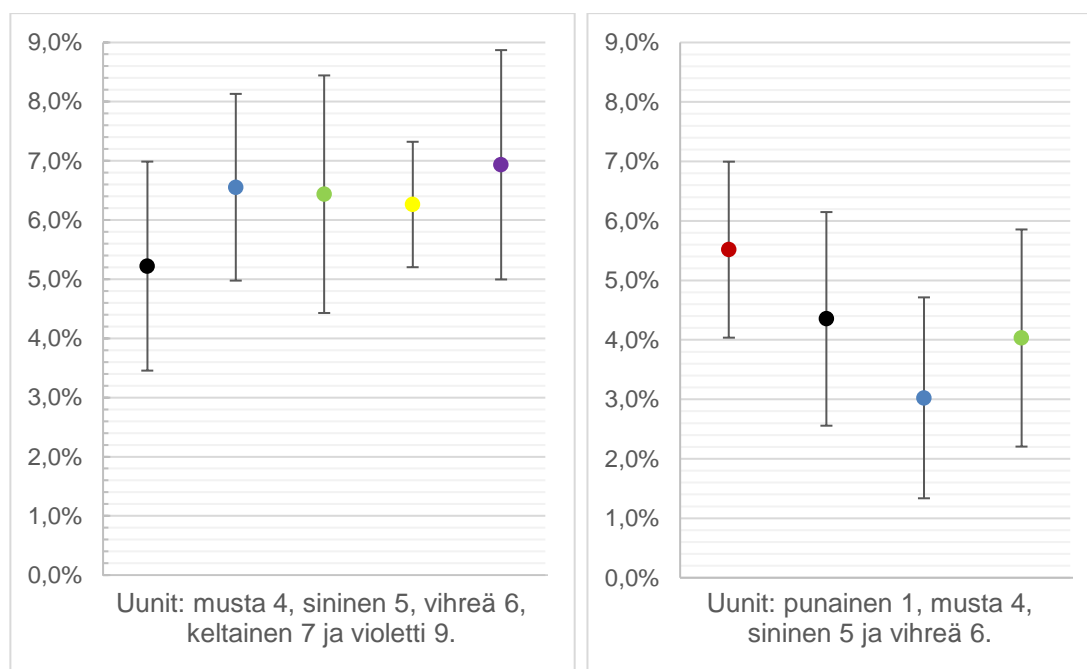
Vähiten vaunujen odotusaikaa ilmeni pastassa 1, koska massa valmistui nopeasti ja sitä oli suurempi määrä. Suurissa rasioissa vaunujen odotusaikoihin vaikutti se, että yhdestä kuljetusastiallisesta riitti P1:ssä massaa 1,7 vaunulliseen

ja P2:ssa 1,3 vaunuun. Kummassakaan rasiakoossa vaunujen odotusajoilla ei ollut havaittavissa merkittäviä vaikutuksia rasiapinoihin. Voidaan todeta, että vaunuja kannattaa paistaa myös tulevaisuudessa nykyisellä systeemillä. Pidemmällä odotusajoilla olisi todennäköisesti vaikutusta rasioiden painoihin, mutta näin ei usein pääse tapahtumaan. Vaunujen odotustilan lämpötila oli uunien vaikutuksesta lämpimämpi kuin annostelussa, joten vaunujen pitkä odotusaika ei ollut toivottavaa mikrobiologisten riskien takia. Toisaalta rasiat kävivät läpi pitkän kuumennuksen, joten mahdolliset hiukkaset tuhoutuisivat paiston aikana (ks. 24).

Tulevaisuudessa vaunuihin voisi harkita lukitussysteemiä, koska uuniritilät liukuivat herkästi pois paikoiltaan. Joissain vaunuissa renkaat lukittuivat herkästi vaunuja kääntäessä, mikä aiheutti mittauksen aikana uuniritilöiden putoamisen vaunujen yläosasta. Lukitussysteemi ei ole välttämätön, mutta se voisi nopeuttaa vaunujen siirtoa ja ehkäistä tippumisriskiä. Mahdollisesti se voisi myös vähentää paistoissa ilmeneviä epätasaisuuksia rasioiden välillä, koska rasiat olisivat kohtisuorassa toisiinsa kohti.

Uunikohtaiset tulokset

Kuvassa 23 on uunikohtaiset tulokset. Vierekkäisissä kuvaajissa toistuvat samat uunit ja ne on merkattu samanlaisilla väreillä. Tuloksista oli havaittavissa, että uunien väleillä oli pieniä eroja. Rasiat jäivät myös ylipainoisiksi jokaisella uunilla, niin kuin aikaisemmin todettiin, ja se johtui rasioiden annostelupainoista. Uunien välinen keskihajonta oli pienillä rasioilla 0,5 % ja suurilla rasioilla 0,9 %, mikä ei ole kovinkaan merkittävä ero tuotteiden valmistuksen kannalta.



Kuva 23: Uunikohtaiset tulokset (eri väriset pallot kuvaavat eri uuneja). Vasemmalla pienet (n=384) ja oikealla suuret (n=384) rasiat. Tulokset kertovat kuinka paljon tuotteille jäi ylipainoa uunin jälkeen.

Eniten käytetyt uunit P1:n ja P2:n valmistuksessa olivat 4, 5 ja 6. Tulosten perusteella uunilla 6 esiintyy eniten hajontaa sekä pienissä että suurissa rasioissa. Tulosten perusteella uuni 4 oli tehokkain pienten rasioiden paistossa ja suurille rasioille uuni 5. Uunia 1 tarkasteltiin myös silmämääräisesti linjastolla ja todettiin ettei se soveltunut suurien rasioiden paistoon, koska tuotteet jäivät usein vetiksi ja paistohäviö oli erittäin alhainen. Uuni 1 ei myöskään lämmennyt haluttuun lämpötilaan, joten uuniaikaa joutui lisäämään jokaisella paistokerralla noin 10 minuuttia. Pieniin rasioihin jäi ylipainoa eniten uunilla 7, mutta kyseistä uunia ei usein käytetty P1:n ja P2:n valmistuksessa.






Uunilla 5 havaittiin, että höyryominaisuus ei toiminut, mikä vaikutti varsinkin pitkissä paistoissa suuriin rasioihin. Rasiat eivät olleet alipainoisia, mutta painoja tarkastellen pastat olivat selvästi paistuneet enemmän kuin muilla uuneilla. Höyryominaisuus takaa, etteivät tuotteet kuivuisi paiston aikana, joten todennäköistä on se, että nesteitä oli haihtunut suurista rasioista tuolloin enemmän kuin olisi toivottu. Tuotteiden ulkonäöillä ei kuitenkaan ollut havaittavia poikkeavuuksia mittausten aikana.

Tulevaisuudessa pastaprosessi pyritään useasta kohdasta automatisoimaan. Uuneilla se tarkoittaisi sitä, että manuaaliset vaunupaistot toisivat prosessiin hidastetta, koska rasioita valmistuisi nopeammin ja enemmän kuin uunien kapasiteetit kestäisivät. Uunien tulisi tuolloin olla jatkumo massojen annostelulinjasta, jotta valmistusprosessi sujuisi tasaisesti. Jäähdytystunnelin tulisi olla myös osana kokonaista linjastoa tuotteiden pakkaukseen asti. Tuolloin vaunut jäisivät pois ja yksittäiset rasiat kulkisivat läpi koko prosessin ilman pysähdyksiä. Rasiakokoja oli kaksi erilaista, joten niitä ei voisi tuolloin valmistaa samanaikaisesti. Tuolloin eri rasiakokojen valmistus tulisi suorittaa erikseen tai uuneja tulisi olla kaksi. Kahta uunia ei ole kuitenkaan järkevää hankkia kustannusten ja tilanpuutteen vuoksi, jos uusi linja sijoittuisi vanhan linjaston tilalle.

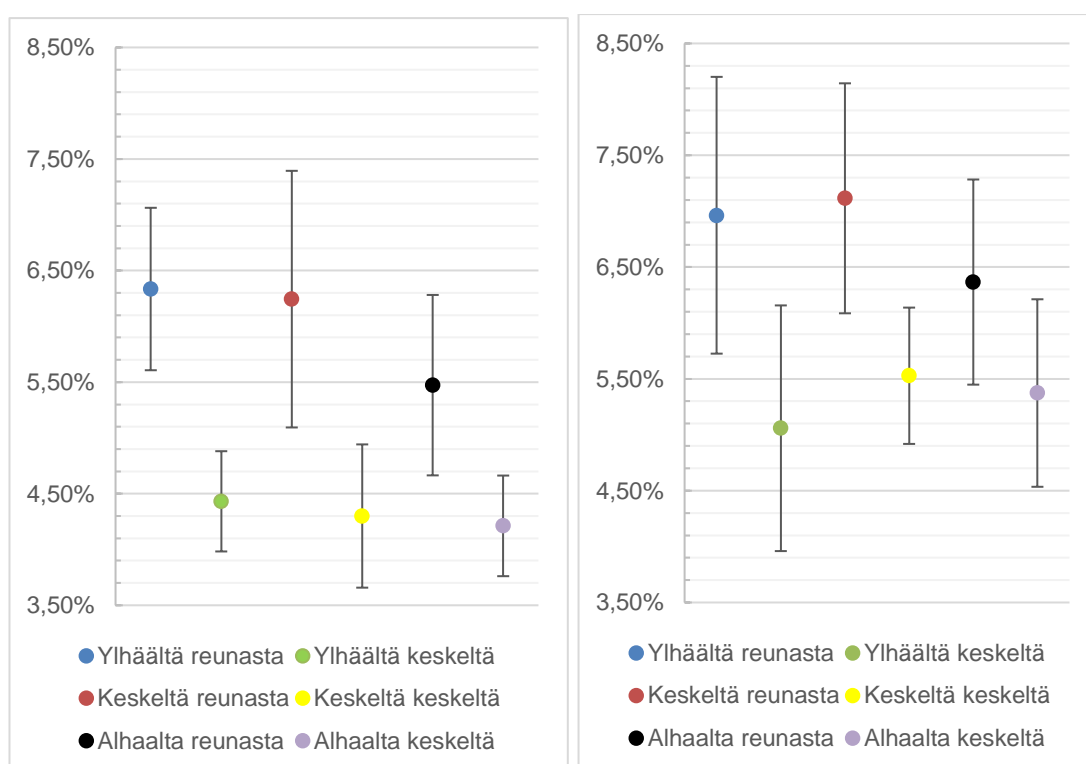
Uunien tasokohtaiset tulokset

Taulukosta 3 näkyy lyhennyksien selitykset tekstissä. Uunivaunuille suoritettiin mittauksia kolmesta eri kerroksesta: ylhäältä, keskeltä ja alhaalta. Tarkemmat rasiakohtaiset paistohäviö tulokset P1:lle ovat liitteessä 2 ja P2:lle liitteessä 3. Liitteissä nähtävissä rasiapainot paistohäviöprosentteina uunikohtaisesti.

Taulukko 3: Selvennykset lyhennyksille uunien tasokohtaisissa tuloksissa.

Merkintä	Selvennys	Väri
YR	Uunivaunun ylätasosta ja reunasta mitatut tulokset	
YK	Uunivaunun ylätasosta ja keskeltä mitatut tulokset	
KR	Uunivaunun keskitasosta ja reunasta mitatut tulokset	
KK	Uunivaunun keskitasosta ja keskeltä mitatut tulokset	
AR	Uunivaunun alaosasta ja reunasta mitatut tulokset	
AK	Uunivaunun alaosasta ja keskeltä mitatut tulokset	

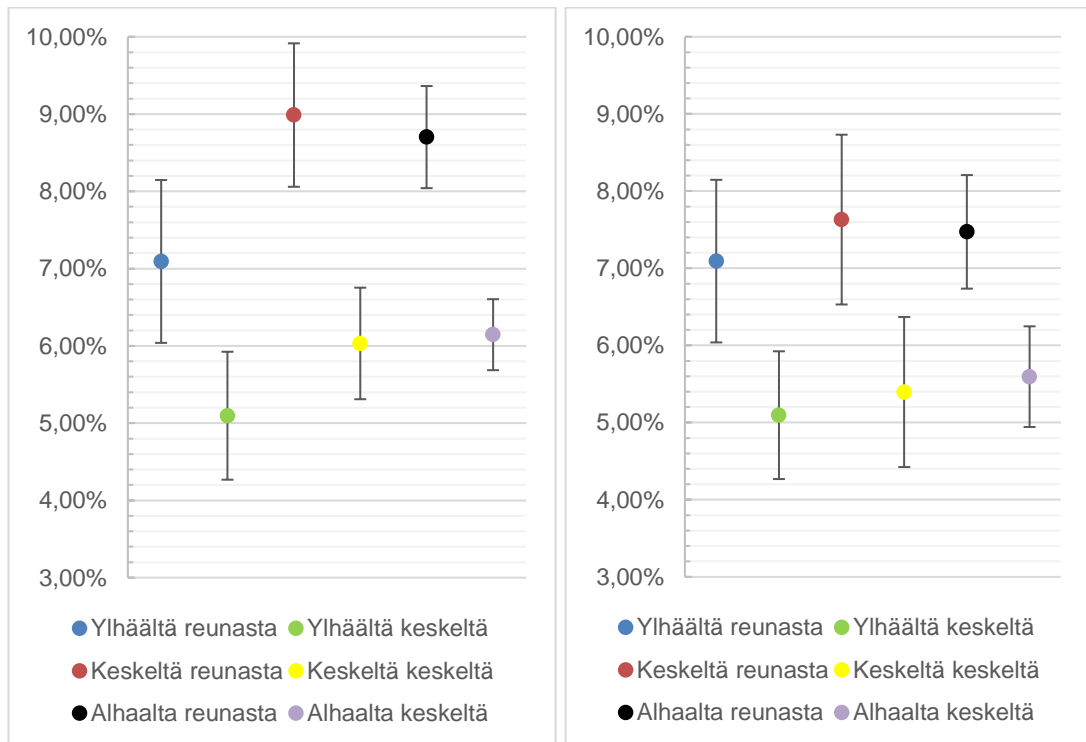
Uunipastojen pienten rasioiden paistohäviöissä oli tasokohtaisesti havaittavissa selkeät erot (kuva 24). Pastan 1 uuniaika oli 5 minuuttia lyhyempi kuin pasta 2:n, mutta P1:n uunien asteet olivat 20 °C:tta korkeammat kuin P2:n. Tulosten perusteella pidempi uuniaika tiputtaa rasioiden painoa. Tuloksista oli myös nähtävissä rasioiden paikat vaunuissa, pisteiden YR, KR ja AR rasiat sijaitsivat uunivaunujen reunoissa ja selvästi niiden painot olivat tippuneet enemmän kuin pisteiden YK, KK ja AK, jotka mitattiin uunivaunujen keskeltä. Tulosten perusteella rasiat, jotka sijaitsivat uunivaunujen keskellä, eivät paistuneet yhtä hyvin, kuin uunivaunujen reunoissa sijainneet rasiat.



Kuva 24: Paistohäviöprosentit uunien tasokohtaisesti. P1:n pienet rasiat (n=192) vasemmalla puolella ja P2:n pienet rasiat (n=192) oikealla.

Toisin kun pienissä rasioissa, P1:n paistohäviöt olivat suurissa rasioissa korkeammat kuin P2:ssa (kuva 25). Molemmista pastoista oli lähes sama uuniaika, mutta P1:n uunien asteet olivat 15 °C:tta korkeammat. Tulosten perusteella rasiat, jotka sijaitsivat vaunujen keskiosassa ja reunassa paistuvat eniten ja yläosan reunassa vähiten. Rasiat, jotka sijaitsivat vaunujen keskiosassa eivät paistuneet yhtä hyvin kuin reunoissa.

Paistohäviöprosentit on laskettu halutuista lähtöpainosta tavoitepainoihin. Rasiat sijoittuivat molemmissa tuotteissa ja rasiakoissa uunivaunuihin vierekkäin. Vierekkäisten rasioiden väleihin ei jäänyt paljoa ilmatilaa. Vaunussa oli kuitenkin uuniritilät, joista ilma läpäisee vaunut horisontaalisesti. Molemmista uunien ta-
sotuloksista oli nähtävissä, että rasiat, jotka sijaittivat uunivaunun reunoissa paistuvat eniten ja keskiosassa vähiten.



Kuva 25: Paistohäviöprosentit uuni taso kohtaisesti. Pasta 1:n suuret rasiat (n=192) vasemmalla puolella ja Pasta 2:n suuret rasiat (n=192) oikealla puolella.

Tulosten perusteella voi todeta, että uuneissa paistoteho kohdistui uunien keskitasoon. Olisi hyvä tarkastaa, onko keskikohdistus tarkoitettu ominaisuus uuneilla vai poikkeava tilanne. Uunitasojen eroavaisuuksiin voisi tulevaisuudessa mahdollisesti vaikuttaa vähentämällä uunivaunujen rasiamäärää rivikohtaisesti, esimerkiksi yhdellä rivillä. Tuolloin rasiat eivät olisi niin tiiviisti kiinni toisissaan ja ilma pääsisi liikkumaan helpommin rasioiden väleissä ja mahdollisesti paistaisi keskellä olevat rasiat tasaisemmin.

Rasiarivin poistaminen tarkoittaisi kuitenkin sitä, että suuria rasioita valmistuisi noin 144 ja pieniä 204 uunivaunullista kohden. Muutos vaikuttaisi merkittävästi tuotteiden päiväkohtaiseen tavoitemäärään, eli rasiarivin poistaminen ei olisi prosessin kannalta järkevä vaihtoehto. Todennäköisesti järkevintä olisi tarkastaa kuinka lämpö jakautuu uuneissa ja muokata uunien asetuksia niiden pohjalta, jos se on mahdollista. Jokaisella tasolla on kaksi ritilää, joten yhtenä vaihtoehtona on myös se, että uunivaunujen keskiosaan jäisi rako, josta ilma läpäisisi vaunut ja keskiosassa olevat rasiat voisivat tuolloin paistua tasaisemmin. Raon varmistamiseksi uuniritilöihin voisi liittää kohoumat, jotka estävät toisiinsa kiinnittymisen.

6 Päätelmät

Tämän insinööriyön päätavoitteina oli seurata pastaprosessin vaiheita, tarkkailla hävikkiä tuottavat kohdat prosessissa ja pohtia mahdollisia kehityskohteita. Insinööriyön päätavoite saavutettiin. Tulosten perusteella saatiin runsaasti informaatiota laitteistojen toiminnasta ja selvisi seikkoja, joihin voisi tarttua prosessien kehittämisen kannalta tulevaisuudessa.

Prosessiajat mitattiin molemmille pastoille ja havainnoitiin valmistuksien nopeuseroja. Tulokset eivät olleet yllättäviä pastojen välisissä prosessiajoissa, koska oli selvää alusta alkaen, että homogeenointi olisi todella nopea tapa valmistaa kastikkeita. Uuneilla tarkasteltiin pastamassojen paistoissa tapahtuvia painomuutoksia ja vertailtiin niitä tähdättyihin arvoihin, josta ne lopulta hieman poikkesivat.

Yllättävää oli, että pastat olivat ylipainoisia useilla mittauskerroilla, joten lopuksi työssä laskettiin myös ylimäärähävikkiä ja keksittiin keinoja tutkia mistä ylipaino muodostuu. Toimeksiantajan tavoitteisiin kuului selvitys pastaprosessien hyvistä ja huonoista puolista sekä kehityskohteista. Tulosten mukaan tulevaisuudessa kylmän kastikkeen valmistustapa - homogeenointi - voisi olla hyvä valmistusmenetelmä myös pastalle 2. Kastikkeen valmistus homogeenomalla edistäisi P2:n kokonaisprosessin nopeutta kaksi kertaa nopeammaksi ja säästäisi samalla energiaa.

Tulosten mukaan aikahävikkiä syntyi pääsääntöisesti suurien rasioiden valmistuksessa, koska kastike-kuljetusastiallisesta riitti P1:lla 1,7 uunivaunulliseen ja P2:lla 1,3 uunivaunuun. Yhtä vaunua ei voinut paistaa yksinään, koska tuotteilla ilmeni tuolloin alipainoa. Massahävikkiä havaittiin massojen sekoitusvaiheessa pastalla 1 ja sitä syntyi keitetyn pastan jähmettymisen seurauksena. Tulevaisuudessa pastat olisi hyvä jäähdyttää huuhtelemalla ennen sekoittajaan lisäystä tai siirtää suoraan sekoittajaan.

Tarkastelussa selvisi, että kuivien pastojen keittoon riittäisi 80 °C:een lämpötila ja se nopeuttaisi tulevaisuudessa pastan keitinveden lämmitysaikaa. Tuolloin pastojen keittoaika mahdollisesti pidentyisi, mutta säästöä syntyisi veden lämmityskuluissa. Tulevaisuudessa yritys voisi esimerkiksi hyödyntää pastojen keittoon padoilla pienempää vesimäärää.

Patojen ja VCC-pannujen erot käytettävissä vesimäärissä erosivat 40 litralla, koska padat olivat suuremmat kuin pannut. Yritys voisi tulevaisuudessa testata padoilla tarvittavan minimi vesimäärän pastojen keittoon. Tuloksista selvisi, että pannuilla käytettävää samaa vettä voisi hyödyntää pastojen keitossa ainakin kolme kertaa ennen veden vaihtoa. Kolmella ensimmäisellä keittokerralla pastojen painot pysyivät keskiarvallisesti samansuuruisina ja pastojen ulkonäössä ei ollut havaittavia poikkeamia keittokertojen välillä. Pastojen makutestausta ei tehty. Padat olivat suurempia kuin VCC-pannut, joten tulevaisuudessa patoihin voisi harkita siivilöintiominaisuutta, jotta patojen samaa vettä voisi hyödyntää useampaan kertaan. Padoilla pystyy vähentämään energiankulutusta pienentämällä vedenlämmityksen maksimi lämpötilaa ja tuolloin padat olisivat energian puolesta tehokkaammat nykyiseen verrattuna. Vesimäärää padoilla ei saa samanlaiseksi, kuin VCC-pannulla ilman kuivan pastan määrän vähentämistä.

Selvitystä olisi hyvä jatkaa edelleen tämän insinööriyön jälkeen. Mielenkiintoista olisi selvittää annostelijoilla syntyvää massahävikkiä jokaista massa-kuljetusastiallista kohti. Näin selviäisi, kuinka paljon kokonaismassasta todellisuudessa päätyi lopputuotteeksi. Työssä mitattiin rasiapinoja, mutta olisi voinut myös mitata rasiapainot ilman lisäkastiketta ja lisäkastikkeen kanssa, jotta olisi voinut varmasti sanoa, mistä rasioiden ylipainot ennen uunia johtuivat. Uuneja, joilla esiintyi merkittäviä poikkeavuuksia tasokohtaisesti, voisi tarkkailla enemmän. Työtä olisi voinut jatkaa myös uunin jälkeen jäähdytystunneliin loppuun, niin olisi voinut selvittää todelliset rasiapainot ennen tuotteiden pakkausta, jos otetaan huomioon jäähdytystunnelista arvioitu 1 %:n häviö. Myös kuivien pastojen keitossa voisi ottaa huomioon vedenlämmityksen pienentämisen vaikutus pastojen keittoon todellisuudessa.

Lähteet

- 1 Durumvehnäjauho 1 kg. Myllynparas. Verkkoaineisto. <<https://www.myllynparas.fi/tuotteet/durumvehnajauho-1-kg>> Luettu 8.11.2021
- 2 Spiridakis, Nicole. 2019. Durum Wheat Vs. Whole Wheat. England. Livestrong. Verkkoaineisto. <<https://www.livestrong.com/article/464450-durum-wheat-vs-whole-wheat/>> 14.09.2019. Luettu 09.09.2021
- 3 Vehnä (*Triticum aestivum*). Leipätietoisuus Verkkoaineisto. <<https://www.leipatiedotus.fi/tietoa-leivasta/vilja/kotimaiset-viljat/vehna.html>> Luettu 09.09.201
- 4 Viljan jyvä. Tietoa leivästä. Verkkosivu. Verkkoaineisto. <<https://www.leipatiedotus.fi/tietoa-leivasta/vilja/viljan-jyva.html>> Luettu 15.10.2021
- 5 Hui, Y.H. 2007. Handbook of Food Products Manufacturing. New Jersey. John Wiley Sons Inc.
- 6 2021. How To Pick The Right Pasta For Your Sauce. Delallo. Nettisivu. <<https://www.delallo.com/blog/how-to-pick-the-right-pasta-for-your-sauce/>> Luettu 07.09.2021
- 7 Millaista pastaa millekin kastikkeelle. Viinimaa. Verkkoaineisto <<https://viinimaa.fi/artikkelit/viiniruoka/millaista-pastaa-millekin-kastikkeelle>> Luettu 07.09.2021
- 8 2021. Rummo. Prescott menu. Nettisivu. <<https://www.prescott.fi/ruoka/rummo/>> Luettu 20.10.2021
- 9 Dacey, James. 2020. Don't go boiling mad when you discover these scientific secrets to perfect pasta. Physicsworld. Verkkoaineisto. <<https://physicsworld.com/a/how-to-cook-pasta-the-scientific-way/>> 20.10.2020. Luettu 10.09.2021
- 10 Shewry, P.R. 2009. Wheat. Oxford Academic. Journal of experimental botany. Verkkoaineisto. <<https://academic.oup.com/jxb/article/60/6/1537/517393?login=true>> 01.04.2009. Luettu 15.09.2021
- 11 Lamberg, Hannu. 2016. Tärkkelys ja tärkkelysteollisuus. Pro gradu -tutkielma. Jyväskylä. Jyväskylän yliopisto. Luettavissa osoitteessa: <<https://jyx.jyu.fi/bitstream/handle/123456789/48818/1/URN%3ANBN%3Afi%3Aju-201602181601.pdf>>

- 12 Cato, Larisa; Mullan, Daniel. 2020 Wheat quality: wheat breeding and quality testing in Australia. From: Breadmaking (third edition). Wheat. Science direct. Verkkoaineisto. <<https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/wheat-protein>> Luettu 24.10.2021
- 13 L-Glutamic acid. Chemical book. Verkkoaineisto. <https://www.chemical-book.com/ProductChemicalPropertiesCB4355560_EN.htm> 2017. Luettu 24.09.2021
- 14 L-tert-Leucine. Chemical book. Verkkoaineisto. <https://www.chemical-book.com/ProductChemicalPropertiesCB9853319_EN.htm> 2017. Luettu 24.09.2021
- 15 Ketola, Maija; Salokivi, Jouni. 2018. Leusiinin lisääminen kasvipohjaisiin tuotteisiin. Elintarvikkeiden prosessointi ja ravitsemus. Blogi. <<https://blogs.helsinki.fi/hnfb124-2017/2018/12/>> Luettu 2.11.2021
- 16 Beverly, R.L. 2014. Foods, materials, technologies and risks. Encyclopaedia of food safety. Gluten versus gluten free. Gluten. ScienceDirect. Verkkoaineisto. <<https://www.sciencedirect.com/topics/neuroscience/gluten>> Luettu 24.09.2021
- 17 Filip, Sebastjan; Verdi, Rajko. 2015. Amino acid composition of protein-enriched dried pasta is it suitable for a low-carbohydrate diet. Food Technology and Biotechnology, Vol. 53 No.3. England. Hrčak. Verkkoaineisto. <https://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=214313> Luettu 24.09.2021
- 18 Uthayakumaran, Surjani, Wrigley, Colin. 2017. Wheat: grain-quality characteristics and management of quality requirements. Cereal Grains (second edition). Wheat protein. Science direct. Verkkoaineisto. <<https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/wheat-protein>> Luettu 24.10.2021
- 19 Provost, Joseph; Colabroy, Keri; Kelly, Brenda; Wallert, Mark. 2016. The science of cooking: Understanding the biology and chemistry behind food and cooking. United States. John Wiley & Sons. E-Kirja. Luettavissa: <<https://ebookcentral.proquest.com/lib/metropolia-ebooks/reader.action?docID=4530809#>>
- 20 Harley. 2021. Can you cook pasta in the sauce? Food To Impress. Verkkoaineisto. <<https://www.foodtoimpress.com/pasta/can-you-cook-pasta-in-the-sauce/>> Luettu 09.10.2021

- 21 2021. Do pasta and noodles absorb water when cooked. KitchenSeer. <<https://kitchenseer.com/do-pasta-and-noodles-absorb-water-when-cooked/>> Luettu 09.10.2021
- 22 Abecassis, J; Autran, J-C; Feillet, P. 2001. Durum wheat semolina and pasta quality. France. Inra-Quae.
- 23 Hopia, Anu; Ihanus, Susanna. 2014. Moniaistinen keittokirja = 5D cook-book. Turku. Turun yliopiston funktionaalisten elintarvikkeiden kehittämisskeskus. E-kirja. Luettavissa: <<https://apps.utu.fi/media/nakoislehdet/5d-cookbook/desktop/index.html?article=8&page=1>>
- 24 Elintarvikkeiden säilyvyyden parantaminen. Ruokavirasto. Verkkoaineisto. <<https://www.ruokavirasto.fi/henkiloasiakkaat/tietoa-elintarvikkeista/kasittely-ja-sailyttaminen/sailyvyyden-parantaminen/>> 5.3.2020. Luettu 18.10.2021
- 25 Homogenization overview. MGNewell. <<https://www.mgnewell.com/wp-content/uploads/2016/05/Homogenizer-Overview.pdf>> 2021. Luettu 18.10.2021
- 26 Whistler, Roy L; BeMiller, James N; Paschall, Eugene F. 2012. Starch: Chemistry and Technology. England. London. Academic Press. E-Kirja. Luettavissa: <https://books.google.fi/books?hl=fi&lr=&id=pvAzqk2pAlsC&oi=fnd&pg=P1&dq=Starch:+Chemistry+and+Technology&ots=jpW1kztNmC&sig=nV5c68Scq9-Yn2f-w50UVrmu20g&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false>
- 27 Hui, Y.H. 2012. Handbook of meat and meat processing. United States. CRC Press. E-Kirja. Luettavissa: <<https://ebookcentral.proquest.com/lib/metropolia-ebooks/reader.action?docID=846037>>
- 28 Kotiranta, Riikka. Suurustaminen. Peda.net. Verkkoaineisto. <https://peda.net/p/RiikkaKotiranta/nauti%20arjesta_ops2014/kotitalous/9-ruoanvalmistus/91r/suurustaminen2> Luettu 22.10.2021
- 29 2018. Muunneltu tärkkelys. Ruokavirasto. Verkkoaineisto. <<https://www.ruokavirasto.fi/yritykset/elintarvikeala/valmistus/yhteiset-koostumusvaatimukset/elintarvikeparanteet/lisaaineet/tietoa-yksittaisista-aineista/muunneltu-tarkkelys/>> 12.10.2018. Luettu 16.10.2021
- 30 Väänänen, Jenni. 2019. Tärkkelyksen esikäsittelyn vaikutus leivontaan. In-sinöörityö. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Theseus. Luettavissa: <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/167828/Jenni_Vaananen.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

- 31 Meggiato, Riccardo. 2019. The science of thickeners. Finedininglovers. Verkkoaineisto. <<https://www.finedininglovers.com/article/science-thickeners>> 16.5.2019. Luettu 16.10.2021
- 32 2021. Käyttöveden lämpötila ja laatu. Talotekniikka info. Talotekniikkateollisuus. Verkkoaineisto. <<https://talotekniikkainfo.fi/esimerkit/kayttoveden-lampotila-ja-laatu>> Luettu 20.10.2021

Vaunukohtaiset tulokset uuneittain

Paistohäviö (%)	Uuni numerot	Paistohäviö (%)	Uuni numerot
Pasta 1, iso		Pasta 2, iso	
6.38%	6	6.1%	6
6.24%	6	5.58%	6
7.62%	5	5.29%	6
6.98%	5	6.28%	4
6.36%	4	6.46%	2
7.09%	4	6.14%	6
6.89%	6	6.66%	5
5.92%	6	6.77%	5
7.32%	5	5.27%	6
7.03%	5	6.33%	6
6.77%	4	7.56%	5
6.59%	4	7.78%	5
7.00%	7	5.72%	6
7.18%	7	5.74%	6
7.56%	5	6.72%	5
7.48%	5	6.67%	5
7.32%	6	5.29%	6
7.57%	5	5.96%	6
7.46%	5	7.13%	5
3.16%	1	6.62%	5
3.42%	1	4.08%	1
		3.98%	1
Pasta 1, pieni		Pasta 2, pieni	
4.44%	6	6.8%	5
3.97%	6	7.7%	5
2.25%	1	7.4%	4
2.41%	1	7.3%	4
3.44%	6	7.0%	5
3.87%	6	7.1%	5
2.16%	1	6.6%	4
2.23%	1	5.71%	4
4.42%	4	6.13%	4
5.75%	4	6.70%	6
4.46%	5	5.15%	4
4.58%	5	5.73%	4
4.99%	5	6.50%	6
5.43%	5	5.88%	6
5.03%	4	6.22%	4
5.59%	4		
5.16%	5		
3.78%	6		

P1:n rasiakohtaiset paistohäviöt uuneittain ja kerroksittain

Uuni	YR		YK		KR		KK		AR		AK	
6	7.70%	7.62%	6.08%	5.92%	8.60%	9.46%	7.19%	7.14%	8.58%	8.43%	5.85%	6.25%
6	8.11%	7.83%	6.06%	6.17%	8.65%	7.89%	5.61%	6.06%	9.42%	7.69%	5.96%	6.17%
4	6.31%	6.35%	4.82%	4.75%	10.52%	8.10%	6.26%	6.31%	9.65%	8.72%	6.39%	6.39%
6	8.35%	8.11%	6.33%	6.26%	9.16%	7.24%	5.11%	5.23%	9.26%	7.28%	5.76%	6.07%
6	7.25%	6.60%	5.21%	4.92%	10.42%	10.26%	6.50%	7.13%	9.45%	9.36%	6.39%	6.76%
4	7.60%	6.96%	5.03%	4.89%	9.25%	7.71%	6.11%	5.90%	8.95%	7.27%	5.64%	5.71%
6	6.96%	6.89%	5.05%	5.05%	9.70%	9.38%	6.02%	6.31%	9.18%	8.97%	6.53%	6.74%
6	6.76%	6.53%	4.71%	4.69%	9.34%	7.12%	4.95%	5.15%	9.03%	7.53%	5.87%	6.04%
6	8.92%	8.73%	5.92%	5.48%	8.83%	9.41%	5.72%	6.74%	8.58%	9.29%	5.99%	6.35%
6	8.41%	8.19%	6.32%	5.76%	9.13%	8.23%	5.34%	5.75%	8.73%	8.04%	5.73%	5.83%
6	7.32%	7.67%	5.28%	4.96%	9.04%	8.16%	5.90%	6.32%	8.33%	8.08%	5.11%	5.63%
6	7.80%	6.90%	5.09%	5.03%	9.65%	7.61%	5.60%	5.76%	9.17%	7.79%	6.29%	6.17%
5	6.73%	5.85%	4.18%	4.21%	9.56%	10.35%	5.36%	8.23%	9.26%	8.93%	7.65%	6.59%
5	7.48%	6.75%	5.49%	5.36%	9.49%	9.28%	5.70%	6.42%	9.47%	8.65%	5.84%	6.56%
6	5.08%	5.41%	3.57%	3.65%	9.66%	9.80%	5.94%	6.73%	9.19%	9.17%	6.20%	6.59%
6	4.69%	5.09%	3.41%	3.42%	9.23%	7.39%	5.05%	5.46%	8.94%	8.08%	5.77%	5.81%
5	6.69%	6.14%	4.86%	4.70%	6.00%	5.49%	4.10%	4.15%	5.35%	4.51%	3.99%	3.63%
5	6.46%	5.84%	4.57%	4.20%	6.23%	5.58%	4.38%	4.38%	5.29%	4.44%	4.39%	3.82%
5	7.11%	7.19%	3.81%	5.29%	6.59%	8.55%	2.03%	4.01%	3.73%	6.32%	2.74%	4.13%
5	6.98%	6.21%	5.19%	4.75%	7.51%	5.89%	4.68%	4.58%	6.37%	5.26%	4.39%	4.06%
4	7.96%	6.12%	4.65%	4.35%	7.79%	4.51%	4.80%	4.36%	6.64%	4.60%	4.44%	4.39%
4	6.65%	5.76%	4.72%	4.42%	5.67%	5.75%	5.43%	5.06%	6.45%	5.95%	5.18%	4.74%
5	7.05%	6.52%	4.75%	4.34%	7.39%	6.09%	4.00%	4.06%	5.59%	4.53%	4.36%	3.86%
6	6.06%	5.95%	4.03%	3.68%	6.67%	4.34%	3.89%	3.65%	5.69%	4.41%	4.33%	3.63%
5	6.57%	5.80%	4.73%	4.39%	6.56%	5.71%	4.27%	4.33%	5.70%	4.71%	4.06%	3.83%
5	6.09%	5.38%	4.33%	3.78%	6.03%	4.84%	3.65%	3.63%	4.98%	4.32%	3.97%	3.72%
4	6.76%	5.64%	3.91%	3.62%	8.39%	6.69%	4.76%	4.15%	6.56%	5.08%	4.60%	3.98%
4	6.13%	6.25%	4.69%	4.15%	7.25%	5.18%	4.67%	4.32%	6.57%	4.95%	4.28%	4.21%
9	6.81%	5.23%	4.38%	4.48%	6.27%	4.61%	3.82%	4.43%	6.34%	5.08%	4.52%	4.08%
9	5.15%	4.58%	4.27%	3.79%	5.57%	4.68%	4.04%	4.06%	6.01%	5.68%	4.68%	4.33%
4	7.83%	6.27%	4.33%	4.25%	8.21%	5.09%	4.64%	4.19%	6.52%	5.06%	4.89%	4.37%
4	7.17%	6.37%	5.40%	5.02%	7.82%	6.85%	5.46%	5.62%	6.59%	5.84%	4.83%	4.35%

Merkintä	Selvitys
YR	Uunivaunun ylhäältä ja reunasta mitatut tulokset
YK	Uunivaunun ylhäältä ja keskeltä mitatut tulokset
KR	Uunivaunun keskeltä ja reunasta mitatut tulokset
KK	Uunivaunun keskeltä ja keskeltä mitatut tulokset
AR	Uunivaunun alhaalta ja reunasta mitatut tulokset
AK	Uunivaunun alhaalta ja keskeltä mitatut tulokset

Rasiat erottaa keskellä oleva musta viiva: viivan yläpuolella suuret ja alapuolella pienet rasiat uunin jälkeen. Mitä vihreämpi tulos, sitä lähempänä laskettua paistohäviötä. Pinkillä yli lasketun paistohäviön. Rasiat olivat usein ylipainoisia, joten pinkillä olevat eivät välttämättä tarkoita alipainoa.

P2:n rasiakohtaiset paistohäviöt uuneittain ja kerroksittain

Uuni	YR		YK		KR		KK		AR		AK	
5	7.70%	7.62%	6.08%	5.92%	8.37%	8.29%	7.59%	6.88%	8.15%	7.81%	6.81%	6.49%
5	8.11%	7.83%	6.06%	6.17%	8.68%	8.84%	6.00%	6.53%	8.80%	8.29%	6.62%	6.44%
5	6.31%	6.35%	4.82%	4.75%	7.04%	7.13%	4.67%	5.32%	7.79%	7.53%	6.17%	5.98%
5	8.35%	8.11%	6.33%	6.26%	8.28%	8.46%	5.89%	6.35%	8.45%	7.83%	6.29%	6.43%
6	7.25%	6.60%	5.21%	4.92%	7.34%	7.87%	5.38%	5.85%	7.19%	7.73%	5.48%	5.84%
6	7.60%	6.96%	5.03%	4.89%	8.21%	6.73%	5.16%	5.11%	7.65%	6.81%	5.37%	5.38%
5	6.96%	6.89%	5.05%	5.05%	7.65%	7.72%	5.14%	5.67%	7.67%	7.22%	5.26%	5.50%
5	6.76%	6.53%	4.71%	4.69%	8.07%	8.20%	5.49%	6.16%	8.35%	7.57%	6.01%	6.24%
4	8.92%	8.73%	5.92%	5.48%	9.51%	7.62%	6.14%	6.28%	8.75%	7.49%	6.14%	5.81%
4	8.41%	8.19%	6.32%	5.76%	9.64%	8.55%	6.11%	5.88%	8.72%	7.48%	6.06%	5.82%
4	7.32%	7.67%	5.28%	4.96%	8.17%	7.11%	5.37%	5.48%	7.44%	6.33%	5.11%	4.89%
4	7.80%	6.90%	5.09%	5.03%	8.24%	7.54%	4.91%	5.41%	7.47%	6.40%	4.94%	4.99%
6	6.73%	5.85%	4.18%	4.21%	7.41%	6.24%	4.76%	4.80%	7.17%	6.09%	4.89%	4.76%
6	7.48%	6.75%	5.49%	5.36%	8.04%	7.62%	5.09%	5.50%	7.47%	7.29%	5.09%	5.51%
1	5.08%	5.41%	3.57%	3.65%	5.71%	5.64%	3.27%	3.71%	6.83%	6.98%	4.62%	4.73%
1	4.69%	5.09%	3.41%	3.42%	5.07%	5.19%	3.11%	3.66%	6.09%	6.29%	4.51%	4.84%
4	4.39%	5.39%	2.52%	1.65%	6.49%	5.95%	5.06%	4.14%	5.18%	4.70%	3.39%	3.52%
4	6.99%	7.04%	5.09%	4.70%	8.06%	6.49%	5.79%	5.59%	7.51%	6.04%	5.39%	5.55%
6	5.00%	6.33%	4.76%	4.43%	6.48%	7.63%	5.97%	5.57%	6.04%	6.66%	5.74%	5.48%
4	6.02%	5.86%	4.64%	4.06%	6.90%	5.94%	5.58%	5.25%	6.49%	5.32%	4.89%	4.83%
4	6.73%	6.19%	5.17%	4.70%	7.89%	6.15%	5.41%	5.25%	6.78%	5.19%	5.06%	4.74%
6	7.38%	6.83%	5.37%	5.23%	8.10%	7.33%	5.97%	5.88%	6.97%	6.42%	6.42%	5.83%
6	8.30%	7.01%	5.93%	5.85%	7.76%	6.39%	5.70%	5.66%	7.58%	6.71%	5.79%	5.31%
4	9.45%	8.36%	6.54%	4.28%	7.94%	6.03%	5.85%	5.89%	7.69%	6.03%	5.51%	5.08%
5	7.57%	6.80%	5.61%	5.49%	9.47%	6.84%	5.62%	5.59%	7.58%	5.65%	5.49%	5.47%
7	7.32%	6.47%	5.22%	4.88%	7.07%	6.17%	5.04%	4.96%	6.46%	5.80%	5.78%	5.19%
6	7.18%	10.53%	7.46%	6.97%	9.91%	7.85%	7.18%	6.95%	8.35%	7.03%	7.11%	6.85%
6	8.46%	8.83%	6.46%	5.93%	8.65%	6.56%	6.06%	5.61%	8.29%	6.55%	7.11%	6.85%
6	6.14%	5.84%	4.36%	4.09%	6.80%	6.26%	4.64%	4.13%	5.59%	5.37%	5.01%	4.75%
6	7.10%	6.55%	5.04%	4.87%	7.51%	5.53%	5.75%	5.19%	6.35%	5.24%	4.85%	4.66%
6	7.03%	5.87%	5.22%	5.09%	7.53%	6.53%	5.36%	5.66%	6.23%	5.50%	5.15%	4.96%
6	7.28%	6.58%	5.33%	4.94%	7.61%	5.86%	5.14%	5.46%	6.74%	5.67%	5.19%	4.99%

Merkintä Selvennys

YR	Uunivaunun ylähäältä ja reunasta mitatut tulokset
YK	Uunivaunun ylhäältä ja keskeltä mitatut tulokset
KR	Uunivaunun keskeltä ja reunasta mitatut tulokset
KK	Uunivaunun keskeltä ja keskeltä mitatut tulokset
AR	Uunivaunun alhaalta ja reunasta mitatut tulokset
AK	Uunivaunun alhaalta ja keskeltä mitatut tulokset

Rasiat erottaa keskellä oleva musta viiva: viivan yläpuolella suuret ja alapuolella pienet rasiat uunin jälkeen. Mitä vihreämpi tulos, sitä lähempänä laskettua paistohäviötä. Pinkillä yli lasketun paistohäviön. Rasiat olivat usein ylipainoisia, joten pinkillä olevat eivät välttämättä tarkoita alipainoa.