

**HÄVIKIN KARTOITTAMINEN KOKOLIHAIKKELEIDEN  
VALMISTUKSESSA**



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Hämeenlinna, Bio- ja elintarviketekniikka

Kevät, 2018

Meri-Sisko Sulander

Bio- ja elintarviketekniikan koulutusohjelma  
Hämeenlinna

---

<b>Tekijä</b>	Meri-Sisko Sulander	<b>Vuosi</b> 2018
<b>Työn nimi</b>	Hävikin kartoittaminen kokolihaleikkeleiden valmistuksessa	
<b>Työn ohjaajat</b>	Markus Yli-Hemminki, Pekka Rantakylä	

---

## TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää ja vertailla erään lihajalosteita valmistavan yrityksen kokolihaleikkeleiden valmistuksessa syntyviä kypsennys- ja siivutushävikkejä sekä pohtia niiden vähentämiskeinoja. Aihe on tärkeä, koska hävikki vähentää yrityksen saantoa. Tuotteet valmistettiin kypsennystä lukuun ottamatta samalla tavalla. Toinen tuote kypsennettiin savusaunassa ja toinen höyrykaapissa sekä paahtouunissa. Kokeellinen osuus tehtiin yrityksessä punnituskokein. Työn teoriaosiossa käsiteltiin hävikkiä elintarviketeollisuudessa, kokolihaleikkeleiden valmistusta, lihan kypsennysvaikutuksia, savusaunakypsennystä ja polysyklisiä aromaattisia hiilivetyjä (PAH-yhdisteet).

Hävikin lisäksi opinnäytetyön tarkoituksena oli perehtyä PAH-yhdisteisiin, joita syntyy perinteisessä savustuksessa. Tiukentuneesta PAH-yhdistelainsäädännöstä johtuen tässä yrityksessä päätettiin muuttaa savusaunaprosessia ja selvittää muutoksen vaikutusta PAH-yhdisteiden ja kypsennyshävikin määriin. Muutoksen vaikutusta tutkittiin vertailemalla perinteistä ja muutettua savusaunatuotetta. PAH-näytteet tutkittiin ulkopuolisessa laboratoriossa.

Tutkimuksissa saatujen tulosten mukaan paahtotuotteella oli vähän suurempi painohäviö kuin perinteisellä savusaunatuotteella. Savustusmuutosten avulla kypsennyshävikkiä saatiin vähennettyä noin kaksi prosenttiyksikköä perinteiseen tapaan verrattuna. PAH-yhdisteiden osalta tuloksissa ei ollut juuri eroja. Suuremmalla otoskoolla tuloksista saataisiin tarkempia. PAH- ja kypsennyshävikkituloksia vertailtiin myös tilastollisin menetelmin, hypoteesitestauksella. Kaikilla tuotteilla oli siivutuksen jälkeen lähes samanlaiset saantotulokset, joista biojätteen osuus oli noin 1,5 prosenttia. Tutkimuksen perusteella voidaan sanoa, että muutettua menetelmää kannattaa jatkossakin hyödyntää.

**Avainsanat** Kypsennyshävikki, PAH-yhdisteet, lihavalmistus, savustaminen

**Sivut** 48 sivua, joista liitteitä 5 sivua

Degree Programme in Biotechnology and Food Engineering  
Hämeenlinna

---

<b>Author</b>	Meri-Sisko Sulander	<b>Year</b> 2018
<b>Subject</b>	Study of the Loss in Manufacturing of Sliced Meats	
<b>Supervisors</b>	Markus Yli-Hemminki, Pekka Rantakylä	

---

ABSTRACT

The purpose of this thesis was to examine and compare cooking losses and slicing the wastage of two cold cuts products of one meat sector company and consider how to reduce them. This subject is important, because wastage reduces company's yield. Both products were made in the same way but the cooking methods were different. One of the products was cooked in a smoke sauna and the other was steam cooked and roasted in the oven. The study was carried out by conducting weighing experiments. The theory part of the thesis discussed the wastage in food industry, the manufacturing of cold cuts, external-temperature influences in meat, smoke sauna cooking and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs).

In addition to wastages, the aim of the thesis was to get acquainted with PAHs, which are produced in a traditional smoke cooking. Because the legislation of PAHs was tightened up, the company decided to alter the smoke sauna method and to find out the effects of this change in PAH and cooking loss amounts. The results were studied to compare an altered and a traditional product. The PAH samples were analysed in an external laboratory.

According to the experimental results, a roasted product loses a little more weight than a traditional smoked product. Alteration in the smoking resulted approximately in two percentage unit smaller cooking loss than the traditional process. The differences between the quantities of PAHs were not statistically significant. Samples of PAHs should be taken more so that result would be more exact. The higher quantity of PAH sampling should be taken to achieve more exact and reliable results. Results from the traditional and altered methods were also compared with statistical hypothesis testing. In addition, before slicing the yield results of products were very similar, the amount of organic waste being about 1.5 percent. According to these observations the altered method is recommended to be utilized.

**Keywords** Cooking loss, PAHs, meat products, smoking.

**Pages** 48 pages including appendices 5 pages

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	RAAKA-AINEHÄVIKKI ELINTARVIKETEOLLISUUDESSA .....	2
2.1	Mikä aiheuttaa hävikkiä .....	2
2.2	Hävikin pienentäminen .....	3
3	KOKOLIHAIKKELEIDEN VALMISTUSPROSESSI.....	4
4	LIHAN KEMIA KYPSENNYKSESSÄ.....	6
4.1	Lihan rakenne .....	6
4.2	Lämmön siirtyminen elintarvikkeeseen .....	8
4.3	Lämmön vaikutus lihassa .....	8
4.4	Kypsennyshävikki .....	9
5	LIHAN KYPSENTÄMINEN SAVUSAUNASSA .....	11
5.1	Savusaunassa kypsentyminen eli palvaaminen .....	11
5.2	PAH-yhdisteet.....	13
5.3	PAH-yhdisteitä koskeva lainsäädäntö .....	14
6	TUTKIMUSMENETELMÄT JA KULKU .....	15
6.2	Keittäminen ja paahtaminen.....	17
6.3	Punnituksien toteutus.....	17
6.4	Uusintakoe saunatuotteilla .....	21
6.5	PAH-yhdisteiden analysointimenetelmä.....	22
7	TULOKSET .....	24
7.1	Painonmenetyksen tulokset kokeessa 1 .....	24
7.2	Painonmenetyksen tulokset kokeessa 2 .....	27
7.3	Siivutuksen saantotulokset .....	30
7.4	PAH-yhdisteet.....	31
8	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA .....	33
8.1	Paahto- ja perinteisen savusaunatuotteen hävikkien vertailu .....	33
8.2	Perinteisen ja muutetun savusaunatuotteen hävikkien vertailu.....	34
8.3	Hävikin ja 2. laadun vähentäminen siivutuksen osalta .....	36
8.4	PAH-yhdisteiden määrien vertailu savusaunatuotteissa .....	37
	LÄHTEET.....	40

## Liitteet

Liite 1	Kokeen 1. tulokset
Liite 2	PAH-yhdisteet, tulokset
Liite 3	Siivutuksen saantotulokset
Liite 4	Kokeen 2. tulokset

## 1 JOHDANTO

Hävikin seuraaminen on monella tapaa hyödyllistä yritykselle, sillä hävikki vaikuttaa yrityksen tulokseen alentavasti. Hävikin vähentäminen on toisaalta saannon lisäämistä. Kaikkein hävikkiin ei voida vaikuttaa, mutta siihen osaan, johon voidaan, on tärkeää puuttua. Hävikin minimoiminen on parhaimmillaan uusien tuotteiden ja prosessien keksimistä ja yrityksen toiminnan kehittämistä uudelle tasolle. Nykypäivänä kaikenlaisten tuotteiden tuotannosta aiheutuviin sivuvirtoihin pyritään kehittämään jokin jatkojalostus, jotta saadaan minimoitua jätteen määrä. Mikäli yritys ei itse pysty sivuvirtaa jalostamaan, voi sen esimerkiksi myydä toiselle yritykselle, joka pystyy sen hyödyntämään.

Toinen tärkeä osa tätä työtä ovat PAH-yhdisteet eli polysykliset aromaattiset hiilivedyt. Vuosina 2012 ja 2014 Euroopan Unioni tiukensi lainsäädäntöä koskien PAH-yhdisteiden määriä elintarvikkeissa. Vuonna 2017 Suomi haki poikkeuslupaa perinteisen savusaunakypsennyksen säilyttämiseen, koska uusiin rajoihin perinteisellä savusaunakypsennysmenetelmällä on vaikea päästä. Poikkeuslupaa ennen savustettujen tuotteiden valmistajat ovat velvollisia tekemään muutoksia toimintatapoihinsa, jotta PAH-yhdisteiden määrät saadaan lainsäädännön vaatimiin rajoihin.

Työ tehtiin lihajalosteita valmistavalle yritykselle. Tätä opinnäytetyötä aloitettaessa yrityksellä oli tavoitteena saada tietoa kahden kokolihaleikketuotteen valmistuksessa syntyvistä kypsennys- ja siivutushävikeistä. Nämä kaksi tuotetta valmistetaan samalla tavalla kypsennystä lukuun ottamatta, jolloin tarkoituksena on vertailla tuotteiden hävikkejä keskenään. Kypsennysmenetelminä ovat savusauna- ja höyrykaappikypsennys ja paahtaminen. Kypsennyshävikkiä ei pysty kokonaan välttämään, mutta sen määrää voidaan vähentää esimerkiksi prosessimuutoksella, jota tämän työn aikana kokeiltiin. Saunan kypsennysmenetelmän muutoksella on myös tarkoitus selvittää mahdollinen vaikutus hävikin ja PAH-yhdisteiden määrään lopputuotteessa. Tarkoituksena on myös vertailla keskenään saatuja tuloksia ja pohtia mahdollisia keinoja hävikin ja PAH-yhdisteiden määrän vähentämiseen. Tutkimus toteutetaan tehtaalla punnituskokeina. PAH-yhdistenäytteet lähetetään tutkittaviksi ulkopuoliseen laboratorioon, josta saatuja tuloksia analysoidaan tässä työssä. PAH-yhdistemäärät selvitetään käyttämällä kaasukromatografia ja massaspektrometriä.

## 2 RAAKA-AINEHÄVIKKI ELINTARVIKETEOLLISUUDESSA

Elintarvikkeiden prosessointi synnyttää monenlaista ruokajätettä. Ruokajätteestä suurin osa on väistämättä syntyvää ruokajätettä. Toinen osa on hävikkiä eli vältettävissä olevaa ruokajätettä, jonka määrään pystyttäisiin vaikuttamaan. Esimerkiksi elintarvikkeesta voidaan joutua poistamaan joi-takin syömäkelpoisia osia, jotta tuotteesta saadaan terveellisempi. Osa elintarvikkeen sivuvirroista voidaan hyödyntää jonkin toisen tuotteen tai eläinten rehun valmistuksessa. (Koivupuro 2010, 50.)

Ruokahävikkiä syntyy elintarvikeketjun kaikissa eri vaiheissa enemmän tai vähemmän. Hävikin aiheuttamat ympäristövaikutukset ovat sitä suurem-mat, mitä myöhäisemmässä vaiheessa elintarvikeketjua hävikki syntyy. Tästä johtuen kotitalouksissa ja ravitsemuspalveluissa syntyvällä hävikillä on suurimmat ympäristövaikutukset, koska hävikkiin menneet elintarvik-keet ovat ehtineet käymään läpi jo kaikki muut elintarvikeketjun vaiheet. (Koivupuro 2010, 50.)

Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksen (MTT) Foodspill 2010–2012 -hankkeessa tehdyn tutkimuksen mukaan, Suomen elintarviketeolli-suudessa syömäkelpoista ruokaa päätyy hävikkiin 75–140 miljoonaa kiloa vuodessa (taulukko 1). Tämä on noin kolme prosenttia tutkimuksessa mu-kana olleiden tuotteiden kokonaismäärästä. Ulkopuolelle rajatut sivuvirrat tarkastelluilla aloilla olivat hedelmien ja kasvien kuorinta- ja lajittelutäh-teet, teurastuksen sivutuotteet (veri, sisäelimet ja nahat) ja myllyteollisuu-den lese- ja kuorimassat, koska näiden syömäkelpoisen hävikin osuutta ei pystytty arvioimaan. (Silvennoinen 2012, 4.)

Taulukko 1. Elintarviketeollisuuden ruokahävikki (Silvennoinen 2012, 32)

Toimiala	Hävikin volyymi (milj. kg)	Keskimääräinen hävikkiprosentti
Liha- ja valmisruokateollisuus	11–14	2–2,5 %
Maitotaloustuotteiden valmistus	33–43	noin 3 %
Leipomotuotteiden valmistus	21–25	6,5–8 %
Muut toimialat	10–55	1–4,5 %
<b>Yhteensä</b>	<b>n. 75–140</b>	

### 2.1 Mikä aiheuttaa hävikkiä

Moni tekijä vaikuttaa ruokajätteen ja hävikin määrään. Näitä ovat esimer-kiksi prosessoitavien elintarvikkeiden ja prosessin tyyppi, tuotantomäärät ja prosessointilaitteet. Hävikit vaihtelevat todennäköisesti merkittävästi eri elintarviketeollisuusalojen välillä, koska elintarviketeollisuuteen kuuluu hyvinkin erilaisia tuotantoprosesseja. Merkittäviä eroja voi olla myös sa-malla alalla toimivien tuotantolaitosten välillä. Hävikin synty voi johtua muun muassa tuotantoprosessissa tapahtuvasta häiriöstä tai virheestä,

raaka-aineen pilaantumisesta, virheellisestä annostelusta tai huonosti toimivasta pakkauskoneesta. (Koivupuro 2010, 50.) Tuotannon hävikkiä syntyy myös aloitus- ja lopetusvaiheissa sekä tuotevaihdon yhteydessä. Epäkuranttien ja virheellisten tuotteiden lisäksi hävikkiä ovat myös esimerkiksi putkistoista huuhteina poistuvat tuotejäämät, taikinahävikki ja tuotannossa hylätyt raaka-aineet. (Silvennoinen 2012, 37.)

## 2.2 Hävikin pienentäminen

Elintarviketeollisuudessa pyritään vähentämään monin tavoin tuotannon ja tuotteiden vaikutusta ympäristöön. Valmistuksessa käytettävät raaka-aineet pyritään hyödyntämään mahdollisimman hyvin. Ruokia ja juomia valmistetaan suurissa erissä energiatehokkaasti, jotta raaka-ainehävikkiä syntyisi mahdollisimman vähän. Elintarviketehtaissa voi syntyä sekä sivuvirtoja, jotka voidaan hyödyntää muihin tuotteisiin, että ruuaksi kelpaamattomia sivuvirtoja, jotka voidaan käyttää toisen toimialan tuotantoprosessien raaka-aineena. Ylijääneet ainekset voidaan käyttää esimerkiksi lannoitteisiin ja eläinten rehuihin. Suurien valmistuserien vuoksi energiankulutus yhtä annosta kohti on erittäin paljon pienempi verrattuna kotikokkien annoksiin. Myös teollisuuden lämmön talteen ottaminen vähentää energiankulutusta. Teollisuus voi vaikuttaa koti- ja ammattikeittiöiden ruokahävikkiin pakkaamalla tuotteet sellaisiin pakkauksiin, jossa ne säilyvät pidempään. Myös pakkauksessa olevat säilytysohjeet auttavat kuluttajaa parantamaan tuotteen säilyvyyttä. (ETL n.d.)

MTT:n tekemän tutkimuksen (taulukko 1) mukaan erityisesti suurissa yrityksissä hävikistä merkittävä osa näyttää päätyvän eläinten rehun raaka-aineeksi. Kaikki hävikki, kuten pilaantunut ruoka, ei sovellu rehuksi. Muita hyötykäyttökohteita ovat biokaasunvalmistus ja kompostointi. Sekajätteen hävikkiä päätyy vain vähän. Osassa yrityksistä lähinnä laatuvirheellisiä tuotteita myydään henkilökunnalle myymälässä. Sen osuus ihmisravinnoksi päätyvän materiaalin kokonaisvolyymistä jää kuitenkin melko pieneksi. Tutkimuksessa hyvin edustettuina olivat Suomen selkeästi suurimmat toimialat eli liha- ja meijeriteollisuus, joiden osalta tutkimukseen saatiin kattavasti ja yksityiskohtaista tietoa hävikistä. Lisäksi mukana oli kaksi keskisuurta yritystä leipomoteollisuudesta. Muut toimialat -tulos perustuu arvioon, koska hävikin arviointi oli haasteellista. Tutkimusta tehtäessä huomattiin, ettei vastaavanlaisia tuloksia ole ennen saatu. Elintarviketeollisuuden hävikin selvittäminen kaipaisi siis jatkotutkimuksia, erityisesti hävikin määrien ja vähentämis- ja hyötykäyttömahdollisuuksien selvittämisestä. (Silvennoinen 2012, 32, 37.)

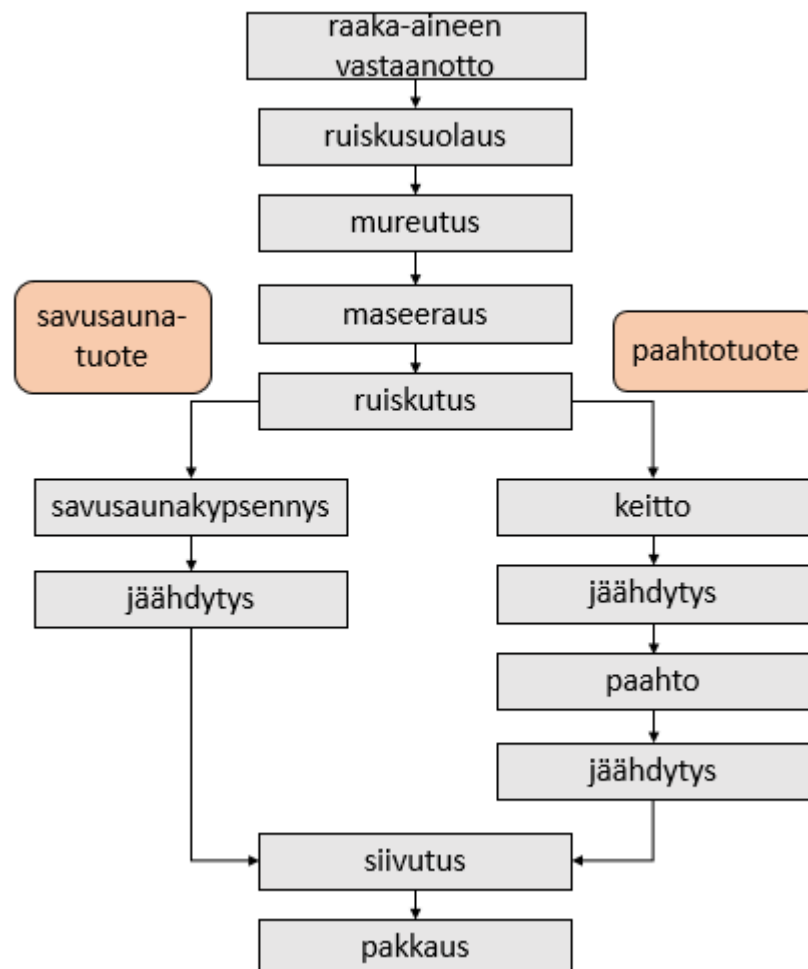
Tässä opinnäytetyössä keskitytään kahden kokolihalleikketuotteen raaka-ainehävikkiin kypsennyksen ja siivutuksen osalta. Kypsennyksessä syntyvä kypsennyshävikki eli painonmenetys on väistämätöntä, sillä kypsentyessään liha ei pysty pitämään kaikkea sitomaansa vettä enää sisällään, vaan vesi alkaa haihtua. Tällöin tuotteen paino laskee. Painon mene-

tykseen on mahdollista vaikuttaa prosessimuutoksilla. Siivutuksessa aiheutuvaa hävikkiä taas voidaan välttää osittain. Siivutuskoneen sahauksen aiheuttamaan ruokajätteeseen ei juuri pysty vaikuttamaan. Siivutuksessa ja pakkauksessa syntyy myös huonompilaatuista eli 2. laatuluokan tuotetta, joka käytetään yrityksessä palvirouheen valmistamiseen.

### 3 KOKOLIHAIKKELEIDEN VALMISTUSPROSESSI

Kokolihatuotteissa lihankudoksen rakenne säilyy rikkoutumatta, koska lihaa ei hienonnetta keittomakkaroiden tavoin. Tästä johtuen lihan ominaisuudet vaikuttavat lopputulokseen, erityisesti tuotteen ulkonäköön. Kokolihatuotteet valmistetaan yleisimmin sian ja naudan paisteista. Myös muut sianlihan osat käyvät, kuten lapa, niska, kylki tai lajitelmat (S-E ja S-0). (Yli-Hemminki 2010.)

Tässä opinnäytetyössä mukana on kaksi erilaista kokolihaleikketuotetta, jotka valmistetaan kypsennystä lukuun ottamatta samalla tavalla. Tällöin niistä voidaan esittää yhteinen valmistusta kuvaava lohkokaavio (kuva 1).



Kuva 1. Kokolihaleikketuotteiden valmistusprosessi.

Tuotteen valmistus alkaa liharaaka-aineen suolauksella. Suolausta varten valmistetaan suolalaukka, joka pääsääntöisesti sisältää vettä, suolaa, soke-ria, fosfaattia, nitriittiä ja askorbiiniyhdisteitä. Suolalaukka ruiskutetaan lihan sisään monineulasuolauksoneella. Lihat siirtyvät kuljettimen avulla kohtaan, jossa pumpulla suolalaukka painetaan neulaston kautta lihaan. Suolalaukan määrää voidaan helposti säätää neulapakan iskutiheyttä ja ruiskutuspainetta muuttamalla. Rakenteen ja vedensidonnan kannalta on tärkeää, että suolalaukka levittyy mahdollisimman tasaisesti lihaan. (Yli-Hemminki 2010; Saarela 2010, 95.)

Suolauksen jälkeen on mureutus, jossa pyritään vapauttamaan lihan proteiineja sitomaan vettä. Tämä voidaan tehdä veitsimureuttajalla, jossa pienet veitset viiltelevät lihaa vapauttaen proteiineja. Mureutus voidaan tehdä myös aktivaattorin avulla. Siinä suolatut lihat voidaan ohjata esimerkiksi kahden säädettävän telan välistä, eli ahtaan kohdan läpi, jolloin syntyy painetta, joka rikkoo lihasten proteiineja ja puristaa suolalaukan lihan proteiinirihmojen, filamenttien, väliin. (Yli-Hemminki 2010.)

Mureuttamisen jälkeen lihat maseerataan eli käsitellään mekaanisesti. Lihat laitetaan maseerausrumpuun, jonka seinässä on kiinteitä ohjaimia, jotka liikuttavat lihaa nostamalla. Rummun pyöriessä hitaasti, lihat putoavat toistensa päälle ja hiertyvät. Tämä muuttaa lihan rakennetta ja vapauttaa proteiineja. Lihojen lisäksi rumpuun laitetaan myös suolalaukkaa. Irronneen proteiinin ansiosta lihanpalat kiinnittyvät toisiinsa tiukasti kypsennyksen aikana. Irronnut proteiini lisää myös vedensidontaa. Maseeraus on tehtävä mahdollisimman lähellä 0 °C:ta sekä tyhjiössä. Tämä lämpötila on paras proteiinien liukoisuuden kannalta ja siksi, että mikrobien kasvu estyy melkein kokonaan. Tyhjiö taas estää vaahdon muodostumisen. Maseerausrumpu ei pyöri yhtäjaksoisesti, vaan ohjelma sisältää taukoja, jotka ovat niin sanottuja lepoaikoja. Lepoaikojen aikana annetaan veden rauhassa imeytyä proteiineihin. (Saarela 2010, 95; Yli-Hemminki 2010.)

Maseerauksen jälkeen lihat puristetaan koneellisesti eli ruiskutetaan teko-kuoreen esimerkiksi rei'itettyihin selluloosakuitusuoliin, jotka voidaan laittaa vielä muottiin tai verkkoon, jolloin saadaan erinäköisiä tuotteita. (Leino 2007, 85.) Tässä yrityksessä lihavalkuaismassa ruiskutetaan savunläpäisevään kuitusuoleen. Tämä tapahtuu koneellisesti niin, että koneen nostolaitteella lihat kaadetaan isosta astiasta, mollasta, ruiskutuskoneen suppiloon. Kone mittaa tilavuuteen perustuvan määrän massaa suoleen. Suoli on halkaisijaltaan 150 millimetriä ja yhden pötkön pituudeksi tulee noin 70 senttimetriä ja painoksi noin 12 kiloa. Kun tilavuus täyttyy, kone sulkee suolen alumiinikiinnikkeellä, klipsillä. Työntekijä ottaa ruiskutetun pötkön vastaan ja nostaa sen kypsennysvaunuun kypsytystä varten.

Kypsennyksessä savusaunatuote kypsennetään savusaunassa ja paahtotuote höyrykaapissa. Myöhemmin keittämisen jälkeen paahtotuote paahtetaan. Kypsennysvaiheet kummankin tuotteen osalta käsitellään luvussa 6 ”Tutkimusmenetelmät ja kulku” tavalla, jolla ne tehdään yrityksessä.

Kun tuotteet ovat jäähtyneet, ne voidaan viipaloida. Jos tuote on tarkoitus viipaloida, se tulee huomioida jo aikaisemmissa valmistusvaiheissa. Esimerkiksi ruiskutuksessa pötköjen tulisi olla mahdollisimman pitkiä ja läpimitaltaan tasalaatuisia. Näin siivutuksessa tulee vähemmän kantapaloja ja siivuista tulee oikean paksuisia, jolloin ne mahtuvat pakettiin niin kuin on suunniteltu. Ennen siivutusta lihapötköjä voidaan kohmettaa, jotta kovan pinnan ansiosta siivutuksesta saadaan tasalaatuisempaa. Hyvien laitteiden vuoksi kohmetus ei kuitenkaan aina ole välttämätöntä. (Yli-Hemminki 2010a.)

Lihapötköt kuoritaan ennen siivutusta. Sen jälkeen lihapötkö asetetaan siivutuskoneeseen, johon on säädetty haluttu siivunpaksuus ja lukumäärä pinnossa sekä terän pyörimisnopeus ja liukuhihnan nopeus. Siivuryhmät voidaan siivuttaa erilaisiksi ryhmiksi, kuten pinoiksi tai viuhkoiksi. Kun tehdään määräpainopakkauksia, siivutuskoneen jälkeen on vaaka, joka punnitsee siivupinot. Jos paino ei ole asetettujen raja-arvojen välissä, pino ohjataan eri hihnalle käsinpunnitukseen. Tavoitepaino säädetään siivujen lukumäärän ja paksuuden avulla. Siivut asetellaan pakkauskuppiin yleensä käsin, jonka jälkeen pakkauskone lisää suojakaasun ja sulkee saumat. Suojakaasupakkaus on vakuumpakkausta parempi vaihtoehto, koska tuote joutuu vakuumissa puristuksiin. (Yli-Hemminki 2010a.)

## 4 LIHAN KEMIA KYPSENNYKSESSÄ

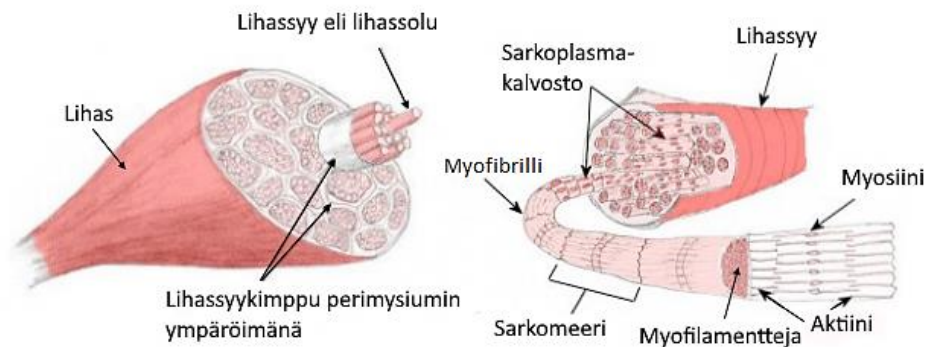
Ensisijaisena tavoitteena lihan kypsentämisessä on saada liha meheväksi ja mureaksi, jotta syöminen olisi helpompaa. Lisäksi kypsennyksellä taataan mikrobiologinen turvallisuus tuotteessa. Kypsennys vaikuttaa myös merkittävästi lihan makuun ja aromiin. (Lihatiedotus n.d.)

### 4.1 Lihan rakenne

Lihalla tarkoitetaan teuras- ja riistaeläinten lihaksia. Lihassa on vettä, rasvaa, proteiineja, hiilihydraatteja, kivennäisaineita ja vitamiineja. Koostumus vaihtelee eri lihalajien välillä hieman. Vesipitoisuus raa'assa lihassa on noin 75 prosenttia. Mitä vähemmän lihassa on rasvaa, sitä enemmän siinä on vettä. Tätä lihan sisällä olevaa vettä kutsutaan lihasnesteeksi, joka on pidähtäytyneenä lihaskudoksessa. Vain viisi prosenttia lihasnesteestä on sitoutunut proteiineihin. Lihalla on tällöin hyvä vedensidontakyky. (Parkkinen & Rautavirta 2013, 133–134.)

Kuvassa 2 (s. 7) on kuvattu lihaksen rakennetta. Lihas koostuu neljästä eri kudostyyppistä: lihaskudos, luukudos, sidekudos ja rasvakudos. Niiden määrä riippuu eläinlajista ja ruhonosasta. Lihaskudoksessa on lihassy-

kimppuja, joita ympäröivä sidekudoskalvo, perimysium, pitää koossa. Lihasyyt muodostuvat lihasnesteessä eli sarkoplasmassa olevista lihas-säikeistä eli myofibrilleistä, joissa on aktiini- ja myosiiniproteiineja. Kuitu-maisena rakenteena lihasyykimput näkyvät erityisesti kypsässä hajoa-vassa lihassa ja poikkisyin leikatussa lihassa. (Parkkinen & Rautavirta 2013, 135–136.)



Kuva 2. Lihaksen rakenne. (Virtual Sport Injury Clinic 2018, muokattu)

Myofibrillissä toistuu sarkomeeriksi kutsuttuja 2,5 mikrometrin pituisia yksiköitä. Nämä sarkomeerit lyhenevät lihaksen supistuessa ja kuolonkankeuden muodostuessa. Nämä saadaan aikaan aktiini- ja myosiiniproteiinien lomittaisella liikkumisella. Nämä proteiinit ovat lihan tärkeimmät proteiinit, koska ne vaikuttavat erityisesti lihan sitkeyteen ja lihasnesteeseen ja lisätyn veden sitoutumiseen. Lihän tärkein ja tavoitelluin laatuominaisuus on hyvä vedensidontakyky. Hyvän vedensidontakyvyn ansiosta arvokkaita ravinto- ja makuaineita ei valu hukkaan. Lihaskudos on siis kaikkein tärkein ja arvokkain teurasruhon kudostyypeistä. (Leino 2007, 24–25.)

Lihan proteiinit voidaan jakaa lihasnesteeseen liuenneisiin proteiineihin ja liukenemattomiin rakenteellisiin esimerkiksi lihasproteiineihin. Lihasproteiineja on kaikista proteiineista noin 50–55 prosenttia ja sarkoplasmasia, lihasnesteeseen proteiineja, noin 30–34 prosenttia. (Preedy 2015, 294.)

Sidekudosta lihassa on noin 0,2–5 prosenttia. Sitä on eniten niissä ruhonosissa, jotka ovat joutuneet kovaan rasitukseen, esimerkiksi etupään lihaksissa. Sidekudos muodostuu kahdesta proteiinityypistä: kollageenista ja elastaanista. Lihasten, lihasyykimppujen ja lihasyiden ympärillä oleva sidekudos sekä luiden ja rustojen side- ja rasvakudos ovat lähes kokonaan kollageenia. Rasvakudos muodostuu kollageenin lisäksi rasvasoluista. Rasvakudosta on lihasten sisällä ja välillä, nahan alla ja elinten ympärillä. Lihaksen sisälle kertynyttä rasvaa, niin sanottua kudostasvaa, sanotaan marmoroitumiseksi. Se antaa lihalle mehevyyttä ja makua. Lihasten välissä oleva rasva voidaan poistaa ennen jatkokäsittelyä. (Parkkinen & Rautavirta 2013, 136.)

Eläinruhon lihan ja rasvan määrään vaikuttaa luukudoksen määrä. Lihavan eläimen luupitoisuus on siis pienempi kuin laihan eläimen. Putkiluut sisältävät runsaasti makuaineita ja siksi niitä käytetään ruuanvalmistuksessa liemen tekoon. Muut luut aiheuttavat liemeen ei toivotun samentumisen. (Leino 2007, 27.)

#### 4.2 Lämmön siirtyminen elintarvikkeeseen

Lämmöllä kypsentämisessä on kyse liike-energian lisäämisestä ruuan rakennesosissa, atomeissa ja niistä koostuvissa molekyyliä. Tällöin ruuan lämpötila nousee ja näissä edellä mainitussa osissa alkaa tapahtua kemiallisia muutoksia. Lämpöenergian siirtyminen voi tapahtua lämpövirtauksen, johtumisen tai säteilemisen avulla. Yleensä kypsymisessä on kyse näiden kolmen yhdistelmästä. (Manninen 2016, 186.)

Lämpövirtauksessa lämpö siirtyy ruokaan yleensä lämpimän ilman, savun ja vesihöyryn seoksen avulla. Mitä lämpimämpää virtaava aine on ja mitä nopeammin virtaus etenee, sitä enemmän energiaa siirtyy. Lämpövirtausta hyödynnetään esimerkiksi kiertoilmauuneissa. (Manninen 2016, 186.)

Kun lämpöenergia siirtyy ruokaan johtumalla, niin silloin ruoka koskettaa sitä lämpimämpää pintaa. Tällöin ruuan hiukkaset alkavat värähdellä voimakkaammin ja liikuttavat vieressä olevia hiukkasia, tällöin nekin saavat lisää energiaa. Näin lämpöenergia siirtyy värähtelynä kohti kylmempää aluetta. Metallit johtaa hyvin lämpöä. Ruoka lämpenee hitaasti, koska sen sisällä on vettä, joka on huono lämmönjohde. Voidaan sanoa, että liha itse kypsentää suurimman osan lihasta johtumalla. Ensin lihan pinta lämpenee, jolloin lämpö siirtyy johtumalla lihan sisempiin osiin. Lihan lämpeneminen jatkuu vielä lämmittämisen loputtuakin juuri tästä syystä. (Manninen 2016, 187.)

Nopeimmin lämpö siirtyy säteilynä. Tällöin energia siirtyy sähkömagneettisena värähtelynä valonnopeudella paikasta toiseen. Säteily etenee hyvin läpinäkyvissä aineissa kuten ilmassa, mutta parhaiten eteneminen tapahtuu tyhjiössä. Esimerkiksi suoraan kuumien grillihiilien yläpuolella oleva liha kypsyy säteilyn ansiosta nopeasti, kun taas sivummalla olevan lihan kypsymiseen tarvitaan lämpövirtaus, jolloin kypsytminen on hitaampaa. (Manninen 2016, 187.)

#### 4.3 Lämmön vaikutus lihassa

Lämmöllä on suuri vaikutus esimerkiksi lihan väriin. Väri muuttuu punertavasta ruskean eri sävyihin, mikä riippuu eläinlajista ja lihastyyppistä. Väriin vaikuttaa lihan proteiinien rakenteen tuhoutuminen eli denaturoituminen. Kypsentyminen aiheuttaa myös pH:n nousua, mikä hidastaa proteiinien denaturoitumista. (Hui 2012, 96.)

Lämmön johtaminen lihaskudokseen aiheuttaa lihalle tyypillisen maun, rakenteen ja aromin, jolloin lämmöllä on suurin vaikutus lihan syömisen kannalta. Lämpö saa aikaan muutoksia lihassyyn myofibrillien proteiineissa ja sidekudoksessa, mikä taas vaikuttavat vedensidontakykyyn. Nämä kaikki edistävät valmiin tuotteen mehukkuutta ja rakennetta. Kun lämpötila on noin 40–50 °C, myosiini alkaa denaturoitua ja myofilamentit kutistua, jolloin liha alkaa sitkistyä. Lämpötilan noustessa 50–60 °C:seen lihan sitkiminen alkaa vähentyä. Kun lämpötila tästä jälleen nousee, liha alkaa taas sitkistyä. Aktiini alkaa denaturoitua, kun lämpötila on 70–80 °C. (Hui 2012, 184.) Lihaproteiinit voivat alkaa denaturoitua jo lämpötilan ylittäessä 25 °C tai alittaessa 0 °C (Lawrie 1998, 109).

Alussa liha sitkistyy, koska lihaskudosproteiinien denaturoituessa lihassytt kutistuvat sekä leveys- että pituussuunnassa ja vedensidontakyky laskee. Noin 60 °C:n vaiheilla liha alkaa mureutua sekä sidekudoksen kollageeni kutistua voimakkaasti, joka lisää sitkeyttä. Kun lämpötila on yli 65 °C:n, vedensidontakyky huononee merkittävästi ja sidekudoksen supistuminen työntää veden ulos lihassyistä. Lämpötilan noustessa kollageenisäikeet alkavat hajota ja proteiinit ovat täysin denaturoituneet sekä nesteiden poistumisesta johtuen painohäviö on suuri. Noin 85 °C:n vaiheilla kollageeni muuttuu gelatiiniksi ja sitkeys lisääntyy, kun lihassytt alkavat kuivua ja kovettua. Tällöin paljon sidekudosta sisältävä liha on parhaimmillaan. (Parkkinen & Rautavirta 2013, 142–143)

Kun ruoka-aineita paistaa ja paahtaa, muodostuu väriaineita. Maillardin reaktioksi kutsutussa väriaineiden muodostumisessa, värisävyt voivat vaihdella keltaisesta lähes mustaan. Samalla syntyy myös aromiaineita, joita muun muassa luonnehditaan pähkinäiseksi, paahtetuksi, paistetuksi ja karamellimaiseksi. Muodostuvien yhdisteiden laatuun ja määrään vaikuttavat lähtöaineet ja olosuhteet. Maillardin reaktiossa valkuaisaineet, aminohapot, peptidit ja reaktioherkät pelkistävät sokerit saavat aikaan monia erilaisia haihtuvia sekä värillisiä yhdisteitä. Yli 100 °C:n lämpötilassa reaktio kiihtyy. Väriä muodostuu sekä eläin- että kasvipärisissä elintarvikkeissa. (Parkkinen & Rautavirta 2013, 251–252)

#### 4.4 Kypsennyshävikki

Lihan kypsennyshävikillä tarkoitetaan nesteiden ja siihen liukenevien aineiden menettämistä eli niin sanottua haihtumista lihan kypsennysprosessin aikana. Lihateollisuuden kannalta kypsennyshävikki on kriittinen tekijä, koska sillä on suora vaikutus saantoon. Ravitsemuksellisessa mielessä kypsennyshävikistä johtuen lihasta poistuu tärkeitä proteiineja, vitamiineja ja ravinteita. (Pathare & Roskilly 2016, 438.) Kun lihalla on hyvä vedensidontakyky, arvokkaita maku- ja ravintoaineita ei valu hukkaan valmistuksessa. Tällöin hävikki jää pieneksi, mikä parantaa tuotteen valmistuksen kannattavuutta. (Leino 2007, 24.) Lisäksi vedensidontakyky vaikuttaa tuotteen mehukkuuteen. Huono vedensidontakyky tekee tuotteesta kuivan ja

mauttoman, koska liha menettää kypsennyksessä paljon vettä. (Ryynänen, Kaikkonen & Metsänvuori 1991, 28.) Kypsennyshävikki voidaan helposti laskea vähentämällä raa'an lihan painosta kypsän lihan paino (Pathare & Roskilly 2016, 438).

Vähärasvainen tuore liha sisältää noin 75 prosenttia vettä. Lihasta poistuu vettä haihtumisen, tihkumisen ja kypsentämisen seurauksena. Liha pystyy pidättämään oman vetensä lisäksi myös prosesseissa lisättyä vettä. Tätä kutsutaan vedensidontakyvyksi ja se on lihan eniten tutkittu ja tärkein laatu-kriteeri. Koska liha myydään painon mukaan, lihasnesteiden menetys vähentää lopputuotteen painoa ja siten pienentää tuottoa myynnistä. (Ryynänen ym. 1991, 28.)

Pieni osa lihaksen vedestä, eli noin 10 prosenttia, on sitoutunut kemiallisesti myofibrilleissa olevien proteiinirihmojen, myofilamenttien, väliseen tilaan. Myofilamenteista paksummat ovat pääasiassa myosiinia ja ohuemat aktiinia (kuva 2, sivu 7). Vain noin viisi prosenttia vedestä on sitoutunut hyvin tiukasti näihin lihasproteiineihin, sähköisten kemiallisten voimien avulla. Muu osa vedestä on heikosti myofilamenttien väliseen tilaan sitoutunutta vapaata vettä. Veden pidätyskyky huononee, jos filamenttien välinen tila pienenee. Kuumennettaessa lihaa, filamenttien välinen tila pienenee, jolloin vapaa vesi valuu pois. Vedensidontakyky vastaavasti paranee, kun filamenttien välinen tila suurenee. Erityisesti pH:lla on vaikutusta vedensidontakykyyn, joka on huonoimmillaan pH:n ollessa 5. Tällöin aktiini ja myosiini ovat hyvin lähellä toisiaan ja myofilamenttien nettovaraus on nolla. Tätä pH-arvoa sanotaan kyseessä olevien proteiinien isoelektriseksi pisteeksi. Vedensidontakyky paranee, kun pH nousee yli isoelektrisen pisteen. (Ryynänen ym. 1991, 2, 29.)

Lihavalmisteisiin lisättävällä suolalla on maun ja säilyvyyden parantamisen lisäksi vaikutusta vedensidontaan. Suola löysentää proteiinien rakennetta ja kasvattaa nettovarausta filamenttien välillä, jolloin filamenttien välinen tila suurenee. Maksimaalinen vedensidontakyky saavutetaan, kun suolapitoisuus on 4–5 prosenttia, jonka jälkeen vedensidontakyky heikkenee. Myös lihavalmisteisiin lisättävillä fosfaateilla on vedensidontakykyä parantavia vaikutuksia. Ne pienentävät happamuutta ja katkovat aktomyosiinin sidoksia, jotka estävät filamenttien liikkumisen kauemmaksi toisistaan. Fosfaatti ja suola yhdessä vaikuttavat merkittävästi vedensidontakyvyn paranemiseen. (Ryynänen ym. 1991, 32.)

Kun lämpötila on noin 40 °C, haihtuminen alkaa, jolloin kypsennyshävikkiä alkaa muodostua. Esimerkiksi sianlihalla, jonka pH on matala (noin 5.4) kypsennyshävikin muodostuminen alkaa jo noin 30 °C:ssa. Nopeinta haihtuminen on lämpötilan ollessa 50–70 °C:n välillä. Kypsennyshävikin kokonaisuus riippuu lämpötilasta ja lämmitysnopeudesta. Näiden lisäksi myös kypsennysaika vaikuttaa lihan fysikaalisiin ominaisuuksiin ja laatuun. (Pathare & Roskilly 2016, 438.)

Eräessä tutkimuksessa (Domínguez, Gómez, Fonseca ja Lorenzo 2014) oli tutkittu neljän eri kypsennysmenetelmän vaikutusta kypsennyshävikkiin. Menetelminä olivat grillaus, paahtaminen, paistaminen ja mikroaaltokuuminen. Tutkimuksen mukaan mikroaaltokuuminen aiheutti korkeimman hävikin. Tämä johtui korkeasta sähkökentästä, lyhyestä ajasta ja suuresta tehosta, jotka saivat aikaan proteiinien denaturoitumisen ja lämpöshokin, joka aiheutti nopean proteiinien hajoamisen ja poisti lopulta lihasta suuren määrän vettä ja rasvaa. (Pathare & Roskilly 2016, 438.)

Suurin osa lihasta syödään kypsennettynä, joten kypsennysprosessi on tärkeä mureuteen vaikuttava tekijä. Kypsennys vaikuttaa veden ja rasvan sitoutumisominaisuuksiin. Lämpömuutokset tapahtuvat lihasproteiineissa, mikä vaikuttaa suoraan tuotteen koostumukseen, kosteuteen, saantoon ja laatuun. Lämmön aiheuttamat rakennemuutokset aiheutuvat proteiinien entsymaattisesta hajoamisesta. (Pathare & Roskilly 2016, 438.)

## 5 LIHAN KYSENTÄMINEN SAVUSAUNASSA

Kypsennyksellä on tärkeä merkitys, sillä sen avulla lihasta saadaan syönteikelpoista. Kypsymisen seurauksena lihasta tulee mureaa ja hyvän makuista ja väristä. Kypsentämisellä on tärkeä merkitys myös mikrobiologisen laadun kannalta. Viileässä säilytetyssä lihassa on kylmää sietäviä bakteereja, joista suurin osa kuolee kypsennyksen vaikutuksesta. Kypsän lihan säilyvyyteen vaikuttaa olennaisesti jäähdytysnopeus ja mikrobisaastumisen estäminen. (Ryynänen ym. 1991, 34,38) Savulla on jonkin verran säilyvyyttä edistäviä vaikutuksia, sillä sen avulla lihassa olevat mikrobit kuolevat. Savustaminen lisää myös ruokaan hapettumista hidastavia antioksidantteja. Tärkein säilyvyyttä edistävä asia on kuitenkin veden haihtuminen, jolloin mikrobeille tärkeän ”aktiivisen veden” määrä vähenee. (Manninen 2016, 108.) Savustamiseen liittyy vahvasti myös PAH-yhdisteet, joihin tässä luvussa myös perehdytään.

### 5.1 Savusaunassa kypsentäminen eli palvaaminen

Saunapalvikinkun valmistus liittyy vahvasti suomalaiseen saunakulttuuriin, mikä erottaa sen muiden maiden savustetuista tuotteista. Alun perin satoja vuosia sitten lihaa kuivattiin savupirtin katonrajassa säilöntätarkoituksessa. Vähitellen liha savustui pirtin keskellä olevasta avovalkeasta. (Saunapalviyhdistys ry 2017, 4.)

Savustusmenetelmällä tehtävää kypsentämistä kutsutaan usein palvaamiseksi. Joidenkin mielestä vain perinteistä savusaunassa tai sitä vastaavissa olosuhteissa tehtävää kypsennystä voi kutsua palvaukseksi. Palvattavia elintarvikkeita ovat tyypillisesti kinkut, lampaanpaistit ja hirvenlihat. Aluksi lihat suolataan suolauksessa, joka voidaan tehdä ruiskuttamalla,

liottamalla tai niiden yhdistelmällä. Jopa yhden vuorokauden pituinen liuotussuolausaika voi riittää, sillä palvauksessa suolan imeytyminen jatkuu lämpötilan noustessa. Teollisuudessa nopein tapa on ruiskusuolaus, jossa suolalaukka ruiskutetaan neulojen avulla lihan sisälle. Palvaus onnistuu missä tahansa tilassa, johon voi johtaa palamisesta tulevaa savua. Myös tilan lämpötila pitää pystyä pitämään 70–100 °C:ssa. Tila voi olla savusauna, riihi tai palvausuuni. (Manninen 2016, 221–222.)

Suorasavustusmenetelmä tarkoittaa sitä, että savunlähde on savustustilassa eli perinteisesti saunan sisällä on kiuas, jota lämmitetään leppäpuulla, mikä muodostaa savua. Se taas johtaa lämpöä ympäröivään tilaan kypsentaen lihat. Perinteinen tapa tehdä saunapalvia eroaa valmistustavan ja tuotelaadun (maku, rakenne ja aromi) perusteella muista modernilla teknologialla savustus- ja keittokaapeissa valmistetuista tuotteista. (Saunapalviyhdistys ry 2017, 4, 7.)

Lihat voidaan palvata ripustettuina tai ritilälle ladottuina. Usein lihan ympärille laitetaan verkko, joka pitää lihan koossa. Jotta kypsymistä voidaan tarkkailla, työnnetään suurimpaan lihaan paistolämpömittarin anturi. Lihan kypsyyden kannalta riittävä ja sopiva loppulämpötila on 75 °C. Lihan koosta riippuen siihen päästään 100 °C:n lämpötilassa 1,5-2 vuorokaudessa. Palvauslämpötiloissa ei ole yhtä ja oikeaa tapaa. Jotkut haluavat pitää lämmön matalana, jotta rasva ei tihku ulos ja jotkut pitävät kovaa alkulämpöä ja löylynheittoa hyvänä. Löylynheitoilla saadaan lihan pintaan aikaan kuori, joka vähentää rasvan tihkumista ulos. Jos palvattavat lihat ovat suoraan tulisijan yläpuolella, täytyy lihojen alle laittaa rasvapelti, jotta rasva ei valu kiukaalle. Näin estetään käryävän rasvan savusta aiheutuvien haitallisten aineiden ja makuhaittojen syntyminen. Jokainen savustuskerta on aina hieman erilainen raaka-aineen, lämpötilan ja ajan suhteen. Näin ollen toista täysin samanlaista tapahtumaa on vaikea saada aikaiseksi. (Manninen 2016, 222–223.)

Savusaunaan saadaan lämpöä ja savua heittämällä tulisijaan kuivaa, mielellään kuoretonta harmaaleppää. Myös muiden lehtipuiden polttaminen on mahdollista, mutta lepän tuoma aromi on todettu parhaimmaksi. Havupuita ei suositella käytettäväksi niiden pihkaisuuden vuoksi, joka tuottaa palaessaan kitkerää savua. Koska lihan palvaaminen kestää vähintään vuorokauden on lämpötilan ja savun ylläpitämiseksi tulisijaan lisättävä puita pieninä erinä ja säädettävä ilmansaantia ja savuhormin vetoa. Monesti yön ajaksi savusaunan tilaa ei parannella, vaan vasta aamulla lisätään puita. Tällöin palvausaika saattaa vain vähän pidentyä lämpötilan ja savun määrän pudotessa. Savusaunan kuten myös muidenkin savustimien kaikki sisäpinnat mustuvat savun vaikutuksesta. Erityisesti kuorellinen puu lisää noen määrää. (Manninen 2016, 89, 223.)

Savussa olevat yhdisteet vaikuttavat myös elintarvikkeeseen. Maun lisäksi nämä yhdisteet reagoivat savustettavien ruokien sisältämiin yhdisteisiin tuottaen maun lisäksi muihin ominaisuuksiin vaikuttavia reaktiotuotteita.

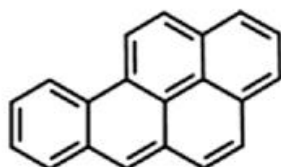
Olosuhteilla, kuten kosteudella, lämpötilalla, happamuudella ja paineella on aineiden lisäksi merkitystä reaktioihin. Esimerkiksi kuivapintainen elintarvike imee savua hitaammin kuin kosteapintainen ja siten myös muita palamisessa aiheutuvia aineita, kuten nokea ja tervaa sekä muita ei-toivotuja hiukkasia. (Manninen 2016, 191, 193.)

## 5.2 PAH-yhdisteet

Savustettujen ja kuivattujen tuotteiden kulutus on kasvanut. Samalla kasvaa myös mahdollisuus saada elintarvikkeista polysyklisiä aromaattisia hiihivetyjä eli PAH-yhdisteitä. Eläinkokeissa on todettu, että PAH-yhdisteet ovat karsinogeenisiä eli ne voivat aiheuttaa syöpää. Tästä johtuen on siis mahdollista, että ne aiheuttavat syöpää myös ihmisellä. Suomessa ihmiset saavat eniten PAH-yhdisteitä lihasta, lihavalmisteista, viljasta, kahvista ja teestä. (Ollikainen 2008, 84.) Luonnossa PAH-yhdisteet leviävät kaikkialle pieninä hiukkasina ilmakehän virtausten mukana, jolloin haitalliset aineet leviävät laajalle (Evira 2013b, 87). Ne ovat myös hyvin pysyviä kiinteitä aineita, jotka kerääntyvät vesistöjen sedimenttiin ja maaperään. (Karhi 2008.)

PAH-yhdisteitä muodostuu epätäydellisen palamisen seurauksena orgaanisen materiaalin kuten puun pyrolyysissä eli kuivatislautumisessa, metsäpaloissa, tulivuoren purkauksissa sekä teollisuuden prosesseissa ja ruuan valmistuksessa. Erityisesti ruuan paistaminen, paahtaminen, savustaminen, grillaaminen ja kuivaaminen altistavat ruuan PAH-yhdisteille. (Codex Alimentarius Commission 2009, 1.) Tupakoivat henkilöt saavat PAH-yhdisteitä kuitenkin paljon enemmän tupakasta kuin ruuasta (Karhi 2008). Epätäydellisessä palamisessa happea ei ole riittävästi, jolloin syntyy hiilimonoksidia eli häkää. Tällöin syntyy savukaasua, jossa on paljon hiukkasmaisia ja kaasumaisia yhdisteitä, esimerkiksi PAH-yhdisteitä. (Hartikainen 2015, 8.)

PAH-yhdisteet ovat vetyä ja hiiltä sisältäviä rasvaliukoisia yhdisteitä. PAH-yhdisteet koostuvat kahdesta tai useammasta yhteen liittyneestä bentseenirenkaasta. PAH-yhdisteitä on kymmeniä, mutta juuri elintarvikkeissa bentso(a)pyreeni (B(a)P) on niistä haitallisim ja tunnetuin (kuva 3). (Evira 2012, 2.)



Kuva 3. Bentso(a)pyreeni. (NPL 2015.)

Karsinogeeninen eli syöpään aiheuttava bentseenimolekyylä (aromaattisten yhdisteiden perusyhdiste) koostuu kuudesta hiiliatomista, jotka ovat asettuneet renkaaksi. Jokaiseen hiileen liittyy vetyatomi. Viidestä bentseenirenkaasta koostuva bentso(a)pyreeni (kuva 3, s. 13) on elintarvikkeessa yleisemmin esiintyvä karsinogeeninen PAH-yhdiste. Bentso(a)pyreenistä hapettuu ihmisen elimistössä dioliepoksidiä, joka aiheuttaa syöpää ja mutaatioita. Muita merkittäviä yhdisteitä ovat PAH4-yhdisteet, johon kuuluvat bentso(a)pyreenin lisäksi bentso(a)antraseeni, bentso(b)fluoranteeni ja kryseeni. (Manninen 2016, 103–104.)

Vuonna 2012 toteutettiin ”PAH-yhdisteet savustetuissa kalastustuotteissa ja lihavalmisteissa” – hanke valtakunnallisessa elintarvikevalvontaohjelmassa (EVO). Päätavoitteena oli savustettujen tuotteiden valvonnan tehostaminen ja uuden kiristyvän lainsäädännön tietoisuuden tuominen niin toimijoille kuin valvojillekin. Hankkeesta vastasi Elintarviketurvallisuusvirasto Evira ja mukana oli seitsemän liha-alan laitosta, joista kerättiin liha- ja kalanäytteitä yhteensä 142 kappaletta. Näytteistä määritettiin bentso(a)pyreenin ja PAH4-yhdisteiden pitoisuudet. Tutkittujen lihatuotteiden (62 kpl) bentso(a)pyreenipitoisuuden keskiarvoksi saatiin 2,2 µg/kg ja PAH4-yhdisteiden keskiarvoksi 11,3 µg/kg. Kalastustuotteissa (80 kpl) vastaavat keskiarvot olivat 0,7 µg/kg ja 3,9 µg/kg. Lainsäädännön (taulukko 2) ylittäviä arvoja todettiin neljässä lihavalmisteessa, jotka olivat valmistettu suorasavustusmenetelmää käyttäen. Kalastustuotteissa määrät olivat lainsäädännön mukaiset. (Evira 2012, 1.)

### 5.3 PAH-yhdisteitä koskeva lainsäädäntö

Euroopan elintarviketurvallisuusviranomaisen (EFSA) arvion mukaan pelkkä bentso(a)pyreenin määrä ei kerro riittävästi syöpävaarallisten PAH-yhdisteiden määrästä. Tästä syystä PAH4-yhdisteiden määrä tuotteessa on myös tiedettävä. Tästä johtuen PAH-yhdisteitä koskevaa lainsäädäntöä kiristettiin ensin 1.9.2012 ja myöhemmin 1.9.2014 (taulukko 2). (Evira 2012, 2–3.)

Taulukko 2. PAH-yhdisteiden sallitut enimmäismäärät savustetuille liha- ja kalatuotteille (Evira 2012, 3)

Sallittu enimmäismäärä savustetulle kalalle, lihalle ja näistä valmistetuille tuotteille	(µg/kg) Bentso(a) pyreeni	Summapitoisuus (µg/kg) bentso(a)pyreeni, kryseeni, bentso(a)antraseeni ja bentso(b)fluoranteeni
savustettu ennen 1.9.2012	5,0	-
savustettu 1.9.2012 – 31.8.2014	5,0	30,0
savustettu 1.9.2014 alkaen	2,0	12,0

Lainsäädännössä on asetettu enimmäismäärät PAH-yhdisteille. Laki koskee savustettujen liha- ja kalatuotteiden ohella myös suoraan elintarvikkeena tai elintarvikkeen ainesosana käytettyjä rasvoja, öljyjä, kaakaopuja ja simpukoita sekä lastenruokia ja äidinmaidonkorvikkeita. Jos toimijan toiminnassa on riski PAH-yhdisteiden muodostumiselle, täytyy PAH-yhdisteiden hallinta kuulua omavalvontaan. (Evira 2012, 3.)

Suomi on hakenut PAH-yhdisteiden enimmäismäärille Euroopan unionin komissiolta pysyvää poikkeuslupaa perinteisesti savustetuille lihoille ja lihatuotteille sekä pienille kaloille ja niistä valmistetuille kalatuotteille. Uudet enimmäismäärät näiden tuotteiden osalta olisivat seuraavat: bentso(a)pyreeni 5 µg/kg ja PAH4-summa 35 µg/kg. Tällöin näitä tuotteita saisi myydä ainoastaan kansallisesti. (Hannuksela & Syväniemi 2017.)

## 6 TUTKIMUSMENETELMÄT JA KULKU

Kypsennys- ja siivutushävikin selvittäminen tehtiin punnituskokeiden avulla. Yritys halusi selvittää kahden tuotteen kypsennyksen, jäähdytyksen ja siivutuksen aiheuttaman hävikin sekä näiden summan sekä vertailla vielä tuloksia keskenään. Kutsutaan tässä työssä tutkittavia tuotteita kypsennysmenetelmän mukaan savusaunatuotteeksi ja paahtotuotteeksi. Ensiksi suoritettiin rinnakkain punnitukset paahtotuotteen ja nykyisellä eli perinteisellä savusaunamenetelmällä kypsennetyn savusaunatuotteen osalta, koska nämä tuotteet valmistettiin samasta raaka-aine-erästä. Näiden tuotteiden kohdalla haluttiin kartoittaa ja sitten vertailla toisiinsa kypsennyksen ja siivutuksen aiheuttamaa hävikkiä. Viimeiseksi tehtiin punnituskokeita vielä uudestaan savusaunatuotteella, mutta tällä kertaa muutettiin saunan kypsennysprosessia, jonka jälkeen vertailtiin molempien eli muutetun ja perinteisen savusaunatuotteen tuloksia keskenään. PAH-yhdisteanalyysia varten otettiin kummastakin savusaunatuotteesta näyte aina kypsennyksen jälkeen.

### 6.1 Savusaunakypsennys

Savusauna (kuva 4, s. 16) lämmitetään polttamalla puita aluksi jonkin veran, jos sauna ei ole ollut edellisenä päivänä käytössä, koska kylmään saunaan ei laiteta tuotteita. Yrityksellä on kaksi savusaunaa, joista tässä tutkimuksessa käytettiin uudempaa. Saunaa hoitavat saunamiehet, jotka aina puolenpäivän aikaan täyttävät saunan lihavaunuilla. Saunaan tulevien vaunujen määrä riippuu tuotannosta. Molempiin saunoihin mahtuu 16 vaunua, mutta tutkimuksen aikaan eivät molemmat saunat ole aina käytössä. Jos tuotteet eivät mahdu yhteen saunaan, vaunut tasataan niin, että molemmissa saunoissa on lähes sama vaunumäärä. Vaunujen määrä vaikuttaa kosteuden määrään, koska vaunuissa olevista lihoista haihtuu vettä

kypsennyksen aikana ja mitä enemmän tuotteita on saunassa, sitä enemmän on myös vesihöyryä. Lämpötilamittari asetetaan kauimpana kiukaasta olevan vaunun yhteen lihapötköön. Savusaunaa kiertää lattian rajassa savuhormi, josta savu tulee tasaisesti koko tilaan. Myös kiukaan kivien lomasta tulee savua.



Kuva 4. Savusauna.

Saunoja lämmitetään metrisillä kuorellisilla leppähaloilla. Ensiksi saunan pesä täytetään haloilla puolilleen ja myöhemmin saunan sisälämpötilasta riippuen pesä täytetään taas puoleenväliin saakka. Pesää täytetään noin parin tunnin välein. Saunan lämmittämisen onnistuminen on osittain tuuripeliä, jolloin kokemuksella on tässä tärkeä merkitys. Kun lihan sisälämpötila on noin 63 °C, pellit laitetaan kiinni. Kun lihan sisälämpötila saavuttaa 75 °C, ajastin menee päälle, jolloin tuotteiden lämpötila pysyy kaksi tuntia 75 °C:ssa. Lihavaunut ovat saunassa noin 16 tuntia, jonka jälkeen seuraavana aamuna vaunut siirretään jäähdytyshuoneeseen. Jos sisälämpötila ei saavuta 75 °C:n tavoitelämpötilaa, niin lihat menevät jatkokypsytykseen höyrykaappiin.

Kun kaikki tutkimuksessa olleet paahto- ja perinteiset savusaunatuotteet saatiin kypsennettyä, aloitettiin koeosuus muutetulla savusaunakypsennyksellä. Yritys ei halua, että muutoksista kerrotaan tarkemmin.

Savusaunassa kypsennyksen onnistumiseen vaikuttaa monta muuttujaa, eikä prosessi ole milloinkaan täysin samanlainen edelliseen verrattuna. Lihavaunun sijainnilla on merkitystä, sillä mitä lähempänä kiuasta vaunu on, sitä kuumempi on lämpötila. Tässä tutkimuksessa molemmissa menetelmissä pyrittiin pitämään koevaunujen paikka saunassa aina samana, jolloin voitiin poistaa tai ainakin vähentää sijainnin tuomaa vaikutusta tuloksiin. Myös kosteudella on tietenkin suuri merkitys. Kokeessa saunat pyrittiin täyttämään aina melko täyteen eli 13–16 vaunua kerrallaan vaihtelun mimonimiseksi.

## 6.2 Keittäminen ja paahtaminen

Keittäminen tehdään höyrykeittokaapissa höyryn avulla. Periaate on lähes sama kuin saunassa, sillä myös siellä liha kypsyy lihoista tulevan höyryn avulla. Höyrykeittokaappiin johdetaan kuumaa vesihöyryä, joka nostaa kaapin lämpötilan noin 81 °C:seen. Tuotteet laitetaan kypsennysvaunussa keittokaappiin kaksi vaunua kerrallaan. Yhteen tuotteeseen laitetaan lämpötila-anturi, joka kertoo tuotteen sisälämpötilan. Tuotteet ovat kaapissa niin kauan, että sisälämpötila on noin 73 °C. Tähän kuluu aikaa noin kuusi tuntia. Tämän jälkeen tuotteet vedetään pois kaapista ja annetaan jäähtyä. Seuraavaksi tehdään toinen keitto, jossa tuotteen sisälämpötila nostetaan 75 °C:seen. Tällöin tuotteesta tulee ylikypsä ja murea. Tämä vie aikaa noin viisi tuntia. Toisen keiton jälkeen tuotteiden päälle suihkutetaan vettä hetken aikaa, sillä se helpottaa myöhemmin tuotteen pinnassa olevan kuitusuolen poistamista. Tämän jälkeen tuotteen annetaan jäähtyä.

Paahtamisen tarkoituksena on saada lihan pintaan kullanruskea väri. Tämä väri syntyy kuumassa lämpötilassa Maillardin reaktion ansiosta. Paahtaminen tehdään noin päivää tai kahta ennen siivutusta. Tuotteista kuoritaan kuitusuoli pois ja tuotteet siirretään paahtovaunuun, joka on hieman erilainen kuin kypsennysvaunu. Vaunu siirretään paahtokaappiin, jossa vaunu pyörii tasaisella nopeudella 220 °C:n lämpötilassa 20 minuuttia. Pyörivällä liikkeellä paahtojäljestä tulee tasaisen värinen. Tämän jälkeen vaunu vietään kylmään.

## 6.3 Punnitusten toteutus

Punnitukset toteutettiin normaalin tuotannon puitteissa. Koska paahtotuotetta valmistettiin harvemmin kuin savusaunatuotetta, päätettiin edetä paahtotuotteen valmistusrytmissä, jotta urakka selkiytyisi. Tämä oli oikeastaan ainoa vaihtoehto, koska tuotteita ei voida valmistaa enempää kuin on tilauksia. Eli aina, kun paahtotuotetta valmistettiin, niin valmistettiin myös savusaunatuotetta.

Yksi punnituskoe-erä koostui pääsääntöisesti kahdesta savusauna- ja kahdesta paahtotuotteesta. Koe-eriä päätettiin tehdä ainakin kolme, jonka jälkeen tilannetta arvioitiin katsomalla tulosten jakautumista. Jos hajonta oli suuri, niin otettiin lisää kokeita. PAH-yhdistenäytteitä otettiin kuitenkin vain kolme perinteisellä saunaprosessilla ja kolme muutetulla prosessilla.

Punnitukseen käytettiin kolmea isoa lattiavaakaa (kuva 5, s. 18), joiden avulla voitiin punnita vaunuja. Vaa'at sijaitsivat saunojen läheisyydessä, ruiskutus paikan lähellä ja kylmävarastossa. Vaa'at olivat tarkistettuja. Saunojen lähellä oleva vaaka näytti 200 gramman ja kylmävaraston ja ruikutushuoneen läheisyydessä vaaka antoi tuloksen 500 gramman tarkkuudella. Siivutuksen jälkeen punnittavat punnittiin pakkaamossa olevalla pienemmällä pöytävaa'alla (kuva 5), joka näytti tuloksen gramman tarkkuudella.



Kuva 5. Pöytävaaka ja lattiavaaka.

Tyhjät kypsennysvaunut punnittiin valmiiksi odottamaan ruiskutusta. Vaunut merkittiin koevaunuiksi, jotta ne eivät mene sekaisin muiden vaunujen kanssa. Ruiskutuksessa ensin ruiskutettiin paahtotuotetta kahteen vaunuun. Liha ruiskutettiin hengittävään ja savunläpäisevään kuitusuoleen ja näin syntyneen lihapötkön kone sulki automaattisesti molemmista päistä klipseillä. Ruiskuttaja laittoi lihapötköt viisikerroksiseen vaunuun, jolloin yhdessä vaunussa oli pääsääntöisesti noin 25–27 lihapötköä. Tämän jälkeen ruiskutettiin kaksi vaunua savusaunatuotetta. Täydet vaunut punnittiin vaa’alla, jonka jälkeen paahtotuotevaunut siirrettiin keittokaappiin ja savusaunatuotevaunut jäivät odottamaan keskipäivään, jolloin ne laitettiin saunaan. Koevaunut asetettiin saunaan aina samaan kohtaan oven lähelle. Seuraavana aamuna, kun tuotteet olivat saavuttaneet halutun lämpötilan eli 75 °C, vaunut siirrettiin jäähdytyskaappiin.

Seuraavana aamuna saunaan ja keitosta tulleet vaunut punnittiin (kuva 6, s. 19). Tällöin tuotteet olivat vielä höyryävän lämpimiä. Vaunut vietiin jäähdytymään jäähdytyskaappeihin, joissa oli puhaltimet. Puhallin oli ajastettu niin, että jäähdytys oli päällä niin kauan, kunnes jäähdytystilan lämpötila oli noin 1 °C. Tämän jälkeen sulatus meni päälle, jotta jäähdytystila ei jäättyisi. Jäähdytys vei noin vuorokauden, jonka jälkeen vaunut punnittiin uudelleen. Tässä vaiheessa voitiin laskea kypsennyksestä aiheutuva painonmenetyks. Savusaunatuote oli valmis siivutukseen kolmessa päivässä, mutta tosiasiaa vaunut odottelevat kylmiössä omaa vuoroaan vielä muutamia päiviä ennen siivutusta.



Kuva 6. Perinteisellä ja muutetulla menetelmällä valmistettu savusauna-tuote saunan jälkeen.

Kun paahtotuote (kuva 7) haluttiin siivuttaa, pyysi pakkaamon esimies uunimestä paahtamaan keitetyt lihapötköt. Tämä tapahtui yleensä paria vuorokautta ennen suunniteltua siivutusta. Tällöin paahtovaunut punnittiin etukäteen, jonka jälkeen uunimies kuori lihapötköistä kuitusuolen pois ja siirsi pötköt paahtovaunuun. Kuvassa 8 on kuorittu paahtotuote ja sama tuote paahtouunissa paahtamisen päätyttyä. Kun paahto oli valmis, punnittiin juuri paahtettu vaunu vaa'alla. Seuraavana päivänä punnittiin jäähtyneet vaunut. Tämän jälkeen voitiin laskea paahtamisesta aiheutuva painonmenetys. Paahtotuotteen saaminen siivutettavaan kuntoon vei nopeimmillaan siis noin viisi vuorokautta.



Kuva 7. Paahtotuote keiton jälkeen.



Kuva 8. Paahtotuote ennen ja jälkeen paahtamisen.

Siivutuspäivän aamuna vaunut punnittiin, jotta tiedetään mistä kilomäärästä siivutuksesta saadut tulokset vähennetään. Ennen siivutuksen alkamista työntekijöille kerrottiin kokeesta ja toimintamenetelmistä. Tämä tehtiin siksi, että koetilanne menisi siivutuksen osalta kuten oli suunniteltu. Tärkeintä oli, etteivät eri vaunujen tuotteet mene sekaisin ja näin ollen vääristä tutkimustuloksia. Jokaisen koevaunun jälkeen vaihdettiin uudet pussit roska-astiaan ja 2. laatuluokan laatikoihin, jotta voitiin ottaa painot juuri oikeista asioista. Roska-astiaan kerättiin kuitusuolet klipseineen, jotka punnittiin vain ensimmäisten vaunujen osalta. Myöhemmin voitiin laskea kuitusuolten paino pötköjen määrän avulla, joka jokaisen vaunun kohdalla otettiin myös ylös. Jokaisen koevaunun lopussa laskettiin pakattu pakettimäärä, joka vaunullisesta on saatu. Sitten kerättiin yhteen 2. laatu eli pötköjen päätypalat, siivutuskoneen pudottamat kantapalat ja hylätyt siivut ja punnittiin ne vaa'alla (kuvat 9–11).



Kuva 9. Lihapötköt kuoritaan ja päädyt leikataan ennen siivutusta.



Kuva 10. Siivutuksen jälkeen kone pudottaa kantapalan laatikkoon.



Kuva 11. Ennen pakkaamista, työntekijät tarkistavat tuotteen laadun ja heittävät huonot siivut laatikkoon.

#### 6.4 Uusintakoe saunatuotteilla

Alussa tehtävien kahden vaunun saunakokeissa tuloksien samankaltaisuuden vuoksi päätettiin tehdä uusintakoe (koe 2). Siinä seurattiin painonmenetystä koko saunaerällä (16 vaunua). Tämä tehtiin sekä perinteisellä että muunnetulla menetelmällä. Molemmissa saunoissa tuotteen tavoitelämpötila oli 75 °C. Koe toteutettiin yhdessä työntekijän, saunamiehen, kanssa.

Aluksi saunan vaunupaikat numeroitiin ja samat numerot merkittiin myös vaunuihin. Koska koe suoritettiin täydellä saunalla, oli mukana myös useita tuotteita. Pääsääntöisesti kaikki tuotteet olivat sikaa, mutta perinteisen menetelmän saunassa mukana oli myös kolme vaunua kalkkunaa. Ensin kaikki vaunut punnittiin tyhjänä ja aina sitä mukaa täysinäisinä kuin ne ruiskutuksesta valmistuivat. Saunamies siirsi vaunut oikeille paikoille numeroiden mukaan. Seuraavana aamuna heti, kun vaunut otettiin pois saunasta, ne punnittiin, minkä jälkeen ne vietiin jäähdytyskaappiin. Taas seuraavan aamuna jäähtyneet vaunut punnittiin uudelleen. Kaikki punnitukset tehtiin samalla saunan lähellä olevalla vaa'alla.

Yritys halusi tietää molempien erien vaunusta myös kylmiössä tapahtuvan painonmenetyksen, joten viimeinen paino vaunuista otettiin ennen tuotteiden käsittelyä (siivutusta, paloittelua ja rouhimista). Vaunujen ja tuotteiden suuren määrän ja erilaisten käyttöaikojen perusteella päädyttiin siihen, että pakkaamon työntekijät hoitavat punnituksen sitä mukaan, kun tuotteita tarvitaan. Tämä toteutettiin niin, että opinnäytetyöntekijä laati ohjeen ja taulukon, johon oli merkitty tarkat tiedot kaikista vaunuista. Työntekijöiden tehtäväksi jäi punnita vaunut ja merkitä tulokset ja päivämäärät taulukkoon oikeisiin kohtiin. Opinnäytetyöntekijä piti tätä varten myös lyhyen infon kaikille pakkaamon työntekijöille. Punnituksia helpotti se, että saunatuotteiden kylmiössä oli vaaka, jonka lähelle tulostaulukko ja ohjeet laitettiin.

## 6.5 PAH-yhdisteiden analysointimenetelmä

PAH-yhdistenäytteet otettiin savusaunatuotteista ensin perinteisen ja siten muutetun savusaunakypsennyksen jälkeen. Kummankin menetelmän tuotteesta näytteitä otettiin vähintään kolme kappaletta. Näyte otettiin kypsennysvaunun keskeltä olevasta lihapötköstä ja keskeltä pötköä. Näyte suljettiin vakuumpussiin ja lähetettiin kylmälaukussa analysoitavaksi ulkopuoliselle laboratoriolle. Tulosraportin mukaan menetelmänä käytettiin GC-MS-menetelmää (gas chromatography - mass spectrometer) eli kaasukromatografia ja massaspektrometriä.

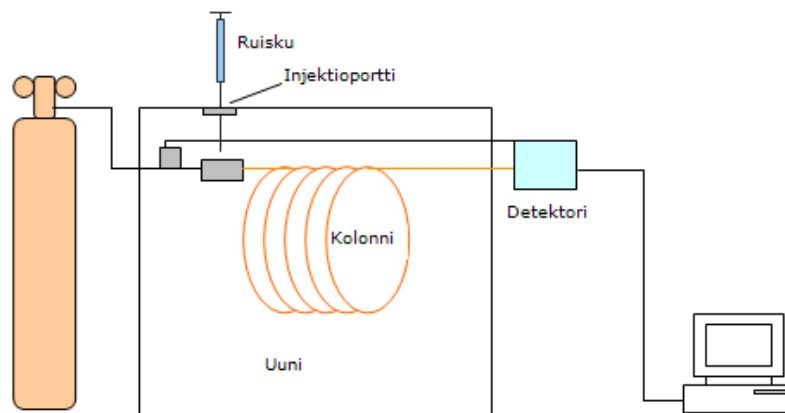
Nykyään on kaksi pääanalyysitekniikkaa, joiden avulla voidaan selvittää elintarvikkeista PAH-yhdisteiden määriä. Toisena tekniikkana on edellä mainittu GC-MS ja toinen on HPLC ja FLD (high performance liquid chromatography, fluorescence detector) eli suuren erotuskyvyn nestekromatografia, jonka yhteydessä käytetään fluoresenssi detektoria. Molemmat näistä menetelmistä on riittävän herkkiä määrittämään PAH-yhdisteiden määrän. (Alexander ym. 2008, 19.) Koska näytteet analysoitiin GC-MS-menetelmää käyttäen, tarkastellaan sitä seuraavaksi tarkemmin.

GC-MS-menetelmän avulla voidaan erottaa, tunnistaa ja kvantitoida kemikaalien monimutkaiset seokset. Tämä mahdollistaa esimerkiksi ympäristöstä löytyvien satojen pienimolekyylipainoisten yhdisteiden analysoinnin. GC-MS-menetelmää käytettäessä erotettavien yhdisteiden tulee olla riittävän haihtuvia ja lämpöstabiileita. Näytteet analysoidaan yleensä orgaanisina liuoksina, joten kiinteitä materiaaleja täytyy usein ensin liuotinuuttaa, jossa näytteen yhdisteet eristetään liuokseen. (Bull 2008.)

Kuvassa 12 (s. 23) näyteliuos ruiskutetaan GC-tuloaukkoon (injektioporttiin), jossa liuos ensin haihdutetaan ja pyyhkäistään kromatografiseen metallista valmistettuun pylvääseen (kolonniin) kantokaasulla, yleensä heliumilla. On tärkeää, että kantokaasu ei reagoi näytteen tai kolonnin kanssa, siksi helium on hyvä vaihtoehto. Tuloaukossa on korkea lämpötila, minkä takia näyteliuos haihtuu heti. Näyte virtaa kolonnin läpi ja tutkittavat yhdisteet erotetaan vuorovaikutuksen avulla, kun yhdisteet koskettavat kolonnin pintaa eli stationaarifaasia ja kantokaasua eli liikkuva faasia. (Bull 2008.)

Kolonnin pinnassa on materiaalina pääsääntöisesti neste, joka auttaa saavuttamaan maksimaalisen erotuskyvyn. Tehokkuus saavutetaan esimerkiksi sillä, että osa näytteen komponenteista liukenee stationaarifaasiin. Kolonnin läpi kulkevan näytteen erilaiset molekyyliominaisuudet vaikuttavat vuorovaikutukseen pinnan kanssa. Jos jokin aine ei tartu kolonniin, se liikkuu nopeasti kolonnin läpi. Kolonnin läpi kuljettuaan komponentit saapuvat ilmaisimelle, detektorille, joka huomaa yhdisteet ja tekee niistä signaalin. Signaalit näkyvät kromatogrammissa piikkeinä. Yhdisteen tunnistaminen perustuu jokaiselle yhdisteelle ominaiseen retentioaikaan, eli ai-

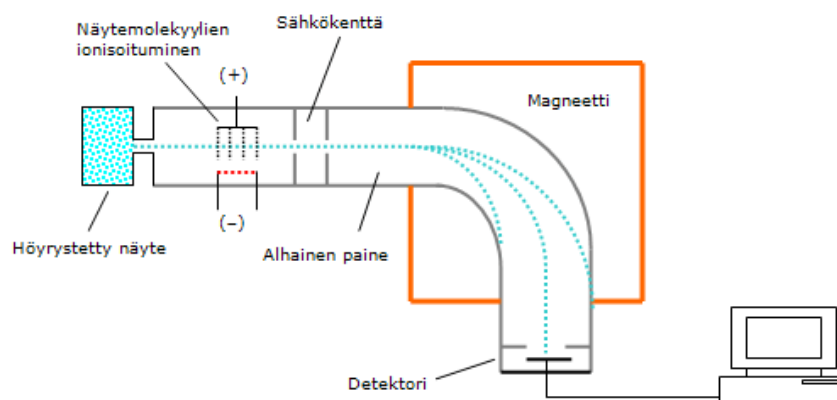
kaan, jonka yhdiste on kulkenut GC-kolonnissa. Piikin koko kertoo analysoitavan yhdisteen määrän. (Douglas n.d.; Eskeli, Hamara, Laukkanen, Lehtonen, Luoto, Vihavainen & Ylihärsilä n.d.)



Kuva 12. Kaasukromatografi. (Eskeli ym. n.d.)

Massaspektrometrin (kuva 13) toiminta perustuu varattujen hiukkasten toimintaan sähkö- ja magneettikentässä. Saman massan ja varauksen omaavat hiukkaset päätyvät samaan pisteeseen detektorille. Orgaanisia yhdisteitä tutkittaessa massaspektrometriin on liitetty usein kaasukromatografi, jossa yhdisteet voidaan erottaa tutkittavasta aineseksestä. Tällöin kaikille erotetuille yhdisteille voidaan muodostaa oma massaspektrometri. (Eskeli ym. n.d.)

Höyrytettyä näytettä pommitetaan elektronisuihkulla, jolloin joistakin näytteen molekyyleistä syntyy molekyyli-ioneja yhden tai useamman elektronin irrotessa. Jotkut molekyyleistä saattavat haljeta pienemmiksi osiksi. Seuraavaksi nämä muodostuneet ionit kiihdytetään ja kasataan kimppuksi sähkökentän avulla. Tämä kimppu ohjataan voimakkaan magneettikentän läpi. Tämän jälkeen raskaat ja kevyet ionit päätyvät eri kohtiin detektorille, joka kirjaa kaikkien ionien massan ja lukumäärän. (Eskeli ym. n.d.)



Kuva 13. Massaspektrometri. (Eskeli ym. n.d.)

## 7 TULOKSET

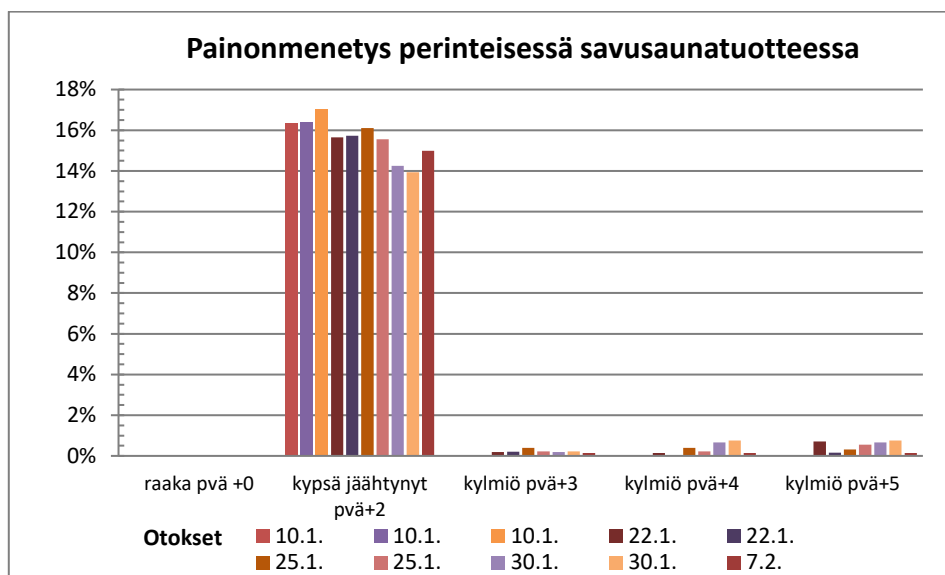
Kaikki tulokset koottiin Excel-taulukkoon. Jokaisesta hävikkituloksesta laskettiin prosenttiarvo vertaamalla tulosta raakapainoon. Prosenttiarvo kuvaa tulosta paremmin, sillä otokset olivat eri painoisia. Siivutuksen saantotulokset laskettiin ennen siivutusta mitattuun painoon verraten. Koska tutkimuksessa verrataan lukujen välisiä suhteita mittaamalla painoa ja määrää, mittaamisen tasoa kuvaavana asteikkona käytetään suhdeasteikkoa (Holopainen & Pulkkinen 2015, 16), joten tuloksista voitiin laskea monenlaisia tunnuslukuja, esimerkiksi keskiarvo ja keskihajonta. Keskihajonta kuvaa arvojen jakautumista keskiarvon ympärille. Mitä pienempi luku on, sitä pienempi on hajonta. Jokainen tuote (perinteinen saunatuote, muutettu saunatuote ja paahtotuote) muodostaa oman perusjoukkonsa, joista kustakin otettiin tietty määrä sattumanvaraisesti otettuja otoksia. Satunnaisesti otetut otannat pyrkivät kuvaamaan perusjoukkoa.

Kaikista tuloksista laskettiin Excelin avulla otoskeskiarvo ja -keskihajonta. Lisäksi tuloksista piirrettiin tuotekohtaiset kuvaajat ja keskiarvoja kuvaavat kuvaajat. Koska saunatuotteista tehtiin uusintakoe, käytetään ensin tehdystä kokeista nimeä ”koe 1” ja uusintakokeesta nimeä ”koe 2”.

### 7.1 Painonmenetyksen tulokset kokeessa 1

Aluksi tavoitteena oli kerätä otokset vähintään kolmesta erästä kahdella rinnakkaisella eli yhteensä kuusi vaunua per tuote. Muutamissa punnituskohdissa hajonta oli suuri, jolloin päätettiin lisätä otosten määrää. Savusaunatuotteesta otettiin enemmän otoksia kuin paahtotuotteesta, sillä kokeeseen otettiin mukaan myös ensimmäiset testimielessä otetut saunaan menneet vaunut (kuva 14, s. 25, otokset 10.1.). Myös aikatauluista johtuen kolmannen erän (otokset 25.1.) paahtotuote piti hylätä, kun painoja ei ehditty ottaa ennen kypsennystä. Samasta erästä saunaan menneiden vaunujen punnitukset päätettiin kuitenkin viedä loppuun asti.

Kuvassa 14 (s. 25) on painonmenetyks kuvattuna pylväsdiagrammin avulla kymmenestä otoksesta. Ensin on kypsennyksestä ja jäähdytyksestä aiheutuva ja lopuksi kylmiössä jatkunut painonmenetyks. Tulosten tarkat arvot ovat liitteessä 1.



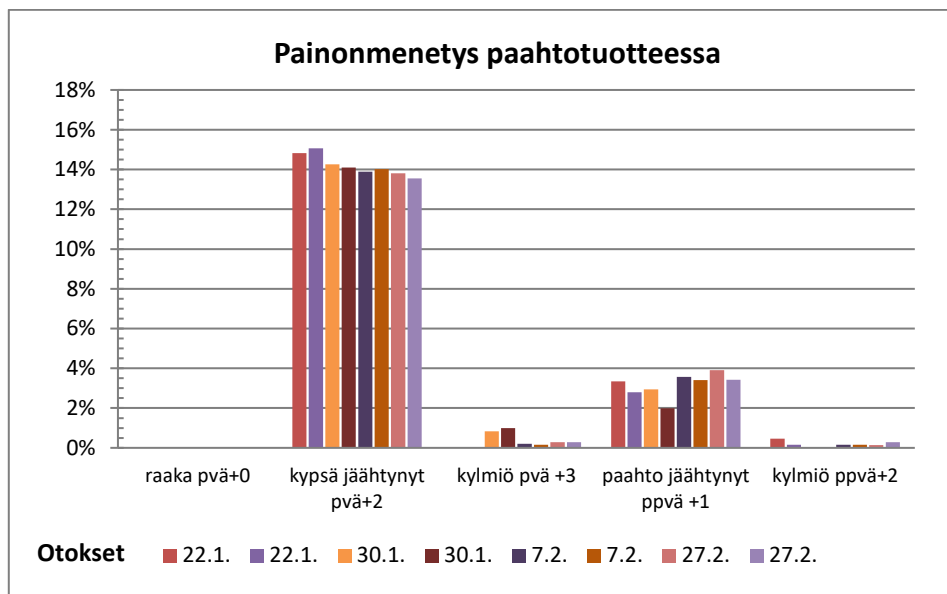
Kuva 14. Painonmenetys perinteisessä savusaunatuotteessa, kun pvä+0 on ruiskutuspäivä.

Heti kypsennyksen jälkeen otetuissa punnitustuloksissa oli suurempi hajonta kuin muissa painonmittauskohdissa, muuten painonmenetys näyttää noudattavan melko samaa linjaa. Huomioon täytyy ottaa, että otoksista, jotka on tehty 10.1, ei ole ollenkaan mitattu kylmiössä tapahtuvaa painonlaskua. Kypsän tuotteen painonmenetys vaihteli tuloksissa 9,2–12,6 %:n välillä heti saunasta otettaessa ja jäähtyneenä lopullinen menetys oli 13,9–17,0 % (kuva 14). Otoskeskihajonta tuloksissa oli tällöin 0,97 %. Ensimmäinen arvo voi vaihdella muun muassa sen mukaan, milloin vaunut on otettu pois saunasta, sillä punnitus tehtiin pääsääntöisesti kello 8–9 välillä. Toisinaan tuotteet olivat, saunamiehestä riippuen, otettu pois saunasta klo 5 ja välillä klo 8. Jäähtyneet tuotteet tuotiin kylmiöön odottelemaan siivutusta.

Kylmiössä varastoinnin aikana tuotteesta haihtui vettä kuivumisen seurauksena pieniä määriä. Tuloksissa tämä oli 0–0,75 % kunakin varastointipäivänä. Kylmiössä tehtyjen punnitusten osalta ei voida tietää kovin tarkkoja tuloksia, sillä vaaka punnitsi painot puolen kilogramman tarkkuudella, jolloin muutosta ei välttämättä sen takia tullut edelliseen päivää.

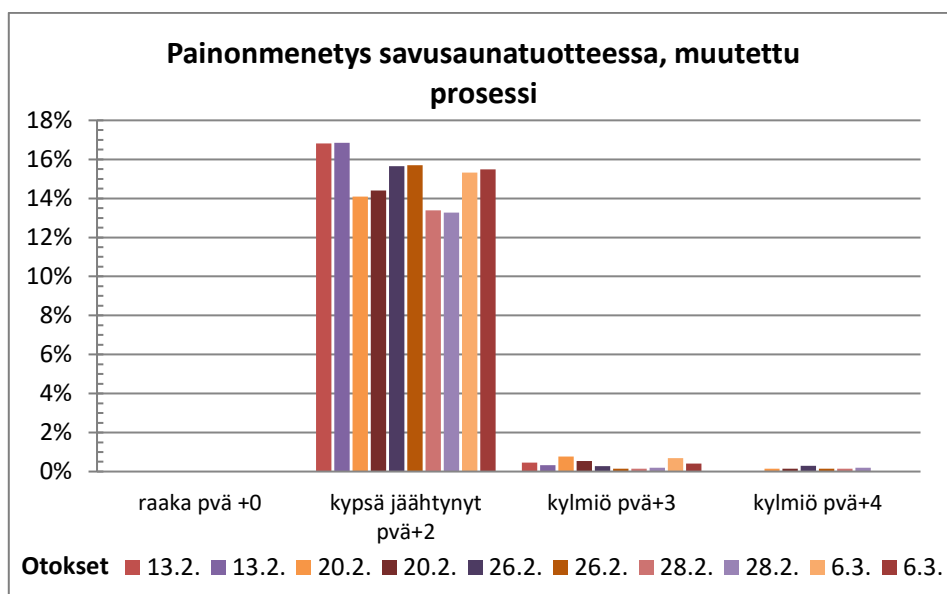
Paahtotuotteesta tehtiin samanlainen kuvaaja (kuva 15, s. 26) kuin savusaunatuotteesta. Tuloksissa oli tasaisesti hajontaa kaikissa mittauskohdissa. Heti keittämisen jälkeen, painonmenetys vaihteli 9,6–11,1 %:n välillä. Myös jäähdyttämisen aikainen painonmenetys oli 3,3–5 %, joten kokonaisuudessaan keittämisestä aiheutuva menetys oli noin 13,5–15 % (otoskeskihajonnan 0,55 %). Ennen paahtamista tuote saattoi olla 0–5 päivää kylmiössä, jonka aikana myös paino tippui hieman. Kuvaajaan on merkitty ensimmäinen kylmiöpäivä, koska siitä oli lähes kaikkien tuotteiden osalta tulos. Kylmiössä paino putosi noin 0,15–1,0 %. Seuraavaksi paino otettiin heti paahtamisen jälkeen. Tällöin tulos oli 0,9–2,5 %:n välillä. Tulosten mukaan paahtaminen aiheutti jäähtymisen jälkeen 0,59 %:n otoskeskihajonnalla 2–3,9 %:n painonmenetyksen. Paahtamisen jälkeen paino

putosi kylmiössä samassa suhteessa, kuin ennen paahattamista (vertaa kylmiö pvä+3 ja ppvä+2).



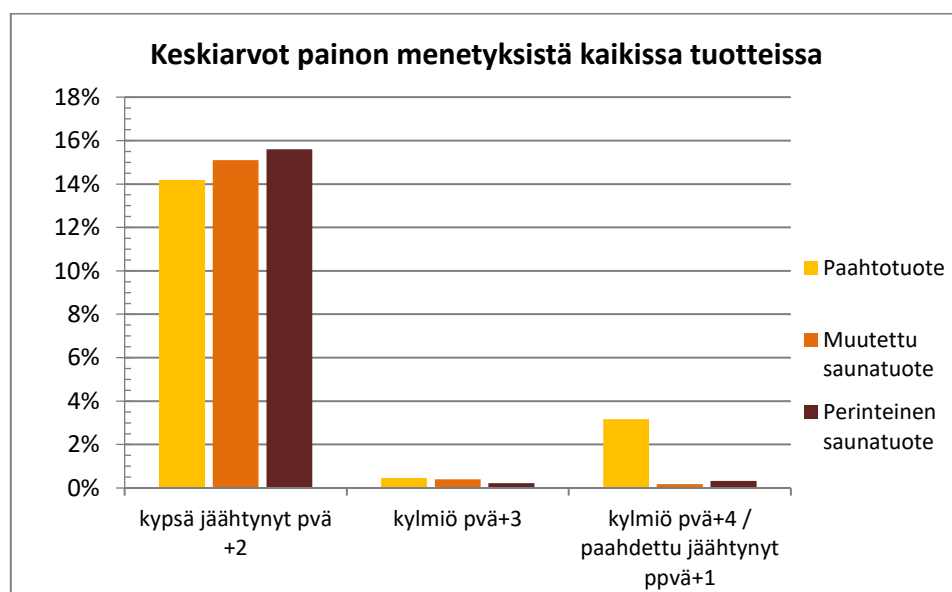
Kuva 15. Painonmenetys paahdotuotteessa, kun pvä+0 on ruiskutuspäivä ja ppvä+0 on paahtopäivä.

Seuraavassa kuvaajassa (kuva 16) on esitetty painonmenetys muutetulla saunaprosessilla. Kypsennyksen aiheuttamassa painonmenetyksessä on selvästi hajontaa. Tulokset vaihtelivat 13,3–16,9 %:n välillä otoskeskihajonnan ollessa 1,28 %. Kuvaajasta on huomattavissa, että rinnakkaisotoksissa tulokset ovat aika samanlaisia. Joka erän jälkeen tulos muuttuu noin kaksi prosenttiyksikköä suuntaan tai toiseen, vaikka kypsennysprosessi on kuitenkin suoritettu aina samalla tavalla.



Kuva 16. Painonmenetys muutetun menetelmän savusaunatuotteessa, kun pvä+0 on ruiskutuspäivä.

Kuvassa 17 on kuvattu edellä olevista tuloksista kaikille tuotteille laskettu keskiarvo. Kuvaajasta nähdään, että paahtotuotteella on matalin kypsennyksen aiheuttama painonmenetyksen keskiarvo eli 14,2 %. Korkeimman arvon sai perinteinen savusaunatuote, jossa tulos oli 15,6 %. Näiden kahden tuotteen väliin asettui muutetun menetelmän savusaunatuote, jonka tulokseksi tuli 15,1 %. Oletettavaa oli, että järjestys olisi tämä, mutta saunojen suhteen suuremmalla erolla. Tämän vuoksi päädyttiin tekemään uusintakoe, jotta tulos varmistuisi. Paahtaminen keskimäärin aiheutti noin 3,2 %:n painonmenetyksen, minkä seurauksena voidaan päätellä paahtotuotteesta lähteneen kokonaisuudessaan eniten painoa eli noin 17,4 %. Kylmiössä painonmenetyksellä ei tuotteiden osalta ollut juuri mitään eroa.



Kuva 17. Keskiarvot kaikista tuotteista, kun pvä+0 on ruiskutuspäivä ja ppvä+0 on paahtopäivä.

## 7.2 Painonmenetyksen tulokset kokeessa 2

Kokeen 2 tulokset on esitetty niin, että jokaisesta vaunusta (nro 1–16) on näytetty tulokset, heti saunan jälkeen kypsänä, jäähtyneenä ja yhteistulos koko kypsennyksen aiheuttamasta painonvähennyksestä. Lisäksi kaikki vaunut punnittiin ennen käsittelyä. Tarkat arvot tuloksista ovat liitteessä 4/1. Kokeessa 2 tuotekirjo oli laajempi, sillä mukana oli kaikkiaan kuusi tuotetta. Tuotteet oli ruiskutettu kuitusuoleen pötkömuotoon yhtä vaunua lukuun ottamatta, jossa tuote oli verkossa. Lisäksi mukana sianlihan lisäksi oli kalkkunaa, jota oli kolmessa vaunussa perinteisessä kypsennyksessä. Lisäksi erona on se, että kypsennykset tehtiin käytännöllisistä syistä eri saunoissa, jotka ovat kuitenkin sisältä ihan samanlaiset. Myös punnitusajankohdat olivat tarkemmat kuin kokeessa 1.

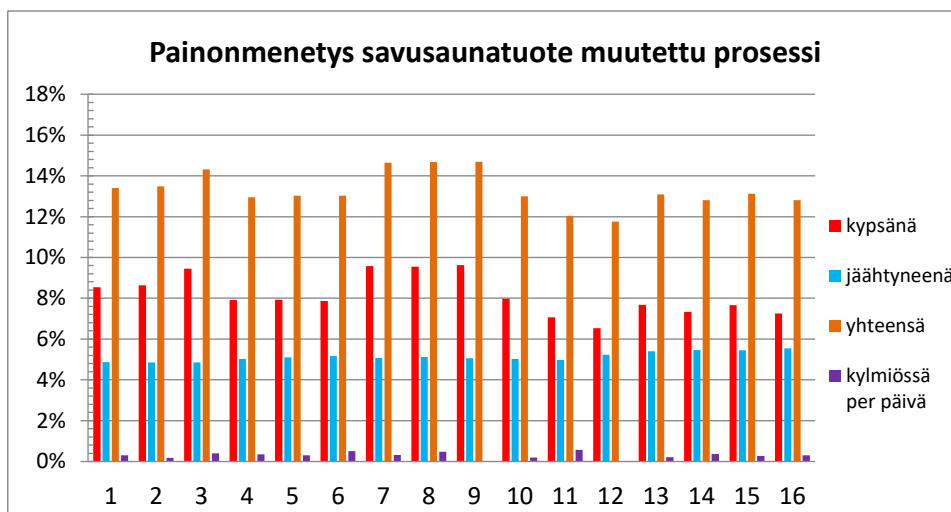
Koska vaunujen paikat saunoissa oli määritelty, pystyttiin laatimaan taulukko 3 (s. 28) vaunupaikan vaikutuksesta painonmenetykseen. Tästä kuvasta huomataan, että oletettavasti kuuman kiukaan läheisyydessä painoa

lähti tuotteista eniten. Voidaan havaita, että saunan vasemmassa etuosassa painoa on lähtenyt vähiten. Huomiota herättää heti perinteisen saunan vaunupaikat 1–3, joissa tulos poikkeaa selvästi muihin verrattuna. Syynä tähän on ainakin se, että näissä paikoissa vaunuissa oli kalkkunaa ja muissa sikaa. Kalkkunan tuloksia ei otettu laskuissa huomioon. Huomioitava on myös se, että ovi sijaitti paikkojen 16 ja 12 vieressä.

Taulukko 3. Painonmenetyksen jakautuminen saunoissa vaunujen (1–16) sijainnin mukaan.

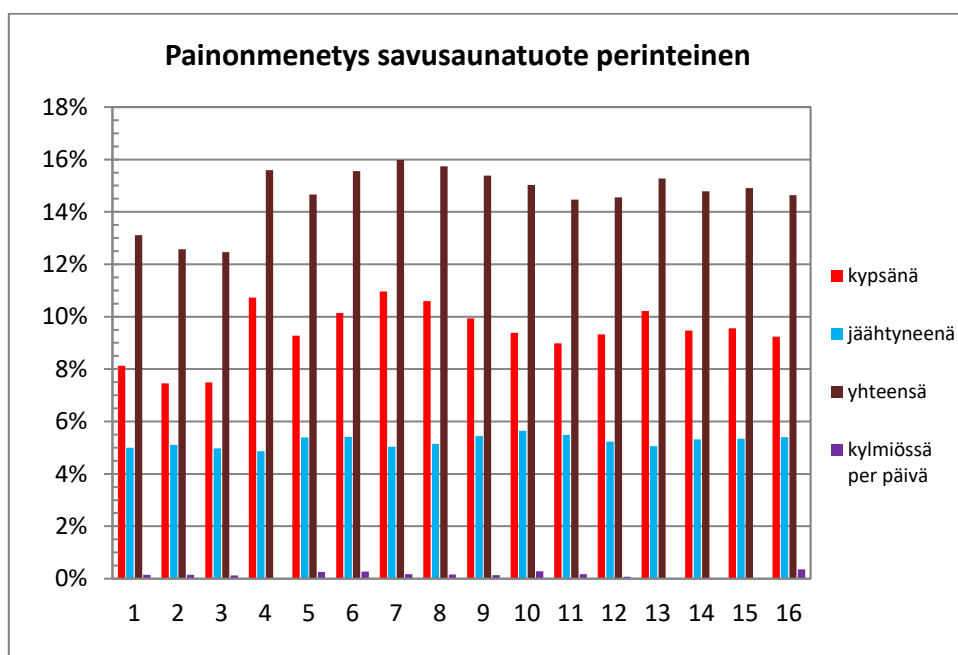
sauna			perinteinen			muutettu				
kiuas	7	1	kiuas	11,0 %	8,1 %	kiuas	9,6 %	8,5 %	6 %	
	8	2		10,6 %	7,5 %		9,5 %	8,6 %	7 %	
13	9	3		10,2 %	9,9 %	7,5 %	7,7 %	9,6 %	9,5 %	8 %
14	10	4		9,5 %	9,4 %	10,7 %	7,3 %	8,0 %	7,9 %	9 %
15	11	5		9,6 %	9,0 %	9,3 %	7,7 %	7,1 %	7,9 %	10 %
16	12	6		9,2 %	9,3 %	10,1 %	7,3 %	6,5 %	7,9 %	11 %

Alla oleva kuvaaja (kuva 18) kertoo, kuinka paljon painoa on lähtenyt jokaisesta vaunusta muutetun kypsennyksen aikana. "Kypsänä" tarkoittaa sitä, että paino on otettu heti saunan tyhjennyksen yhteydessä. Tuloksista on huomattavissa vaihtelua 6,5–9,6 %:n välillä 0,96 %:n otoskeskihajonnalla. Tämä voidaan päätellä jo edellisestä taulukosta (taulukko 3), jossa vaunun sijainti vaikutti jonkin verran painonmenetykseen. Sen sijaan jäädytyskaapissa painoa tippui todella tasaisesti kaikkien vaunujen osalta eli noin 5 % (otoskeskihajonta 0,22 %). Yhteensä painoa tuotteista lähti siis noin 11,8–14,7 %. Otoskeskihajonta oli tällöin 0,88 %. Viimeisenä tuloksena on määrä, jonka verran painoa lähti yhdessä päivässä kylmiössä. Tulos on saatu jakamalla kylmiössä koko varastointiajalla menetetty paino kylmiöpäivillä, joita oli 1–7. Tulokset vaihtelivat 0,2–0,6 %:n välillä (otoskeskihajonta 0,12 %). Vaunusta 9 ja 12 tulos jouduttiin hylkäämään, koska niissä paino oli pudonnut todella paljon päivien määrään nähden.



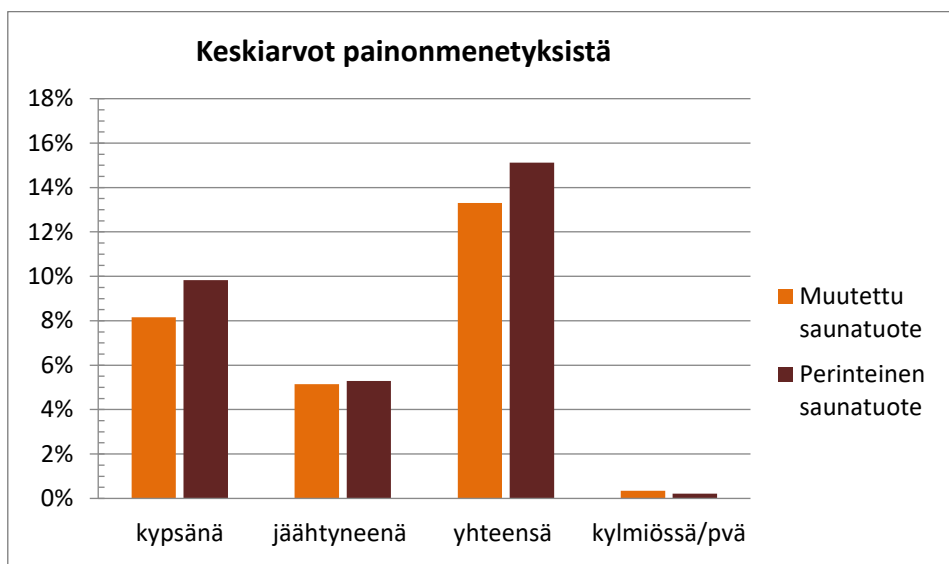
Kuva 18. Painonmenetys muutetun menetelmän savusaunatuotteella (otoksia 16 kpl).

Perinteisessä saunakypsennyksessä (kuva 19) sianlihasta tehdyistä tuotteista (vaunut 4–16) painoa putosi noin 14,5–16 %. Kalkkunasta, vaunut 1–3, painoa lähti noin 12,7 %. Hajonta (0,50 %) ei ollut niin suuri kuin muutettua menetelmää käytettäessä, joten lämpö saunassa on ollut aika tasainen kaikissa paikoissa. Heti saunan jälkeen otetuissa painoissa oli pientä hajontaa (0,64%) ja tulokset vaihtelivatkin 9,0–11,0 %:n välillä. Myöskään jäähtyminen ei tuottanut juuri eroja vaunujen välillä, vaan tulokset olivat samankaltaisia kuin muutetulla prosessilla eli noin 5 %. Lisäksi jokaisesta vaunusta otettiin paino ennen käyttöä, joka oli 0,1–0,4 %. Taulukkoon on merkitty myös kylmiössä tapahtuva painonmenetys yhtä kylmiöpäivää kohti. Kaikista vaunuista (4,13,14 ja 15) tulosta ei löydy, koska yhdessä tuloksessa paino oli lisääntynyt ja muutamassa laskenut todella paljon. Lisäksi vaunun 4. tuotteet käytettiin heti, joten kylmiöpäiviä ei kertynyt ollenkaan.



Kuva 19. Painonmenetys perinteisen menetelmän savusaunatuotteella (otoksia 16 kpl).

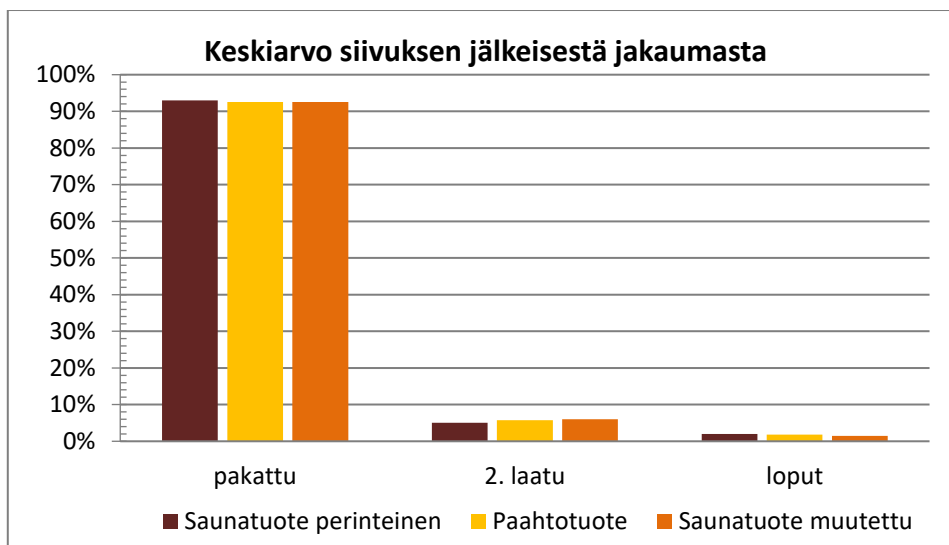
Kun molempien saunojen tuloksista otetaan keskiarvot, ”yhteensä”-tulokseksi saadaan perinteisellä menetelmällä 15,1 % ja muutetulla 13,3 % (kuva 20, s. 30). Huomataan, että perinteisen saunan tuotteista lähti kokonaisuudessaan noin 1,8 prosenttiyksikköä enemmän painoa pois. Keskiarvoissa on laskettu vain sianlihatuotteiden tulokset, koska kalkkunan tulokset poikkesivat merkittävästi muista tuloksista. Voidaan todeta myös kuvaajan perusteella että, jäähtymisen osalta tuloksissa ei ollut eroja.



Kuva 20. Saunatuotteiden keskiarvot painonmenetyksistä.

### 7.3 Siivutuksen saantotulokset

Siivutuksen saantotuloksiin (kuva 21) kuuluivat pakattujen tuotteiden ja 2. laadun osuus sekä loput mitä jäi jäljelle. ”Loput”-osuus koostui lähinnä biotähteestä. Tulokset on koottu liitteeseen 3. Pakattujen pakettien yhteenlaskettu paino on laskettu kertomalla pakattujen pakettien lukumäärä määräpainolla, eli 0,2 kilogrammalla. Lihan määrä paketeissa voi vaihdella +/- 4,5 %, joten kaikissa paketeissa ei ole juuri sitä 200 grammaa, jolla tulokset on laskettu. Mutta koska pakettien määrä vaunusta riippuen oli noin 1200–1400, voidaan olettaa painon keskiarvon olevan tuo 200 grammaa. Todennäköistä on myös se, että monessa paketissa on enemmänkin kuin 4,5 % ylimääräistä, jotta saadaan minimipaino vähintään täyteen. Tämä vaikuttaa pienentävästi ”loput” -osuuteen ja suurentavasti pakattuun kilomäärään.



Kuva 21. Siivutuksen saantotulosten keskiarvot kaikilla tuotteilla.

Siivutuskoneessa on vaaka, joka siirtää painohaarukkaan kuuluvat siivupinot liukuhinnan toiselle sivulle ja yli- tai alipainoiset toiselle. Kone toimi hyvin, joten selkeästi suurin osa painoista osui painohaarukkaa ja näin ollen voidaan ajatella yhteispainon olleen aika oikea. Kahdessa otoksessa tulokset näyttivät, että ”loppuja” ei olisi ollenkaan, mutta todellisuudessa siivutuksesta syntyy aina purua, joka jää koneen sisälle. Niin sanottu ”nollatulos” voi johtua tuosta pakettien painojen vaihtelusta. Loppujen osuus oli pääsääntöisesti 1–3 %:n välillä.

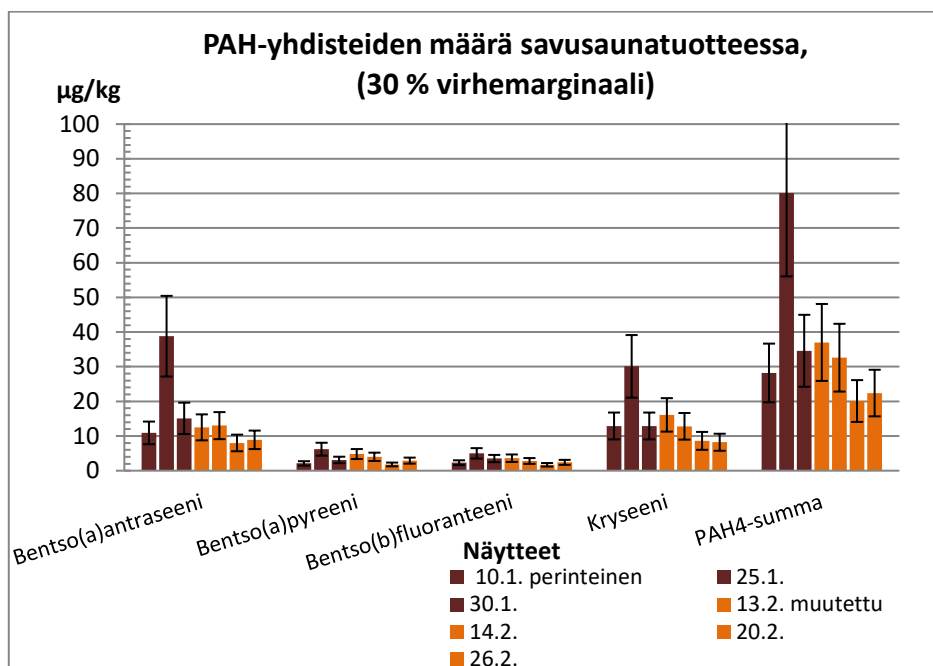
Pakettiin päätyi koko siivutettavasta määrästä paahto- ja muutetulla saunatuotteella noin 92,5 % (otoskeskihajonnat 2,11% ja 1,25 %) ja perinteisellä saunatuotteella 93 % (1,20 %). Paahtotuotteen osuuden määrä voisi olla suurempi, sillä kaikkiaan kolme lihapötköä, kolmessa eri vaunussa, irtosi siivutuskoneen pihdeistä, jolloin tuloksena oli paksuja siivuja. Nämä päätyivät suoraan 2. laatuun, jonka arvo oli siten korkeampi. Vastaavaa ei käynyt muiden tuotteiden kohdalla. Tämän voi päätellä myös paahtotuotteen poikkeavasta otoskeskihajonnasta saunatuotteisiin nähden.

Kakkoslaadun määrä on tarkka paino. Se on yhteismäärä, johon kuuluvat kaikki epäkurantit siivut, kantapalat ja päätypalat. Siinä on kaikki mitä voidaan jatkojalostaa rouheeksi. Kakkoslaadun määrä vaihteli perinteisessä saunatuotteessa 4,2–7,7 %:n, muunnetussa saunatuotteessa 4,9–8 %:n ja paahtotuotteessa 3,9–7,9 %:n välillä. Paahtotuotteella oli suurin keskihajonta (1,81 %), kun taas perinteisellä saunatuotteella se oli 1,29 % ja muunnetulla 1,07 %. Keskiarvot kaikkien tuotteiden osalta olivat perinteisellä 5%, muutetulla 6 % ja paahtolla 5,7 % (kuva 22).

#### 7.4 PAH-yhdisteet

PAH-yhdistenäytteitä otettiin kolme perinteisesti kypsennetystä savusaunatuotteesta. Kaikki näytteet olivat eri eristä ja näin ollen myös eri päivinä saunassa. Myöhemmin saunan prosessia muutettiin ja tällöin otettiin neljä näytettä samalla tapaa kuin perinteisessä kypsennyksessä. Kaikki tulokset on koottu liitteeseen 2.

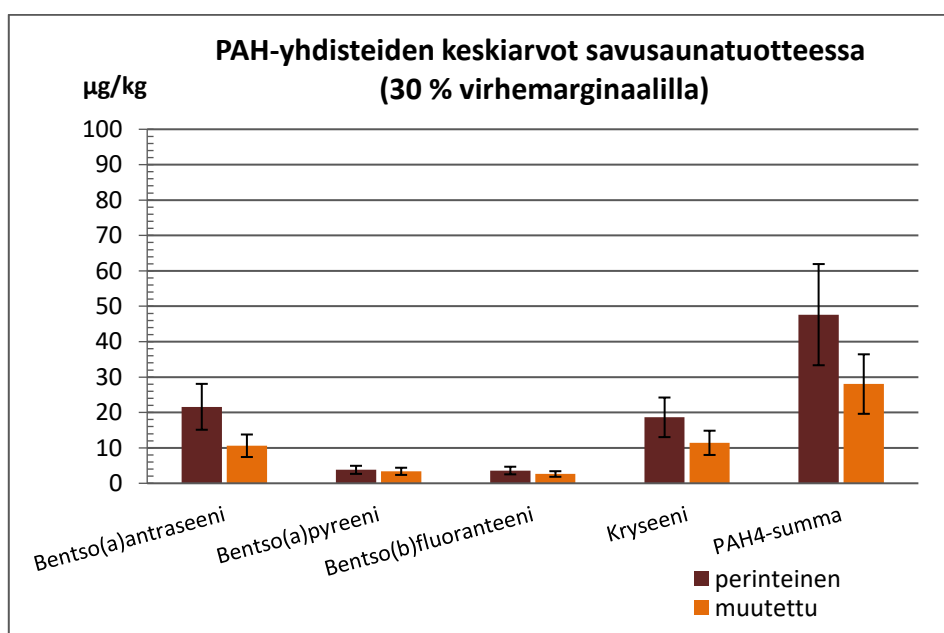
PAH-näytteistä selvitettiin bentso(a)antraseeni, bentso(a)pyreeni, bentso(b)fluoranteeni ja kryseeni sekä näiden neljän yhteismäärä eli PAH4-summa. Perinteisen saunan tuloksissa (kuva 22) oli vähän hajontaa eli kaksi samantapaista tulosta ja yhdessä arvot olivat selkeästi suurempia. EU:n raja-arvojen osalta merkityksellisimmät tulokset bentso(a)pyreenissä 6,2–2,1 µg/kg ja PAH4-summassa 80,1–28,2 µg/kg. Otoskeskihajonnat näissä olivat 2,14 % ja 28,3 %. Suuri hajonta voi johtua esimerkiksi etäisyydestä kiukaaseen nähden, sillä tarkkaa näytteenottoa paikkaa ei kovin tarkasti pysty määrittämään, vaikka vaunut aseteltiinkin suunnilleen samaan paikkaan saunassa joka kerta.



Kuva 22. PAH-yhdisteiden määrä savusaunatuotteissa.

Muunnetun savusaunamenetelmän tuloksissa (kuva 22) hajonta oli pienempää. Tulokset olivat bentso(a)pyreenissä 4,8–1,8 µg/kg ja PAH4-summassa 37–20,1 µg/kg otoskeskihajonnoilla 1,31 % ja 8,10 %. Oman sävynsä tuloksiin tuo noin 30 %:n virheen mahdollisuus.

Kuvassa 23 on esitetty keskiarvot molempien kypsennysmenetelmien osalta. Siitä voidaan päätellä, että perinteisessä menetelmässä arvot ovat korkeampia kuin muunnetussa. On otettava kuitenkin huomioon, että perinteisissä näytteissä ”25.1.”-näyte vaikuttaa voimakkaasti keskiarvoa nostavasti.



Kuva 23. PAH-yhdisteiden määrien keskiarvot savusaunatuotteissa

## 8 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Tässä luvussa käydään läpi tuloksia ja pohditaan syitä siihen, miksi ne ovat sellaisia kuin ovat. Muutamissa kohdissa tuloksia on analysoitu myös tilastollisesta näkökulmasta käyttämällä hypoteesitestiä. Sillä testataan hypoteesin eli perusjoukosta tehdyn oletuksen paikkansapitävyyttä. Testiä käytettiin muutetun ja perinteisen savusaunatuotteen kypsennyshävikkien ja PAH-yhdisteiden tulosten analysoinnissa.

### 8.1 Paahto- ja perinteisen savusaunatuotteen hävikkien vertailu

Ensimmäisen kokeen tarkoituksena oli erityisesti vertailla paahto- ja perinteisen savusaunatuotteen valmistuksessa syntyvää hävikkiä. Tulokseksi saatiin, että perinteisessä savusaunatuotteessa painoa häviää kypsennyksestä johtuen noin 15,6 % keskimäärin. Paahtotuotteesta taas paino putosi keittämisen jälkeen keskimäärin 14,2 % sekä paahtamisen jälkeen vielä noin 3,2 %. Kylmiössä päivittäinen painonmenetys molemmissa tuotteissa oli alle 0,5 %. Kaiken kaikkiaan tuloksien perusteella voidaan sanoa, että paahtotuotteesta lähti noin 1,8 prosenttiyksikköä enemmän painoa pois koko valmistusprosessien aikana.

Oletus oli, että perinteinen savusaunakypsennys aiheuttaisi suuremman painonmenetyksen kuin höyrykaappikypsennys. Tämä on selitettävissä ainakin sillä, että höyrykaapissa on enemmän kosteutta kuin saunassa, jolloin tuotteesta ei pääse haihtumaan vettä niin paljon kuin tilassa, jossa on vähemmän kosteutta. Myös kypsennysaika saunassa on muutaman tunnin pidempi. Lämpötila molemmissa tiloissa on ollut lähes sama eli noin 80 °C:ssa. Alun perin oli tarkoitus käyttää samoja valmistuseriä tuotteissa. Se ei aivan kokonaan toteutunut, joten raaka-aineiden tuomaa vaihtelua tuloksiin ei voida kokonaan sulkea pois.

Koska perinteisen saunan koetuloksissa oli hajontaa, pitäisi ottaa enemmän otoksia varmemman tuloksen saamiseksi. Hajonta johtui muun muassa saunan vaihtelevista olosuhteista, jolloin ei täysin samanlaista kypsennystilannetta saada välttämättä koskaan aikaiseksi. Saunassa kypsentyminen on osittain tuurista kiinni. Koska tutkimuksessa ei tehty muita määriä kuin painonmittauksia, ei voida tarkasti sanoa mitään esimerkiksi kosteuden osalta. Saunan lämmityksessä ei ollut myöskään mitään suuria eroja, sillä lämmityksestä vastasi vain yksi päivystäjä. Myös säällä on vaikutusta saunan olosuhteisiin. Kokeiden aikana oli pakkasta lähes koko ajan, joten ulkona oli melko kuiva ilma.

Keittämisen osalta olosuhteet olivat koko ajan samat, sillä kypsennys tehtiin keittokaapissa vakio-ohjelmalla. Tasaiset olosuhteet näkyivät myös tuloksissa. Myös paahtaminen tehtiin vakio-olosuhteissa, eikä näin ollen tuloksissakaan ei ollut mitään suurta hajontaa. Oletettiin, että ero tuotteiden välillä olisi ollut merkittävämpi, sillä keittokaapissa höyryn takia pitäisi olla

suurempi kosteus, jolloin kypsennyshävikki jää pieneksi. Saunassa taas kosteutta tulee pääosin siellä olevista tuotteista, mutta myös savussa on ilmasta ja puista peräisin olevaa kosteutta. Tutkimusta pitäisi jatkaa niin, että mitattaisiin myös kosteudet ja saunanlämpötilan kehitys koko kypsennyksen ajalta. Tällöin voitaisiin paremmin arvioida syitä tuloksille. Saunan lämpötilaa voisi seurata esimerkiksi siihen tarkoitettulla tallentimella, data-loggerilla, joka asetetaan mittaustilaan keräämään tietoa etukäteen asetetun ajan välein.

Leinon (2007, 87) mukaan höyrykypsennyksessä voisi olla mahdollista saada painohävikkiä pienennettyä käyttämällä niin sanottua delta-t -keittoa. Menetelmässä uunin ja tuotteet välinen lämpötilaero pidetään lähes samansuuruisena alusta loppuun saakka, niin että uunin lämpötila on esimerkiksi 20 °C suurempi kuin tuotteen lämpötila. Tällöin suurista lämpötilavaihteluista aiheutuvasta hävikistä päästäisiin eroon. Nopeaan lämpötilannostoon verrattuna, delta-t -keitossa keittoaika on hieman pidempi. Myös kylmiössä on huolehdittava oikeanlaisesta kosteudesta ja ilmavirrasta, jotta taataan tuotteen säilyvyys, mutta vältetään turhaa painonmenetystä.

## 8.2 Perinteisen ja muutetun savusaunatuotteen hävikkien vertailu

Tulosten vertailun lisäksi haluttiin vielä testata olettamuksen todenperäisyyttä tilastollisten menetelmien avulla. Olettamuksena oli, että muutetulla prosessilla olisi alentava vaikutus painohävikin suhteen. Menetelmänä käytettiin Holopaisen ja Pulkkisen (2015, 155, 187) mainitsemaa hypoteesitestausta eli tässä tapauksessa ”kahden riippumattoman otoksen keskiarvojen vertailua t-testin avulla”-testausta. Tämä testi valittiin siitä syystä, että otoskoko  $n$  oli pieni. T-testillä tarkoitetaan Studentin t-testiä. Studentin t-testiä käytettäessä käytetään myös Studentin t-jakaumaa normaalijakauman eli Gaussin käyrän sijasta. Testin avulla tuloksia voidaan vertailla, kun tiedetään ostoksen estimaattorit eli otoskoko  $n$ , ostoskeskihajonta  $s$  ja keskiarvo  $x$ . Testiä käytettäessä oletuksena on, satunnaisuuttujan (tässä: kypsennyshävikki) keskihajonnat molemmissa perusjoukoissa (tässä: muutettu ja perinteinen saunatuote) ovat samat ( $\sigma_1 = \sigma_2$ ). ”Kahden riippumattoman otoksen keskiarvojen vertailua t-testin avulla” – testiä käytettäessä lasketaan testisuure  $t$  seuraavasti:

$$s^2 = \frac{(n_1 - 1) \cdot s_1^2 + (n_2 - 1) \cdot s_2^2}{(n_1 - 1) + (n_2 - 1)} \quad (1)$$

$$s = \sqrt{s^2} \quad (2)$$

jolloin testisuure on

$$t = \frac{x_1 - x_2}{s \cdot \sqrt{\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}} \quad (3)$$

Kaava noudattaa t-jakaumaa vapausastein  $f = n_1 + n_2 - 2$ , jos nollahypoteesi on tosi.

Tilastollisessa päätöksenteossa Studentin t-jakaumaa käytetään, kun otoskoko  $n$  on pieni ( $n < 30$ ). Studentin t-jakauman tiheysfunktio muistuttaa normaalijakaumaa  $N(0,1)$  sitä enemmän mitä suurempi on vapausasteiden lukumäärä  $f$ . Vapausasteiden lukumäärä  $f = n - 1$  ollessa vähintään 30, voidaan olettaa keskiarvojakauman noudattavan normaalijakaumaa. (Holopainen & Pulkkinen 2015, 155, 187.)

Saunatuotteiden kokeessa 2 haluttiin selvittää, onko muutoksilla vaikutusta kypsennyshävikin määrään tuotteissa. Tarvittavat arvot laskettiin Excel-taulukkolaskentaohjelman avulla. Hypoteesia testattiin yksisuuntaisella testillä 1 %:n merkitsevyystasolla ( $t_\alpha$ , hylkäämisvirheen todennäköisyys). Hypoteesit olivat seuraavat:

$H_0: \mu_1 = \mu_2$  "Ei vaikutusta" ja  $H_1: \mu_2 < \mu_1$  "Muutoksen avulla kypsennyshävikki on pienempi"

Perinteisestä kypsennyksestä saatiin seuraavat tulokset (liite 4/1):

$x_1 = 15,1217\%$ ,  $s_1 = 0,4990\%$  ja  $n_1 = 16$

ja muuten kypsennyksestä saatiin seuraavat:

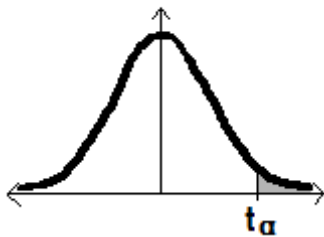
$x_2 = 13,3023\%$ ,  $s_2 = 0,8778\%$  ja  $n_2 = 13$

Kun edellä olevat arvot sijoitettiin kaavoihin 1-3 (s.34), testisuureen arvoksi saatiin:  $t = 6,6351$

Kirjasta Tilastolliset menetelmät (Holopainen & Pulkkinen 2015, 357) saatiin t-jakaumasta vapausasteiden lukumäärällä ( $f = 13 + 16 - 2 = 27$ ) kriittiseksi arvoksi  $t_{0,01} = 2,473$ . Lasku laskettiin myös tilasto-ohjelman avulla (liite 4/2).

Johtopäätökset: Koska testisuureen arvo  $t = 6,6351$  on suurempi kuin kriittinen arvo 2,473, täytyy nollahypoteesi  $H_0$  hylätä, koska  $t$  on hylkäämisalueella (kuva 24, s. 36). Tällöin  $H_1$  jää voimaan.

Tulkinta: Testin perusteella voidaan päätellä, että muutetulla prosessilla painohävikki on pienempi. Tulos on tilastollisesti merkitsevä (Holopainen & Pulkkinen 2015, 177).



Kuva 24. Yksisuuntaisen testin arvojakauma, jossa  $t_\alpha$ :aa suuremmat arvot ovat hylkäämisalueella.

Testi vahvistaa olettamuksen oikeaksi. Tällöin kypsennyksestä aiheutunut hävikki oli muutoksen avulla pienempi, joten menetelmää kannattaa tämän takia jo hyödyntää. Menetelmän käyttöönottamiseen vaikuttaa vielä PAH-yhdisteistä saadun tulokset ja kuluttajapalautte. Yrityksessä tehtyjen aistinvaraisen arvioinnin perusteella maussa ja rakenteessa ei ollut eroa, vain väri poikkesi merkittävästi perinteiseen tuotteeseen verrattuna (kuva 6, sivu 19). Muutettu kypsennysmenetelmä on lisäksi kätevämpi toteuttaa ja se vaatii vähemmän työtä.

### 8.3 Hävikin ja 2. laadun vähentäminen siivutuksen osalta

Siivutuksesta syntynyt hävikki oli kaiken kaikkiaan melko tasaista kaikkien tuotteiden osalta. Hävikin osuus kokonaisuudessaankin jäi melko pieneksi, sillä biojätteeksi päätyi vain noin prosentin verran lihaa laskelmien mukaan. Laskelmat sinänsä hieman hämäävät lopputuloksia ajatellen, sillä merkittävä osa biojätteeksi lasketusta lihasta jäi siivutuskoneen sisälle, josta osa siivotaan päivän päätteeksi biojäteastiaan. Koneeseen jäävä osuus, lihaa siivutettaessa syntyvä sahanpuru, päätyy osittain myös viemäriin pesujen yhteydessä. Yrityksessä biojäte jatkaa matkaansa biojätteenkäsittelylaitokselle, jossa biojätteestä tehdään esimerkiksi biopoltoainetta.

Noin viiden prosentin osuus siivutettavasta lihasta päätyi 2. laaduksi, josta tehdään palvirouhetta. Työntekijöillä oli erilaisia tapoja leikata lihapötköjä ennen varsinaista siivutusta. Osa leikkaajista leikkasi molemmista päistä päätypalat pois, osa taas leikkasi vain toisesta päästä. Vähintään toinen pää on leikattava tasaiseksi, koska muuten koneen piikit, joilla pötköstä pidetään kiinni, eivät pidä kunnolla ja pötkö karkaa. Tällöin seurauksena on paksuja siivuja ja epämääräisiä paloja. Sillä, leikataanko pötköstä toinen vai molemman päät, ei 2. laadun määrän suhteen ole suurta merkitystä. Koska viimeistään siinä vaiheessa, kun siivuja asetellaan pakkaukseen, heitetään liian pienet siivut pois, jolloin se olisi käytännössä sama kuin alussa olisi leikattu toinenkin pötkön pääty pois. Myös sillä on merkitystä, millaisia siivuja pakettiin laitetaan. Osa työntekijöistä heitti pienehköt siivut kakkoosiin, kun taas osa laittoi ne pakettiin. Pääsääntöisesti pieniä siivuja tulee yhdestä pötköstä aika vähän. Järkevämpää ehkä olisi, että pötköjen mo-

lemmista päistä leikkaisi päädyn pois, sillä siivutavara on laadultaan kehnompaa, kun siitä tehdään rouhetta. Tuloksena on tällöin hienoa silppua, kun taas päätypaloista saa aikaan kunnan rouhetta.

Siivutusta seurattaessa paahtotuotteen ja perinteisen savusaunatuotteen siivutus sujui ehkä hieman paremmin kuin muutetulla prosessilla kypsennetyin savusaunatuotteen. Näissä kahdessa edellä mainitussa tuotteessa pinta on kovempi ja näin ollen pötkö liikkuu koneessa paremmin kuin viimeisenä mainittu. Muutoksien takia lihapötkön pinta jäi vaaleaksi ja tuntui nahkealta. Kokeeseen laitettaessa pötkön alkupäässä siivusta saattoi tulla epätasaisia, koska pötkö ei liikkunut kunnolla koneessa. Koska kuitusuolen pinta oli vaalea muutetussa tuotteessa, sen käsittely siistiä. Perinteisen tuotteen käsittelyssä, kuitusuolen päällä oleva noki likaa työskentelypinnat ja käsiin, ja siten helposti myös tuotteen. Turhaa hävikkiä syntyi siitä, että paketti ollessa huono, se avattiin veitsellä huolimattomasti, jolloin terä osui tuotteeseen. Tässä pitäisi olla huolellisempi.

#### 8.4 PAH-yhdisteiden määrien vertailu savusaunatuotteissa

Myös PAH-yhdisteiden tuloksia testattiin samalla hypoteesitestillä, kuin saunatuotteiden kypsennyshävikkejä. Tällä kertaa tuloksia tarkasteltiin 5 %:n merkitsevyystasolla, jolloin hypoteeseina olivat  $H_0: \mu_1 = \mu_2$  "Ei vaikutusta" ja  $H_1: \mu_2 < \mu_1$  "Muutetulla prosessilla PAH-yhdisteiden määrä oli pienempi"

Koska lakimuutos koskee nimenomaan PAH4-summan ja bentso(a)pyreenin määriä, tehtiin testit vain näille tuloksille.

Kokeista saatiin seuraavat tulokset taulukkolaskentaohjelman avulla (liite 2) PAH4-summalle perinteisellä tavalla:

$x_1=47,633$  %,  $s_1=28,298$  % ja  $n_1=3$  sekä muutetulla menetelmällä:  
 $x_2=28,025$  %,  $s_2=8,081$  % ja  $n_2=4$ .

Kun luvut sijoitettiin kaavoihin 1-3 (s. 34), jolloin testisuureeksi saatiin  $t=1,35403$ . Vapausastein  $f=3+4-2=5$  kriittiseksi arvoksi t-jakaumasta saatiin 5 %:n merkitsevyystasolla tulos  $t_{0,05}=2,015$ . Taulukkolaskentaohjelma Excelin avulla lasketut arvot löytyvät liitteestä 2.

Johtopäätökset: Koska testisuureen arvo 1,353403 on pienempi kuin kriittinen arvo  $t_{0,05}=2,015048$ ,  $H_0$  jää voimaan (kuva 24, s. 36).

Tulkinta: Testin perusteella ei voida päätellä, että muutoksilla olisi alentava vaikutus PAH4-yhdisteiden määrään. Tulos on tilastollisesti melkein merkitsevä.

Vastaavat arvot bentso(a)pyreenille olivat perinteisellä menetelmällä  
 $x_1=3,80$  %,  $s_1=2,138$  % ja  $n_1=3$  sekä muutetulla menetelmällä:  
 $x_2=3,375$  %,  $s_2=1,307$  % ja  $n_2=4$ .

Tällöin testisuureksi saatiin  $t = 0,3294$ . Vapausastein  $f = 3 + 4 - 2 = 5$  kriittiseksi arvoksi  $t$ -jakaumasta saatiin 5 %:n merkitsevyystasolla tulos  $t_{0,05} = 2,015$ .

Johtopäätökset: Koska testisuureen arvo 0,3294 on pienempi kuin kriittinen arvo  $t_{0,05} = 2,015048$ ,  $H_0$  jää voimaan.

Tulkinta: Testin perusteella ei voida päätellä, että muutoksilla olisi alentava vaikutus bentso(a)pyreenin määrään. Tulos on tilastollisesti melkein merkitsevä.

PAH-yhdistekokeiden pienen otantamäärän vuoksi ei voida tehdä isoja johtopäätöksiä tuloksista. Tämän paljasti muun muassa tehty hypoteesitesti ja suuri hajonta tuloksissa. Otoksia pitäisi olla paljon enemmän ja pienellä hajonnalla, jotta saataisiin tehtyä tarkempia johtopäätöksiä. Tuloksia voidaan vertailla EU:n asettamaan tiukennettuun lainsäädäntöön PAH-yhdisteiden määristä (taulukko 2). Voidaan todeta, että benzo(a)pyreenin tavoitearvo  $2 \mu\text{g}/\text{kg}$ , on todella lähellä, sillä muutoksien avulla tulokset olivat  $1,8\text{--}4,8 \mu\text{g}/\text{kg}$ . Kun taas PAH4-summan tavoitearvosta  $12 \mu\text{g}/\text{kg}$  jäätettiin todella kauas tulosten ollessa  $20,1\text{--}37,0 \mu\text{g}/\text{kg}$ . Lähes kaikki tulokset (9/14) olivat edellisten tavoitearvojen ( $5 \mu\text{g}/\text{kg}$  ja  $30 \mu\text{g}/\text{kg}$ ) mukaiset, niin perinteisessä kuin muutetussakin prosessissa.

Codex Alimentarius Commission (CAC 2009, 11) on listannut monia keinoja, joilla PAH-yhdisteiden pitoisuuksia voidaan alentaa. Voidaan vaikuttaa suoraan savustusprosessiin, savunkehittämiseen ja poltettavaan puuainekseen sekä savustuksen jälkeiseen käsittelyyn. Esimerkiksi suuri määrä pienentävä vaikutus on sillä, että savunlähde ei ole samassa tilassa tuotteiden kanssa eli savustus tapahtuu epäsuorasti. Tällöin savu voidaan suodattaa tai jäähdyttää ennen kuin se menee savustustilaan. Olisi tärkeää pitää myös savunlähteen ja tuotteen etäisyys mahdollisimman suurena. Oikealla hapen määrällä, puiden polttamisaikaa lyhentämällä ja pyrolyysin lämpötilaa alentamalla voidaan vähentää PAH-yhdisteiden määrää. Myös PAH-yhdisteiden määrää voidaan vähentää savustusaikaa lyhentämällä siinä puitteissa kuin se on mikrobiologisen turvallisuuden ja laadun kannalta mahdollista. Myös poltettavalla puuaineksella on merkitystä. Puun tulisi olla tervettä ja kuoretonta (Manninen 2016, 106). Savustuksen jälkeen tuote voidaan myös kuoria tai pestä mikäli se on mahdollista (CAC 2009,10). Myös Evira (2012a) on koonnut ohjeen PAH-yhdisteiden vähentämiskeinoista tiivistetyn ohjeen CAC:n tietojen pohjalta.

Epäsuora savustus on hankala toteuttaa saunaan, jossa savunlähteenä toimii kiuas. Tällöin pitäisi muuttaa tila sellaiseksi, johon savun voisi johtaa putkea pitkin. Koska merkittävä osa savusta kulkeutuu saunaan niin sanottuja savuhormeja pitkin, voisi kuvitella sen vähentävän myös PAH-yhdisteiden määrää samalla tapaa kuin jos savunlähteen ja tilan välillä olisi putki. Osa savusta tulee kuitenkin kiukaasta suoraan läpi. Hormin alkupää-

hän voisi asentaa esimerkiksi jonkin suodattimen, jolloin partikkelit saadaan poistettua. Kokeissa lyhennettiin palamisajan pituutta, jolloin savua muodostui vähemmän. Sen vaikutus ei kuitenkaan näkynyt merkittävästi näin pieniotantaisessa kokeessa. Oikeanlainen suunta tuloksissa kuitenkin on. Mielenkiintoista olisi jatkaa kokeita lisäämällä otoksia ja ottamalla näytteet lähellä kiuasta olleista vaunuista, koska tässä kokeessa vaunut olivat kaukana kiukaasta. Myös lämpötila- ja kosteusloggerin käyttöä voisi hyödyntää mahdollisissa myöhemmissä kokeissa.

Muunnetulla menetelmällä näyttäisi saavan hyviä tuloksia aikaan niin kypsennyshävikin, siivutuksen kuin PAH-yhdisteidenkin osalta. Menetelmän käyttämistä voisi siis ajatella käytettävän ainakin jossain muodossa jatkosakin. Yritys sai kaiken kaikkiaan paljon tietoa kypsennyshävikin ja siivutuksen saantituloksista, joista toivottavasti on hyötyä myös tulevaisuudessa.

## LÄHTEET

Alexander, J., Benford, D., Cockburn, A., Cravedi, J-P., Dogliotti, E., Di Domenico, A., Fernández-Cruz, M., Fink-Gremmels, J., Fürst, P., Galli, C., Grandjean, P., Gzyl, J., Heinemeyer, G., Johansson, N., Mutti, A., Schlatter, J., Van Leeuwen, R., Van Peteghem, C. & Verger, P. (2008). Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Food. European Food Safety Authority EFSA. Tieteellinen lausunto. Haettu 20.2.2018 osoitteesta [http://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/scientific\\_output/files/main\\_documents/724.pdf](http://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/scientific_output/files/main_documents/724.pdf)

Bull, I. (2008) Gas Chromatography Mass Spectrometry (GM/MS) University of Bristol. Haettu 20.2.2018 osoitteesta <http://www.bris.ac.uk/nerclsmf/techniques/gcms.html>

Codex Alimentarius Commission (CAC). (2009). Code of Practice for the Reduction of Contamination of Food with Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAH) from Smoking and Direct Drying Processes. Pdf-tiedosto. Haettu 7.11.2017 osoitteesta <https://www.evira.fi/yhteiset/vierasaineet/tietoa-vierasaineista/pah-yhdisteet/>

Douglas, F. (n.d.) Scientific Testimony an Online Journal. GC/MS Analysis. Haettu 20.2.2018 osoitteesta <http://www.scientific.org/tutorials/articles/gcms.html>

Elintarviketeollisuusliitto, ETL. (n.d.). Elintarviketeollisuus ja ympäristö. Haettu 10.1.2018 osoitteesta <http://www.etl.fi/elintarviketeollisuus/vastuullisuus/vastuu-ymparistosta.html>

Eskeli, H., Hamara, J., Laukkanen, M.-L., Lehtonen, P., Luoto, K., Vihavainen, M. & Ylihärtilä, A. (n.d.) Analyysimenetelmät. Laboratorioanalyysit. Opetushallitus. Haettu 20.2.2018 osoitteesta <http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/laboratorio/analyysimenetelmät.html>

Evira. (2012). PAH-yhdisteet savustetuissa kalastustuotteissa ja lihavalmisteissa. Vuoden 2012 EVO-hankkeen loppuraportti. Pdf-tiedosto. Haettu 7.11.2017 osoitteesta [https://www.evira.fi/globalassets/elintarvikkeet/valmistus-ja-myynti/valvonta/tutkimukset-ja-projektit/arkisto/pah-yhdisteet-savustetuissa-kalastustuotteissa-ja-lihavalmisteissa/evo2012\\_pah\\_loppuraportti.pdf](https://www.evira.fi/globalassets/elintarvikkeet/valmistus-ja-myynti/valvonta/tutkimukset-ja-projektit/arkisto/pah-yhdisteet-savustetuissa-kalastustuotteissa-ja-lihavalmisteissa/evo2012_pah_loppuraportti.pdf)

Evira (2012a). Ohjeita PAH-yhdisteiden vähentämiseksi. Vuoden 2012 EVO-hanke. Pdf-tiedosto. Haettu 29.3.2018 osoitteesta [https://www.evira.fi/globalassets/elintarvikkeet/valmistus-ja-myynti/valvonta/tutkimukset-ja-projektit/arkisto/pah--yhdisteet-savustetuissa-kalastustuotteissa-ja-lihavalmistusteissa/liite\\_6\\_ohjeita\\_pah-yhdisteiden\\_vahentamiseksi.pdf](https://www.evira.fi/globalassets/elintarvikkeet/valmistus-ja-myynti/valvonta/tutkimukset-ja-projektit/arkisto/pah--yhdisteet-savustetuissa-kalastustuotteissa-ja-lihavalmistusteissa/liite_6_ohjeita_pah-yhdisteiden_vahentamiseksi.pdf)

Evira. (2013b). Elintarvikkeiden ja talousveden kemialliset vaarat. Eviran julkaisuja 2/2013. Haettu 7.11.2017 osoitteesta [https://www.evira.fi/globalassets/tietoa-evirasta/julkaisut/julkaisusarjat/elintarvikkeet/elintarvikkeiden\\_ja\\_talousveden\\_kemialliset\\_vaarat.pdf](https://www.evira.fi/globalassets/tietoa-evirasta/julkaisut/julkaisusarjat/elintarvikkeet/elintarvikkeiden_ja_talousveden_kemialliset_vaarat.pdf)

Hannuksela, M. & Syväniemi A.-M., (2017) Saunapalvin pelastusoperaatio etenee – pysyvää poikkeuslupaa haettu. MTK. Haettu 1.4.2018 osoitteesta [https://www.mtk.fi/ajankohtaista/uutiset/uutiset\\_2017/fi\\_FI/saunapalvi/](https://www.mtk.fi/ajankohtaista/uutiset/uutiset_2017/fi_FI/saunapalvi/)

Hartikainen, A. (2015) *Puun pienpoltossa syntyvien haihtuvien orgaanisten yhdisteiden muutunta ilmakehässä*. Pro gradu -tutkielma. Ympäristötiede. Itä-Suomen yliopisto. Haettu 14.3.2018 osoitteesta [http://epublications.uef.fi/pub/urn\\_nbn\\_fi\\_uef-20160001/urn\\_nbn\\_fi\\_uef-20160001.pdf](http://epublications.uef.fi/pub/urn_nbn_fi_uef-20160001/urn_nbn_fi_uef-20160001.pdf)

Holopainen, M. & Pulkinen, P. (2015). *Tilastolliset menetelmät*. 5.–10. painos. Helsinki: Sanoma Pro

Hui, Y. (2012). *Handbook of Meat and Meat Processing*. USA: CRC Press Taylor & Francis Group.

Karhi, T. (2008). Grillaa turvallisesti. Tohtorilla on asiaa. Haettu 15.11.2017 osoitteesta <http://www.tohtori.fi/?page=3830134&id=2444131>

Koivupuro, H-K., Jalkanen, L., Katajajuuri, J-M., Reinikainen, A. & Silvennoinen, K. (2010). Elintarvikeketjussa syntyvä ruokahävikki. MTT Raportti 12 kirjallisuuskatsaus. Haettu 16.1.2018 osoitteesta <http://www.mtt.fi/mttraportti/pdf/mttraportti12.pdf>

Lihatiedotus. (n.d.) Lihan kypsyminen. Haettu 10.4.2018 osoitteesta <http://www.lihatiedotus.fi/mita-liha-on/lihan-koostumus/lihan-kypsyminen.html>

Lawrie, R. (1998). *Lawrie's Meat Science*. Sixth edition. England: Woodhead Publishing Ltd

Leino, P., Kohtala, J., Kymäläinen, S., Tarvainen, J. & Henriksson, J. (2007). *Liha-alan ammattioppi*. Helsinki: Edita Prima Oy

Manninen, A. (2016). *Suuri savustuskirja*. Porvoo: Bookwell OY.

NPL. (2015). Analysis of PAHs in Ambient Air. Haettu 9.4.2018 osoitteesta <http://www.npl.co.uk/environmental-measurement/products-and-services/analysis-by-gc-ms>

Ollikainen E. (2008). Savustamojen omavalvontaa kehoitetaan tehostamaan. Teoksessa M. Herlevi (toim.) *Mooli, Ihmisen ja ympäristön kemia*. Keuruu: Otavan kirjapaino Oy, 84.

Parkkinen, K. & Rautavaara, K. (2010). *Uteliäs kokki. Elintarviketietoa ja -kemiaa ruoanvalmistajalle*. Helsinki: Restamark Oy

Pathare, P. & Roskilly, A. (2016). Quality and Energy Evaluation in Meat Cooking. *Food Engineering Reviews*. Springer US. Haettu 5.1.2018 osoitteesta <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs12393-016-9143-5.pdf>

Preedy, V. (2015) *Processing and Impact on Active Components in Food*. USA: Elsevier. First edition. Haettu 15.3.2018 osoitteesta [https://books.google.fi/books?id=KKY8AwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=fi&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.fi/books?id=KKY8AwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=fi&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)

Ryynänen, T., Kaikkonen, P. & Metsänvuori, K. (1991). *Lihateollisuuden ammattioppi 2*. Opetushallitus. 2. uusittu painos. Helsinki: VAPK-kustannus.

Saarela, A-M., Hyvönen, P., Määttä, S. & von Wright, A. (2010). *Elintarvikkeprosessit*. 3. uudistettu painos. Kuopio: Savonian ammattikorkeakoulu.

Saunapalviyhdistys ry. (2017). Hakemus koskien ”saunapalvikinkku, tehty perinteiseen tapaan” ”basturöktskinka, tillverkad på traditionelltsätt” suojattua maantieteellistä merkintää. Maaseutuvirasto. Haettu 8.11.2017 osoitteesta <http://www.mavi.fi/fi/Documents/saunapalvikinkku-hakemus-fi.pdf>

Silvennoinen, K., Koivupuro, H-K., Katajajuuri, J-M., Jalkanen, L. & Reinikainen, A. (2012). Ruokahävikki suomalaisessa ruokaketjussa. MTT raportti 41, Foodspill 2010-2012 -hankkeen loppuraportti. Haettu 16.1.2018 osoitteesta <http://www.mtt.fi/mttraportti/pdf/mttraportti41.pdf>

Virtual Sport Injury Clinic (2018) Skeletal Muscle Structure. Haettu 10.4.2018 osoitteesta <http://www.sportsinjuryclinic.net/anatomy/human-muscles/muscle-anatomy>

Yli-Hemminki, M. (2010). Kokolihatuotteet. Materiaalina Liha osa 15, Artikkelisarja. Lihalehti. Lihateollisuusopisto. Haettu 5.1.2018 osoitteesta [http://materiaalinaliha.net/images/stories/JUTTUSARJA/MateriaalinaLIHA\\_Osa15.pdf](http://materiaalinaliha.net/images/stories/JUTTUSARJA/MateriaalinaLIHA_Osa15.pdf)

Yli-Hemminki, M. (2010a). Viipalointi. Materiaalina Liha osa 18, Artikkelisarja. Lihalehti. Lihateollisuusopisto. Haettu 5.1.2018 osoitteesta [http://materiaalinaliha.net/images/stories/JUTTUSARJA/MateriaalinaLIHA\\_Osa18.pdf](http://materiaalinaliha.net/images/stories/JUTTUSARJA/MateriaalinaLIHA_Osa18.pdf)

## KOKKEEN 1. TULOKSET

Painonmenetys savusaunatuote perinteinen menetelmä						
perinteinen	kypsä pvä+1	jäähtynyt pvä+2	kypsä+ jäähtynyt	kylmiö pvä+3	kylmiö pvä+4	kylmiö pvä+5
10.1.	11,52 %	4,85 %	<b>16,36 %</b>			
	11,64 %	4,76 %	<b>16,41 %</b>			
	12,61 %	4,40 %	<b>17,01 %</b>			
22.1.	11,48 %	4,17 %	<b>15,65 %</b>	0,20 %	0,14 %	
	11,40 %	4,33 %	<b>15,73 %</b>	0,21 %	0,00 %	
25.1.	11,60 %	4,51 %	<b>16,11 %</b>	0,40 %	0,40 %	0,31 %
	11,61 %	3,94 %	<b>15,56 %</b>	0,22 %	0,22 %	0,55 %
30.1.	9,77 %	4,49 %	<b>14,26 %</b>	0,19 %	0,67 %	0,67 %
	9,22 %	4,72 %	<b>13,94 %</b>	0,22 %	0,75 %	0,75 %
7.2.	10,92 %	4,07 %	<b>14,99 %</b>	0,14 %	0,14 %	0,14 %
keskiarvo	11,18 %	4,42 %	<b>15,60 %</b>	0,23 %	0,33 %	0,48 %
keskihajonta	0,99 %	0,30 %	0,97 %	0,08 %	0,29 %	0,25 %
otoskoko	10	10	10	7	7	5
max	12,61 %	4,85 %	<b>17,01 %</b>	0,40 %	0,75 %	0,75 %
min	9,22 %	3,94 %	<b>13,94 %</b>	0,14 %	0,00 %	0,14 %

Painonmenetys paahdotuotteella							
Paahdotuote	kypsä pvä+1	jäähtynyt pvä+2	kypsä+ jäähtynyt	kylmiö pvä+3	paahdettu ppvä+0	jäähtynyt ppvä+1	yht paahdettu
22.1.	11,10 %	4,18 %	<b>14,82 %</b>		1,98 %	1,37 %	<b>3,35 %</b>
	11,10 %	4,45 %	<b>15,06 %</b>		1,43 %	1,37 %	<b>2,80 %</b>
30.1.	10,21 %	4,52 %	<b>14,26 %</b>	0,84 %	1,69 %	1,26 %	<b>2,95 %</b>
	9,59 %	4,99 %	<b>14,10 %</b>	0,99 %	0,86 %	1,13 %	<b>1,99 %</b>
7.2.	10,99 %	3,26 %	<b>13,88 %</b>	0,20 %	2,20 %	1,37 %	<b>3,57 %</b>
	10,97 %	3,42 %	<b>14,02 %</b>	0,15 %	2,04 %	1,37 %	<b>3,41 %</b>
27.2.	10,57 %	3,62 %	<b>13,81 %</b>	0,28 %	2,49 %	1,41 %	<b>3,90 %</b>
	10,31 %	3,62 %	<b>13,55 %</b>	0,28 %	2,30 %	1,13 %	<b>3,43 %</b>
keskiarvo	10,60 %	4,01 %	<b>14,19 %</b>	0,46 %	1,87 %	1,30 %	<b>3,17 %</b>
keskihajonta	0,54 %	0,62 %	0,51 %	0,36 %	0,53 %	0,11 %	0,59 %
otoskoko	8	8	8	8	6	8	8
min	9,59 %	3,26 %	<b>13,55 %</b>	0,15 %	0,86 %	1,13 %	<b>1,99 %</b>
max	11,10 %	4,99 %	<b>15,06 %</b>	0,99 %	2,49 %	1,41 %	<b>3,90 %</b>

Painonmenetys savusaunatuote muutettu menetelmä					
Muutettu	kypsä pvä+1	jäähtynyt pvä+2	kypsä+ jäähtynyt	varasto pvä+3	varasto pvä+4
13.2.	13,85 %	2,96 %	<b>16,81 %</b>	0,45 %	
	13,94 %	2,91 %	<b>16,85 %</b>	0,33 %	
20.2.	11,03 %	3,05 %	<b>14,09 %</b>	0,76 %	
	11,36 %	3,05 %	<b>14,41 %</b>	0,54 %	
26.2.	13,26 %	2,40 %	<b>15,65 %</b>	0,27 %	0,14 %
	13,11 %	2,59 %	<b>15,70 %</b>	0,14 %	0,14 %
28.2.	11,81 %	1,58 %	<b>13,39 %</b>	0,15 %	0,29 %
	11,62 %	1,65 %	<b>13,27 %</b>	0,20 %	0,14 %
6.3.	11,79 %	3,54 %	<b>15,33 %</b>	0,68 %	0,15 %
	11,72 %	3,77 %	<b>15,49 %</b>	0,40 %	0,20 %
keskiarvo	12,35 %	2,75 %	<b>15,10 %</b>	0,39 %	0,18 %
keskihajonta	1,08 %	0,72 %	1,28 %	0,22 %	0,06 %
otoskoko	10	10	10	10	6
max	13,94 %	3,05 %	<b>16,85 %</b>	0,76 %	0,29 %
min	11,03 %	1,58 %	<b>13,27 %</b>	0,14 %	0,14 %

## PAH-YHDISTEET, TULOKSET

	[µg/kg]					
perinteinen	10.1.	25.1.	30.1.	keskiarvo	keskihajonta	
Bentso(a)antraseeni	10,9	38,8	15,1	21,600	15,043	
Bentso(a)pyreeni	2,1	6,2	3,1	3,800	2,138	
Bentso(b)fluoranteeni	2,3	5	3,5	3,600	1,353	
Kryseeni	12,9	30,1	12,9	18,633	9,930	
PAH4-summa	28,2	80,1	34,6	47,633	28,298	
± virhe						
Bentso(a)antraseeni	3,3	11,6	4,5			
Bentso(a)pyreeni	0,6	1,6	0,8			
Bentso(a)fluoranteeni	0,8	1,6	1,1			
Kryseeni	3,9	9	3,9			
PAH4-summa	9,1	24,6	11			
	[µg/kg]					
muutettu	13.2.	14.2.	20.2.	26.2.	keskiarvo	keskihajonta
Bentso(a)antraseeni	12,5	13	8	8,9	10,600	2,518
Bentso(a)pyreeni	4,8	4	1,8	2,9	3,375	1,307
Bentso(b)fluoranteeni	3,6	2,8	1,7	2,4	2,625	0,793
Kryseeni	16,1	12,8	8,6	8,2	11,425	3,747
PAH4-summa	37	32,6	20,1	22,4	28,025	8,081
± virhe						
Bentso(a)antraseeni	3,8	3,9	2,4	2,7		
Bentso(a)pyreeni	1,2	1	0,5	0,8		
Bentso(a)fluoranteeni	1,2	0,9	0,6	0,8		
Kryseeni	4,8	3,9	2,6	2,5		
PAH4-summa	11,7	10,4	6,6	7,3		

## Hypoteesitestausta Excelillä, PAH4-summa ja bentso(a)pyreeni

PAH4-summa		Kahden otoksen t-testi olettaen varianssit yhtäsuuriksi		Kahden otoksen t-testi olettaen varianssit yhtäsuuriksi	
	perinteinen	muutettu			
	Muuttuja 1	Muuttuja 2		Muuttuja 3	
Keskiarvo	47,63333333	28,025	Keskiarvo	8,41666667	
Varianssi	800,8033333	65,30916667	Varianssi	-670,185	
Havainnot	3	4	Havainnot	5	
Yhdistetty varianssi	359,5068333		Yhdistetty varianssi	359,506833	
Arvioitu keskiarvojen ero	0		Arvioitu keskiarvojen ero	0	
va	5		va	5	
t Tunnusluvut	1,3540		t Tunnusluvut	1,3540	
P(T<=t) yksisuuntainen	0,1169		P(T<=t) yksisuuntainen	0,1169	
t-kriittinen yksisuuntainen	2,0150		t-kriittinen yksisuuntainen	2,0150	merkitsevyystaso 5%
P(T<=t) kaksisuuntainen	0,2337		P(T<=t) kaksisuuntainen	0,2337	
t-kriittinen kaksisuuntainen	2,5706		t-kriittinen kaksisuuntainen	2,5706	merkitsevyystaso 5%
bentso(a)pyreeni		Kahden otoksen t-testi olettaen varianssit yhtäsuuriksi			
	perinteinen	muutettu			
	Muuttuja 1	Muuttuja 2			
Keskiarvo	3,800	3,375			
Varianssi	4,57	1,7092			
Havainnot	3	4			
Yhdistetty varianssi	2,8535				
Arvioitu keskiarvojen ero	0				
va	5				
t Tunnusluvut	0,3294				
P(T<=t) yksisuuntainen	0,3776				
t-kriittinen yksisuuntainen	2,0150		merkitsevyystaso 5%		
P(T<=t) kaksisuuntainen	0,7552				
t-kriittinen kaksisuuntainen	2,5706		merkitsevyystaso 5%		

## SIIVUTUKSEN SAANTOTULOKSET

Saunatuote perinteinen		pakattu	2. laatu	loput
10.1.	a	92,23 %	5,89 %	1,88 %
	b	93,50 %	7,69 %	-1,19 %
	c	93,38 %	4,70 %	1,91 %
22.1.	a	93,97 %	4,42 %	1,61 %
	b	92,35 %	4,39 %	3,27 %
25.1.	a	95,32 %	4,76 %	-0,08 %
	b	93,28 %	4,22 %	2,50 %
30.1.	a	91,35 %	5,78 %	2,87 %
	b	91,44 %	5,48 %	3,09 %
7.2.	a	92,97 %	6,08 %	0,95 %
keskiarvo		92,95 %	5,02 %	2,03 %
keskihajonta		1,20 %	1,07 %	1,44 %
min		91,35 %	4,22 %	-1,19 %
max		95,32 %	7,69 %	3,27 %

savusaunatuote muutettu		pakattu	2. laatu	loput
13.2.	a	90,61 %	7,99 %	1,40 %
	b	90,78 %	7,88 %	1,35 %
20.2.	a	93,08 %	5,15 %	1,77 %
	b	93,94 %	5,02 %	1,04 %
26.2.	a	93,72 %	5,20 %	1,08 %
	b	92,92 %	4,90 %	2,18 %
28.2.	a	92,99 %	5,14 %	1,87 %
	b	92,91 %	5,76 %	1,32 %
keskiarvo		92,51 %	6,02 %	1,47 %
keskihajonta		1,25 %	1,29 %	0,40 %
min		90,61 %	4,90 %	1,04 %
max		93,94 %	7,99 %	2,18 %

paahdotuote		pakattu	2. laatu	loput
22.1.	a	90,60 %	7,92 %	1,49 %
	b	90,48 %	7,91 %	1,61 %
30.1.	a	91,60 %	5,04 %	3,35 %
	b	92,99 %	4,58 %	2,43 %
7.2.	a	94,46 %	4,33 %	1,21 %
	b	94,63 %	4,23 %	1,14 %
27.2.	a	95,27 %	3,93 %	0,80 %
	b	89,98 %	7,76 %	2,25 %
keskiarvo		92,50 %	5,71 %	1,78 %
keskihajonta		2,11 %	1,81 %	0,84 %
min		89,98 %	3,93 %	0,80 %
max		95,27 %	7,92 %	3,35 %

## KOKEEN 2. TULOKSET

Painonmenetykset perinteisen menetelmän savusaunatuotteella									
vaunu nro	kypsänä	jäähtyneenä	yhteensä	kylmiössä ennen käyttöä [kg]	kylmiössä ennen käyttöä	päivää kylmiössä	yhdessä kylmiöpäivässä [kg]	kylmiössä/pvä	tuote
1	8,12 %	4,99 %	<b>13,12 %</b>	1,9	0,57 %	4	0,5	0,14 %	kalkkuna
2	7,46 %	5,11 %	<b>12,57 %</b>	1,9	0,57 %	4	0,5	0,14 %	kalkkuna
3	7,49 %	4,97 %	<b>12,46 %</b>	1,4	0,50 %	4	0,3	0,13 %	kalkkuna
4	10,73 %	4,87 %	<b>15,60 %</b>	0,0	<b>0,00 %</b>	0			sika
5	9,28 %	5,39 %	<b>14,66 %</b>	3,5	1,05 %	4	0,9	0,26 %	sika
6	10,14 %	5,42 %	<b>15,56 %</b>	3,8	1,09 %	4	1,0	0,27 %	sika
7	10,96 %	5,03 %	<b>15,99 %</b>	2,3	0,69 %	4	0,6	0,17 %	sika
8	10,59 %	5,15 %	<b>15,74 %</b>	2,7	0,81 %	5	0,5	0,16 %	sika
9	9,93 %	5,45 %	<b>15,38 %</b>	2,3	0,69 %	5	0,5	0,14 %	sika
10	9,39 %	5,64 %	<b>15,03 %</b>	3,9	1,12 %	4	1,0	0,28 %	sika
11	8,98 %	5,49 %	<b>14,47 %</b>	2,4	0,67 %	4	0,6	0,17 %	sika
12	9,33 %	5,23 %	<b>14,56 %</b>	1,9	0,53 %	7	0,3	0,08 %	sika
13	10,22 %	5,05 %	<b>15,28 %</b>	-2,7	<b>-0,76 %</b>	7	-0,4		sika
14	9,47 %	5,31 %	<b>14,79 %</b>	24,6	<b>6,74 %</b>	7	3,5		sika
15	9,56 %	5,34 %	<b>14,90 %</b>	30,2	<b>8,49 %</b>	7	4,3		sika
16	9,23 %	5,40 %	<b>14,64 %</b>	10,1	2,84 %	8	1,3	0,36 %	sika
keskiarvo	9,8 %	5,29 %	<b>15,12 %</b>		0,95 %			0,21 %	
min	9,0 %	4,9 %	<b>14,5 %</b>		0,5 %			0,1 %	
max	11,0 %	5,6 %	<b>16,0 %</b>		8,5 %			0,4 %	
keskihajonta	0,64 %	0,22 %	<b>0,50 %</b>		0,70 %			0,09 %	
otokset	13	13	<b>13</b>		9			9	
tunnusluvut laskettu sikatuotteille									
punaiset hylättiin "oudon" tuloksen takia									
Painonmenetykset muutetun menetelmän savusaunatuotteella									
vaunu nro	kypsänä	jäähtyneenä	yhteensä	kylmiössä ennen käyttöä [kg]		päivää kylmiössä	yhdessä kylmiöpäivässä [kg]	kylmiössä/pvä	tuote
1	8,53 %	4,87 %	<b>13,40 %</b>	1,0	0,30 %	1	1,0	0,30 %	sika
2	8,63 %	4,86 %	<b>13,49 %</b>	0,6	0,18 %	1	0,6	0,18 %	sika
3	9,46 %	4,86 %	<b>14,32 %</b>	0,9	0,39 %	1	0,9	0,39 %	sika
4	7,92 %	5,03 %	<b>12,95 %</b>	1,2	0,35 %	1	1,2	0,35 %	sika
5	7,92 %	5,10 %	<b>13,03 %</b>	2,0	0,60 %	2	1,0	0,30 %	sika
6	7,87 %	5,17 %	<b>13,03 %</b>	1,7	0,51 %	1	1,7	0,51 %	sika
7	9,57 %	5,07 %	<b>14,64 %</b>	7,8	2,20 %	7	1,1	0,31 %	sika
8	9,55 %	5,12 %	<b>14,67 %</b>	11,4	3,32 %	7	1,6	0,47 %	sika
9	9,62 %	5,06 %	<b>14,69 %</b>	8,9	<b>2,50 %</b>	1	8,9		sika
10	7,98 %	5,03 %	<b>13,00 %</b>	2,9	0,97 %	5	0,6	0,19 %	sika
11	7,06 %	4,98 %	<b>12,04 %</b>	3,4	1,14 %	2	1,7	0,57 %	sika
12	6,53 %	5,24 %	<b>11,76 %</b>	56,5	<b>19,21 %</b>	5	11,3		sika
13	7,68 %	5,40 %	<b>13,09 %</b>	3,5	1,05 %	5	0,7	0,21 %	sika
14	7,34 %	5,47 %	<b>12,81 %</b>	1,2	0,36 %	1	1,2	0,36 %	sika
15	7,67 %	5,45 %	<b>13,12 %</b>	0,9	0,27 %	1	0,9	0,27 %	sika
16	7,26 %	5,55 %	<b>12,80 %</b>	2,4	0,62 %	2	1,2	0,31 %	sika
keskiarvo	8,16 %	5,14 %	<b>13,30 %</b>		0,88 %			0,34 %	
min	6,5 %	4,9 %	<b>11,8 %</b>		0,2 %			0,2 %	
max	9,6 %	5,5 %	<b>14,7 %</b>		3,3 %			0,6 %	
keskihajonta	0,97 %	0,22 %	<b>0,88 %</b>		0,88 %			0,12 %	
otoksia	16	16	<b>16</b>		14			14	
punaiset hylättiin "oudon" tuloksen takia									

## Hypoteesitestausta Excelillä

## Kypsennyksestä aiheutuva painonmenetys, tulostaulukossa ”yhteensä”

Kahden otoksen t-testi olettaen varianssit yhtäsuuriksi		
	perinteinen	muutettu
	<i>Muuttuja 1</i>	<i>Muuttuja 2</i>
Keskiarvo	15,1217	13,3023
Varianssi	0,2490	0,7705
Havainnot	13	16
Yhdistetty varianssi	0,5387323	
Arvioitu keskiarvojen ero	0	
va	27	
t Tunnusluvut	6,6385623	
P(T<=t) yksisuuntainen	0,0000002	
t-kriittinen yksisuuntainen	2,4726599	merkitsevyystaso 1%
P(T<=t) kaksisuuntainen	0,0000004	
t-kriittinen kaksisuuntainen	2,7706830	merkitsevyystaso 1%