

ISSN 0355-1180

HELSINGIN YLIOPISTO

Elintarvike- ja ympäristötieteiden laitos

EKT-sarja 1752

JODIOIDUN RUOKASUOLAN VAIKUTUS RUOAN AISTITTAVAAN LAATUUN

Maija Greis

Helsinki 2016

Tiedekunta/Osasto Fakultet/Sektion – Faculty		Laitos/Institution – Department	
Maatalous-metsätieteellinen		Elintarvike- ja ympäristötieteiden laitos	
Tekijä/Författare – Author			
Maija Aurora Greis			
Työn nimi / Arbetets titel – Title			
Jodiodun ruokasuolan vaikutus ruoan aistittavaan laatuun			
Oppiaine /Läroämne – Subject			
Elintarviketeknologia			
Työn laji/Arbetets art – Level		Aika/Datum – Month and year	
Maisterintutkielma		Marraskuu 2016	
		Sivumäärä/ Sidoantal – Number of pages	
		136	
Tiivistelmä/Referat – Abstract			
<p>Suomessa valtion ravitsemusneuvottelukunta suosittelee jodiodun ruokasuolan käyttöä teollisuudessa väestötasolla havaitun lievän jodin puutoksen takia. Epäily jodin vaikutuksesta elintarvikkeiden aistittavaan laatuun on nähty käytön esteenä. Tästä syystä tutkielmassa selvitetään jodiodun ruokasuolan vaikutuksia ruoan aistittavaan laatuun. Kirjallisuuskatsauksessa perehdytään aikaisempaan tutkimustietoon jodiodun ruokasuolan vaikutuksista elintarvikkeiden aistinvaraisiin ominaisuuksiin. Lisäksi tarkastellaan jodin pysyvyyttä elintarvikkeissa.</p> <p>Kokeellisen työn tutkimusmateriaalit olivat lauontaimakkara, leipä ja säilykekurkku. Materiaalien NaCl-pitoisuudet olivat 1,72 %, 1,20 % ja 1,70 %. Jodipitoisuudet jokaisessa materiaalissa olivat 0 mg, 25 mg, 50 mg ja 100 mg kilogrammassa ruokasuolaa. Jodi lisättiin elintarvikkeisiin valmistuksen yhteydessä kaliumjodidina (KI). Aistinvaraisissa arvioinneissa käytettiin poikkeama vertailunäytteestä -menetelmää, jossa koulutettu 12 henkilön raati arvioi materiaalien hajua, makua, suutuntumaa, ulkonäköä ja rakennetta. Raadin avulla luotiin tutkimuksessa käytettävä arviointisanasto. Arvioinneissa jokaista näytettä verrattiin jodioimattomaan näytteeseen. Arvioinneista tehtiin neljä toistoa. Tutkimusmateriaalien jodin hävikki määritettiin kemiallisten analyysien avulla Elintarviketurvallisuusvirastossa.</p> <p>Havaitut aistinvaraiset muutokset vertailunäytteeseen nähden olivat pieniä kaikissa jodipitoisuuksissa. Suositusten mukainen määrä jodia ruokasuolassa, 25 mg/kg, ei aiheuttanut tutkittaviin elintarvikkeisiin aistinvaraisia muutoksia. Suuremmat jodipitoisuudet aiheuttivat lauontaimakkarassa tilastollisesti merkitseviä eroja leikkautuvuudessa ja värissä. Kuluttajan voi kuitenkin olla vaikeaa huomata jodin aiheuttamia muutoksia lauontaimakkarassa, koska erot vertailunäytteeseen olivat pieniä. Jodin hävikki vaihteli elintarvikkeen mukaan. Lauontaimakkarassa hävikki oli suurimmillaan 14 % ja leivässä 24 %. Säilykekurkuissa hävikki oli suurimmillaan 54 %.</p> <p>Tulosten perusteella jodioitua ruokasuolaa voidaan käyttää tutkitun tyyppisissä elintarvikkeissa ilman, että merkittäviä aistinvaraisia muutoksia syntyy. Tulokset tukevat aikaisemman kirjallisuuden havaintoja. Yhdistäen tutkielman tulokset kirjallisuuden tietoihin jodiodun ruokasuolan käytölle elintarviketeollisuudessa ei ole aistinvaraista estettä. Hävikin ja ruokasuolan vähentämistavoitteiden valossa voidaan jodipitoisuuden lisäystä ruokasuolassa suositella. Jodipitoisuuden korottaminen ruokasuolassa olisi tehokas tapa nostaa väestön jodin saantia ilman että ruokasuolan saanti nousee.</p>			
Avainsanat – Nyckelord – Keywords			
Jodioitu ruokasuola, jodi, lauontaimakkara, leipä, säilykekurkku, aistinvaraiset ominaisuudet			
Säilytyspaikka – Förvaringställe – Where deposited			
Helsingin yliopiston digitaalinen arkisto, Helda			
Muita tietoja – Övriga uppgifter – Additional information			
EKT- sarja 1752			

Tiedekunta/Osasto Fakultet/Sektion – Faculty Faculty of Agriculture and Forestry		Laitos/Institution– Department Department of Food and Environmental Sciences	
Tekijä/Författare – Author Maija Greis			
Työn nimi / Arbetets titel – Title The impact of iodized table salt on the sensory quality of food			
Oppiaine /Läroämne – Subject Food Technology			
Työn laji/Arbetets art – Level	Aika/Datum – Month and year	Sivumäärä/ Sidoantal – Number of pages	
M. Sc. Thesis	October 2016	136	
Tiivistelmä/Referat – Abstract			
<p>In Finland, the National Nutrition Council recommends the industrial use of iodized table salt, due to the mild iodine deficiency observed at the population level. The suspected impact of iodine to the sensory quality of food has been seen as an obstacle to its utilisation. Due to this, the study reviews the impact of iodized table salt on the sensory quality of food. The literature section focuses on previous research data on the effects of iodized table salt on the sensory attributes of selected foods. Additionally, the stability of iodine in these foods is studied.</p> <p>The research materials of the experimental work were sausage, bread and pickled cucumbers. The NaCl concentrations of the materials were 1.72%, 1.20% and 1.70%. The iodine contents of each material were 0 mg, 25 mg, 50 mg and 100 mg per one kilogram of table salt. The iodine was added during production as potassium iodide (KI). The odour, flavour, mouthfeel, appearance and texture of the materials were evaluated with deviation from reference method, having a trained panel of 12. The lexicon used for the research was compiled with the help of the panel. In these evaluations, each sample was compared to the non-iodized reference sample. Each evaluation was repeated four times. The loss of iodine in the research materials was determined through chemical analyses by Finnish Food Safety Authority, Evira.</p> <p>The observed sensory changes were small in all iodine concentrations compared to the non-iodized samples. The recommended amount of iodine in table salt, 25 mg/kg, did not cause any sensory changes to the researched food-stuffs. With regards to the examined sausage, the higher iodine levels caused some statistically significant differences in texture and colour of the sausage. However, a consumer may not notice any differences caused by iodine in the sausage, as the differences were minor compared to the reference sample. The loss of iodine varied depending on the type of food. For the sausage, the maximum loss was 14% and for the bread 24%. For the pickled cucumbers, the maximum loss was 54%.</p> <p>Based on the results, iodized table salt can be used in similar foods than the ones tested without causing any significant sensory changes. The results support the observations made in previous studies. By combining the results of this study with information from literature, it can be stated that there is no sensory obstacle for utilising iodized table salt in the food industry. Given the loss of iodine in the process and the recommendation to decrease the use of table salt, it could be considered to increase the iodine content of table salt. Increasing the iodine content of table salt would be an effective way to increase population's iodine intake without increasing the consumption of table salt.</p>			
Avainsanat – Nyckelord – Keywords			
Iodized table salt, iodine, sausage, bread, pickled cucumber, sensory quality			
Säilytyspaikka – Förvaringställe – Where deposited			
The Digital Repository of University of Helsinki, Helda			
Muita tietoja – Övriga uppgifter – Additional information			
EKT Series 1752			

ESIPUHE

Tämä maisterin tutkielma tehtiin Helsingin yliopiston elintarvike- ja ympäristötieteiden laitokselle. Tutkimus toteutettiin Valtion ravitsemusneuvottelukunnan toimeksiantona ja Elintarviketeollisuusliiton rahoittamana. Tutkimuksen materiaalien valmistukseen osallistuivat Vaasan Oy, Orkla Foods Oy ja Helsingin yliopisto. Tutkimusmateriaalien jodianaalyysit suoritettiin Elintarviketurvallisuusvirastossa. Työn ohjaajina toimivat professori Hely Tuorila ja tutkijatohtori Laila Seppä.

Haluan kiittää Hely Tuorilaa ja Laila Seppää kehittävästä ja kannustavasta ohjauksesta sekä Arja Lyytikäistä arvokkaista neuvoista. Kiitän Pekka Kahilaa ja Vaasanin sekä Orklan henkilökuntaa mahdollisuudesta osallistua tutkimusmateriaalien valmistukseen sekä Eija-Riitta Venäläistä ja muuta Eviran henkilökuntaa elintarvikkeiden jodipitoisuuksien analysoinnista. Suuri kiitos kuuluu myös raadin jäsenille korvaamattomasta avusta. Lopuksi haluan kiittää perhettä ja ystäviäni, joilta sain tukea ja tärkeitä neuvoja tutkielman teossa.

SISÄLLYSLUETTELO

1 JOHDANTO	9
2 KIRJALLISUUSKATSAUS	11
OSA I JODIN SAANTI JA KÄYTTÖ ELINTARVIKKEISSA	11
2.1 Jodin kemialliset ominaisuudet	11
2.2. Jodin saanti	12
2.2.1 Jodin saantisuosituksien ja määritysmenetelmä	12
2.2.2 Jodin saannin tila maantieteellisesti	13
2.2.3 Jodin puutos ja liikasaanti	15
2.2.4 Jodin lähteet	16
2.2.5 Jodin imeytyminen	18
2.3 Jodi elintarvikkeissa	19
2.3.1 Ruokasuolan jodiointi	19
2.3.2 Muiden elintarvikkeiden jodiointi	21
2.3.3 Elintarviketeollisuuden suhtautuminen jodin käyttöön	23
2.4 Jodioinnin haasteet	24
OSA II KIRJALLISUUS JODIOINNIN VAIKUTUKSESTA RUOAN AISTITTAVAAN LAATUUN	25
2.5 Katsaus keskeisen kirjallisuuden tutkimusmenetelmiin	25
2.5.1 Tutkimusmateriaalit	25
2.5.2 Jodin lisäystavat	26
2.5.3 Aistinvarainen arviointi	28
2.5.4 Elintarvikkeiden jodipitoisuuden määrittäminen	30
2.5.5 Muut menetelmät	30
2.6 Jodin vaikutus tuotteiden laatuun	31
2.6.1 Jodin aiheuttamat muutokset vedessä	32
2.6.2 Jodin aiheuttamat muutokset lihatuotteissa	33
2.6.3 Jodin aiheuttamat muutokset leivässä	33
2.6.4 Jodin aiheuttamat muutokset kasviksissa	34
2.6.5 Jodin aiheuttamat muutokset muissa elintarvikkeissa	34
2.6.6 Jodin pysyvyys elintarvikkeissa	35
2.6.7 Elintarvikkeiden jodiointi ilman ruokasuolaa	37
2.6.8 Yhteenvedo kirjallisuuden tuloksista	38

3 KOKEELLINEN TUTKIMUS	39
3.1 Tutkimuksen tavoite	39
3.2 Materiaalit ja menetelmät	40
3.2.1 Tutkimuksen kulku	40
3.2.2 Tutkimusmateriaalien valmistus	41
3.2.3 Valmistusmenetelmien toimivuuden seuranta	49
3.2.4 Aistinvaraiset arvioinnit	50
3.2.5 Menetelmän toimivuuden seuranta	57
3.2.6 Tulosten käsittely	59
3.2.7 Instrumentaaliset mittaukset	59
3.2.8 Instrumentaalisten menetelmien toimivuuden seuranta	63
3.2.9 Mittaustulosten analysointi	63
3.3 Tulokset	64
3.3.1 Aistinvaraiset arvioinnit	64
3.3.2 Instrumentaaliset analyysit	78
3.4 Tulosten tarkastelu	84
3.4.1. Tulosten luotettavuus	84
3.4.2 Jodin vaikutus tutkimusmateriaalien aistinvaraisiin ominaisuuksiin	88
3.4.3 Instrumentaalisten parametrien yhteys aistittavaan laatuun	92
3.4.4 Jodin pysyvyys elintarvikkeissa	94
3.4.5 Jodin ravitsemuksellinen merkitys elintarvikkeissa	96
4 PÄÄTELMÄT	98
LÄHDELUETTELO	101

LIITTEET	109
Liite 1. Esikokeet	109
Liite 2a. Jodin muunnos kaliumjodidiksi	122
Liite 2b. Kantaliuoksen laimennoslaskut	123
Liite 3. Lauantaimakkaran resepti	124
Liite 4. Eettinen suostumuslomake (leivän raati)	125
Liite 5. Esimerkki arviointilomakkeesta (lauantaimakkara, haju)	126
Liite 6. Tutkimusmateriaaleista arvioitujen ominaisuuksien arviointiohjeet	127
Liite 7. Lauantaimakkaran ominaisuuksien keskinäiset korrelaatiot	128
Liite 9. Säilykekurkkujen ominaisuuksien keskinäiset korrelaatiot	130
Liite 10. Säilykekurkkujen muun maun kuvailut	131
Liite 11. Kypsennyspainotappion laskeminen	132
Liite 12. Kypsennyspainotappion varianssianalyysin parivertailun tulokset	132
Liite 13. Vedensidontakyvyn laskeminen	134
Liite 14. Kuvat tutkimusmateriaaleista	135
Liite 15. Säilykekurkkujen värianalyysin parivertailujen tulokset	136

Tutkimuksen keskeiset termit

Jodipitoisuus ruokasuolassa: ilmoitetaan yksiköllä mg/kg, joka kertoo kuinka paljon jodia on kilogrammassa ruokasuolaa. Jodipitoisuus kertoo tavallisesti jodi-ionien määrän ruokasuolassa, vaikka jodi lisätään ruokasuolaan usein kaliumjodidina tai kaliumjodaattina.

KI: kaliumjodidi

KIO₃: kaliumjodaatti

Jodiliuos: kaliumjodidin vesiliuos

Jodisuolaliuos: jodiliuos, johon on lisätty myös ruokasuola

Lauantaimakkaran, leivän ja säilykekurkkujen joditasoja kuvataan ruokasuolan jodipitoisuuden mukaan seuraavasti:

MAK-0 ei lisättyä jodia

MAK-25 lisätty jodia 25 mg/kg NaCl

MAK-50 lisätty jodia 50 mg/kg NaCl

MAK-100 lisätty jodia 100 mg/kg NaCl

LEI-0 ei lisättyä jodia

LEI-25 lisätty jodia 25 mg/kg NaCl

LEI-50 lisätty jodia 50 mg/kg NaCl

LEI-100 lisätty jodia 100 mg/kg NaCl

KUR-0 ei lisättyä jodia

KUR-25 lisätty jodia 25 mg/kg NaCl

KUR-50 lisätty jodia 50 mg/kg NaCl

KUR-100 lisätty jodia 100 mg/kg NaCl

Vertailunäyte: nollanäyte eli näyte, johon ei ole lisätty jodioitua ruokasuolaa.

Referenssinäyte: kuvailevassa analyysissä tavallisesti käytetty vertailunäyte, joita tässä tutkimuksessa käytettiin joidenkin ominaisuuksien arvioinnin apuna ankkuroimaan asteikkojen ääripäät.

Instrumentaaliset mittaukset: fysikaaliset ja kemialliset määritykset, jotka tehtiin tutkimusmateriaaleille aistinvaraisten arviointien lisäksi (taulukko 18 s.60).

Lopullinen jodipitoisuus: elintarvikkeesta määritetty jodipitoisuus valmistuksen ja säilönnän jälkeen. Se kuvaa luontaisen ja lisätyn jodin summaa.

Jodin hävikki: Jodin määrää, joka poistuu elintarvikkeesta valmistuksen ja säilönnän aikana.

Kokonaishävikki: Säilykekurkuissa kurkun ja liemen yhteenlaskettu hävikki.

1 JOHDANTO

Jodin puutos on maailmanlaajuisesti yksi yleisimmistä ravintoainepuutoksista, jonka esiintyvyyttä voidaan helposti vähentää. Suomessa Valtion ravitsemusneuvottelukunta (VRN) on puuttunut lievään jodin puutokseen suosittelemalla jodoidun ruokasuolasuolan käyttöä niin kotona, joukkoruokailussa kuin teollisuudessa (VRN 2014).

Jodi on ihmiselle välttämätön hivenaine, jota saadaan luontaisesti muun muassa maidosta ja kalasta. Lisäksi jodia saadaan jodoidusta ruokasuolasta, joka on yksi yleisin jodin kantaja-aine. Jodin puutteessa kilpirauhasen toiminta häiriintyy, mikä johtaa kilpirauhasen suurentumiseen eli kyhmystruumaan. Sikiöillä ja lapsilla jodin saanti on tärkeää kasvun ja kehityksen kannalta. Liiallinen jodin saanti voi aiheuttaa kilpirauhasen liikatoimintaa.

Vuonna 2004 Maailman terveysjärjestö WHO arvioi noin kahden miljardin ihmisen kärsivän jodin puutteesta (WHO 2004). Noin kolmanneksen heistä arvioidaan olevan lapsia (Zimmermann ja Andersson 2012). Maailmanlaajuinen jodisuolan käyttö (USI, Universal salt iodization) on WHO:n hyväksymä toimintasuunnitelma, jonka avulla kontrolloidaan jodin puutosta maailmanlaajuisesti. Suunnitelman mukaan kaiken ihmisten ja eläinten käyttämän suolan tulee olla jodioitua. Arvioidaan, että noin 70 % maailman väestöstä käyttää jodioitua ruokasuolaa (WHO 2007).

Jodin puutos ja siitä aiheutunut kyhmystruuma oli yleistä Suomessa vielä 1930-luvulla. Heikosen (1990) mukaan ravinnon jodipitoisuuden ja struuman yhteys tiedostettiin tuolloin, mutta yhteyttä ei vielä lääketieteen piirissä hyväksytty. Suomessa lääkäriyhdistykset pitivät struumaa monien muiden ongelmien – kuten hygienian puutoksen – seurauksena ja pelkäsivät jodin yliannostusta. Vuonna 1947 A.I. Virtanen suositteli tutkimusryhmänsä kanssa jodin lisäystä ruokasuolaan, jolloin jodin lisääminen Suomessa alkoi vapaaehtoisena (Heikonen 1990). Tämän seurauksena struuma katosi Suomesta lähes kokonaan jo 1950-luvulla, ja 1960-luvun puolivälissä jo puolet kaupan ruokasuolasta oli jodioitua. Virtanen piti jodin lisäystä ruokasuolaan yhtenä elämänsä tärkeimmistä saavutuksista (Perko 2015). Muualla maailmassa, kuten Yhdysvalloissa, Sveitsissä ja Uudessa Seelannissa jodoidun ruokasuolan käyttö oli yleistynyt jo 1920-luvulla.

Vaikka jodin puutos katosi Suomesta 1960-luvulla lähes kokonaan jodoidun ruokasuolan ansiosta, se on viime vuosina jälleen yleistynyt. Valtion ravitsemusneuvottelukunta arvioi

lievän jodin puutoksen johtuvan kotona valmistetun ruoan osuuden pienenemisestä ja jodioimattomien erikoissuolojen käytön lisääntymisestä. Jodiodun suolan käyttö on lisääntynyt elintarviketeollisuudessa, mutta teollisuuden ja joukkoruokailun käyttämä suola ei vielä pääsääntöisesti sisällä jodia (VRN 2015). Ruokasuolan jodipitoisuus ja jodin muoto suolassa vaihtelevat maittain (Charlton ja Skeaff 2011). Suomessa ruokasuolassa käytettävä jodipitoisuus on keskimäärin 25 mg/kg ruokasuolaa, kun jodin puutoksesta kärsivissä maissa se voi olla jopa 100 mg/kg.

Harrisin ym. (2003) mukaan useat elintarvikeyritykset eivät käytä jodioitua suolaa, koska tuotteen ominaisuuksien ja terveystaikutusten pelätään muuttuvan. West ja Merx (1995) havaitsivat, että elintarviketeollisuus on huolissaan esimerkiksi jodiodulla suolalla maustettujen elintarvikkeiden värin tummumisesta varastoinnin aikana. Jodin vaikutuksia elintarvikkeiden aistinvaraisiin ominaisuuksiin on tutkittu vähän. Kuhajek ja Fiedelman (1973) tutkivat jodiodun ruokasuolan vaikutuksia vaaleassa leivässä, perunalastuissa ja nakeissa, eivätkä havainneet makumuutoksia näissä elintarvikkeissa. Wirth ja Kuhne (1991) eivät myöskään havainneet jodin aiheuttamia aistinvaraisia muutoksia lihavalmistetuissa. Toisaalta El Wakeil (1958) löysi tomaattimehusta makumuutoksia kun jodipitoisuus oli yli 100-kertainen verrattuna tavanomaiseen jodipitoisuuteen tomaattimehussa. Amr ja Jabay (2004) havaitsivat pikkelöidyissä kasviksissa pehmenemistä ja värin tummumista, kun kilogrammaa ruokasuolaa kohti lisättiin 40 mg jodia kaliumjodaattina.

Jodiodun ruokasuolan vaikutuksia ruoan aistittaviin ominaisuuksiin on ajankohtaista tutkia. Jodin saannin tilasta maailmalla tiedetään paljon, mutta tutkimuksia jodin vaikutuksista elintarvikkeiden aistittaviin ominaisuuksiin on tehty vain rajallisesti. Tutkimukset on pääosin julkaistu ennen 1990-lukua ja erityisesti aistinvaraisten tutkimusmenetelmien ja tutkimusmateriaalien raportointi on niissä osittain puutteellista. Tulokset hyödyttävät elintarviketeollisuuden tekemiä jodin käyttöönottoon liittyviä suunnitelmia.

Tämän tutkielman tavoitteena on selvittää, vaikuttaako jodioitu ruokasuola lauantaimakkaran, leivän tai säilykekurkkujen hajuun, makuun, suutuntumaan, rakenteeseen tai ulkonäköön.

2 KIRJALLISUUSKATSAUS

Kirjallisuustutkimus koostuu kahdesta osasta. Kirjallisuustutkimuksen ensimmäisessä osassa haluttiin selvittää jodin saantiin vaikuttavia tekijöitä ja jodin käyttöä ruokasuolassa ja muissa elintarvikkeissa (OSA I). Lisäksi kirjallisuustutkimuksen tavoitteena oli tarkastella kirjallisuutta, joka käsittelee jodiodun ruokasuolan vaikutuksia elintarvikkeiden aistinvaraisiin ominaisuuksiin (OSA II).

OSA I JODIN SAANTI JA KÄYTTÖ ELINTARVIKKEISSA

2.1 Jodin kemialliset ominaisuudet

Jodi (I_2) on halogeeneihin kuuluva ihmiselle välttämätön hivenaine. Jodi ei kuitenkaan esiinny luonnossa stabiilina vapaana jodina (I_2). Tavallisimmat jodin muodot ovat jodidi (I^-) ja jodaatti (IO_3^-) (Vanhoe ym. 1993). Jodia esiintyy maaperässä, vesistöissä ja ilmassa usein kaliumin (K^+) ja natriumin (Na^+) suoloina (Fuge 1996). Jodi on herkästi haihtuva alkuaine ja se myös hapettuu ja pelkistyy helposti (Winger ym. 2005). Happamissa oloissa jodidi hapettuu haihtuvaan jodi-muotoon (I_2). Neutraaleissa ja emäksissä oloissa jodi esiintyy stabiilina jodaattina (Coumes ym. 1998).

Vapaa jodi ei ole jodin käyttökelpoinen muoto, sillä jodia ei imeydy elimistöön I_2 -muodossaan. Vapaa jodi muuttaa herkästi muotoaan. Se pelkistyy jodidiksi, hapettuu jodaatiksi tai muuntuu trijodidiksi (I_3^-) reagoidessaan jodidi-ionin kanssa. Jodi myös sublimoituu ja katoaa nopeasti ilmakehään haihtumisen tai diffuusion myötä (Winger ym. 2005). Jodidi voi puolestaan hapettua vapaaksi jodiksi hapen tai muiden hapettavien katalyyttien kuten metalli-ionien läheisyydessä. Hapen ja jodidi-ionien reaktio on hidas neutraalin pH:n vallitessa, mutta nopea happamissa olosuhteissa (Fuge 1996). Reaktiota voi nopeuttaa valo, nitriitti ja kupari-ioni (Cu^{2+}). Jodin toinen tavallinen muoto, jodaatti, voi myös pelkistyä jodiksi reagoidessaan erilaisten pelkistäjien kanssa. Tavallisin reaktio jodaatille on sen pelkistyminen jodidiksi (West ja Merx 1995).

Tämän tutkielman kannalta keskeiset jodi, jodidi ja jodaatti voivat herkästi hapettua tai pelkistyä myös elintarvikkeissa. Jodin reaktiot muiden raaka-aineiden kanssa voivat vaikuttaa elintarvikkeen jodipitoisuuteen ja siihen, kuinka paljon jodia imeytyy ihmisen eli-

mistöön (Zimmermann 2009). Jodin ja muiden yhdisteiden välisistä reaktioista elintarvikemateriaalissa on tehty rajallisesti tutkimusta (Winger ym. 2005). Valtaosassa aiheeseen liittyvissä tutkimuksissa jodin pitoisuus elintarvikkeessa on suhteutettu ruokasuolan pitoisuuteen. Jodin lisäämistä ruokaan sellaisenaan eli ilman ruokasuolaa kantaja-aineena tai ilman, että jodipitoisuutta suhteutetaan ruokasuolan pitoisuuteen, on tutkittu niukasti. Winger ym. (2008) selvitti kuitenkin monipuolisesti jodiointiin liittyviä teknologisia haasteita. Winger ym. (2005) ovat tutkineet jodin ja lukuisten raaka-aineiden välisiä reaktioita.

Jodi reagoi helposti muiden yhdisteiden kanssa. Rasvojen hapettuminen, askorbiinihapon hajoaminen, raudan Fe^{2+} -ionien pelkistyminen Fe^{3+} -muotoon, proteiinien rakenteiden muokkautuminen, kuten disulfidisiltojen sitoutuminen aminohappojen välille, ovat kaikki teoreettisesti mahdollisia jodin läheisyydessä (Winger ym. 2005). Tästä johtuen on mahdollista, että jodi voi vaikuttaa elintarvikkeen väriin, flavoriin, hajuun, rakenteeseen, pysyvyyteen ja ravintoarvoon. Esimerkiksi trijodidi (I_3^-), jota muodostuu jodin ja jodidin reagoissa, tuottaa sinistä väriä reagoissaan tärkkelyksen kanssa (Saenger 1984). Jodaatti voi puolestaan reagoida askorbiinihapon kanssa, jolloin askorbiinihappo ei toimi enää vahvana antioksidanttina. Jodaatti voi mahdollisesti kiihdyttää lipidien hapettumista pelkistämällä Fe^{2+} -ioneja Fe^{3+} -ioneiksi (Winger ym. 2005). Hapetus-pelkistysreaktiot jodaatin ja jodidin välillä ovat monimutkaisia ja voivat johtua useasta eri tekijästä. Reaktiot voivat edelleen vaikuttaa jodin muotoon elintarvikkeessa.

2.2. Jodin saanti

Seuraavissa kappaleissa käsitellään jodin saantisuosituksia ja jodin saannin merkitystä ihmiselle. Lisäksi käsitellään jodin saannin tilaa maailmalla ja Suomessa ja jodin oleellisia lähteitä sekä imeytymistä elimistössä.

2.2.1 Jodin saantisuositukset ja määrittäminen

Maailman terveysjärjestö WHO suosittelee aikuisen päivittäiseksi jodiannokseksi 0,150 mg (150 osana ravintoa (WHO 2007)). Taulukossa 1 on lueteltu jodin saantisuositukset eri-ikäisille ja raskaana oleville sekä imettäville. Vastasyntyneiden ja lasten jodin saantisuositukset ovat muiden väestöryhmien suosituksia pienempiä 0,05–0,12 mg (50–120 μg). Raskaana olevien ja imettävien jodin saantisuositukset ovat puolestaan muiden väestöryhmien saantisuosituksia suurempia 0,175 mg (175 μg) ja 0,200 mg (200 μg). Euroopan elintarvi-

keturvallisuusviraston (EFSA) laskelmien mukaan jodin saanti ei saisi ylittää 0,600 mg/vrk (600 µg/vrk) (VRN 2014).

Taulukko 1. Jodin saantisuosituksen ikä- ja väestöryhmittäin. (VRN 2014).

Ikä-/kohderyhmä	Jodin saantisuositus (mg/vrk)
6–11 kk	0,05
12–23 kk	0,07
2–5 v	0,09
6–9 v	0,12
10–74 v	0,15
Raskaana olevat	0,175
Imettävät	0,2

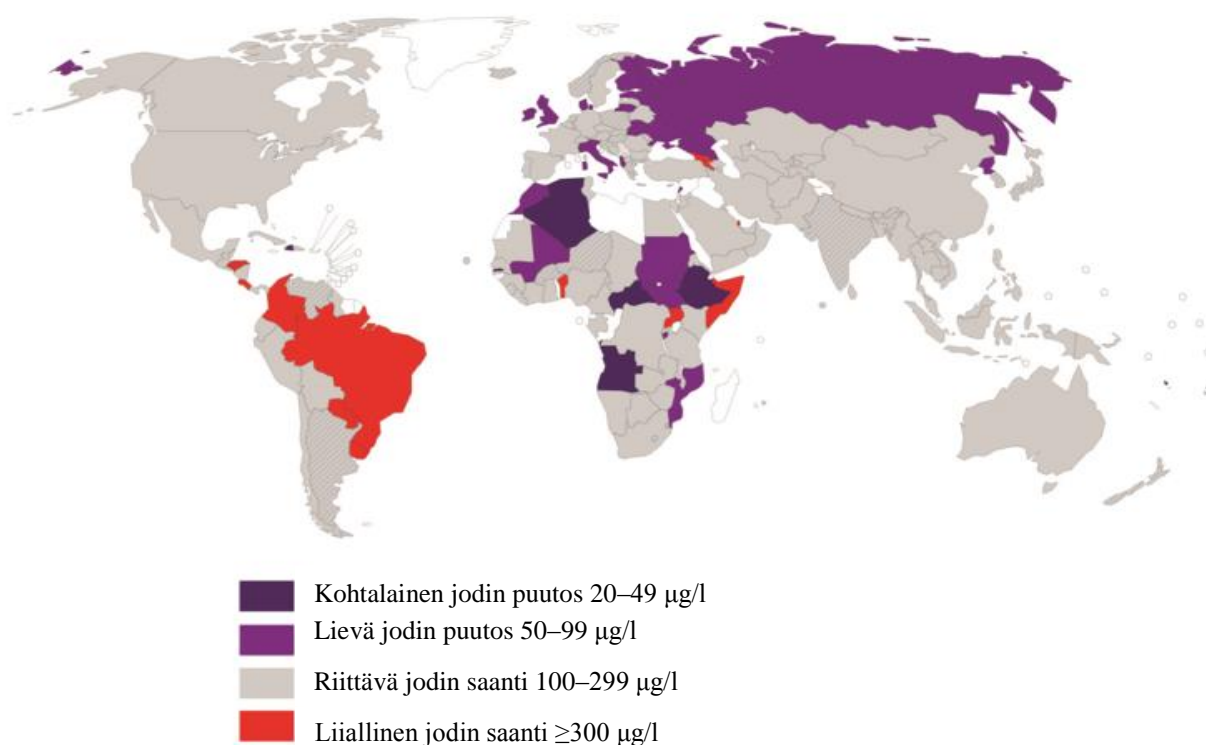
Jodin saantia seurataan mittaamalla väestön virtsan jodipitoisuuksia (WHO 2004). Jodin saannin tilaa voidaan tarkkailla virtsan jodipitoisuuksien lisäksi seerumin tyreoglobuliinipitoisuuksien tai kyhmystruuman esiintymisen avulla (Zimmermann 2009). Nykyään virtsan jodipitoisuuden mediaania väestössä suositellaan yleisesti käytettäväksi jodin saannin mittariksi koska yli 92 % elimistöön imeytyneestä jodista kulkeutuu virtsaan (WHO 2004). Haasteen jodin määrittämiselle tuo muun muassa se, että jodipitoisuus virtsassa vaihtelee vuorokauden ajan mukaan. Manz ym. (2002) ja Brauer ym. (2005) ovat arvostelleet medianin käyttöä väestön joditilanteen seurannassa. Heidän mukaan väestön jodin saantia saataisi kuvata paremmin virtsan jodipitoisuuksien keskiarvo kuin mediaani.

2.2.2 Jodin saannin tila maantieteellisesti

Terveiden ja hyvinvoinnin laitoksen FINRISKI2012 -tutkimuksessa huomattiin suomalaisilla lievä jodin puutos (THL 2013). Aiemmassa FINRISKI2002 -tutkimuksessa virtsasta mitatun jodipitoisuuden mediaani oli 81 µg/l ja FINRISKI2012 -tutkimuksessa enää 63 µg/l. Struuman riski väestössä on WHO:n (2004) mukaan riittävän pieni, kun virtsan jodipitoisuuden mediaani on yli 100 µg/l. Virtsan jodipitoisuuden ja jodin saannin yhteys on laskettu jodin imeytymisen (92 %) mukaan. Jodin puutoksen Suomessa vahvistavat myös ravintohaastatteluihin perustuvat saantilaskelmat 2000-luvulta (VRN 2015).

Vuonna 2007 suomalaisten jodin saannin tila arvioitiin paremmaksi. Finnravinto2007 -tutkimuksen mukaan suomalaiset miehet saivat keskimäärin 0,240 mg (240 µg) jodia päi-

vittäin ja naiset 0,188 mg (188 µg) (KTL 2008). Imettävien äitien jodin saanti jäi kuitenkin jo vuonna 2007 hieman alle saantisuosituksen. Tilastoja tarkastellessa tulee huomioida, että tutkimuksessa suurin osa elintarviketeollisuuden käyttämästä ruokasuolasta oli arvioitu jodioiduksi. Tästä syystä jodioidun ruokasuolan ja siten jodin saanti oli mahdollisesti arvioitu liian suureksi. Valtion ravitsemusneuvottelukunta arvioi lievän jodin puutoksen johtuvan kotona valmistetun ruoan osuuden pienenemisestä ja jodioimattomien erikoissuolojen käytön lisääntymisestä. Elintarviketeollisuus ja joukkoruokailu käyttävät tällä hetkellä pääsääntöisesti jodioimatonta ruokasuolaa (VRN 2015).



Kuva 1. Jodin saanti maailmalla. Aineisto on kerätty mittaamalla väestön virtsan jodipitoisuuksia maailmanlaajuisesti. Jodin saanti vaihtelee kohtalaisesta jodin puutoksesta liialliseen jodin saantiin (IGN 2015). Kun virtsan jodipitoisuus on alle 100 µg/l, on jodista aiheutuneen kymmystruuman riski väestössä pienin. Virtsan jodipitoisuuden ja jodin saannin yhteys perustuu siihen, että jodia imeytyy ruuansulatuskanavasta 92 % virtsaan, jolloin riittäväksi päivittäiseksi saanniksi on arvioitu aikuisella 0,150 mg (150 µg).

Jodin saanti vaihtelee maantieteellisesti. Kuvassa 1 on esitetty jodin saannin tila maailmassa vuonna 2015. Jodin puutosta esiintyy eniten alueilla, joissa jodin esiintyvyys maaperässä on niukkaa (Fuge 1996). Tavallisesti jodin saanti on riittävällä tasolla alueilla, joissa yleinen ravinnonlähde tulee merestä. Kuvasta 1 nähdään, että jodin puutosta esiintyy maailmassa eniten Afrikassa, jossa puutos on kohtalaisella tasolla useassa eri valtiossa (IGN

2015). Suomen lisäksi muun muassa Iso-Britanniassa, Italiassa ja Tanskassa esiintyy lievää jodin puutosta. Jodin saanti on liiallista esimerkiksi Brasiliassa ja Kolumbiassa. Kuvasta 1 voidaan nähdä, että jodin saannin tila vaihtelee suuresti eri valtioiden välillä. Esimerkiksi Somaliassa jodin saanti on liiallista ja naapurivaltiossa Etiopiassa esiintyy puolestaan vakavaa jodinpuutosta. Kassimin (2014) mukaan Somalian liiallinen jodin saanti johtuu juomaveden suuresta jodipitoisuudesta. Suuret valtioiden väliset erot voivat johtua erilaisista ravinnon lähteistä tai esimerkiksi valtioiden omista säädöksistä, jotka liittyvät jodioidun ruokasuolan käyttöön.

2.2.3 Jodin puutos ja liikasaanti

Jodi on tärkeä hivenaine, jota ihmiskeho tarvitsee kilpirauhashormonien tyroksiinin ja trijodityroniinin rakennusaineeksi. Kilpirauhashormonit säätelevät aikuisella ihmisellä energia-aineenvaihduntaa ja umpieritystoimintaa (NNT 2002). Trijodityroniinin on todettu auttavan ylläpitämään aivolisäkkeen gonadotropiinituotantoa. Sikiöillä ja lapsilla kilpirauhashormonit ovat välttämättömiä normaalin kehityksen ja kasvun kannalta. Terveen aikuisen elimistössä on 15–20 mg jodia, josta 70–80 % on kilpirauhasessa (Fisher ja Oddie 1969).

Jodin puute voi aiheuttaa useita erilaisia oireita, joita ovat mm. kretinismi, kyhmystruuma ja kuulovauriot ja heikentynyt psyykkinen toiminta (Eltom ym. 2001; Zimmermann 2009). Jodi on ainoa hivenaine, jonka tiedetään aiheuttavan älykkyyden heikentymistä terveillä ihmisillä (Boyages ym. 1989; Zimmermann ym. 2006). Jodin saanti on Qianin ym. (2005) mukaan aivojen kehityksen kannalta oleellista sikiöillä ja vastasyntyneillä. Jodin puutosta onkin tutkittu erilaisilla älykkyydesteillä. Jodin puutoksesta kärsineet ihmiset ovat usein yliherkkiä jodille (Stanbury ym. 1998). Yliherkkyys aiheuttaa muun muassa äkillistä kilpirauhasen liikatoimintaa. Yliherkkyyttä voi ilmetä erityisesti silloin kun jodin saanti kasvaa yllättäen. Oireiden on todettu katoavan 2–5 vuotta jodilisän käytön aloittamisen jälkeen (Zimmermann ym. 2006).

Yli 2 mg:n jatkuva päivittäinen jodin saanti voi aiheuttaa kilpirauhasen liikatoimintaa ja kilpirauhasen autoimmuunisairauksia (Sun ym. 2014). Suurissa, yli 6 mg:n pitoisuuksissa jodi on ihmiselle myrkyllistä (Backer ja Hollowell 2000). Erityisesti raskaana olevilla liiallinen jodin saanti voi häiritä sikiön normaalia kehitystä. Sunin ym. (2014) mukaan jodin

myrkyllinen annos on yksilöllistä. Rotilla todetuissa tutkimuksissa liiallinen jodin saanti aiheutti ongelmia sikiöille ja imettävien emojen maidontuotolle (Wang ym. 2009).

Jotta jodin puutokseen voidaan puuttua, jodin saannin tarkka määrittäminen väestöstä on erityisen tärkeää – erityisesti silloin, kun jodin saanti on liian vähäisen ja riittävän rajalla. Zimmermannin (2009) mukaan jodin puutosta on haasteellista tutkia väestössä, koska jodin puutos voi olla yhteydessä muiden tärkeiden ravintoaineiden puutokseen. Lisäksi jodin saanti voi yksilötasolla vaihdella päivittäin ruokavalion mukaan, mikä tuo lisähaasteen elimistön jodipitoisuuden määrittämiselle (Andersen ym. 2014).

2.2.4 Jodin lähteet

Ihminen saa jodia lisättynä ruokasuolasta tai luontaisesti useasta eri elintarvikkeesta. Ruokasuola on aikaisemmassa kirjallisuudessa (Diosady ym. 1997; WHO 2004; Winger ym. 2005) koettu hyväksi kantajaksi jodille, sillä se on kaikkialla maailmassa ruoanvalmistuksessa käytetty aine. Ruokasuolan saanti ei tavallisesti vaihtelee vuodenajoin tai maantieteellisesti. Arvioiden mukaan noin 50 % jodin saannista on peräisin jodiodusta ruokasuolasta (Elmadfa ja Koenig 1998). Jodin saantia voidaankin parantaa säätämällä jodipitoisuutta ruokasuolassa. Jodin lisääminen ruokasuolaan pyritään suunnittelemaan siten, että jodin päivittäinen saanti olisi suolan kautta noin 0,1 mg. Maailman terveysjärjestö WHO suosittelee, että jodipitoisuus ruokasuolassa olisi 20–40 mg/kg ruokasuolaa kohden (WHO 1996).

Luontaisen jodin määrä elintarvikkeissa vaihtelee huomattavasti. Vaihtelu riippuu Fugen (1996) mukaan jodin jakautumisesta luonnossa ja elintarvikkeiden ominaisuuksista. Merivedessä on maapallon suurimmat jodipitoisuudet (keskimäärin 58 µg/l jodia) (Fuge 1996). Kaukana merenrannasta niukkasateisilla alueilla sijaitseva maaperä taas sisältää vain vähän jodia. Taulukossa 2 on lueteltu ihmiselle tärkeät luontaiset jodin lähteet ja niiden jodipitoisuudet. Tiedot ovat kerätty Finelin koostumustietokannasta. Maitorauhanen pystyy varastoimaan jodia, joten maito ja maitotuotteet ovat hyviä jodin lähteitä. Toinen hyvä jodin lähde on kananmuna (THL 2011), jossa jodi sijaitsee lähes yksinomaan keltuaisessa. Kaloihin ja muihin mereneläviin kuten äyriäisiin ja merileviin kerääntyy jodia, ja ne ovatkin parhaimpia jodin lähteitä. Elintarviketurvallisuusviraston, Eviran (2005) selvityksen mukaan Suomen sisävesissä elävät kalat sisältävät enemmän jodia kuin useat merikalat. Myös kalalajilla on vaikutusta jodipitoisuuteen. Esimerkiksi lohessa jodia on vähemmän kuin

silakassa. Viljojen ja vihannesten jodipitoisuus riippuu maaperän jodipitoisuuksista (Leung ja Braverman 2012). Taulukosta 2 nähdään, että kasvisten ja juuresten jodipitoisuus on pieni.

Taulukko 2. Luontaisen jodin pitoisuudet elintarvikkeissa (THL 2011)

Elintarvike	Pitoisuus (mg/kg tuotetta)
<i>Maito ja juustot</i>	
Rasvaton maito	0,16
Täysmaito	0,17
Kermajuusto	0,4
Edam-juusto	0,45
Emmental-juusto	2
<i>Kananmunat</i>	
Kananmuna	0,44
valkuainen	0,04
keltuainen	0,39
<i>Äyriäiset ja kalat</i>	
Katkarapu	2,1
Turska	1,05
Lohi	0,42
Silakka	3
<i>Muut elintarvikkeet</i>	
Merilevä, kuivattu	168
Peruna	0,01
Porkkana	0,01
Ruukkusalaatti	0,01

Finelin tietokanta on koottu useista eri lähteistä. Valtaosa määrittämisistä on tehty Terveyden ja hyvinvoinnin laitoksen tuottamina. Osa tiedoista on puolestaan peräisin ulkomaalaisista artikkeleista. Pitoisuuksissa tulee huomioda, että osa määrittämisistä on tehty 1980-luvulla, minkä vuoksi käytetyt analyysimenetelmät ovat osittain vanhentuneita (Yebra ja Bollaín 2010).

Vegaanien ruokavalioon ei kuulu lihaa, kalaa, maitoa tai maitotuotteita. Näin ollen vegaaninen ruokavalio sisältää yleisesti vähän jodia (Lightowler ja Davies 1998; Waldmann ym. 2003) – lukuun ottamatta sellaista vegaanista ruokavaliota, johon kuuluu merilevä. Kasvisyöjien jodin saannista on tutkimuskirjallisuudessa useita eri näkemyksiä. Esimerkiksi Englannissa ja Saksassa kasvisyöjien jodin saannin on todettu olevan pienempi kuin seka-

ravintoa syövien (Phillips 1997; Appleby ym. 1999). Toisaalta Rasmussenin ym. (2007) mukaan Tanskassa kasvissyöjien jodin saanti oli vuonna 2002 samalla tasolla kuin sekara-vintoa syövien henkilöiden.

Ihminen voi vaikuttaa elintarvikkeiden sisältämän jodin määrään eri tavoin. Kasvien jodi-pitoisuuteen voidaan vaikuttaa lannoitteiden avulla (Caffagni ym. 2012). Lannoituksen vaikutukset eivät kuitenkaan aina näy kasveissa, sillä jodia huuhtoutuu vesistöön ja kiinnit-tyy maaperän orgaaniseen ainekseen, kuten raudan tai alumiinin oksideihin. Vihannesten ja juuresten jodipitoisuutta on verrattain helppo lisätä lannoitteilla (Dai ym. 2006; Hong ym. 2008). Viljakasvien jyviin jodia kertyy sen sijaan huonosti (Caffagni ym. 2012). Eläimille syötettävän rehun avulla voidaan puolestaan vaikuttaa lihan, kanamunien ja maidon jodipi-toisuuksiin. Esimerkiksi kanoja voidaan ruokkia jodipitoisella hiivalla (Opalinski ym. 2012), ja maidon sekä maitotuotteiden jodipitoisuutta voidaan kasvattaa syöttämällä lypsy-karjalle jodilla rikastettua rehua (Kaufmann ja Rambeck 1998). Suomessa jodia lisätään pääsääntöisesti karjan rehuun. Jodin sallittu enimmäispitoisuus rehussa on 10 mg/kg (MTT 2013).

2.2.5 Jodin imeytyminen

Jodin imeytymistä elimistössä on tutkittu vain vähän ja sen mekanismista tai nopeudesta tiedetään rajallisesti. Jodi voi imeytyä ruoansulatuselimistöstä ja kilpirauhashormonien vaikutuksesta verenkierrosta (Hurrell 1997). Zimmermanin (2009) mukaan jodin imeyty-misreitti ihmisen elimistössä riippuu jodin kemiallisesta muodosta. Keatin ja Albert (2013) havaitsivat, että jodaatti ja proteiineihin sitoutunut jodi pelkistyvät jodidiksi ennen imey-tymistä.

Jodin imeytymistä elimistössä tutkitaan radioisotooppien avulla (Wang ym. 2009). Jodidi imeytyy nopeasti ja lähes kokonaan vatsalaukussa ja ohutsuolen alkuosassa, pohjukais-suolella. Jodidin imeytyvyys ruoansulatuskanavasta terveellä aikuisella on yli 90 % (Ubom 1991). Verenkierron kautta tapahtuva jodin imeytyminen on puolestaan vain 10 – 15 %. Mannarin ja Diosadyn (1998) mukaan ruokasuolen vahvistaminen jodaatilla ja rau-dalla (Fe^{2+}) voi olla ongelmallista, koska rautayhdisteiden reagoimista epäpuhtauksien kanssa erityisesti kosteassa ympäristössä elintarvikkeen jodipitoisuus voi pienentyä ja vä-riominaisuudet muuttua.

2.3 Jodi elintarvikkeissa

2.3.1 Ruokasuolan jodiointi

Ruokasuolan jodipitoisuus ja jodin muoto suolassa vaihtelevat maittain (taulukko 3). Euroopassa lisätyn jodin jodipitoisuus ruokasuolassa on keskimäärin 21–40 mg/kg (Charlton ja Skeaff 2011), kun jodin puutoksesta kärsivissä maissa se voi olla jopa 100 mg/kg. Erittäin maissa, joissa esiintyy vakavaa jodinpuutosta, kuten Egyptissä tai Kongossa, jodipitoisuus ruokasuolassa on yli 50 mg/kg ruokasuolaa. Ruokasuolan jodipitoisuuden laskelma perustuu suolan keskimääräiseen saantiin, joka on 10 g vuorokaudessa henkilöä kohden. Laskelmissa on otettu huomioon jodin hävikki. Oletetaan, että jodista 20 % katoaa säilytyksen ja 20 % ruoan valmistuksen aikana (WHO 1996).

Suomessa Valtion ravitsemusneuvottelukunta on puuttanut väestössä havaittuun lievään jodin puutokseen suosittamalla jodiodun ruokasuolan käyttöä kotitalouksissa, joukkoruokailussa ja elintarviketeollisuudessa (VRN 2015). Valtion ravitsemusneuvottelukunta ehdottaa, että jodiodun ruokasuolan jodipitoisuuden tulisi Suomessa olla 25 mg/kg (VRN 2015). Suomalaisten ravitsemussuosittelujen mukaan suolan saanti vuorokaudessa tulisi olla 5 grammaa (THL 2014). Tällöin jodin saanti olisi 25 mg/kg:n pitoisuudella 0,125 mg (125 µg) ennen kuin WHO:n (1996) mukainen jodin hävikki on otettu huomioon. Kun hävikki otetaan huomioon, jodin saanti on vain 0,075 mg (75 µg) vuorokaudessa. Jotta WHO:n asettama tavoite 0,150 mg saavutettaisiin, noin puolet päivittäisestä jodista tulisi saada muista jodin lähteistä kuin ruokasuolasta.

Jodi lisätään ruokasuolaan useimmiten joko kaliumjodidina (KI) tai kaliumjodaattina (KIO₃). Suomessa käytetty ruokasuola sisältää pääasiassa kaliumjodidia. Taulukosta 3 nähdään, että KI on tavallinen Euroopan maissa. Korkeassa lämpötilassa kaliumjodaatti on stabiilimpi kuin kaliumjodidi, minkä takia jodaatin käyttö ruokasuolassa on yleisempää kuumeissa trooppisissa maissa (Wang ym. 2009).

Taulukko 3. Esimerkkejä jodin muodoista ja pitoisuuksista ruokasuolassa eri maissa (ICCDD 2007).

Maa	Jodipitoisuus (mg/kg ruokasuolaa)	Jodisuola ^{*)}
Albania	25	KI
Bulgaria	19–32	KI
Kroatia	20–30	KI
Tanska	8–13	KI
Suomi	21–26	KI
Ranska	10–15	NaI
Saksa	20	KIO ₃
Alankomaat	50	KI
Puola	20–40	KI
Portugali	20	KI
Sveitsi	20	KI
Uusi-Seelanti	25–65	KI, KIO ₃
Yhdysvallat	75	CuI, KI
Kongo	80–100	KIO ₃
Egypti	50–80	KIO ₃
Eritrea	100	KIO ₃
Guinea-Bissau	100	KIO ₃
Kenia	100	KIO ₃

*) KI=kaliumjodidi, KIO₃=kaliumjodaatti, NaI=Natriumjodidi, CuI=Kuparijodidi

Osa valtioista, kuten Valko-Venäjä, ei hyväksy jodoidun ruokasuolan käyttöä elintarvikkeissa (Sivuha ja Lyashkevich 2005). Maissa, joissa on todettu jodin puutetta, jodoidun ruokasuolan lisääminen teollisuudessa on laissa säädetty. Esimerkiksi Tanskassa vapaaehtoinen jodin käyttö aloitettiin 1998 (Laurberg ym. 2006). Aloitteen tavoitteena oli nostaa jodin saantia 50 µg päivässä, niin että 80 % kotitalouksissa käytetystä suolasta olisi jodioitua ja teollisuuden käyttämä ruokasuola sisältäisi jodia 8 mg/kg ruokasuolaa. Aloitteen tavoitteita ei kuitenkaan onnistuttu täyttämään, koska vain puolet Tanskassa käytetystä ruokasuolasta oli jodioitua eikä elintarviketeollisuus lisännyt jodioitua ruokasuolaa tuotteisiin. Kaksi vuotta myöhemmin jodin saantitavoitteita nostettiin vielä 10 µg päivässä ja vuosina 2000–2001 astui voimaan suositus, joka velvoittaa elintarviketeollisuuden käyttämään leivässä ja leivonnaisissa ruokasuolaa, jonka jodipitoisuus on 13 mg/kg (Laurberg ym. 2006).

Kanadassa jodiodun ruokasuolan myynti on laissa säädetty pakolliseksi jo vuodesta 1949 lähtien. Lisäksi maassa on säädetty, että jodia on lisättävä muutamisiin elintarvikkeisiin, kuten lasten muroihin ja ateriankorvikkeisiin (Winger ym. 2008). Australiassa jodioitua ruokasuolaa on lisätty leipään 2000-luvun alusta. Australian uudistuksen jälkeen havaittiin, että koululaisten jodin saanti parani, mutta raskaana olevien kohdalla vastaavaa muutosta ei tapahtunut (Seal ym. 2007). Jodiodun ruokasuolan lisääminen leipätuotteisiin muuttui Australiassa pakolliseksi vuonna 2009.

Elintarviketeollisuuden asenteet vaikuttavat siihen, onko jodin käyttöä tarvetta säätää pakolliseksi (Zimmermann 2009). Sveitsissä yli 95 % ruokasuolan ja 90 % ruoan tuottajista lisää vapaaehtoisesti jodioitua ruokasuolaa tuotteisiinsa. Hessin ym. (2001) mukaan jodin lisäys on johtanut riittävään jodin saantiin lapsilla ja raskaana olevilla naisilla. Toisaalta Anderssonin (2010) tutkimukset ovat osoittaneet, että alle yksivuotiaat Sveitsissä asuvat lapset kärsivät jodin puutteesta, sillä Sveitsissä käytettävä maidonkorvike ei sisällä jodia. Riippumatta siitä, onko jodiodun ruokasuolan käyttö vapaaehtoista vai pakollista, jodin saantia on tärkeää valvoa väestöryhmittäin (Hetzl 2005). Zimmermannin ym. (2008) osoittavat, että jodiodun ruokasuolan käyttöönotto ilman riittävää valvontaa voi johtaa jodin liikasaantiin väestössä. Mikäli alue on aiemmin kärsinyt jodin puutteesta, jodin saanti ei saisi ylittää 0,500 mg:n annosta päivässä. Ratkaisu tähän voisi olla vain yhden elintarvikkeen, kuten leivän, jodiointi, jolloin yliannostuksen riski pieneneisi.

2.3.2 Muiden elintarvikkeiden jodiointi

Jodia voidaan lisätä myös suoraan elintarvikkeisiin ilman ruokasuolaa kantaja-aineena (taulukko 4). Näin jodin saantia voidaan parantaa ilman pelkoa suolan liiallisesta saannista (IGN 2007). Usein jodia lisätään elintarvikkeeseen yhdessä muiden ihmiselle välttämättömien ravinto-aineiden kanssa. Esimerkiksi Thaimaassa nuudeliin mausteseokseen on lisätty jodia, rautaa ja A-vitamiinia (Tulyathan ym. 2007). Filippiineillä jodia on lisätty yhdessä muiden ravintoaineiden kanssa margariiniin 0,05 mg/30 g tuotetta (Capanzana ym. 2006). Lisäksi jodia on lisätty maailmalla muun muassa riisiin, sokeriin, teehen, kalakastikkeeseen ja pullotettuun veteen. Diosadyn ym. (2002) mukaan jodin ja raudan lisääminen samaan elintarvikkeeseen on ongelmallista, koska rauta kiihdyttää jodin haihtumista elintarvikkeesta.

Taulukko 4. Elintarvikkeiden jodiointi ilman ruokasuolaa kantaja-aineena. Tutkimuksissa ja raporteissa jodipitoisuutta ei ole suhteutettu elintarvikkeiden ruokasuolan määrään. Jodi on lisätty elintarvikkeisiin sellaisenaan ilman kantaja-ainetta.

Viite	Maa	Kantaja-aine	Jodi/jodi+ravintoaine	Jodipitoisuus	Suola
Chavasit ja Tontisirin 1998	Thaimaa	nuudeliin mausteseos	jodi, rauta, A-vitamiini	0,050 mg/20 mg	KI
Tulyathan ym. 2007	Thaimaa	ruskea riisi	jodi	0,096 jodi/100g	KIO ₃ , KI, KIO ₃ + KI
NIN Annual Report 2003–2004	Intia	sokeri	jodi tai jodi, rauta	15 ja 30 mg/kg	KIO ₃
Lofti ym. 1996	Tiibet ja Länsi-Kiina	tiilitee	jodi		
Chavasit ym. 2002	Thaimaa	kalakastike	jodi, rauta	0,050 mg/15 ml	-
Fisch ym. 1993	Mali ja Länsi-Afrikka	vesi	jodi	0,1 mg/litra	NaI
Capanzana ym. 2006	Filippiinit	margariini	jodi, A, B1 -vitamiinit, rauta, Omega-3 ja omega-6 rasvahapot	0,05 mg/30g	

Jodin saantia voidaan kohdentaa riskiryhmiin lisäämällä jodia sellaisiin elintarvikkeisiin, joiden käyttö on tavallisempaa kyseisissä ikäryhmissä. Winichagoonin ym. (2006) raportin mukaan esimerkiksi Thaimaassa alakouluikäisten ruoassa on käytetty maustetta, joka sisältää 0,05 mg jodia tuotekiloa kohden. Tansaniassa käytettiin lapsille suunnatun virvoitusjuoman valmistuksessa jauhetta, joka sisälsi 0,045 g jodia tuotekiloa kohden (Latham ym. 2003).

2.3.3 Elintarviketeollisuuden suhtautuminen jodin käyttöön

Wingerin ym. (2008) mukaan näkemys siitä, että jodioitu ruokasuola aiheuttaa elintarvikkeissa maku- tai värimuutoksia, on johtanut teollisuuden kielteiseen asenteeseen jodin lisäämistä kohtaan. Hänen mukaansa on mahdollista, että jodi tai jodisuolat vaikuttavat elintarvikkeen väriin ja säilyvyyteen sekä muiden ravintoaineiden imeytymiseen. Winger ym. (2008) arvioi muutosten voivan johtua jodidin hapetus-pelkistysreaktioista.

Ohlhors ym. (2011) selvittivät 39 eri maassa toimivien elintarvikeyritysten mielipiteitä ja tietämystä jodin käytöstä elintarviketeollisuudessa. Tutkimukseen osallistuneista yrityksistä suurin osa oli halukas käyttämään jodioitua ruokasuolaa, mutta käytön aloittamiseen liittyi yritysten mukaan haasteita, kuten investointikustannukset, resurssien puute ja jodin heikko pysyvyys prosessoinnin aikana. Jodin negatiivisia vaikutuksia elintarvikkeiden aistinvaraisiin ominaisuuksiin pidettiin myös uhkana. Harrisin ym. (2003) mukaan esimerkiksi osa Etelä-Afrikan suurista elintarvikealan yrityksistä uskoo jodin aiheuttavan muutoksia elintarvikkeen makuun ja aromien pysyvyyteen. Harris ym. (2003) selvittivät 12 eteläafrikkalaisten elintarvikeyrityksen valmistamien elintarvikkeiden todelliset jodipitoisuudet. Kysyttäessä vain yksi yrityksistä sanoi käyttävänsä jodioitua ruokasuolaa. Muut yritykset uskoivat jodiodun ruokasuolan vähentävän elintarvikkeiden säilyvyyttä tai heikentävän niiden makuominaisuuksia, eivätkä ne näin ollen halunneet käyttää sitä. Neljän yrityksen käyttämästä suolasta löydettiin kuitenkin merkittävä määrä jodia, 39–60 mg/kg. Harrisin ym. (2003) tutkimuksessakin havaittu tahaton jodiodun ruokasuolan käyttö viittaa Wingerin ym. (2008) mukaan siihen, ettei jodioitu ruokasuola aiheuta todellisuudessa elintarvikkeisiin haitallisia muutoksia.

2.4 Jodioinnin haasteet

Jodin saantiin ja jodoidun ruokasuolan käyttöönottoon liittyy useita huomioon otettavia tekijöitä. Taulukkoon 5 on koottu tämän kirjallisuuskatsauksen perusteella jodoidun ruokasuolan saantiin ja jodin seurantaan liittyviä tekijöitä tai ongelmakohtia, joita tulisi tarkastella, kun pohditaan elintarvikkeiden jodiointia tai jodin saantisuosituksia. Esimerkiksi eri väestöryhmien huomioiminen koko väestön jodin saannissa on haasteellista (Andersen ym. 2014). Muita haasteita ovat esimerkiksi jodin muoto ruokasuolassa ja siten jodin hävikki ruoanvalmistuksessa ja tähän kytkeytyvät suolan saantisuosituksiset. Uusi haaste jodioinnin kohdentamiselle aiheuttaa esimerkiksi sellaisten ruokavalioiden lisääntynyt suosio, joissa luontainen jodin saanti on vähäistä. Tästä esimerkkinä käy esimerkiksi vegaaninen ruokavaliota, joka on kasvattanut suosiotaan viime vuosina (Craig 2009). Vegaanista ruokavaliota noudattavilla jodilisän tarve on usein tavanomaista suurempi (Lightowler ja Davies 1998; Waldmann ym. 2003).

Taulukko 5. Jodoidun ruokasuolan käyttöönottoon liittyviä kysymyksiä.

Jodiointiin liittyvät kysymykset

Jodin saannin määrittäminen

Eri väestöryhmien huomioiminen saantisuosituksissa

Sikiöt

Vastasyntyneet

Lapset

Aikuiset

Raskaana olevat

Imettävät

Vegaanit

Jodisuolan muoto ruokasuolassa

Jodin imeytyminen elimistössä

Jodin määrä suolassa

Suolan saantisuosituksiset

Jodin käyttö elintarviketeollisuudessa

Yksittäisten elintarvikkeiden jodioiminen

Jodin hävikki suolasta ja elintarvikkeista

Kuluttajien suhtautuminen jodiin

Lakisääteisyys

Jodin käytön yleistyessä elintarviketeollisuudessa kuluttajien suhtautuminen jodin saantiin tai kuluttajien tietämys omasta jodin saannista ovat kiinnostavia kysymyksiä. Jodioituja

elintarvikkeita voisi tarkastella funktionaalisina elintarvikkeina. Kuluttajien suhtautumista funktionaalisten elintarvikkeiden käyttöön on tutkittu paljon (Wardle 1993; Beardsworth ym. 2002; Dagevos 2005). Uralan ja Lähteenmäen (2004) mukaan maku ja toisaalta funktionaalisten tuotteiden tuntemus ovat tärkeimmät tekijät funktionaalisten elintarvikkeiden valinnassa ja käytössä. Tästä esimerkkinä Pounis ym. (2011) tutkivat kuluttajien kokemuksia elintarvikkeista, joihin on lisätty rautaa. Tulokset osoittivat, että mitä enemmän ravitsemustuntemusta ja tuntemusta raudan saannin ja puutoksen seurauksista kuluttajilla oli, sitä miellyttävämmiksi he kokivat tutkimuksen elintarvikkeet. Lisäksi tutkimuksessa selvisi, että noin kymmenesosa osallistuneista uskoi raudan pahentavan ruoan makua. Kyseiset osallistujat käyttivät vähemmän funktionaalisia elintarvikkeita kuin osallistujat, jotka eivät uskoneet raudan pahentavan ruoan makua.

Suomalaisten kuluttajien käsityksiä tai asenteita elintarvikkeiden jodiointia kohtaan ei ole kuitenkaan vielä tutkittu. Jauhiaisen ym. (2016) selvityksen mukaan 25 % vastaajista (n=67) ei tiennyt oliko heidän käyttämänsä suola jodioitua vai ei. Vastaajista 33 % ei puolestaan osannut arvioida, saavatko he ruokavaliostaan riittävästi jodia. Valtaosa vastaajista osasi mainita jodiodun ruokasuolan jodin lähteeksi, mutta vain muutama vastaajista mainitsi maidon, kalan tai kanamunan jodin lähteeksi.

OSA II KIRJALLISUUS JODIOINNIN VAIKUTUKSESTA RUOAN AISTITTA- VAAN LAATUUN

2.5 Katsaus keskeisen kirjallisuuden tutkimusmenetelmiin

Seuraavissa kappaleissa käsitellään tutkimuksia jodiodun ruokasuolan vaikutuksista elintarvikkeiden aistinvaraisiin ominaisuuksiin. Tarkastelun kohteena ovat kirjallisuuden tutkimusmateriaalit ja -menetelmät.

2.5.1 Tutkimusmateriaalit

Jodin vaikutuksia elintarvikkeiden aistinvaraisiin ominaisuuksiin on tutkittu useissa erilaisissa elintarvikkeissa. Taulukkoon 6 on kerätty aiheeseen liittyvät julkaisut, niissä käytetyt tutkimusmateriaalit, havaitut jodin muodot ja pitoisuudet ruokasuolassa sekä arviointimenetelmät ja tulokset aistinvaraisista arvioinneista.

Taulukosta 6 nähdään, että valtaosa tutkimuksista keskittyy jodiodun ruokasuolan käyttöön kasviksissa ja erityisesti kasvissäilykkeissä. Kojima ja Brown (1955) tutkivat asiaa jo 1950-luvulla. He selvittivät kysymystä usealla eri elintarvikkeella. Tutkimusmateriaaleina olivat oliivit, säilykemaissi ja säilykepavut, hapankaali ja pikkelöidyt oliivit sekä tomaattimehu. El Wakeil (1958) tutki samaa kysymystä hapankaalilla, säilykemaissilla ja tomaattimehulla. Uudemman aiheesta julkaistun tutkimuksen (Amr ja Jabay 2004) materiaaleina olivat pikkelöidyt kasvikset: kurkut, nauriit, porkkanat, kukkakaalit ja oliivit. Kuhajek ja Fiedelman (1973) sekä Wirth ja Kuhne (1991) selvittivät kysymystä lihatuotteiden osalta. Kuhajekin ja Fiedelmanin tutkimusmateriaaleina olivat nakit. Wirth ja Kuhne selvittivät jodin vaikutusta erilaisissa makkaroissa, kuten veri- ja maksamakkaroissa sekä leikkeleissä ja salamissa. Tutkimuksessa selvitettiin, vaikuttaako jodin lisääminen ruokasuolaan tai lihatuotteissa käytettävään nitriittisuolaan lihatuotteiden laatuun. Jodiodun ruokasuolan vaikutuksia vaaleassa leivässä ovat tutkineet Kuhajek ja Fiedelman (1973). Samassa tutkimuksessa selvitettiin myös jodiodun ruokasuolan vaikutuksia perunalastuissa. Näiden lisäksi jodiodun ruokasuolan käyttöä riisin ja perunoiden keitinvedessä ovat tutkineet (West ja Merx 1995). Jodin vaikutuksia maitotuotteissa on tutkittu juuston osalta jo 1950-luvulla (Hostettler 1953) ja maidon osalta Skudderin (1981) uudemmissa tutkimuksissa. Sevenants ja Sanders (1984) tutkivat jodin vaikutusta valmiissa kakkujauhesekoituksessa.

Tutkimuksia, joissa jodia on lisätty elintarvikkeeseen sellaisenaan ilman ruokasuolaa kantaja-aineena, on tehty vähän. Poikkeuksen tekevät Skudder (1981), jotka tutkivat jodaatin vaikutusta maitoon, ja Winger ym. (2005), jonka tutkimuksessa jodia lisättiin muun muassa suoraan leipään. Lisäksi Winger ym. (2005) selvitti, miten jodi reagoi erilaisten makromolekyyliden kuten sokereiden tai väriaineiden kanssa.

2.5.2 Jodin lisäystavat

Taulukon 6 tutkimuksissa jodi on lisätty ruokasuolaan (NaCl) joko kaliumjodidina (KI) tai kaliumjodaattina (KIO₃). Tavallisesti molempien jodisuolojen vaikutuksia on tutkittu samassa elintarvikkeessa (taulukko 6). Useassa tutkimuksessa jodipitoisuudet riippuivat ruokasuolan jodipitoisuuden suositustasosta kyseisissä maissa tutkimusten tekovaiheissa. Hostettler (1953) käytti tutkimuksessaan suurinta siihen aikaan sallittua ruokasuolan jodipitoisuutta 3,6 mg/kg ja kymmenkertaista ruokasuolan jodipitoisuutta 36 mg/kg.

Taulukko 6. Jodiodun ruokasuolan vaikutus elintarvikkeiden aistinvaraisiin ominaisuuksiin. Taulukossa on tutkimuksessa käytetyn jodisuolan muoto, jodipitoisuus ja mahdollisesti suolapitoisuus, käytetty aistinvarainen menetelmä, jokin muu käsittely, kuten varastointi ja lopuksi vaikutus (- ei vaikutusta, + vaikutusta)..

Viite	Elintarvikkeet	Jodisuola	Jodipitoisuus (mg/kg)	Suolapitoisuus	Tutkittavat ominaisuudet	Menetelmät	Käsittely	Tulos
Hostettler 1953	juusto (Gruyere-juusto)	KI	3,8 ja 38		flavori ja ulkonäkö		8 kk kypsytytys	-
Kojima ja Brown 1955	tomaattimehu, säilyke-maissi, säilykepavut, hapankaali, pikkelöidyt oliivit	KI/KIO3	92 ja 5*, 154**		väri, flavori, haju ja rakenne	10-portainen miellyttävyys/voimakkuudesta (sis. kontrolli), kolmitesti, laimennossarja	2-3 kk varastointi	-
El Wakeil 1958	tomaattimehu, säilyke-maissi, säilykepavut, hapankaali	I2-I	200		flavori	10-portainen miellyttävyys/voimakkuudesta (sis. kontrolli), kolmitesti, laimennossarja	12 kk varastointi	+
Kuhajek ja Fiedelman 1973	vaalea leipä, perunalastut, nakit	KI/KIO3	77	1,5–2,5 %	flavori, väri		leipä 10 pv/nakit 20 vko	-
Skudder 1981	maito	KIO3	127***	ei lisättyä ruokasuolaa	flavori			+
Sevenants ja Sanders 1984	kakkujauhesekoitus	KI	0,2		väri, flavori, haju ja rakenne	kolmitesti		+
Wirth ja Kuhne 1991	lihatuotteet: leikkeleet, nakit, makkarat	KIO3	0,3-0,6****	1,5–2,8 %	väri, flavori ja haju	3 AFC		-
West ja Merx 1995	keitetty peruna ja riisi	KI/KIO3	392	keitinvesi 10,5 g	flavori	Kolmitesti		-
Amr ja Jabay 2004	pikkelöidyt kasvikset	KI/KIO3	40 liemi (1,6–1,8 % kasvikset)	4-5 %	flavori, väri, rakenne, miellyttävyys	10-portainen miellyttävyys asteikko (sis. kontrolli)	12 pv pikkelöinti	+

jodipitoisuus *tomaattimehussa ja **oliivien suolaliemessä g/l

*** g/l maitoa, jodaattia lisättiin suoraan maitoon **** lisättyinä kg nitriittisuolaan

West ja Merx (1995) selvittivät puolestaan 400 mg/kg:n jodipitoisuuden vaikutuksia perunan ja riisin keitinveeten. Heidän käyttämänsä pitoisuus oli neljä kertaa suurempi kuin WHO:n (1994) ilmoittama suurin sallittu jodipitoisuus ruokasuolassa. Kun aistinvaraisia muutoksia ei havaittu suurissa pitoisuuksissa, pienempiä pitoisuuksia ei testattu. Pikkelöityjen kasvien jodipitoisuus ruokasuolakiloa kohti oli 40 mg tutkimuksessa (Amr ja Jabay 2004). Kuhajek ja Fiedelman (1973) lisäsivät nakkeihin ruokasuolaa, jossa oli jodia 77 mg/kg. Jodi lisättiin joko kaliumjodidina, jodaattina tai kalsiumjodaattia.

Osassa tutkimuksista jodioitu ruokasuola valmistettiin itse laboratoriomittakaavalla. Ensin valmistettiin kantaliuos, joka sisälsi kaliumjodidia tai -jodaattia. Kantaliuos laimennettiin oikeisiin pitoisuuksiin. Jodiliuos lisättiin joko kuivan ruokasuolan (Skudder 1981; West ja Merz 1995) tai liuokseksi valmistetun ruokasuolan (Amr ja Jabay 2004) sekaan. Skudder (1981) lisäsi jodaatin vesiliuoksena suoraan maitoon. Pääosassa tutkimuksia jodin määrä elintarvikkeissa on ilmoitettu suhteessa ruokasuolan painoon.

2.5.3 Aistinvarainen arviointi

Valtaosa taulukon 6 tutkimuksista on julkaistu 1950–1980 -lukuilla, minkä vuoksi myös käytetyt tutkimusmenetelmät ovat monelta osin vanhentuneita ja tulokset puutteellisesti raportoituja.

Taulukosta 6 nähdään, että aistinvaraisia muutoksia arvioitiin kyseisissä tutkimuksissa pääsääntöisesti erotustestien, kuten kolmen vaihtoehdon pakkovalintatestin tai kolmitestin avulla. Lisäksi jodioidun ruokasuolan vaikutuksia selvitettiin muun muassa miellyttävyystestien avulla. Näin tekivät muun muassa Kojima ja Brown (1955) sekä Amr ja Jabay (2004).

Kun tarkoituksena on etsiä elintarvikkeiden väliltä pieniä eroja, arvioinnissa tulisi käyttää mahdollisimman herkkiä menetelmiä. Erotustestit ovat herkkiä, mutta ne eivät kuitenkaan ota kantaa siihen, miten ja kuinka paljon poikkeava näyte eroaa muista näytteistä (Lawless ja Heymann 2010 s. 79). Erotustestejä käytetään tavallisesti arvioitaessa esimerkiksi reseptin muutoksen vaikutusta elintarvikkeen aistinvaraisiin ominaisuuksiin (O'Mahony ym. 1994; Meilgaard ym. 2006).

Erotustesteissä arvioijan tehtävänä on tunnistaa poikkeava näyte. Useassa tutkimuksessa (Kojima ja Brown 1955; El Wakeil 1958; West ja Merx 1995) käytetty kolmitesti ilmaisee poikkeavan näytteen. Tomaattimehun ja pikkeliöityjen oliivien arvioinnissa käytettiin kolmen vaihtoehdon pakkovalintatestiä kahdeksan henkilön raadilla (Kojima ja Brown 1955). Arvioijien tuli valita kolmen näytteen joukosta jodioitu näyte. Tuloksissa vertailtiin, löytyikö kahden toiston välillä tilastollisia eroja. West ja Merx (1995) käyttivät kolmitestiä, jossa 18 arvioijaa teki kuusi arviointitoistoa perunoille ja riisille. Raadin tuli erottaa poikkeava näyte kolmen näytteen joukosta. Lisäksi Kojima ja Brown (1955) tekivät tomaattimehulle laimennossarjan, josta nähtiin missä pitoisuudessa arvioijat erottivat jodin.

Miellyttävyydestä on erotustestien lisäksi toinen tutkimuksissa usein käytetty menetelmä. Muutamissa tutkimuksissa käytettiin koulutettua raatia arvioimaan näytteiden miellyttävyyttä. Miellyttävyydestä tulisi aina käyttää kouluttamatonta kuluttajaraatia (Lawless ja Heymann 2010 s. 79). Tutkimusten miellyttävyydestä kertoivat preferenssin suhteessa vertailunäytteeseen eli jodioimattomaan näytteeseen. Jodioitujen näytteiden ja vertailunäytteiden välinen ero miellyttävyydessä voi olla mielenkiintoista ja kuluttajien kannalta tärkeää. Toisaalta mieltymyksiä eivät kerro näytteiden erojen suunnasta tai suuruudesta (Mustonen ym. 2006).

Amr ja Jabay (2004) tutkivat näytteiden välisiä eroja miellyttävyydestä, jossa käytettiin numeerista asteikkoa ja vertailunäytettä. He käyttivät koulutettua raatia, joka ei sovellu miellyttävyydestä raadiksi. Maun lisäksi raati arvioi elintarvikkeista myös rakenteen ja värin. Samanlaista menetelmää käyttivät Kojima ja Brown (1955). He selvittivät eri koikkeilla elintarvikkeen miellyttävyyttä, makua, hajua ja rakennetta. Maun miellyttävyyttä arvioitiin 10-portaisella asteikolla. Arviointeihin osallistui 10 kokenutta arvioijaa, jotka tekivät arvioinnista toiston. Kaikkia näytteitä verrattiin vertailunäytteeseen ja näytteiden sekaan oli piilotettu vertailunäyte. Arviointi tehtiin 10-portaisella numeerisella asteikolla. Kojima ja Brown (1955) käyttivät lisäksi subjektiivista maun ja hajun voimakkuuden mittausta tomaattimehulle ja hapankaalille. Raadissa oli 6–8 arvioijaa. Miellyttävyydestä käytti myös El Wakeil (1958) samoilla elintarvikkeilla kuin Kojima ja Brown (1955).

Kuhajekin ja Fiedelmanin (1973) käyttämä aistinvaraisen arvioinnin menetelmä on kuvattu puutteellisesti. Tutkimusmateriaaleista on arvioitu jodioitujen ja jodioimattomien elintarvikkeiden flavorin, hajun ja rakenteen eroja. Menetelmän tarkempaa luonnetta ei ole kuvattu. Menetelmästä raportoivat puutteellisesti myös Hostettler (1953) sekä Sevenants ja San-

ders (1984). He eivät raportoineet muun muassa esikokeista tai siitä, miten raati koulutettiin. Arvioijien ikää tai sukupuolta ei kerrottu.

Tämän tutkimuksen kannalta mielenkiintoisia menetelmiä voi löytää myös tarkastelemalla muihin tärkeisiin ravintoaineisiin keskittyntä kirjallisuutta. Ihmiselle tärkeitä ravintoaineita, kuten sinkkiä, D-vitamiinia tai rautaa on lisätty jo pitkään erilaisiin elintarvikkeisiin puutostautien ehkäisemiseksi. Näin ollen niiden vaikutuksia ruoan aistinvaraisiin ominaisuuksiin on tutkittu enemmän kuin jodin. Muun muassa Wang ja King (1973) tutkivat raudan aiheuttamia muutoksia maidossa. He käyttivät tutkimusmenetelmänä kuvailevaa analyysiä, jossa käytettiin vertailunäytettä. Samaa menetelmää on käytetty tutkittaessa raudan vaikutusta gluteenittomassa leivässä (Kiskini ym. 2007). Tutkimusten mukaan rauta vaikutti elintarvikkeiden aistinvaraisiin ominaisuuksiin.

2.5.4 Elintarvikkeiden jodipitoisuuden määrittäminen

Elintarvikkeiden jodipitoisuutta erilaisten säilöntöjen, kuten 10 päivän tai 20 viikon pakastuksen päätteeksi tutkivat Kuhajek ja Fiedelman (1973) (taulukko 6). Amr ja Jabay (2004) määrittivät jodipitoisuuden pikkelöidyistä kasviksista. Tutkimuksissa käytettiin useita erilaisia määrittämenetelmiä. Uusimmissa julkaisuissa on käytetty kehittyntä induktiivisesti kytkettyä massaspektrometriaa (ICP-MS) (Yebran ja Bollaín 2010). Yebran ja Bollaínin (2010) kokoamien tulosten perusteella ICP-MS:llä jodille määritetyt havaitsemisrajat ovat tarkempia kuin muiden menetelmien havaitsemisrajat. Myös kromatografisia menetelmiä pidetään tarkkoina (Lin ym. 2003; Melichercik ym. 2006). Kaasukromatografialla voidaan esimerkiksi määrittää jodin johdannaiset, kun muilla menetelmillä se on mahdotonta.

Valtaosassa tutkimuksista (taulukko 6) lopullista jodipitoisuutta ei kuitenkaan määritetty tutkimusmateriaaleista, mikä heikentää tutkimusten luotettavuutta. Jodipitoisuuden lopullinen määrittäminen on tällaisissa tutkimuksissa tärkeää, jotta jodin pysyvyyttä ja tuotteen lopullisen jodinpitoisuuden sekä elintarvikkeen aistinvaraisten ominaisuuksien välistä yhteyttä voidaan tarkastella.

2.5.5 Muut menetelmät

Aistinvaraisten ominaisuuksien lisäksi tutkimusmateriaaleista tutkittiin tuotteiden fysikaalisia ominaisuuksia. Esimerkiksi lähes jokaisessa tutkimuksessa määritettiin elintarvikkei-

den pH-arvot jodin lisäyksen jälkeen. Mitatut pH-arvot kertovat näytteiden samankaltaisuudesta. Toisena esimerkkinä Amr ja Jabay (2004) selvittivät pikkelöidyistä kasviksista jodipitoisuudet mausteliemestä ja kasviksista. Lisäksi he selvittivät, miten jodin lisääminen vaikutti pikkelöityjen kasvisten A- ja C-vitamiinipitoisuuksiin. Kojima ja Brown (1955) selvittivät tutkimusmateriaaleina käytettyjen kasvisten C-vitamiinipitoisuudet. Toisaalta pääosassa aiemmista tutkimuksista elintarvikkeiden suolapitoisuudet (NaCl) raportoidaan puutteellisesti. Tuotteen suolapitoisuus on hyödyllinen tieto, erityisesti jos tuotteen lopullista jodipitoisuutta ei ole määritetty, sillä se kertoo samalla tuotteeseen lisätyn jodin määrän.

Jodin vaikutuksia elintarvikkeiden aistinvaraisiin ominaisuuksiin on tutkittu lisäämällä jodia elintarvikkeisiin ilman ruokasuolaa kantaja-aineena. Wingerin ym. (2005) mukaan jodin määrä tutkimusmateriaalissa jää aina pieneksi, jos jodia lisätään elintarvikkeeseen ruokasuolassa. On mahdollista, että elintarvikkeen luontainen jodi häiritsee lopullisia tuloksia, kuten esimerkiksi jodioimattoman vertailunäytteen tapauksessa. Jodin vaikutuksia elintarvikkeiden aistinvaraisiin ominaisuuksiin tulisi tutkia muista näkökulmista kuin käyttämällä jodin kantaja-aineena ruokasuolaa (Winger ym. 2005). Tämän lisäksi tutkijat ehdottavat, että jodin aiheuttamia aistinvaraisia muutoksia tulisi tutkia lisäämällä jodia huomattavasti suuremmilla pitoisuuksilla kuin mitä aikaisemmin on tehty.

Winger ym. (2005) ovat tutkineet kaliumjodidin, kaliumjodaatin ja vapaan jodin lisäämistä suoraan elintarvikkeeseen ilman ruokasuolaa kantaja-aineena. Jodi lisättiin elintarvikkeisiin ilman, että sen määrää suhteutettiin ruokasuolaan. Tutkimuksessa selvitettiin, miten jodi vaikuttaa vaalean leivän aistinvaraisiin ominaisuuksiin pitoisuuksilla 1, 10, 100 ja 1000 mg kilogrammassa tuotetta. Lisäksi selvitettiin, miten jodi reagoi kanamunan valkuaisen proteiinien ja tioiden, keltaisen fosfolipidien, maidon proteiinin, pelkistävien sokereiden, kuten glukoosin ja laktoosin tomaattikastikkeen ja erilaisten väriaineiden, kuten antosyaniinien kanssa. Kokeet järjestettiin pienellä arviointijoukolla, mikä tulee ottaa huomioon tutkimuksen tuloksia tarkasteltaessa

2.6 Jodin vaikutus tuotteiden aistinvaraiseen laatuun

Seuraavissa kappaleissa esitellään jodin vaikutuksia ruoan aistittaviin ominaisuuksiin. Ensin tarkastellaan jodin ärsytyskynnystä vedessä. Tämän jälkeen taulukon 6 tulokset rapor-

toidaan elintarvikeryhmittäin: lihatuotteet, leipä, kasvikset ja muut elintarvikkeet. Lisäksi tarkastelun kohteena on jodin pysyvyys elintarvikkeissa.

2.6.1 Jodin aiheuttamat muutokset vedessä

Jodin antiseptiset ominaisuudet löydettiin jo 1800-luvun alussa (Starke 2009). Jodia, kuten muitakin halogeenejä, on käytetty siitä lähtien vedenpuhdistajana (Hugo 1991; Starke 2009). Jodin käyttö juomavedessä on nostanut esille kysymyksen jodin makuominaisuuksista (Black ym. 1959).

Jodin vaikutusta puhtaan veden makuun on tutkittu kynnysarvojen (ASTM 1991) perusteella (Ruth 1986; Bryan ym. 1973). Ärsytyskynnys on matalin pitoisuus, jossa tutkittava aine havaitaan (Lawless ja Heymann s. 125). Kynnysarvon mittaamiseen käytetään kolmen näytteen pakkovalintatestiä, jossa arvioijan on valittava kolmen näytteen sarjasta yksi erilainen näyte. Tulos lasketaan jokaisen yksilön kynnysarvojen geometrisenä keskiarvona (Schiffman ym. 1990). Ärsytyskynnyksen ylittävän voimakkuuden mittaamiseen on käytetty 9-portaisia luokka-arvioasteikkoja (Tuorila 1981). Asteikot ovat päästään ankkuroituja. Voimakkuuden arvioinnin yhteydessä koehenkilöä pyydetään usein kuvailemaan makua (Lawless ja Heymann 2010 s. 125).

Jodidin kynnysarvoa vesiliuoksessa pH-arvoissa 5 ja 9 tutkivat Ruth (1986) ja Bryan ym. (1973). Jodin ärsytyskynnysarvo ryhmässä vaihteli 0,147 ja 0,204 mg/l:n välillä. Kuitenkaan tilastollisesti merkitsevää eroa ei löydetty eri pH:ssa havaittujen kynnysarvojen välillä. Makuominaisuuksien analysoiminen eri pH:ssa on mielenkiintoista, koska jodi muuttaa muotoaan aineen happamuuden mukaan. Happamissa olosuhteissa jodaatti pelkistyy jodidiksi, joka reagoiessaan hapen kanssa muodostaa herkästi haihtuvaa jodia (Coumes ym. 1998). Tulokset viittaavat siihen, että jodin eri muodoilla (jodi, jodidi ja jodaatti) on samanlaiset makuominaisuudet. Vaikka jodi yksin ei aiheuta makumuutoksia veteen, jodin uskotaan reagoivan herkästi muiden aineiden kanssa, millä voi olla vaikutuksia elintarvikkeen aistinvaraisiin ominaisuuksiin (Winger ym. 2005).

Greisin ja Järveläisen (2015) mukaan kaliumjodidin kynnysarvo on moninkertaisesti suurempi kuin puhtaan jodin ärsytyskynnysarvo. Tulosten mukaan kaliumjodidin (KI) kynnysarvo on 363 mg/l ja natriumjodidin (NaI) 268 mg/l. Sanallisten kuvailujen perusteella kumpikin liuos arvioitiin muun muassa suolaiseksi, karvaiseksi, makeaksi ja metalliseksi.

Metallisuus erottaa tutkimusten mukaan natriumjodidin (NaI) natriumkloridista (NaCl), mikä voi viitata jodin aiheuttamaan metalliseen makuun. Schiffmanin ym. (1990) mukaan kaliumkloridin (KCl) kynnsarvo on 360 mg/l ja natriumkloridin (NaCl) 314 mg/l. Joidenkin kirjallisuuden lähteiden mukaan ruokasuolan ärsytyskynnsarvo vaihtelee usein 200–400 mg/l:ssa välillä (Koch 1982). Tulosten perusteella jodi ei yksin aiheuta maku-muutoksia elintarvikkeisiin.

2.6.2 Jodin aiheuttamat muutokset lihatuotteissa

Lihatuotteisiin lisätty jodi ei ole tutkimusten mukaan aiheuttanut muutoksia elintarvikkeiden aistinvaraisiin ominaisuuksiin. Kuhajek ja Fiedelman (1973) eivät löytäneet makumuutoksia tutkituissa lihavalmisteissa, kuten nakeissa 77 mg/kg:ssa pitoisuudella. Kun nakkeihin lisättiin kalsiumjodaattia, se aiheutti muutaman arvioijan mielestä epätyypillisen maun. Toisaalta makua kuvailtiin myös miellyttäväksi.

Wirth ja Kuhne (1991) selvittivät jodoidun ruokasuolan vaikutuksia lihavalmisteissa, joissa aistinvaraisia muutoksia ei havaittu pitoisuudella 0,3–0,6 mg jodia nitriittisuolakiloa kohden. Wirth ja Kuhne (1991) uskoivat jodin ja nitriitin muodostavan yhdessä karsinogeenistä nitrosamiinia. Lisätty kaliumjodaatti ei vaikuttanut nitriitin läsnä ollessa karsinogeenisten nitrosamiinien muodostumiseen. Tutkimuksen mukaan flavorissa, hajussa, värisssä tai rakenteessa ei huomattu eroja jodioimattomien ja jodilla vahvistettujen lihatuotteiden välillä. Tuotteiden jodipitoisuus oli nykypäivän suositeltuihin jodipitoisuuksiin verrattuna pieni.

2.6.3 Jodin aiheuttamat muutokset leivässä

Jodoidun ruokasuolan vaikutuksista vaaleassa leivässä on raportoitu tieteellisesti vain vähän. Toisaalta leipä on Wingerin ym. (2005) mukaan suosituin jodoidun ruokasuolan lähde teollisuudessa, mikä viittaa siihen, että jodi ei aiheuta tavanomaisissa pitoisuuksissa muutoksia leipään. Kuhajek ja Fiedelman (1973) eivät löytäneet aistinvaraisia muutoksia vaaleasta leivästä, johon oli lisätty kaliumjodidia, kaliumjodaattia tai kalsiumjodaattia. Leivän flavorissa, hajussa tai ulkonäössä ei havaittu muutoksia.

2.6.4 Jodin aiheuttamat muutokset kasviksissa

Amr ja Jabay (2004) havaitsivat pikkeliöidyissä kasviksissa rakenteen pehmenemistä ja värin tummumista, kun keitinliemeen lisättiin kilogrammaa ruokasuolaa kohti 40 mg jodia kaliumjodaattina (KIO_3). Suolapitoisuus (NaCl) mitattiin kurkuista 12 päivää aistinvaraisien arviointien jälkeen, jolloin se oli 4–5 %. Suolapitoisuuteen ei vaikuttanut lisätyn jodin muoto. Suolapitoisuuteen ei vaikuttanut lisätyn jodin muoto.

Amarin ja Jabayn (2004) tutkimuksessa jodilla ei ollut vaikutusta kasvien makuun. Tilastollinen ero ($p < 0,05$) löytyi niiden kasvien väristä, joiden keitinliemeen oli lisätty kaliumjodaattia. Värimuutosta kuvailtiin negatiiviseksi ja väriä harmaan tummaksi verrattuna kontroleihin tai kasviksiin, joihin oli lisätty kaliumjodidia. Värimuutoksen uskottiin johtuvan jodaatin hajoamisesta säilönnän aikana. Rakenteesta löydettiin eroja jodaatilla käsiteltyjen ja jodidilla käsiteltyjen ja -verrokkikurkkujen väliltä. Rakenne pehmeni, minkä Amr ja Jabay (2004) toteavat johtuvan pektiinin metyyliiryhmien hapettumisesta jodaatin ja hiidioksidin reagoissa.

Amr ja Jabay (2004) totesivat, että jodin lisäyksellä ei ollut vaikutusta kasvien C-vitamiinipitoisuuteen. A-vitamiinipitoisuuden todettiin laskevan hieman porkkanoissa, joihin oli lisätty joko kaliumjodidia tai kaliumjodaattia. Näiden tulosten perusteella Jong (2007) suosittelee, että pikkeliöityjen kasvien jodin lähteenä käytettäisiin ruokasuolassa jodaatin sijaan jodidia. Jodaatin todettiin aiheuttavan enemmän muutoksia kasvien aistinvaraisiin ominaisuuksiin.

Kojima ja Brown (1955) havaitsivat, että jodioitu ruokasuola, jonka pitoisuus oli 92 milligrammaa kilogrammaa ruokasuolaa kohden ei aiheuttanut aistinvaraisia muutoksia tomaattimehussa, vihreissä pavuissa, säilykemaississa tai -oliiveissa. Samanlaisen tuloksen saivat West ja Merx (1995) tutkiessaan jodoidun ruokasuolan ja jodioimattoman ruokasuolan eroja keitettyssä riisissä ja perunoissa. Suurimmallakaan jodipitoisuudella (100 mg/kg) ei löydetty eroa testattujen elintarvikkeiden välillä.

2.6.5 Jodin aiheuttamat muutokset muissa elintarvikkeissa

El Wakeil (1958) löysi makumuutoksia tomaattimehussa 200 mg:n jodipitoisuudella kilogrammassa tomaattimehua. Jodipitoisuus oli moninkertainen verrattuna tavanomaisiin pi-

toisuuksiin tomaattimehussa. Maissista tai hapankaalista ei löydetty eroja jodioitujen ja jodioimattomien elintarvikkeiden väliltä.

Sevenants ja Sanders (1984) raportoivat sivumausta kakkujauheseoksessa, jossa käytettiin kaliumjodidilla jodioitua ruokasuolaa. Virhemaun uskottiin johtuvan jodikresolin eli fenoleihin kuuluvan orgaanisen yhdisteen muodostumisesta elintarvikkeessa. Jodin vaikutusta Uho-kuumennukseen tutkittiin lisäämällä jodaattia maitoon. Jodia lisättiin maitoon jodaattina (IO_3) niin, että jodipitoisuus maidossa oli 12,7 mg/l (Skudder 1981). Maidon maku muuttui, koska jodaatti aiheutti kaseiiniproteiinien proteolyysiä. Jodaattia ei kuitenkaan tavallisesti lisätä teollisuudessa maitoon.

2.6.6 Jodin pysyvyys elintarvikkeissa

Elintarvikkeiden eri pH-arvot vaikuttavat siihen, missä muodossa jodi esiintyy elintarvikkeessa. Jodin muoto puolestaan vaikuttaa siihen, kuinka herkästi jodia haihtuu. Jodin muotoa elintarvikkeessa ei aina tiedetä, mutta esimerkiksi maidossa jodi esiintyy jodidina (Leiterer ym. 2001). Esimerkkejä elintarvikkeiden pH-arvoista on taulukossa 7. Coumes ym. (1998) totesivat, että happamuus voi nopeuttaa jodin ja hapen välistä reaktiota, jossa jodi hapettuu haihtuvaksi jodidiksi. Lähes kaikki elintarvikemateriaalit ovat happamia, jolloin jodi esiintyy elintarvikkeissa jodidina. Happamien elintarvikkeiden, kuten pikkelssien tai ruisleivän jodipitoisuus voi siis laskea voimakkaammin vähemmän happamiin elintarvikemateriaaleihin verrattuna.

Taulukko 7. Elintarvikkeiden pH-arvoja eri tutkimuksissa.

Viite	Elintarvike	pH
Anon. 1962	maito	6,4–6,8
Anon. 1962	juusto	4,8–6,4
Anon. 1962	lihavalmisteet	5,1–6,8
Hamm 1972	makkara	6,2–6,3
Bridges ja Mattice 1939	pikkelssi	3,0–3,4
Bridges ja Mattice 1939	kurkku	5,1–5,8
Warren ja Landry 1995	tomaattimehu	4,1–4,6
Anon. 1962	ruisleipä	3,5–5,2
Anon. 1962	vaalea leipä	5,8–6,2

Taulukossa 8 on esitelty jodin hävikki eri tutkimuksissa. Kuhajek ja Fiedelman (1973) arvioivat, että jodin hävikki vaaleassa leivässä on 20–30 % valmistuksen ja 10 päivän pakastuksen jälkeen. Hävikin arvioitiin olevan 23–52 % perunalastuissa 13 viikon varastoinnin jälkeen. Nakeissa jodin pysyvyyden oli arvioitu olevan 46–55 %. Wirthin ja Kuhnen (1991) mukaan jodin hävikki lihatuotteissa valmistuksen aikana oli huomattava, 7–25 %. Pienimmillään se oli fermentoiduissa makkaroissa ja suurimmillaan paistomakkaroissa.

Chavasit ym. (2002) tutkivat jodin pysyvyyttä ruoanvalmistuksen aikana. Tutkimuksessa selvitettiin, muuttuuko jodipitoisuus keittämisen, paistamisen, höyryttämisen tai uunissa kypsentämisen aikana. Ruoanvalmistusmenetelmällä, astian materiaalilla tai pH:lla ei todettu olevan yksin vaikutusta jodipitoisuuden pienenemiseen. Toisaalta mausteiden, lisäaineiden ja sokereiden läsnäolo pienensi jodipitoisuutta. Fosforihappo (pH 3) pienensi jodipitoisuuksia ja askorbiinihapon lisääminen poisti lähes kaiken elintarvikkeeseen lisätyn jodin.

Laajemmassa (Goindi ym. 1995) tutkimuksessa 50 intialaista ruokalajia valmistettiin erilaisilla menetelmillä. Tulokset osoittivat, että jodi voi vähentyä elintarvikkeessa 6–37 %. Tulosten hajonta oli huomattavan suuri. Tutkimuksen mukaan valmistusmenetelmällä oli suuri vaikutus jodipitoisuuden pienenemiseen elintarvikkeessa. Suurin jodipitoisuuden menetys oli keittäessä (37 %). Höyrytys tai kypsennys painekattilassa alensi jodipitoisuutta vähemmän (20 %). Lihan uunissa paahattamisen aiheuttama hävikki oli pienin (6 %).

El Wakeil (1958) selvitti, ettei vapaata jodia (I_2) löydetty kasviksista. Tulos viittaa siihen, että jodi on kasviksissa jossain muussa muodossa kuin vapaana jodina. Pikkeloitujen kasvien jodipitoisuuden todettiin olevan 1,6–1,8 mg/kg, riippumatta siitä, oliko keitinliemeen lisätty kaliumjodidia tai -jodaattia. Pikkeloituneet kasvikset ovat ainoat elintarvikkeet, joissa jodipitoisuus nousi vielä valmistuspäivän jälkeen, mikä johtui osmoosin aiheuttamasta jodin kulkeutumisesta kasviksiin säilytyksen aikana. Kasvien jodipitoisuus nousi valmistuspäivästä aina kymmenenteen päivään asti. Kurkkujen ja nauriiden jodipitoisuus oli hieman suurempi kuin porkkanoiden ja kukkakaalien, joiden keitinliemen jodipitoisuus oli suurempi kuin kurkkujen ja nauriiden. Tulos viittaisi siihen, että porkkanoiden ja kukkakaalien paksumpi kuori pienentäisi osmoosia. Kasvien mausteliemen jodipitoisuus oli valmistuspäivänä vielä noin 4 mg/l, mutta laski 10 päivän kuluessa puoleen alkuperäisestä pitoisuudesta. Mausteliemen ja kurkkujen jodipitoisuus saavutti tasapainotilan 8 päivän kuluttua valmistuksesta.

Taulukkoon 8 on koottu tutkimuksia, joissa on selvitetty jodin hävikki erilaisten käsittelyjen jälkeen. Lähes kaikissa tutkimuksissa jodia on lisätty elintarvikkeisiin kaliumjodidina ja kaliumjodaattina. Kaliumjodidin ja kaliumjodaatin välillä ei ole suuria eroja hävikissä. Kuhajekin ja Fiedelmanin (1973) mukaan lisätyn kaliumjodaatin hävikki oli leivässä ja perunalastuissa suurempi kuin kaliumjodidin. Waszkowiakin ja Szymandera-Buszka (2008) saivat erilaisia tuloksia. Hänen mukaansa kaliumjodidia katosi lihapullista odotetusti enemmän kuin kaliumjodaattia.

Taulukko 8. Tutkimuksia, joissa on selvitetty jodin hävikki elintarvikkeista erilaisten käsittelyjen kuten kypsennyksen tai varastoinnin jälkeen.

Viite	Elintarvike	Jodisuola	Käsittely	Hävikki, (%)
Kuhajek ja Fiedelman (1973)	vaalea leipä	KI	2 vrk, 10 vrk pakastus	24, 27
		KIO3	2 vrk, 10 vrk pakastus	20, 30
	perunalastut	KI	7 vko, 13 vko	18, 33
		KIO3	7 vko, 13 vko	19, 52
	nakit	KI	18 vko pakastus	55
		KIO3	18 vko pakastus	46
Wirth ja Kuhne 1991	lihavalmiste	KIO3	-	kesä.37
Goindi ym. 1995	Intialaiset reseptit	-	keitto	37
		-	painekattila	20
		-	Paahtaminen	6
		-	höyrytys	20
Amr ja Jabay 2004	Pikkelöidyt kasvikset (liemi)	KI/KIO3	-	60–47
Waszkowiak Szymandera-Buszka 2008	Lihapullat	KI	3 pv, 60 pv, 150 pv	26, 47, 68
		KIO3	3 pv, 60 pv, 150 pv	5, 33, 52

2.6.7 Elintarvikkeiden jodiointi ilman ruokasuolaa

Wingerin ym. (2005) tutkimuksessa selvitettiin elintarvikkeiden jodiointia ilman, että jodin määrää suhteutettiin ruokasuolan määrään. Tulosten perusteella jodaatti aiheutti suurissa pitoisuuksissa (100 ja 1000 mg/kg tuotetta) aistinvaraisia muutoksia leipään. Muutoksia näkyi ulkonäössä, maussa ja murun rakenteessa. Raati kuvaili jodipitoisia näytteitä keltaiseksi tai tummemmaksi kuin jodioimattomia näytteitä. Makua kuvailtiin teräväksi, karvaaksi ja keinotekoiseksi. Rakennetta kuvailtiin puolestaan purkkaiseksi ja taikinaiseksi. Jodidi aiheutti samanlaisia ulkonäkömuutoksia 1000 mg/kg (tuotetta) pitoisuudella, mutta maku tai suutuntuma ei muuttunut. Leivät, joihin lisättiin jodia 1 ja 10 milligrammaa kilo-

grammaa tuotetta kohden, olivat ominaisuuksiltaan samanlaisia kuin vertailunäyte. Jodin hävikki leivässä oli 40 % jodaatin ja 20 % jodidin tapauksessa. Elkassabany ja Hoseneyn (1980) lisäsivät kaliumjodaattia sellaisenaan jodipitoisuudella 30–50 mg/kg leivän taikinakiloa kohden. Heidän mukaansa kaliumjodaatilla oli välitön vaikutus taikinan reologisiin ominaisuuksiin. Jodaatti aiheutti taikinan tilavuuden pientymistä, mikä Elkassabany ja Hoseneyn (1980) mukaan viittaa jodaatin vaikutuksiin vahvana hapettajana.

Winger ym. (2005) selvitti jodin lisäämistä erilaisiin elintarvikemateriaaleihin suurissa pitoisuuksissa. Jodidia tai jodaattia lisättiin täysmaitoon, rasvattomaan maitoon, laktoosiin, glukoosiin ja kanamunan keltuaiseen ja valkuaiseen. Viiden päivän aikana tutkituissa aineissa ei näkynyt eroja jodioimattomien ja jodia sisältävien näytteiden välillä.

2.6.8 Yhteenveto kirjallisuuden tuloksista

Jodiodun ruokasuolan aiheuttamia muutoksia on tutkittu 1920-luvulta lähtien useiden eri elintarvikkeiden osalta. Tässä luvussa eriteltyjen tutkimusten perusteella jodi ei pääsääntöisesti aiheuta aistinvaraisia muutoksia elintarvikkeisiin. Aistinvaraisia muutoksia esiintyi neljässä tutkimusmateriaalissa, jotka olivat tomaattimehu, maito, kakkujauheseos ja pikkelöidyt kasvikset (taulukko 6). Jodin käyttöä elintarvikkeissa on tutkittu pääsääntöisesti niin, että jodiodulla ruokasuolalla on korvattu jodioimaton ruokasuola (Kojima ja Brown 1955; West ja Merx 1995; Amr ja Jabay 2004). Suurimmassa osassa tutkimuksista jodin pitoisuus elintarvikkeessa oli ilmoitettu lisätyn jodin mukaan, eikä jodipitoisuutta määritetty valmiista elintarvikkeista. Tutkimuksissa, joissa jodipitoisuus kuitenkin määritettiin, oli selvää, että jodipitoisuus laski valmistuksen aikana. Toisaalta kyseisissä tutkimuksissa käytettiin osittain vanhentuneita ja epätarkkoja analyysimenetelmiä.

Pääosassa näistä tutkimuksista kaliumjodaatti vaikutti aistinvaraisiin muutoksiin enemmän kuin kaliumjodidi. Kaliumjodaatin voikin olettaa vaikuttavan aistittaviin muutoksiin enemmän kuin kaliumjodidin, koska jodidi on vähemmän stabiili ja poistuu siten helpommin elintarvikkeesta (Coumes ym. 1998). Jodipitoisuudet, jotka aiheuttivat muutoksia aistittaviin ominaisuuksiin, olivat tavanomaista ruokasuolan jodipitoisuutta (25 mg/kg) suurempia. Poikkeuksena oli kakkujauhesekoitus, jossa jodia oli ruokasuolassa vain 0,2 mg/kg. Flavorin muutos kakkujauheseoksessa johtui Sevenantsin ja Sandersin (1984) mukaan jodikresolin muodostumisesta.

Tutkimuksissa, joissa jodi aiheutti elintarvikkeisiin aistinvaraisia muutoksia, esiintyi muutamia samankaltaisuuksia. Aistinvaraisia muutoksia havaittiin, mikäli yksi tai useampi seuraavista tekijöistä piti paikkansa: 1) jodi lisättiin ruokasuolaan kaliumjodaattina 2) jodia lisättiin yli 40 mg kilogrammaa ruokasuolaa kohden tai 3) jodi aiheutti aistinvaraisia muutoksia elintarvikkeeseen reagoidessaan toisen ainesosan kanssa.

Kirjallisuuden tutkimukset eivät kuitenkaan ota kantaa siihen, kuinka suuria eroja jodioitujen ja jodioimattomien näytteiden väliltä löytyi. Jodoidun ruokasuolan vaikutusta ruoan aistittavaan laatuun olisi syytä tarkastella herkän ja toisaalta kuvailevan arviointimenetelmän avulla. Menetelmän tulisi olla sellainen, ettei se sulje pois uusia, ennalta arvaamattomia muutoksia elintarvikkeiden ominaisuuksissa.

Jodin puutos Suomessa ja Valtion ravitsemusneuvottelukunnan toimenpidesuositus jodoidun ruokasuolan käytöstä elintarviketeollisuudessa, nostavat aiheen uudelleen kiinnostavaksi. Suppean aikaisemman kirjallisuuden johdosta, jodin vaikutusta eri ruokien aistittavaan laatuun on ajankohtaista ja hyödyllistä tutkia perusteellisesti erityisesti elintarvikkeillä, jotka ovat tärkeitä suolan lähteitä. Elintarvikkeiden lopullinen jodipitoisuus olisi kiinnostavaa selvittää tutkimusmateriaaleista, jotta ruokasuolan jodipitoisuuden yhteys mahdollisiin aistinvaraisiin muutoksiin ja jodin saantiin voidaan tiedostaa.

3 KOKEELLINEN TUTKIMUS

3.1 Tutkimuksen tavoite

Työn tavoitteena oli selvittää, vaikuttaako jodin lisääminen kaliumjodidina elintarvikkeiden aistittaviin ominaisuuksiin. Aistinvaraiset arvioinnit tehtiin käyttäen poikkeama vertailunäytteestä – menetelmää. Tutkimusmateriaalit olivat lauantaimakkara, vaalea leipä ja säilykekurkku. Kutakin elintarviketta valmistettiin samalla reseptillä, jossa ainoastaan ruokasuolan määrään suhteutettu jodipitoisuus vaihteli. Jodi lisättiin tutkimusmateriaaleihin kaliumjodidina valmistuksen yhteydessä, koska kaliumjodidi on Suomessa yleisesti käytetty jodinmuoto ruokasuolassa. Tutkimusmateriaaleiksi valittiin vaalea leipä ja makkara, koska vilja- ja lihatuotteet ovat suurimmat suolan lähteet Suomessa ja koska jodin aiheuttama mahdollinen sivumaku tulee helpommin esiin vaaleassa kuin tummassa leivästä. Lisäksi vaalean leivän kulutus on suurempaa kuin tumman leivän (THL 2013). Säilykekurkut

valittiin, koska niissä on aikaisemmissa tutkimuksissa raportoitu jodilisäyksen seurauksena rakenteen pehmenemistä ja värin tummumista.

Lisäksi tutkittavien elintarvikkeiden fysikaalisia ja kemiallisia ominaisuuksia mitattiin instrumentaalisesti. Tulosten avulla selvitettiin, vaikuttaako jodi elintarvikkeiden aistinvaraisiin ominaisuuksiin fysikaalisten muutosten kautta. Valmistuksen ja säilönnän aikainen jodin hävikki selvitettiin määrittämällä elintarvikkeiden lopullinen jodipitoisuus.

3.2 Materiaalit ja menetelmät

3.2.1 Tutkimuksen kulku

Tutkimuksen kolme materiaalia valmistettiin siten, että ainoastaan materiaalien jodipitoisuus vaihteli. Kuhunkin tutkimusmateriaaliin lisättiin jodia pitoisuuksina 0 mg, 25 mg, 50 mg ja 100 mg kilogrammaa ruokasuolaa kohden. Tutkimukseen valittiin 25 mg/kg jodipitoisuus, koska se on Suomessa tavanomaisesti ruokasuolassa käytetty jodipitoisuus (VRN 2015). Kaksinkertainen ja nelinkertainen jodipitoisuus ruokasuolassa otettiin lisäksi mukaan, koska haluttiin selvittää, vaikuttaako jodi elintarvikkeiden aistinvaraisiin ominaisuuksiin suuremmissa pitoisuuksissa ja koska 100 mg/kg on tavanomainen ruokasuolan jodipitoisuus maissa joissa jodin puutos on vakavalla tasolla. Jodi lisättiin elintarvikkeisiin kaliumjodidina veteen liuenneena.

Materiaaleista lauantaimakkara valmistettiin Helsingin yliopiston lihateknologian koetehdaassa. Vaalea leipä valmistettiin Vaasan Oy:n tehtaalla Vantaalla ja suolakurkut Orkla Foods Oy:n tehtaassa Turussa. Materiaalien suolapitoisuudet ja valmistus- sekä arviointiajankohdat on esitetty taulukossa 9.

Taulukko 9. Materiaalien tavoitteellinen suolapitoisuus, valmistaja ja valmistus- sekä arviointipäivä.

Näytteet	Ruokasuolaa (%)	Valmistaja	Valmistusajankohta	Arviointiajankohta
Lauantaimakkara	1,72	Helsingin yliopisto, EYT-koetehdas	11.1.2016	18.–20.1.2016
Vaalea leipä	1,2	Vaasan Oy	3.2.2016	8.-10.2016
Säilykekurkku	1,7	Orkla Foods Finland	5.2.2016	14.3 ja 13.4.2016

Aistinvaraiset arvioinnit suoritettiin Helsingin yliopiston aistinvaraisen arvioinnin laboratoriossa keväällä 2016. Arvioinneissa käytettiin kuvailevaa menetelmää nimeltä poikkeama vertailunäytteestä, jossa koulutettu raati arvioi kunkin näytteen ominaisuuksien poikkeamia vertailunäytteestä. Vertailunäyte oli piilotettu tutkittavien näytteiden joukkoon tulosten luotettavuuden varmistamiseksi. Arvioitavat ominaisuudet valittiin ennen varsinaisia arviointeja esiraadin avulla.

Instrumentaalisten mittausten avulla selvitettiin syitä aistinvaraisiin muutoksiin ja jodin hävikkiä valmistuksen ja säilönnän aikana. Materiaalien lopulliset jodipitoisuudet määritettiin Evirassa. Lopullinen jodipitoisuus kertoo luontaisen jodin ja lisätyn jodin summan.

Esikokeena tarkasteltiin jodipitoisuuden vaikutusta lauantaimakkaran ja kestromakkaran aistinvaraisiin ominaisuuksiin ja testattiin koasetelman ja menetelmän toimivuutta. Esikokeen menetelmät ja tulokset on esitetty liitteessä 1.

3.2.2 Tutkimusmateriaalien valmistus

Jodin lisääminen

Jodi lisättiin elintarvikkeisiin vesiliuoksena. Tutkimuksissa käytettiin kaliumjodidia, KI (CAS-Nro. 7681-11-0, EY-Nro. 231-659-4 Toimittaja: Sigma). Materiaaleihin lisätty jodi kertoo jodin (I₂) pitoisuuden ruokasuolassa. Kaliumjodidin määrä suhteutettiin reseptien ruokasuolapitoisuuteen ja sitä punnittiin joditasojen mukaan. Eri materiaaleissa oli erikoiset jodipitoisuudet, koska tuotteiden ruokasuolapitoisuudet vaihtelivat.

Kaliumjodidista valmistettiin vahva kantaliuos punnitsemalla kaliumjodidia litraan vettä. Liitteissä 2a ja 2b on esitetty jodiliuosten valmistuksessa käytetyt menetelmät ja haluttujen jodipitoisuuksien muunnos kaliumjodidiksi. Kaikkien materiaalien kohdalla valmistettiin vahva kantaliuos, jonka pitoisuus oli sellainen, että sitä pipetoimalla 10–40 ml jodipitoisuuden mukaan ja laimentamalla pipetoitu määrä litraan vettä, saatiin haluttu jodipitoisuus. Jodiliuokset valmistettiin ionivaihdettuun Milli-Q -veteen. Materiaalien valmistukseen käytettiin ruokasuolaa (Berner Ltd, Helsinki), josta 99,8 % oli puhdasta natriumkloridia. Tämän lisäksi ruokasuola sisälsi paakkuuntumisenestoainetta, natriumferrosyanidia (E353).

Lauantaimakkaran ja leivän valmistuksessa kaliumjodidi lisättiin elintarvikkeeseen jodisuolaliuoksena. Jodisuolaliuoksissa oli mukana vesi, jodi ja lisäksi osa reseptin ruokasuolasta. Tällöin jodin lisääminen elintarvikkeeseen vastasi elintarviketeollisuudessa usein käytettyä menetelmää, jossa jodioitu ruokasuola lisätään elintarvikkeeseen vesiliuoksena.

Lauantaimakkaran valmistuksessa koko reseptin ruokasuolamäärä ei olisi liennut litraan jodiliuosta, minkä takia litran jodiliuokseen lisättiin vain 60 g reseptin ruokasuolasta. Tämä oli samassa suhteessa kuin ruokasuolaa oli koko reseptin vesimäärässä (248 g NaCl/3,97 kg vettä). Loput ruokasuolat lisättiin erikseen kiteisenä. Leivän valmistuksessa 500 ml vettä sekoitettiin noin 30 grammaa ruokasuolaa samasta syystä. Säilykekurkkujen mausteliemeen jodi lisättiin 500 ml:n jodiliuoksena. Ruokasuola lisättiin mausteliemeen kiteisenä, mutta yhtäaikaisesti jodiliuoksen kanssa. Lauantaimakkaran ja leivän jodisuolaliuokset valmistettiin materiaalien valmistuspäivänä Helsingin yliopiston aistinvaraisen laatu tutkimuksen laboratorioissa. Säilykekurkkujen jodin kantaliuos valmistettiin kurkkujen valmistusta edeltävänä päivänä Helsingissä ja valmiit jodiliuokset valmistettiin tehtaalla 250 ml:n mittapulloihin.

Lauantaimakkaranäytteiden valmistus

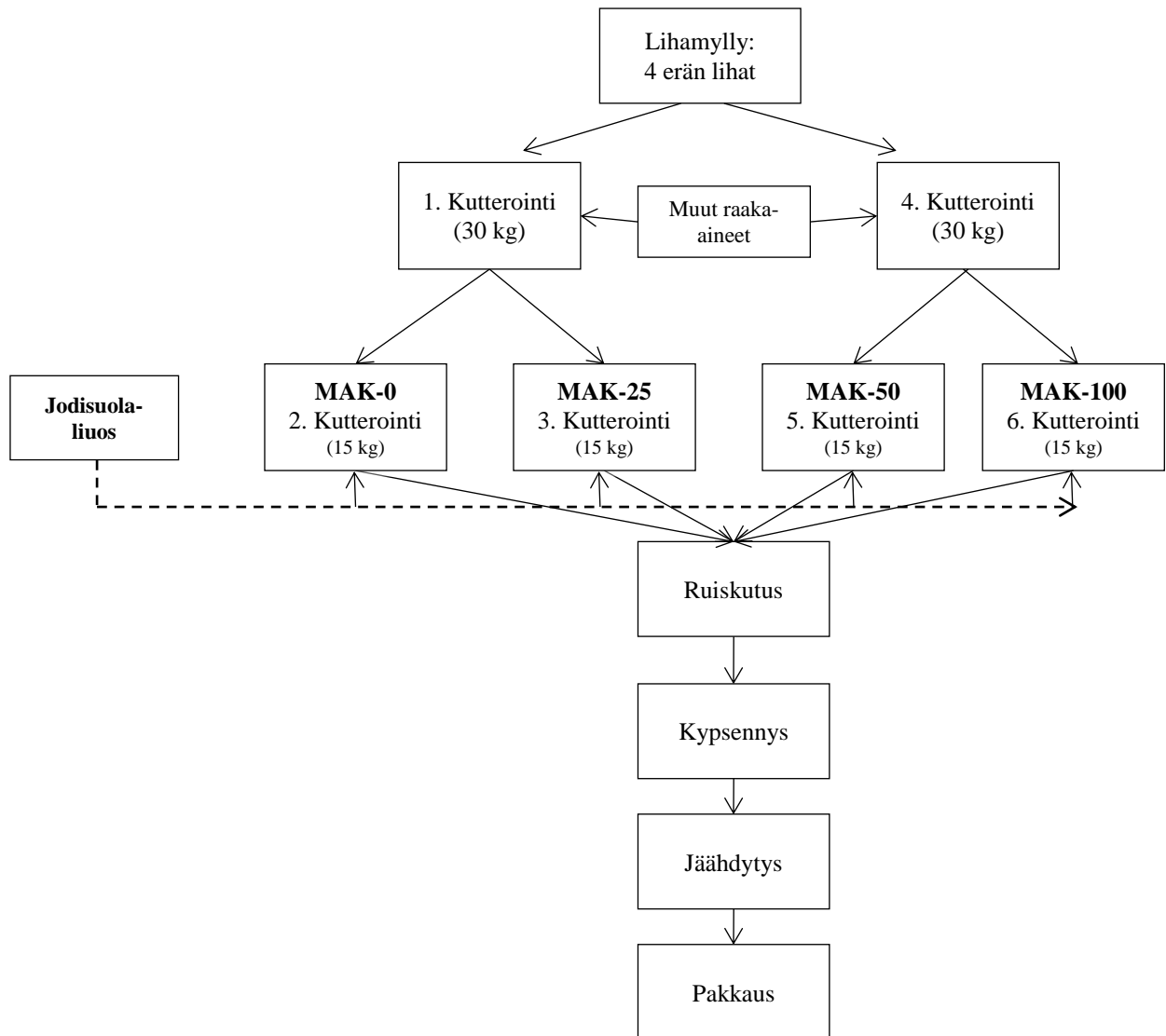
Lauantaimakkaraa valmistettiin lihateknologian koetehtaassa 15 kg kutakin jodipitoisuutta. Valmistuksessa syntyvät muutokset eri erien välille oli tärkeä minimoida, jotta jodipitoisuus olisi neljän eri erän ainoa muuttuja. Taulukossa 10 on lauantaimakkaran ainesosat (resepti liitteessä 3). Makkarasta valmistettiin neljä erää jodipitoisuuden mukaan. Valmista makkaramassaa valmistui 14,25 kg.

Taulukko 10. Lauantaimakkaran raaka-aineet massapainoina.

Raaka-aine	Massapaino (kg)	Massapaino (%)
SO (Sika)	4,95	33
N1 (Nauta)	3,6	24
S6 (Silava)	2	14
Vesi + Jää	2,97	25,96
Vesi (jodiliuos)	1	0,5
Suola	0,248	1,65
Fosfaattiseos 58 % P2O5	0,06	0,4
Askorbaatti	0,02	0,1
Muskottipähkinä	0,011	0,07
Valkopippuri	0,011	0,07
Korianteri	0,02	0,13
Nitriittiliuos 10 %	0,02	0,12
Yhteensä	15	100

Kaikki raaka-aineet punnittiin (Digit TCW- WP) makkaroiden valmistuspäivänä. Lauantaimakkaran valmistuksen yksinkertaistettu vuokaavio ja kutterointijärjestys on esitetty kuvassa 2. Neljän erän (60 kg) lihat hienonnettiin lihamyllyssä (Koneteollisuus Oy, LM-32 A) 13 mm:n laipalla. Erät valmistettiin jodimäärän kasvavassa järjestyksessä.

Hienonnuksen jälkeen lihamassa kutteroitiin (Seydelman) kahdessa erässä. Kutteriin laitettiin liha, 10 % nitriittiliuos, silava, fosfaattiseos, mausteet ja pääosa reseptin ruokasuolasta (435 g) sekä viimeiseksi askorbaatti ja vesi. Vedestä noin 50 % lisättiin jäänä, jotta massan loppulämpötila olisi lämpötilaltaan korkeintaan 18 °C. Kun ensimmäinen osa lihamassoista oli kutteroitu (2050 rpm), massa jaettiin vielä kahteen osaan punnitsemalla massat (kaikki erät 14,25 kg). Näin saatiin neljä mahdollisimman tasalaatuista massaa. Ensimmäiseen massaan lisättiin suolaliuos, johon oli lisätty vain ruokasuola, ei jodia. Loppuihin massoista lisättiin jodisuolaliuos. Kukin massa kutteroitiin vielä 2 minuutin ajan nopeilla kierroksilla (4100 rpm). Massat ruiskutettiin (Handtman VF 608 plus) ruskeaan hengittämättömään keinosuoleen (ympärysmitta 6,85 cm) ja merkittiin lapuilla jodipitoisuuden mukaan.



Kuva 2. Yksinkertaistettu vuokaavio lauantaimakkaran valmistuksesta.

Makkarat kypsennettiin tavanomaiseen tapaan 72 °C:n sisälämpötilaan asti 100 %:n suhteellisessa kosteudessa 70 minuutin ajan Wemag uunissa. Uunin lämpötilat ja minuutit on esitetty taulukossa 11. Uunista jätettiin tavanomainen savustusominaisuus käyttämättä, jotta savun aromi ei peittäisi mahdollisia jodin aiheuttamia muutoksia makkarassa. Uunin jälkeen makkarat jäähdytettiin jäähdytyskaapissa (4 °C). Seuraavana päivänä makkarat pakattiin vakuumiin ja säilöttiin jääkaappilämpötilaan (5 °C). Kypsennyspainotappiota seurattiin punnitsemalla kaikki makkarat ennen uunia, uunin jälkeen ja seuraavana päivänä.

Taulukko 11. Lämpötila, suhteellinen kosteus ja aika kypsennyksen aikana.

	Lämpötila (°C)	Suhteellinen kosteus (%)	Aika (min)
Punastus	60	98	6
1. kuivaus	65	0	7
2. kuivaus	68	0	13
Keitto	76	100	70

Leipänäytteiden valmistus

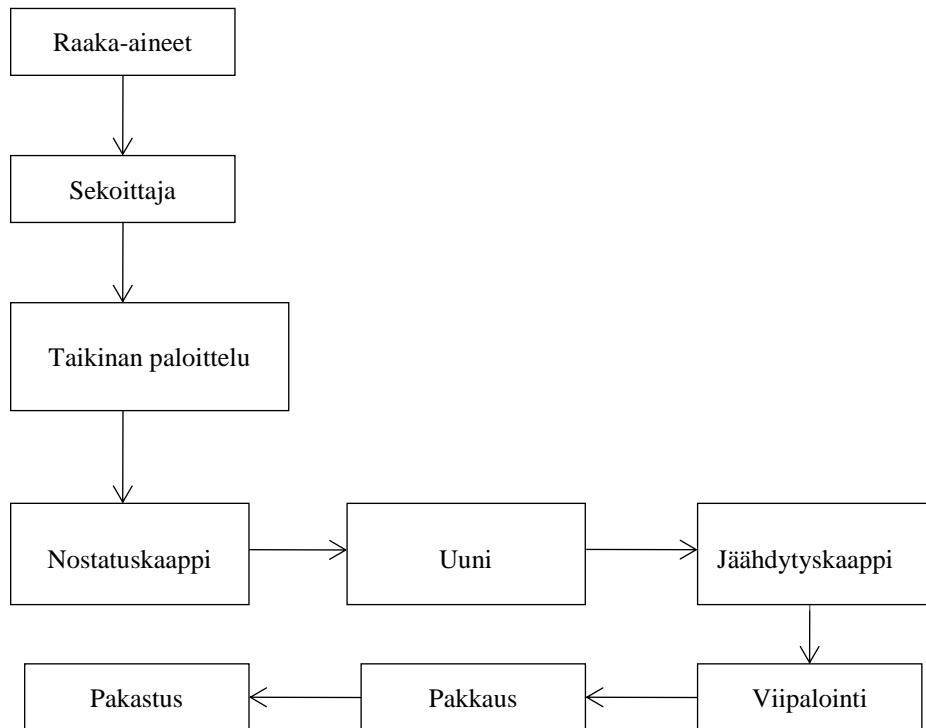
Materiaaliksi valittiin Vaasan Oy:n markkinoilla oleva Viipaloitu maalaisleipä. Se on normaalisuolainen vaalea vehnäleipä, jossa mahdollisten aistinvaraisten muutosten oletettiin erottuvan helposti. Leipä valmistettiin tavanomaisella maalaisleivälle tyypillisellä menetelmällä tehdasmittakaavalla Vaasan Oy:n tehtaalla. Yhtä erää valmistettiin 200 kg taikinaa, josta saatiin 560 kokonaista maalaisleipää. Leivän raaka-aineet ovat lueteltu taulukossa 12.

Taulukko 12. Maalaisleivän raaka-aineet.

Raaka-aine
Vehnäjauho
Vesi (jodiliuos)
Lestyruisjauho
Hiiva
vehnägluteeni
Kasvirasva
Perunahiutale
Ruokasuola (1,2 %)
Ruismallas
Emulgointiaine (E471)
Happamuudensäätöaine (E270)
Hapettumisestoaine (E304)

Leivät valmistettiin jodipitoisuuden mukaan järjestyksessä 50 mg, 100 mg ja 25 mg ja 0 mg kilogrammassa ruokasuolaa kohden. Pienempien jodipitoisuuksien taikinat valmistettiin viimeiseksi, koska erät laitettiin myyntiin.

Leipien valmistuksessa käytettiin linjastoa, jolla maalaisleipiä tavallisesti valmistetaan. Jokainen taikina valmistettiin samalla tavalla (kuva 3), jodin määrää lukuun ottamatta. Pataan mitattiin ensin suurin osa jauhoista ja muut raaka-aineet öljyä, hiivanestettä ja jodisuolaliuosta lukuun ottamatta. Raaka-aineiden päälle kaadettiin nestemäinen jodisuolaliuos ja loppu-osa ruokasuolasta. Jodioimattomaan erään lisättiin ainoastaan vesi ja loppuosa ruokasuolasta. Pata siirrettiin sekoittajaan, johon liittyi myös annostelujärjestelmä. Loput jauhot, hiivaneste ja öljy annosteltiin koneellisesti pataan, jonka jälkeen taikinaa sekoitettiin sekoittajalla 6 minuuttia 50 sekuntia. Jokaisesta taikinaerästä mitattiin lämpötila piikkimitarilla.



Kuva 3. Yksinkertaistettu vuokaavio maalaisviipaleen valmistuksesta.

Valmiit taikinapadat sijoitettiin linjaston ensimmäiseen vaiheeseen manuaalisesti, minkä jälkeen jokainen vaihe leivän valmistuksessa oli automatisoitu. Neljän erän välein pidettiin 2 minuutin tauko, jotta linjaston lopussa eri erät pystyttiin erottamaan toisistaan. Taikina valutettiin kartioon, josta se paloiteltiin paloittelukoneella taikinapaloiksi. Taikinapalat kulkivat linjastolla pyörivään kartioriivariin, jossa taikinat muotoutuivat pyöreiksi. Taikinapallot kuljetettiin pitkällä rullalla nostatuskaappiin, jossa leivät kohosivat 70 minuuttia. Nostatuskaapin jälkeen leivät siirtyivät uuniin 22 minuutiksi. Lämpötilat vaihtelivat viides- sä eri uunin vaiheessa 236 °C:sta ja 273 °C:een. Uunista leivät siirtyivät jäähdytyskaappiin 60 minuutiksi. Jäähdytyskaapista leivät kulkeutuivat hihnalla viipaloitaviksi ja pussitukseen, jonka jälkeen leipien pakkaukseen merkittiin eränumero. Leivät kuljetettiin seuraavana päivänä Helsingin yliopiston aistinvaraiseen laboratorioon. Leivät pakastettiin samana päivänä.

Säilykekurkkunäytteiden valmistus

Säilykekurkut valmistettiin Orkla Foods Oy:n tehtaalla tavanomaisin menetelmin. Tutkimuksessa käytettiin Hultholmin 1. luokan suomalaisia kurkkuja. Tavallisesti kurkkusäilykkeissä käytetään avomaankurkkuja, mutta talviaikaan tuotekehityksessä kurkut ovat suomalaisia kasviuonekurkkuja. Kutakin neljää jodipitoisuutta varten valmistettiin 40 litraa

suolalientä, jonka avulla tuotettiin 16 tölkkiä säilykekurkkuja. Yhdessä tölkissä oli kurkkuviipaleita noin 60 kpl, jolloin jokaista jodipitoisuutta saatiin 960 kpl kurkkuviipaleita. Liemen raaka-aineet ovat taulukossa 13. Liemen suolapitoisuus (NaCl) oli 4 % ja valmiiden kurkkujen tavoite-suolapitoisuus (NaCl) 1,7 %.

Taulukko 13. Säilykekurkkujen liemen raaka-aineet.

Liemen raaka-aineet

Vesi (jodiliuos)

Ruokasuola (4 %)

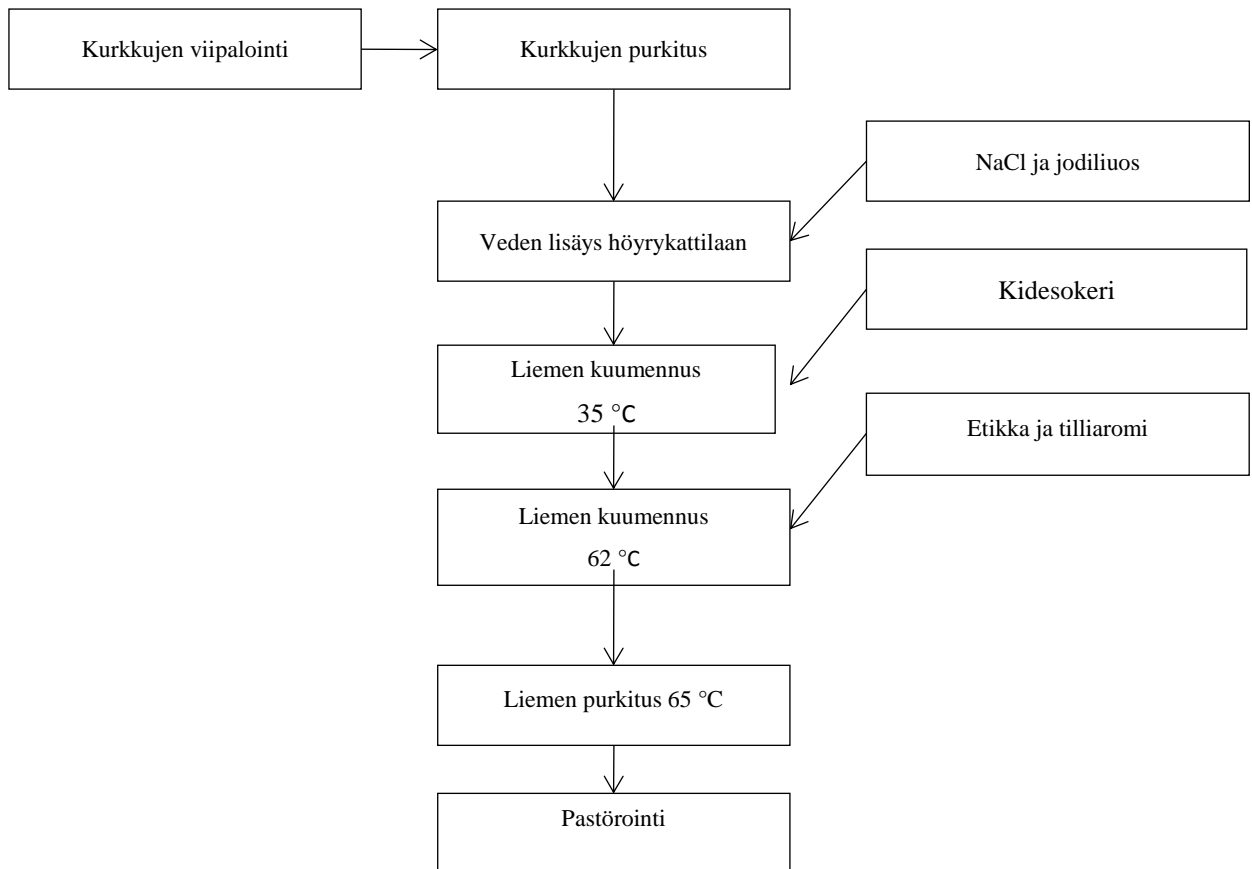
Kidesokeri

Tilliaromi

Etikka

Kuvassa 4 on säilykekurkkujen valmistuksen yksinkertaistettu vuokaavio. Ennen liemen valmistusta kaikkiin neljään erään tarvittavat kurkut huuhdeltiin käsin ja viipaloitiin koneellisesti 6,4 mm:n paksuisiksi sileiksi viipaleiksi. Ennen liemen valmistusta kurkkuviipaleita annosteltiin 370 g kuhunkin lasipurkkiin.

Neljä lientä valmistettiin jodipitoisuuden mukaan nousevassa järjestyksessä. Liemi valmistettiin kannellisessa höyrykattilassa, jota kuumennettiin höyryllä. Höyryn määrää säännösteltiin käsiventtiilillä. Erien välillä höyrykattila huuhdeltiin. Liemen raaka-aineet punnittiin käsin tehtaan vaa'alla. Kattilaan annosteltiin ensin vesi, johon sekoitettiin ruokasuola ja jodiliuos. Pataa kuumennettiin 3,5–4,5 minuuttia lämpötilaan 35 °C. Tämän jälkeen liemeen lisättiin kidesokeri, jonka jälkeen lientä kuumennettiin 7–9 minuuttia lämpötilaan 62 °C. Lopuksi liemeen lisättiin etikka ja tilliaromi.



Kuva 4. Yksinkertaistettu vuokaavio säilykekurkun valmistuksesta.

Lientä kuumennettiin vielä hetki lämpötilaan 65 °C, minkä jälkeen se kaadettiin lasipurkeihin manuaalisesti noin 3–4 minuutin kuluttua sen valmistumisesta (kuva 5). Purkit suljettiin kansilla, joihin merkittiin eränumero (0–3) ja päivämäärä. Purkit kuljetettiin pastörointiuuniin välittömästi sen jälkeen kun kaikki erän 16 purkkia oli kansitettu. Kurkkupurkit asetettiin manuaalisesti pastörointiuuniin, jossa kaikki purkit kulkivat hihnalla samassa reunassa. Uunin ensimmäisessä vaiheessa purkkien päälle valutettiin vettä, jonka lämpötila oli 88 °C. Toisessa vaiheessa, jäädytyksessä, purkkien päälle suihkutettiin kylmempää vettä, jonka lämpötila oli alle 10 °C. Kurkut olivat pastörointiuunissa yhteensä 46 minuuttia.



Kuva 5. Lasipurkit täytettiin kurkkuviipaleilla, jonka jälkeen kaadettiin mausteliemi. Lopuksi kurkkupurkit pastöroitiin.

3.2.3 Valmistusmenetelmien toimivuuden seuranta

Kunkin materiaalin valmistuksen kohdalla seurattiin niiden lämpötiloja ja pH-arvoja, jotta raaka-aineiden ja valmiiden tuotteiden samankaltaisuus pystyttiin todentamaan.

Lauantaimakkaroiden valmistuksessa minimoitiin neljän eri erän valmistusprosessin erilaisuus hienontamalla ensin kaikkiin eriin käytettävät lihat ja kutteroimalla lihat ensin kahdessa erässä. Kaikkia lihoja ei ollut mahdollista kutteroida kerralla, koska silloin eri erät olisivat joutuneet odottamaan kutterointivuoroaan eripituisen ajan. Tämä olisi voinut vaikuttaa viimeisenä kutteroitujen erien lihojen ominaisuuksiin.

Leivät valmistettiin tehdasmittakaavalla, mikä vaikutti siihen, että leivän valmistus oli erästä riippumatta samanlainen. Leipää tarvittiin tutkimukseen vähemmän kuin niitä valmistettiin, ja tästä syystä tutkimukseen pystyttiin valitsemaan samannäköiset leivät jo ennen pakkaamista.

Säilykekurkut valmistettiin tehtaan tuotekehitysmittakaavalla. Kurkkuja valmistettiin enemmän kuin aistinvaraisiin arviointeihin ja instrumentaalisiin määrittelyihin tarvittiin, jolloin jo ennen arviointeja poikkeavan näköiset viipaleet pystyttiin jättämään tutkimuksista pois.

3.2.4 Aistinvaraiset arvioinnit

Materiaalien aistinvarainen arviointi järjestettiin Helsingin yliopiston Elintarvike- ja ympäristötieteiden laitoksen aistinvaraisen laatututkimuksen laboratoriossa kevään 2016 aikana. Menetelmänä käytettiin kuvailevan analyysimenetelmän muotoa poikkeama vertailunäytteestä, jossa verrataan tutkittava näytteitä yksitellen vertailunäytteeseen (0-näyte). Tutkittavista materiaaleista arvioitiin niiden flavori-, haju-, rakenne-, suutuntuma- ja ulkonäköominaisuuksia. Seuraavissa kappaleissa esitellään tutkimuksessa käytetty menetelmä ja siihen osallistunut raati.

Poikkeama vertailunäytteestä

Tutkimuksessa käytettiin menetelmää, jossa tarkastellaan havaittua poikkeamaa vertailunäytteestä. Poikkeama vertailunäytteestä on kuvaileva analyysimenetelmä, johon kuuluu ominaisuuksien kuvailu, sanaston luominen ja termien määrittäminen (Lawless ja Heymann 2010 s. 227). Menetelmän erottaa yleisestä kuvailevasta analyysistä se, että näytteiden ominaisuuksien voimakkuuksia mitataan suhteessa vertailunäytteeseen.

Jokaista näytettä verrataan vuorotellen eri ominaisuuksien suhteen tarjottimella olevaan vertailunäytteeseen, joka on merkitty R-kirjaimella. Vertailunäyte on tässä tutkimuksessa se näyte, jonka valmistukseen ei ole käytetty jodioitua ruokasuolaa. Lisäksi näytteiden joukkoon piilotetaan vertailunäyte. Piilotetun vertailunäytteen avulla voidaan tarkastella tulosten luotettavuutta. Menetelmä edellyttää aistinvaraisen raadin kouluttamista. Tutkittavat ominaisuudet päätetään ja sanasto luodaan yhdessä raadin kesken. Menetelmä soveltuu pienten erojen mittaamiseen sovittujen ominaisuuksien suhteen. Vertailunäytteen avulla pyritään vähentämään arvioijien välistä vaihtelua (Roininen ym. 2008). Menetelmä ei sovellu erityisen hyvin kaikkien näytteiden keskinäiseen vertailuun.

Tässä tutkimuksessa asteikkona käytettiin jana-asteikkoa, jonka keskikohta oli sidottu vertailunäytteeseen. Ominaisuus arvioitiin kohtaan ”kuten R”, mikäli näyte ei eronnut vertailunäytteestä. Jos arvioitavaa ominaisuutta oli vähemmän kuin R-näytteessä, käytettiin janan vasenta puolta ja oikeaa puolta käytettiin puolestaan silloin kun ominaisuutta oli enemmän kuin R-näytteessä. Kunkin näytteen ominaisuus arvioitiin omalle jana-asteikolle. Mallisivu arviointilomakkeen arviointisivusta on esitetty liitteessä 5. Arviointi suoritettiin FIZZ Network -ohjelman avulla (Fizz Acquisition 2.47 – ohjelmisto, Biosystemes, Ranska).

Raati

Materiaalien aistinvarainen arviointi järjestettiin kahdentoista hengen raadin kesken. Osa raatilaista oli mukana kaikkien materiaalien arvioinneissa. Kolmen materiaalin raateihin kuului yhteensä 14 Helsingin yliopiston opiskelijaa ja 5 työntekijää. Arvioijat olivat iältään 24–54 -vuotiaita (keski-ikä 32 vuotta). Arvioijista 2 oli miehiä ja 19 naisia. Raatilaisten tiedot tutkimusmateriaaleittain on esitetty taulukossa 14. Arvioijat täyttivät suostumuslomakkeen (liite 4) ennen ensimmäistä koulutustilaisuutta. Lisäksi arvioijilta kerättiin esitiedot, missä kysyttiin ikä ja sukupuoli. Arvioinneista tehtiin neljä toistoa, koska näytteiden välisten erojen oletettiin kirjallisuuden perusteella olevan pieniä.

Kaikki raatilaiset suorittivat perusmakutestin (ASTM 1981, ISO 2012). Perusmakutestissä arvioitiin perusmakujen ja veden tunnistamista. Perusmaut testattiin ensin vahvemmillä makuliuksilla ja sen jälkeen miedommilla liuksilla. Raatiin hyväksyttiin kaikki perusmakutestin tehneet. Kaikilla oli vahvoilla makuliuksilla vähintään viisi oikeaa vastausta.

Taulukko 14. Kolmeen eri raatiin osallistuneiden arvioijien taustat ja lukumäärät.

Tutkimusmateriaali	Sukupuoli	lkm	Keski-ikä (vaihteluväli)
Lauantaimakkara	Nainen	11	
	Mies	1	
	Kaikki	12	35 (24–54)
Esiraati		8	33
Leipä	Nainen	11	
	Mies	1	
	Kaikki	12	28 (21–54)
Esiraati		12	28
Säilykekurkku	Nainen	10	
	Mies	2	
	Kaikki	12	35 (25–54)
Esiraati		9	36
Yhteensä raatilaisia		18	32
Mukana yhdessä raadissa		9	
Mukana kahdessa raadissa		6	
Mukana kolmessa raadissa		5	

Raadin koulutus

Raadille järjestettiin koulutus, joka piti sisällään kaksi koulutuskertaa. Ensimmäisellä koulutuskerralla mukana oli vain osa raatilaisista. Silloin esiraati (8–12 raadin jäsentä) vertaili suurimman jodipitoisuuden (jodia 100 mg/kg) ja vertailunäytteen (jodia 0 mg/kg) ominaisuuksia. Esiraati tutustui aluksi itsenäisesti tutkimusnäytteisiin ja kirjoitti omatoimisesti muistiinpanoja näytteitä kuvaavista haju-, ulkonäkö-, flavi- ja suutuntuma-, rakenne- ja väriominaisuuksista. Itsenäisen työskentelyn jälkeen raati keskusteli havaitsemistaan ominaisuuksista. Tärkeiksi koetut tutkimusmateriaaleja erottelevat ominaisuudet koottiin yhteen, ja niistä valittiin arvioitavat ominaisuudet. Ensimmäinen koulutustilaisuus järjestettiin noin viikko ennen aistinvaraisia arviointeja.

Toiseen koulutukseen osallistuivat kaikki 12 arvioijaa. Toinen koulutus oli perusteellisempi niille arvioijille, jotka eivät olleet mukana esiraadissa. Toisessa koulutuksessa keskusteltiin raadin kesken kunkin valitun ominaisuuden arviointitavasta ja raatilaisille opetettiin asteikon käyttö. Raadin vetäjän tehtävänä oli huolehtia, että arvioijat ymmärtävät miten ominaisuudet arvioidaan. Raadin vetäjänä toimi tutkimuksen tekijä.

Esiraadille tuotiin koulutustilaisuuksiin vertailunäytteen (0-näyte) lisäksi muita referenssinäytteitä arvioitavien näytteiden ominaisuuksien ja niiden vaihteluvälien määrittämistä varten. Nämä referenssinäytteet toimivat apuna erityisesti arvioitavien ominaisuuksien valinnassa, ja osa vertailunäytteistä otettiin myös avuksi arviointeihin määrittämään janaasteikon ääripäitä (Rainey 1986). Esimerkiksi säilykekurkkujen etikkaisen maun vertailunäytteeksi valittiin väkiviinaetikka. Referenssinäytteet esitellään seuraavissa kappaleissa kunkin materiaalin yhteydessä. Referenssinäytteitä ei otettu mukaan arviointikoppiin, mutta niihin sai tutustua koulutuksissa ja ennen arviointia.

Arviointiolosuhteet

Näytteiden esitysjärjestys satunnaistettiin Fizz-Network -ohjelman avulla. Näytteet merkittiin kolminumeroisin koodein ja vertailunäyte merkittiin R-kirjaimella. Noin 10 minuuttia ennen arviointeja näytteet aseteltiin näytekippoihin. Vertailunäytettä oli muutama viipale enemmän muihin näytteisiin nähden, koska sitä kului menetelmässä enemmän kuin muita näytteitä. Näytteet tarjoiltiin arviointikoppeihin tarjottimella, jossa oli oikealla neljä arvioitavaa näytettä ja vasemmalla vertailunäyte (kuvat 6–7). Tarjottimelle aseteltiin lasillinen huoneenlämpöistä vettä ja maissinaksuja suun neutraloimista varten. Lisäksi tarjottimella

oli aterimet, paperia suun ja käsien pyyhintään, sylkykuppi sekä kynä ja paperi omia muistiinpanoja varten. Arviointikopista löytyi myös tarkemmat kuvaukset ja ohjeet arvioitavista ominaisuuksista (liite 6).



Kuva 6. Lauantaimakkaränäytteet tarjottimella arviointikopissa. Arviointi tehtiin tietokoneella Fizz-network – ohjelmalla. Kopista löytyi vesilasi ja naksuja suun huuhtomiseen sekä muistiinpanovälineet.



Kuva 7. Säilykekurkkujen ja liemen asettelu tarjottimella. Hajuominaisuudet arvioitiin liemestä ja muut ominaisuudet kurkuista.

Arvioinnit suoritettiin itsenäisesti laboratorion arviointikopeissa. Laboratorio pidettiin mahdollisen hajuttomana ja rauhallisena arviointien aikana. Arvioijat suorittivat sovitusti yhdestä materiaalista neljä toistoa 2–3 päivän aikana. Suolakurkuissa selvitettiin säilönnän vaikutusta ominaisuuksien poikkeavuuksiin, joten kaksi toistoa tehtiin maaliskuussa ja viimeiset kaksi toistoa huhtikuussa (kaksi varastointiaikaa). Ennen arviointeja raatilaisten tuli välttää kahvinjuontia ja voimakkaan makuisten ruokien nauttimista. Arvioijille palautettiin mieleen jana-asteikon ja mahdollisten muiden vertailunäytteiden käyttö ennen arviointeja.

Kaikki näytteet ensisijaisesti nieltiin, mutta arvioija sai halutessaan sylkeä näytteen pois. Muut kuin väriominaisuudet arvioitiin siten, että arviointikopissa oli punainen valaistus, jotta näytteiden väri ei vaikuttaisi muiden ominaisuuksien arviointiin (Lawless ja Heymann s. 57). Väriin voimakkuus arvioitiin viimeiseksi. Kunkin materiaalin arviointien päätteeksi arvioijille annettiin pieni palkinto käytetystä ajasta ja vaivasta. Seuraavissa kappaleissa esitellään tarkemmin materiaalien arvioidut ominaisuudet ja arviointiolosuhteet.

Lauantaimakkaran arviointi

Esiraati (n = 8) valitsi arvioitavaksi seitsemän ominaisuutta (taulukko 15). Ominaisuuksista leikkautuvuus veitsellä painettaessa osoittautui haastavaksi arvioida, joten sen opetteluun

käytettiin muita ominaisuuksia enemmän aikaa. Mikäli makkara leikkautui helpommin kuin R-näyte, arvioitiin se asteikon oikealle ”enemmän kuin R-näyte” puolelle. Lauantaimakkarahan hajusta ja flavorista arvioitiin ainoastaan hajun ja maun voimakkuus. Suutuntumasta löytyi kolme ominaisuutta, jotka erottelivat MAK-0- ja MAK-100 näytteitä.

Taulukko 15. Lauantaimakkarahan aistinvaraiset ominaisuudet ja arvioinnin ohjeistus.

	Arvioitava ominaisuus	Viipaleen paksuus	Punainen valo	Ohje	Referenssinäyte
Haju	Hajun voimakkuus	8 mm	päällä		Huoneenlämpöinen vanha makkara
Rakenne	Leikkautuvuus veitsellä painettaessa	8 mm	päällä	Paina veitsellä viipaleeseen. Kuinka helposti leikkautuu?	Maksamakkara
Flavori	Maun voimakkuus	2,5 mm	päällä	1.-3. puraisun aikana	
Suutuntuma	Liukkaus kielellä	2,5 mm	päällä	Kielellä aistittuna 1. puraisu	
	Mehukkuus pureskeltaessa	2,5 mm	päällä	Rasvan tirskahtelu 3. puraisulla	
	Hajoavuus pureskeltaessa	2,5 mm	päällä	Kuinka helposti hajoaa palasiksi? 3. puraisu	
Väri	Punaisuuden tummuus	8 mm	pois		Värikartta: Tikkurila, Symphony. Opus II: N564

Joidenkin ominaisuuksien arvioinnin apuna käytettiin referenssinäytteitä. Esimerkiksi hajun voimakkuuden arvioinnissa asteikon oikean ääripään ominaisuutta kuvailtiin pitkään huoneenlämmössä olleeksi makkaraksi, joka haisee härskiintyneeltä rasvalta. Raatilaiset saivat haistaa vuorokauden huoneenlämmössä ollutta makkaraa. Leikkautuvuuden arvioinnin avuksi oikeaan ääripäähän otettiin referenssinäytteeksi helposti leikkautuva maksamakkara. Punaisuuden tummuuden arvioinnin avuksi otettiin mukaan värikartta, josta valittiin ääripäihin sopivat värisävyt vaaleasta tummaan. Arvioijat saivat tutustua edellä mainittuihin referenssinäytteisiin ennen jokaista arviointia. Kaikkien ominaisuuksien ääripäihin ei löytynyt sopivia referenssinäytteitä. Ominaisuuksien arviointia ja asteikon käyttöä opeteltiin ja yhtenäistettiin raatilaisten kanssa molemmissa koulutustilaisuuksissa. Hajontaa vähennettiin luomalla ohjeet kunkin ominaisuuden arvioinnille (taulukko 15). Esimerkiksi makkarapalan hajoavuus pureskeltaessa arvioitiin aina kolmannella puraisulla.

Lauantaimakkara arvioitiin 7–10 päivän ikäisenä. Makkaroita pidettiin arviointipäivään asti vakuuissa kylmiössä pimeässä. Haju- ja rakenneominaisuudet arvioitiin paksuista viipaleista ja muut ominaisuudet ohuista viipaleista. Arviointiaamuna lauantaimakkarat viipaloitiin viipaleleikkurilla ohuiksi (2,5 mm) ja paksuiksi (8 mm) viipaleiksi. Viipalointi tehtiin aina samana päivänä kuin arvioinnit. Viipaleet pidettiin jääkaapissa muovirasioissa, jotka merkittiin tarralla jodipitoisuuden mukaan. Lauantaimakkaränäytteet arvioitiin kahdesta kannellisesta petrimaljasta, joissa toisessa oli yksi paksu viipale ja toisessa kaksi ohutta viipaletta. Paksu viipale oli halkaistu puoliksi, puoliympyrän muotoiseksi. Makkaranäytteet otettiin jääkaappilämpötilasta huoneenlämpöön noin 10 minuuttia ennen arviointoja ja aseteltiin näyteastioihin. Lauantaimakkaran tarjoilulämpötila oli noin 7 °C.

Leivän arviointi

Esiraadissa (n = 12) arvioitiin nollanäytteitä ja suurimman jodipitoisuuden näytteitä. Leipien ominaisuuksien erot osoittautuivat pieniksi. Raati löysi kuitenkin kuusi arvioitavaa ominaisuutta (taulukko 16). Esiraadin jälkeen raatilaiset veivät näytteet kotiin viikonlopuksi, jonka aikana he tutustuivat leivän arviointiviin ominaisuuksiin. Toisessa koulutustilaisuudessa jokainen ominaisuus ja arviointitapa käytiin huolellisesti läpi. Ominaisuuksista sitkeys arvioitiin käsin, repimällä puolikas leipä kahteen osaan. Mikäli leipä repeytyi helpommin kuin R-näyte, oli ominaisuutta enemmän kuin R-näytteessä. Leivän suutuntumaa arvioitiin suupalan kosteudella ja sileydellä, joissa havaittiin eroja esiraadissa vertailunäytteen ja suurimman jodipitoisuuden näytteen välillä. Suupalan sileydellä kuvattiin suupalan nielemiskelpoisuutta. Vähemmän sileä, tarttuva suupala oli vaikeammin nieltävä. Myös Heenan (2008) käytti leipäpalan nielemiskelpoisuutta attribuuttina leivän kuvailevassa analyysissä.

Leivät arvioitiin viiden päivän ikäisenä. Leipä pidettiin arviointipäivään asti pakastimessa. Näytteet otettiin sulamaan pakastimesta kolme tuntia ennen arviointia. Kolmen tunnin jälkeen maalaisviipale oli täysin sulanut. Arviointilämpötila oli noin 18 °C. Kutakin neljää toistoa varten avattiin aina uusi leipäpussi jokaista jodipitoisuutta kohden. Leipäpussista käytettiin ainoastaan keskenään samankokoisia leivän suurimpia viipaleita. Näyteastiaksi valittiin muovinen pakasterasia, johon mahtui kolme leivän puolikasta. R-näytettä annosteltiin viisi viipaletta. Leivät leikattiin puoliksi leipäveitsellä.

Leivälle ei löydetty selkeitä referenssinäytteitä kuvaamaan janan ääripäitä. Ominaisuudet kuitenkin määritettiin tarkasti ohjeiden avulla. Esimerkiksi leivän suupalan kosteus määritettiin 1.-3. puraisun aikana.

Taulukko 16. Leivän haju-, rakenne-, flavori-, suutuntuma- ja väriominaisuudet. Arviointikopin valaistus ja arviointiohje.

	Arvioitava ominaisuus	Punainen valo	Ohje
Haju	Hajun voimakkuus	päällä	
Rakenne	Sitkeys repimällä	päällä	Kuinka helposti leipä repeytyy?
Flavori	Maun voimakkuus	päällä	1.-3. puraisun aikana
Suutuntuma	Kosteus suussa	päällä	1.-3. puraisun aikana
	Suupalan sileyys	päällä	3. puraisu. Kuinka nielemiskelpoinen suupala on?
Väri	Värin tummuus	pois	

Säilykekurkun arviointi

Esiraadin (n = 9) havaitsi pieniä eroja näytteiden väliltä ja arviointiin valittiin yhdeksän arvioitavaa ominaisuutta (taulukko 17). Ominaisuuksien arviointi käytiin toisessa koulutuksessa kaikkien raatilaisten kanssa läpi. Referenssinäytteitä käytettiin joidenkin ominaisuuksien arvioinnin avuksi ja tarkentamiseksi. Niiden avulla selvennettiin asteikon käyttöä, kun ääripään voimakkuus oli tiedossa. Esimerkiksi rapeuden arviointiin otettiin mukaan tuore kurkku, joka toimii janan oikean ääripään vertailunäytteenä. Rapeuden arvioinnissa käytettiin apuna kuuloaistimusta. Puraisusta lähtevän äänen on todettu auttavan elintarvikkeen rapeuden voimakkuuden arviointia (Vickers ja Bourne 1976). Referenssinäytteet olivat arvioijien käytettävissä pyöreän pöydän ääressä ennen jokaista toistoarviointia.

Taulukko 17. Säilykekurkun haju-, rakenne-, flavori-, suutuntuma- ja väriominaisuudet. Arviointikopin valaistus, arviointiohje ja referenssinäyte.

	Arvioitava ominaisuus	Punainen valo	Ohje	Referenssinäyte
Haju	Etikkainen haju	päällä	Arvioidaan liemestä	Väkiiviinaetikka
Rakenne	Ruuhoinen haju	päällä	Arvioidaan liemestä	
Suutuntuma	Rapeus	päällä	1. puraisu (kuuloaisti apuna)	Tuore kurkku
	Pureskeltavuus	päällä	Sisuksen pehmeys 5. puraisu	
Flavori	Etikkainen maku	päällä	1.-3. puraisu	Väkiiviinaetikka
	Makeus	päällä	1.-3. puraisu	Sokeriliemi
	Muun maun voimakkuus	päällä	Kuvaile makua paperille	
Väri	Värin tummuus	päällä	Arvioidaan sisuksesta	
	Vihreys	pois	Arvioidaan sisuksesta	Värikartta, Tikkurila, Symphony. Opus II: N454

Säilykekurkuista tehtiin neljä toistoa kuten muistakin materiaalista. Säilykekurkkujen kohdalla toimittiin kuitenkin niin, että ensimmäiset kaksi toistoa arvioitiin maaliskuussa ja seuraavat kaksi toistoa neljän viikon kulutta huhtikuussa. Kurkut arvioitiin siten viisi ja yhdeksän viikkoa valmistuspäivästä. Huhtikuun arviointien yhteydessä järjestettiin uusi koulutustilaisuus, jossa kerrattiin arvioitavat ominaisuudet. Kurkkuja säilytettiin huoneenlämmössä pimeässä ennen arviointeja. Kurkut arvioitiin posliinisista tarjoiluastioista ja liemi muovisista kipoista, joissa oli kellolasi päällä, jotta haihtumista ei tapahtunut. Ennen arviointeja kolmen säilykepurkin kurkut kaadettiin isoon vatiin ja liemi lasiseen dekantterilasiin, jolloin poikkeavan kokoiset ja väriset viipaleet jätettiin pois arvioinneista. Jokaista toistoa varten avattiin aina uudet säilykepurkit. Vertailunäytettä (KUR-0) tarjoihtiin 7 viipaleta ja muita näytteitä 5 viipaleta. Liemen tarjoilulämpötila oli 19 °C ja kurkkujen noin 18 °C.

3.2.5 Menetelmän toimivuuden seuranta

Kuvailevassa analyysissä raadin toimintaa tulee seurata tulosten luotettavuuden kannalta. Raadin toistettavuus, raadin yksilöiden toistettavuus ja raadin yhtenevyys (Civille ja Szczesniak 1973; Murrey ym. 2001) ovat tärkeitä menetelmän toimivuuden kannalta. Raadin ja yksilöiden toistettavuutta voidaan parantaa raadin huolellisella kouluttamisella ja sanaston yhteisymmärryksen avulla, jolloin arvioijien välinen vaihtelu minimoidaan. Arvioijien valinnassa tulee kiinnittää huomiota siihen, että arvioijat ovat motivoituneita ja siihen, että arvioijien aistit toimivat normaalisti.

Poikkeama vertailunäytteestä on tarkempi kuin yleinen kuvaileva menetelmä, koska kutakin näytteen ominaisuutta verrataan samaan vertailunäytteeseen (Larson-Powers ja Pangborn 1978). Kuvailevat termit eivät saa olla merkitykseltään päällekkäisiä ja niiden tulee erotella näytteitä (Civille ja Lawless 1986; Lawless ja Heymann 2010 s. 227). Poikkeama vertailunäytteestä – menetelmä soveltuu pienten erojen löytämiseen vertailunäytteen ja muiden näytteiden välillä. Menetelmän on arvioitu olevan tarkempi kuin yleisen kuvailevan analyysin, silloin kun näytteiden väliset erot ovat pieniä (Stoer ja Lawless 1993). Menetelmän etuna on myös piilotetun vertailunäytteen merkitys. Piilotetun vertailunäytteen arviot kertovat tulosten luotettavuudesta. Piilotetun vertailunäytteen ja tiedossa olleen vertailunäytteen ominaisuuksien voimakkuuksien ei tulisi poiketa toisistaan.

Aistinvaraiset arvioinnit suoritettiin hyväksi todettujen käytäntöjen mukaisesti. Arvioijille tehtiin perusmakutesti. Sen perusteella ei kuitenkaan jätetty yhtään arvioijaa raadin ulkopuolelle. Hajutestiä ei tehty, koska tutkittavista materiaaleista etsittiin yleisesti hajun voimakkuutta säilykekurkun etikkaista ja ruohoista hajua lukuun ottamatta. Näytteet koodattiin ja satunnaistettiin käyttäen Fizz-ohjelmaa, ja arvioinnit tehtiin arviointikopeissa (Lawless ja Heymann 2010 s. 57). Kokeesta tehtiin neljä toistoarviointia, koska erojen tiedettiin etukäteen olevan pieniä. Toistojen avulla seurattiin raadin toistettavuutta.

Luotettavuuden parantamiseksi arvioinnin ulkopuolelle jätettiin poikkeavan näköiset näytteet. Lauantaimakkaran ja säilykekurkkujen hajujen arvioimista vakioitiin käyttämällä kannellisia näyteastioita. Lisäksi näytteiden lämpötilaa seurattiin arviointien yhteydessä. Lauantaimakkaran lämpötilan arvioiminen oli haastavinta, koska näytteiden tuli olla huoneenlämmössä kaikissa arvioinneissa yhtä kauan. Arviointikopin punaisella valaistuksella peitettiin materiaalien värieroja (Lawless ja Heymann 2010 s. 57).

Tulosten luotettavuutta lisää myös arvioitavien ominaisuuksien looginen järjestys. Civillen ja Szczesniakin (1973) mukaan raadin jäsenten tulee arvioida ominaisuudet aina samassa järjestyksessä. Fizz Network -ohjelmalla toteutettu arviointi mahdollisti sen, ettei edelliseen arviointiryhmään voinut palata arvioinnin aikana. Arviointia vaikeutti se, että näytteiden väliset erot olivat pieniä. Arviointi oli usean arvioijan mielestä haasteellista, vaikka koulutustilaisuuksissa vertailunäytteen ja suurimman jodipitoisuuden näytteen väliltä löytyi ero.

Vaikka arvioinnissa käytettiin vertailunäytettä määrittämään asteikon keskikohta, olisi myös muiden vertailunäytteiden eli referenssinäytteiden käyttö suotavaa (Roininen ym. 2008). Näin asteikon käyttö helpottuu ja asteikko toimii toistojen välillä samanlaisena. Kaikille ominaisuuksille ei kuitenkaan löydetty referenssinäytteitä, mikä voi lisätä tulosten hajontaa. Raati koulutettiin huolellisesti ja arvioitavat ominaisuudet määritettiin ohjeiden avulla. Lisäksi asteikon käyttöä kerrattiin ennen arviointeja.

Raatiin pyrittiin saamaan arvioijia, jotka olivat motivoituneita osallistumaan kaikkien kolmen materiaalin arviointeihin, jotta menetelmä ja arvioinnin kulku olisi arvioijille tuttu (Kälviäinen ym. 2008). Kokeneet arvioijat tunsivat menetelmän. Raatilaisia ei veloitettu kuitenkaan osallistumaan kaikkien kolmen materiaalin arviointeihin, koska se olisi voinut olla arvioijille raskasta ja siten vaikuttaa tuloksiin (Lawless ja Heymann 2010 s. 57).

3.2.6 Aistinvaraisten arviointien tulosten käsittely

Tulokset on esitetty pylväsdiagrammeina omaisuus- ja näytekohtaisesti keskiarvoina ja keskiarvon keskivirheinä (SEM). Tulokset esitettiin suhteessa vertailunäytteeseen ja piilotettuun vertailunäytteeseen kussakin neljässä eri jodipitoisuudessa. Poikkeama vertailunäytteestä vertaa kutakin neljää jodipitoisuutta nollakohtaan, jolloin voidaan tarkastella, miten näytteiden ominaisuudet sijoittuvat vertailunäytteeseen verrattuna. Poikkeama piilotettuun vertailunäytteeseen kertoo tarkemmin jodioitujen ja jodioimattoman näytteiden ominaisuuksien väliset erot. Tällöin ominaisuuksien keskiarvoista on poistettu piilotetun vertailunäytteen arvioitujen ominaisuuksien voimakkuudet.

Tulosten tilastollinen analyysi suoritettiin SPSS-ohjelmistolla (IBM SPSS Statistics 23). Tilastollisen merkitsevyyden tasona käytettiin $p < 0,05$. Kullekin ominaisuudelle tehtiin toistettujen mittausten varianssianalyysi, jonka avulla selvitettiin, onko näytteiden tai eri toistojen välillä päävaikutusta tai näytteillä ja toistoilla yhdysvaikutusta. Neljä näytettä arvioitiin neljä kertaa [4 x 4]. Säilykekurkun tapauksessa toistettujen mittausten varianssianalyysin avulla selvitettiin näytteiden ja toistojen lisäksi myös varastoinnin merkitystä ominaisuuksien voimakkuuksiin. Neljä näytettä arvioitiin kahtena ajanhetkenä kaksi kertaa [4 x (2 x 2)]. Lisäksi tulosten tarkemmaksi selvittämiseksi kaikille ominaisuuksille tehtiin parivertailut yksittäisen ja parittaisen t-testin avulla. Yksittäisen t-testin avulla selvitettiin, miten näytteet poikkesivat eri ominaisuuksien suhteen vertailunäytteestä eli 0-tasosta. Parittaista t-testiä käytettiin selvittämään poikkesivatko näytteet piilotetusta vertailunäytteestä. Kaikissa parittaisvertailuissa käytettiin Bonferronin korjausta tiukentamaan merkitsevyytensä. Lisäksi laskettiin jokaisen materiaalien ominaisuuksien keskinäiset Pearsonin korrelaatiot näytekohtaisesti.

3.2.7 Instrumentaaliset mittaukset

Instrumentaaliset mittaukset kuvaavat kaikkia fysikaalisia ja kemiallisia määrittämiä, jotka tehtiin näytteille aistinvaraisten arviointien lisäksi (taulukko 18). Kaikista tutkimusmateriaaleista mitattiin pH ja määritettiin lopullinen jodipitoisuus. Osa instrumentaalisia mittauksia tehtiin elintarvikkeiden valmistuksen yhteydessä rutiinitoimenpiteenä.

Taulukko 18. Lauantaimakkarakalle, leivälle ja säilykekurkulle tehdyt instrumentaaliset mittaukset.

Lauantaimakkara	Leipä	Säilykekurkku
pH	pH	pH
Kypsennyspainotappio	Happoluku	Kuiva-ainepitoisuus (Brix)
Vedensidontakyky		Värianalyysi
Kiinteys		
Jodipitoisuus	Jodipitoisuus	Jodipitoisuus

Neljän eri erän samankaltaisuutta seurattiin muun muassa pH-määritysten, leivän happoluvun ja säilykekurkkujen kuiva-ainepitoisuuden ja määritysten avulla. Lauantaimakkaran kiinteyttä verrattiin aistinvaraisista arvioinneista saatuihin tuloksiin. Makkaran kypsennyspainotappion ja vedensidontakyvyn määritysten avulla etsittiin syitä siihen, miten jodi vaikuttaa elintarvikkeiden aistinvaraisiin ominaisuuksiin. Vedensidontakyky vaikuttaa makkaran rakenteeseen. Se kuvaa makkaran kykyä pidättää omaa tai lisättyä vettä jotakin voimaa tai vaikutusta vastaan (Puolanne ja Peltonen 2013). Säilykekurkuista analysoitiin lisäksi väri aistinvaraisesti arvioitujen tulosten luotettavuuden todentamiseksi. Valmistuksen ja säilönnän aikaisen jodin hävikin seuraamiseksi, materiaalien jodipitoisuus määritettiin Evi-rassa.

Lauantaimakkara

Lauantaimakkaran valmistuksen yhteydessä määritettiin pH kamarasta, naudanlihasta ja sianlihasta ennen hienonnusta ja hienonnuksen jälkeen sekä jokaisesta erästä kutteroinnin päätteeksi (pH-mittari: Meat pH Meter, HI99). Lisäksi pH mitattiin valmiista makkaroista aistinvaraisen arvioinnin yhteydessä 7 vuorokauden kuluttua valmistuksesta. Makkaran kypsennyspainotappiota seurattiin punnitsemalla näytteet lihateknologian koetehtaan vaa'alla (Digit TCW-WP) ennen uunia ja jäähdytyksen jälkeen. Kaikkien tutkittavien materiaalien pH määritettiin kolme kertaa samasta näytteestä

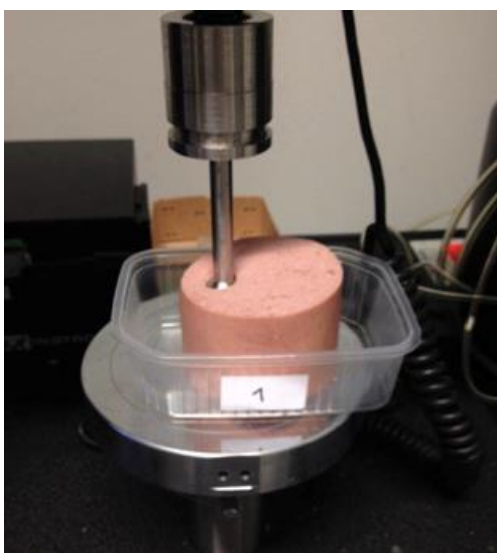
Vedensidontakyky mitattiin Hammin ja Graun (1957) menetelmän mukaan lihateknologian kurssiohjeen mukaisesti. Viimeisen kutteroinnin päätteeksi kustakin erästä punnittiin noin 100 g massaa dekantterilasiin. Myöhemmin samana päivänä jokaisesta 100 g erästä punnittiin kolme 30 g rinnakkaisnäytettä valmiiksi punnittuihin lasisiin sentrifugaljoihin. Putkia kuumennettiin vesihauteessa (75 °C), kunnes putkien sisälämpötila oli saavuttanut 72 °C:n lämpötilan. Lämpötila mitattiin piikkimittarilla. Kuumennuksen jälkeen putkia jäähdytettiin 40 minuuttia, minkä jälkeen putket sentrifugoitiin (sentrifugi: Galaxy MiniStar)

10 minuuttia 3000 rpm:n nopeudella. Irrallinen vesi dekantoiitiin putkesta pois ja sentrifugiputki punnittiin. Lopuksi irronneen veden perusteella laskettiin sitoutuneen veden määrä (g sitoutunutta vettä/g lihaa).

Lauantaimakkaran rakenteen kiinteyttä mitattiin Instron aineenkoestuslaitteella (Instron 4466, United Kingdom). Jokaisesta jodipitoisuudesta leikattiin kolmesta eri makkarasta 10 cm paksuinen viipale (kuva 8). Kuhunkin viipaleeseen tehtiin kolme toistoa (kuva 11). Säädetävät parametrit olivat voima $F= 5 \text{ kN}$, nopeus $v= 10 \text{ cm/ minuutissa}$ ja korkeus $h=30 \text{ mm}$.

Leipä

Leipätaikinasta ja valmiista leivistä mitattiin pH ja happoluku Helsingin yliopiston manuaalisella happotitraattorilla (kuva 9) (Mettler Toledo, DL 53). Mittaukset tehtiin viljateknologian kurssiohjeen mukaisesti. Leipän valmistuksen yhteydessä taikinaa otettiin noin 100 g pakastimeen kustakin erästä. Happoluku ja pH mitattiin leivästä ja taikinasta kolmesta rinnakkaisnäytteestä. Sulatettuja 19 gramman näytteitä titrattiin 0,1 M NaOH:lla, kunnes näytteen pH oli 8,5. Näytteen annettiin seistä ensin 5 minuuttia, minkä jälkeen se titrattiin uudelleen arvoon 8,5. Seisotus ja titraus toistettiin kunnes näytteen pH pysyi $8,5 \pm 0,1$ minuutin ajan. Happoluku saatiin titrauksessa kuluneen NaOH:n määrästä.



Kuva 8. Lauantaimakkaran kiinteyden mittaus Instronilla. Kuhunkin 10 cm viipaleeseen tehtiin kolme mittausta.



Kuva 9. Leipän pH:n ja happoluvun määrittäminen manuaalisella happotitraattorilla.

Säilykekurkku

Säilykekurkkujen liemestä mitattiin valmistuksen yhteydessä liukoinen kuiva-aine refraktometrillä. Refraktometrinen indeksi eli Brix-aste kuvaa valon taittumiseen perustuvaa, liukoisen sokerin määrää (Jin ym. 2015). Liukoinen kuiva-aine määritettiin Orkla Foods Oy:n laboratoriossa Turussa. Määrittämiseen käytettiin pieni määrä suoraan höyrykattilasta otettua lientä. Rinnakkaisnäytteitä tehtiin kaksi. Liuoksen sokerimääritys luettiin sakkaroosiliuosten refraktometrisen indeksin taulukosta. Säilykekurkkujen liemestä mitattiin liemen valmistuksen yhteydessä myös pH, jonka määrittämiseen käytettiin laboratorion pH-laitetta. Lisäksi säilykekurkkujen liemestä mitattiin pH huhtikuun ja maaliskuun arviointien yhteydessä Helsingin yliopiston lihateknologian pH-mittarilla (Meat pH Meter, HI99). Säilykekurkuista mitattiin väri yhdeksän viikkoa kurkkujen valmistuksesta lihateknologian Minolta Chroma Meter CR-200 mittarilla, joka määrittää näytteistä parametrit vaaleus (L^*), punaisuus (a^*) ja keltaisuus (b^*). Väri määritettiin kaikista eristä kolmesta eri kurkusta. Kaikille näytteille tehtiin neljä määrittystä.

Jodipitoisuuden määrittäminen tutkimusmateriaaleista

Tutkittavien elintarvikkeiden jodipitoisuudet määritettiin kaikista neljästä näytteestä Evirassa. Jodipitoisuuden määrittivät Eviran kemian ja toksikologian yksikön henkilökunta, Eviran ohjeen (8138/6) mukaisesti. Jodipitoisuudet määritettiin induktiivisesti kytketyllä massaspektrometria (ICP-MS) -tekniikalla. Mittauksessa käytettiin jodin isotooppia 127. Lauantaimakkarat ja leivät toimitettiin Eviraan pakasteina ja säilykekurkut huoneenlämpöisinä purkeissa. Taulukossa 19 on jodianalyysien aikataulu ja elintarvikkeiden säilytysaika.

Jodimääritystä edeltävänä päivänä näytteet hajotettiin. Neljän eri näytteen lisäksi valmistettiin ylimääräinen nollanäyte samalla tavalla kuin varsinaiset näytteet, mutta näytteeseen ei punnittu näytematriisia. Vertailunäytteestä ja ylimääräisestä nollanäytteestä tehtiin kaksi rinnakkaisnäytettä. Näytteet hajotettiin mikroaaltouunissa 30 minuutin ajan. Teflonputkiin lisättiin 1,25 ml 20 % NH_4OH :a ja 10 ml Milli-Q -vettä. Putkia kuumennettiin mikroaaltouunin ”jodi” ohjelmalla 30 minuuttia, josta ensimmäisessä *lämpötilannosto* – vaiheessa aika, teho ja lämpötila olivat 5 min, 1000 W ja 200 °C, toisessa *pito* – vaiheessa parametrit olivat 15 min, 1000 W ja 200 °C. Viimeinen *jäähdytysvaihe* kesti 10 minuuttia. Hajonneet näytteet huuhdeltiin lasisiin 50 ml:n mittapulloihin Milli-Q -vedellä. Sisäinen standardi

(500 µl) lisättiin näytteisiin ennen merkkiin täyttämistä. Kaikki näytteet suodatettiin ennen massaspektrometrin ajoa. Suodatukseen käytettiin 0,2 µm:n ruiskusuodatinta.

Taulukko 19. Jodianalyysien aikataulu ja elintarvikkeiden varastointiolosuhteet kaikissa tutkittavissa materiaaleissa.

Materiaali	Analysointipäivä	Säilytysaika *) vrk	Säilytysolosuhteet
Lauantaimakkara	8.3.	55	-18 °C, pimeä
Leipä	9.3.	36	-18 °C, pimeä
Säilykekurkku ja liemi I analysointi	14.3.	38	huoneenlämpö, pimeä
Säilykekurkku ja liemi II analysointi	14.4.	69	huoneenlämpö, pimeä

*) valmistuksen jälkeen

3.2.8 Instrumentaalisten menetelmien toimivuuden seuranta

Kaikkien tutkittavien materiaalien pH määritettiin kolme kertaa samasta näytteestä, tuloksen luotettavuuden varmentamiseksi. Lauantaimakkaran kiinteys määritettiin Instronilla kolmesta rinnakkaisnäytteestä ja kuhunkin rinnakkaisnäytteeseen tehtiin mittaus kolme kertaa. Lauantaimakkaran vedensidontakyky mitattiin kolmesta vertailunäytteestä ja painotappio mitattiin makkararekin tankojen painojen ja yksittäisten makkaroiden mukaan. Kaikissa instrumentaalisisissa mittauksissa otettiin mukaan myös vertailunäyte eli tässä tutkimuksessa nollanäyte. Mittaukset tehtiin standardoitujen ohjeiden mukaisesti. Eivirassa tehdyt jodianalysoinnit määritettiin kolmesta rinnakkaisnäytteestä.

3.2.9 Mittaustulosten analysointi

Tutkittavien elintarvikkeiden pH-arvojen, leivän happolukujen ja säilykekurkkujen kuiva-ainepitoisuuksien keskiarvot ja hajonnat taulukoitiin. Koska edellä mainittuja määriä ei tehty useista näytteistä, tuloksia ei voitu analysoida tilastollisesti. Lauantaimakkaran painotappion, vedensidontakyvyn ja Instronilla mitattujen kiinteyden tuloksia vertailtiin näytteiden välillä yksisuuntaisella varianssianalyysillä ja post hoc -testinä käytettiin Tukeyn-testiä. Samaa menetelmää käytettiin säilykekurkkujen värin määrittämisessä, jossa näytteiden eroja selvitettiin jokaisen kolmen parametrin osalta erikseen. Lisäksi tutkimusmateriaaleille laskettiin jodin hävikki elintarvikkeiden valmistuksen aikana.

3.3 Tulokset

3.3.1 Aistinvaraiset arvioinnit

Tuloksista esitellään kuvien avulla eri ominaisuuksien poikkeamia vertailunäytteestä ja piilotetusta vertailunäytteistä. Lisäksi tarkastellaan varianssianalyysin ja t-testien tuloksia sekä ominaisuuksien välisiä korrelaatioita.

Arvioitujen ominaisuuksien voimakkuuksien keskiarvot ovat esitetty pylväsdiagrammeina suhteessa vertailunäytteeseen (a-kuva) ja piilotettuun vertailunäytteeseen (b-kuva) kussakin neljässä eri jodipitoisuudessa. Pylväs sijoittuu x-akselin alapuolelle silloin kun ominaisuus on arvioitu keskimäärin pienemmäksi ja yläpuolelle kun ominaisuus on arvioitu keskimäärin voimakkaammaksi kuin vertailunäyte tai piilotettu vertailunäyte. Kuvissa on raportoitu myös arviointien keskiarvojen keskivirheet (SEM). Keskivirheessä keskihajonta on jaettu otoskoon neliöjuurella. Tulokset kuvaavat ominaisuuksia raadin neljän arviointikerran aikana ($n = 4 \cdot 12$).

Kuvassa (a) piilotetun vertailunäytteen havaitut erot suhteessa vertailunäytteeseen kertovat havaintoihin liittyvästä hajonnasta. Kuvat (a) ja (b) eroavat toisistaan siten, että kuvassa (b) arvioitujen ominaisuuksien keskiarvoista on poistettu piilotetun vertailunäytteen ja vertailunäytteen välinen erotus, eli piilotetulle vertailunäytteelle arvioidut ominaisuudet. Kun tuloksia verrataan piilotettuun vertailunäytteeseen, niistä on poistettu mahdollinen kuhunkin jodipitoisuuden arviointiin liittyvä mittausvirhe.

Varianssianalyysien tulokset on raportoitu niin, että taulukoiden ensimmäinen rivi kertoo jodipitoisuuden vaikutuksen arvioitujen ominaisuuksien voimakkuuksiin – toisin sanoen sen, erosiko ainakin yksi neljästä näytteestä muista näytteistä kyseisen ominaisuuden suhteen. Toinen rivi kertoo toiston vaikutuksen ominaisuuksien voimakkuuteen. Viimeinen rivi kuvaa toiston ja näytteiden välisten erojen yhdysvaikutusta eli raadin toistettavuutta. Yhdysvaikutus kertoo siitä, arviointiinko näytteiden voimakkuudet eri tavoin suhteessa toisiinsa eri arviointikerroilla. Jos testin p-arvo oli pienempi kuin 0,05, näyte, toisto tai näytteen ja arviointikerran interaktio (eli näiden tulo) vaikutti ominaisuuden voimakkuusarvioon.

Tutkimuskysymyksen tarkemmaksi selvittämiseksi kaikista ominaisuuksista tehtiin myös parittaiset ja yksittäiset t-testit. Viimeisissä taulukoissa on esitetty t-testien tulokset. Mer-

kitsevyystasossa on huomioitu Bonferronin korjaus. Yläosassa on raportoitu yhden näytteen t-testi, joka kertoo poikkeavatko näytteiden keskiarvot merkitsevästi määritellystä 0-tasosta eli lukuarvosta nolla. 0-taso tarkoittaa, ettei näyte eroa vertailunäytteestä. Taulukon alaosassa on raportoitu parittaisten t-testien tulokset, jotka kertovat testatun näytteen tilastollisen eron piilotettuun vertailunäytteeseen nähden.

Lauantaimakkara

Lauantaimakkaran aistinvaraisten arviointien tulokset ovat esitetty kuvissa 10a-b ja 11a-b. Kuvista nähdään, että havaitut erot olivat välillä [-1,1], kun näytteitä arvioitiin asteikolla [-5,5]. Kukin ominaisuus arvioitiin lähelle 0-kohtaa.

Taulukoissa 20a-c on esitetty aistinvaraisten arviointien toistettujen mittausten varianssi-analyysien tulokset ominaisuuskohtaisesti. Leikkautuvuus ja väri olivat ainoat ominaisuudet, jossa näytteiden välillä oli eroja. Toistojen välillä ei löytynyt tilastollisia eroja eli näytteet arviointiin yhdenmukaisesti arviointikerrasta riippumatta. Yhdysvaikutusta näytteiden ja toistojen välillä ei löytynyt.

Taulukko 20a. Lauantaimakkara arvioitujen haju-, rakenne- ja väriominaisuuksien varianssi-analyysien tulokset.

	Hajun voimakkuus			Leikkautuvuus		Väri	
	df, dferr	F-testisuure	p	F-testisuure	p	F-testisuure	p
näyte	3,33	1,572	0,214	5,626	0,003	16,383	0
toisto	3,33	1,42	0,289	0,246	0,863	1,316	0,285
näyte*toisto	9,99	1,128	0,146	0,383	0,941	0,847	0,575

Taulukko 20b. Lauantaimakkara arvioitujen suutuntuma ominaisuuksien varianssi-analyysien tulokset.

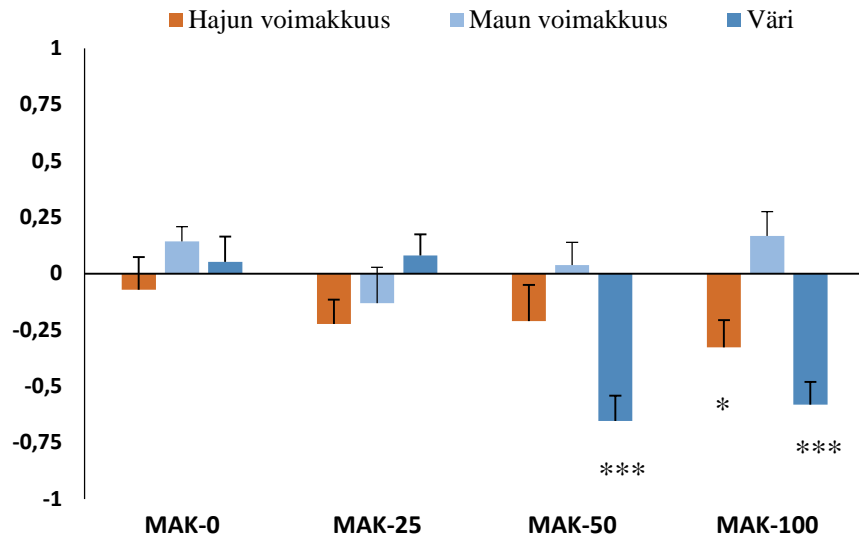
	Liukkaus			Mehukkuus	
	df, dferr	F-testisuure	p	F-testisuure	p
näyte	3,33	0,638	0,596	0,867	0,469
toisto	3,33	0,429	0,733	1,358	0,273
näyte*toisto	9,99	0,591	0,801	0,824	0,595

Taulukko 20c. Lauantaimakkaran hajoavuuden ja makuominaisuuksien varianssianalyysien tulokset.

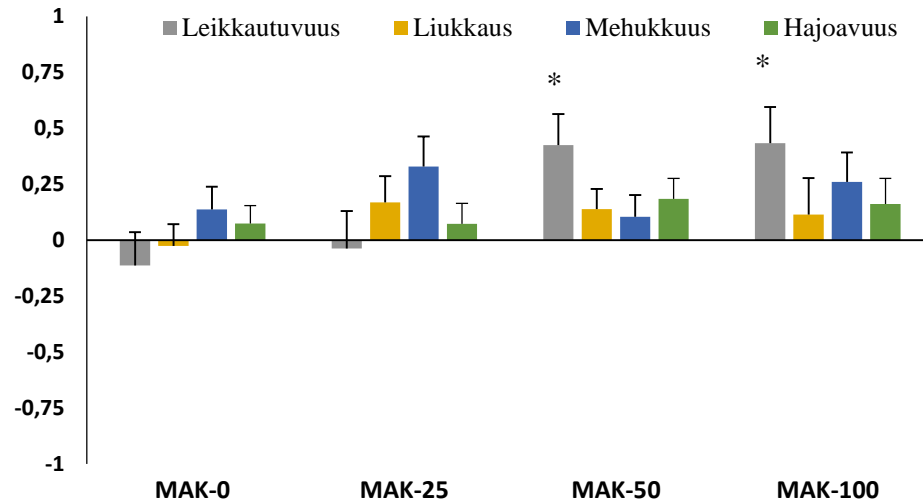
	df, dferr	Hajoavuus pureskeltaessa		Maun voimakkuus	
		F-testisuure	p	F-testisuure	p
näyte	3,33	0,501	0,684	0,687	0,566
toisto	3,33	0,688	0,566	0,311	0,817
näyte*toisto	9,99	1,247	0,275	1,552	0,14

Taulukoissa 21a-b on ominaisuuskohtaisesti näytteiden väliset yksittäiset ja parittaiset t-testit. Hajun voimakkuudessa näyte MAK-100 poikkesi vertailunäytteestä tilastollisesti merkitsevästi (Bonferronin korjauksen jälkeen $p < 0,0125$). Haju arvioitiin heikommaksi kuin vertailunäytteessä. Leikkautuvuudessa MAK-50 ja MAK-100 poikkesivat vertailunäytteestä ja piilotetusta vertailunäytteestä $p < 0,01$ (Bonferronin korjauksen jälkeen $p < 0,0125$ tai $p < 0,0166$) tilastollisesti merkitsevästi. MAK-50 ja MAK-100 näytteet leikkautuivat helpommin kuin vertailunäyte. Väriässä MAK-50 ja MAK-100 poikkesivat vertailunäytteestä sekä piilotetusta vertailunäytteestä $p < 0,001$ (Bonferronin korjauksen jälkeen $p < 0,00025$ tai $p < 0,00033$) tilastollisesti merkitsevästi. Jodipitoisuuden kasvaessa punaisuuden tummuus arvioitiin pienemmäksi vertailunäytteeseen nähden. Muissa ominaisuuksissa ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja, mikä vahvistaa varianssianalyysistä saatuja tuloksia.

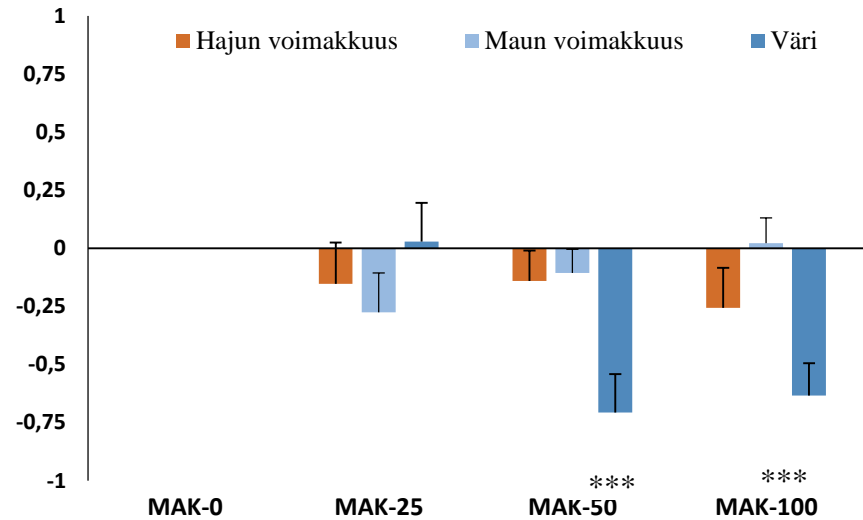
Ominaisuuksien keskinäiset korrelaatiot näytekohtaisesti on esitetty liitteessä 7. Ominaisuuksista korreloivat positiivisesti keskenään liukkaus ja mehukkuus sekä mehukkuus ja hajoavuus kaikkien näytteiden kohdalla. Tulos viittaa siihen, että lauantaimakkaran mehukkuus lisää makkaran liukkauden suutuntumaa ja toisaalta hajoavuutta. Ominaisuudet mehukkuus ja liukkaus ovat olleet osittain päällekkäisiä.



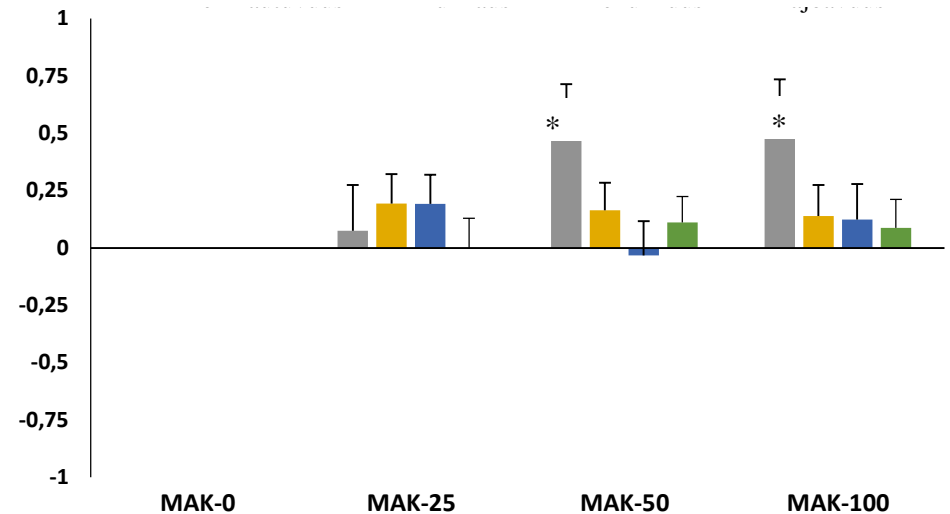
Kuva 10a. Asteikolla [-5,5] lauantaimakkaran aistinvaraisesti arvioitujen haju, maku ja väriominaisuuksien voimakkuuksien keskiarvot ja keskiarvon keskivirheet (SEM) verrattuna vertailunäytteeseen, kun $n=4*12$. MAK-50 ja MAK-100 olivat tilastollisesti merkitsevästi ($p<0,000$) vaaleampia kuin vertailunäyte. MAK-100 poikkesi ($p<0,009$) myös hajun suhteen vertailunäytteestä. Tilastollinen merkitsevyys perustuu t-testin tuloksiin.



Kuva 11a. Asteikolla [-5,5] lauantaimakkaran aistinvaraisesti arvioitujen suutuntuma ja rakenne ominaisuuksien voimakkuuksien keskiarvot ja keskiarvon keskivirheet verrattuna vertailunäytteeseen, kun $n=4*12$. MAK-50 ja MAK-100 näytteet leikkautuivat tilastollisesti merkitsevästi ($p<0,0125$) helpommin kuin vertailunäyte. Tilastollinen merkitsevyys perustuu t-testin tuloksiin.



Kuva 10b. Asteikolla [-5,5] lauantaimakkaran aistinvaraisesti arvioitujen haju, maku ja väriominaisuuksien voimakkuuksien keskiarvot ja keskiarvon keskivirheet (SEM) verrattuna piilotettuun vertailunäytteeseen, kun $n=4*12$. MAK-50 ja MAK-100 olivat tilastollisesti merkitsevästi ($p<0,000$) vaaleampia kuin piilotettu vertailunäyte. Tilastollinen merkitsevyys perustuu t-testin tuloksiin.



Kuva 11b. Asteikolla [-5,5] lauantaimakkaran aistinvaraisesti arvioitujen suutuntuma ja rakenne ominaisuuksien voimakkuuksien keskiarvot ja keskiarvon keskivirheet verrattuna piilotettuun vertailunäytteeseen, kun $n=4*12$. MAK-50 ja MAK-100 näytteet leikkautuivat tilastollisesti merkitsevästi ($p<0,0125$) helpommin kuin piilotettu vertailunäyte. Tilastollinen merkitsevyys perustuu t-testin tuloksiin.

Taulukko 21a. Lauantaimakkaran kaikkien ominaisuuksien yksittäisen ja parittaisten t-testien tulokset. Merkitsevyys tasossa huomioitu Bonferronin korjaus $p=0,05/4=0,0125$ (ero vertailunäytteeseen) ja $p=0,05/3=0,0166$ (ero piilotettuun vertailunäytteeseen).

	df	Hajun voimakkuus		Leikkautuvuus		Väri	
		t-testisuure	p	t-testisuure	p	t-testisuure	p
0 - 0-taso	47	-0,49	0,627	-0,755	0,454	0,463	0,646
25 - 0-taso	47	-2,072	0,044	-0,223	0,825	0,872	0,387
50 - 0-taso	47	-1,315	0,195	3,054	0,004	-5,837	0,000
100 - 0-taso	47	-2,719	0,009	2,67	0,01	-5,738	0,000
25 - piilotettu 0	47	0,856	0,397	-0,377	0,708	-0,176	0,861
50 - piilotettu 0	47	1,073	0,289	-3,044	0,004	4,286	0,000
100 - piilotettu 0	47	1,48	0,146	-2,885	0,006	4,559	0,000

Taulukko 21b. Lauantaimakkaran kaikkien ominaisuuksien yksittäisen ja parittaisten t-testien tulokset. Merkitsevyys tasossa huomioitu Bonferronin korjaus $p=0,05/4=0,0125$ (ero vertailunäytteeseen) ja $p=0,05/3=0,0166$ (ero piilotettuun vertailunäytteeseen).

	df	Liukkaus		Mehukkuus		Hajoavuus pureskeltaessa		Maun voimakkuus	
		t-testisuure	p	t-testisuure	p	t-testisuure	p	t-testisuure	p
0 - 0-taso	47	-0,259	0,797	1,353	0,183	0,944	0,35	2,23	0,031
25 - 0-taso	47	1,425	0,161	2,439	0,019	0,787	0,435	-0,825	0,414
50 - 0-taso	47	1,554	0,127	1,057	0,296	2,021	0,049	0,368	0,715
100 - 0-taso	47	0,704	0,485	1,963	0,056	1,422	0,162	1,527	0,134
25 - piilotettu 0	47	-1,506	0,139	-1,505	0,139	0,016	0,987	1,631	0,11
50 - piilotettu 0	47	-1,372	0,177	0,223	0,825	-0,968	0,338	1,042	0,303
100 - piilotettu 0	47	-1,036	0,305	-0,791	0,433	-0,703	0,486	-0,212	0,833

Leipä

Leivän aistinvaraisten arviointien tulokset ovat kuvissa 12a-b ja 13a-b. Kaikki havaitut erot olivat välillä [-0,5,0,5] asteikon ollessa [-5,5].

Taulukossa 22a-b on leivän aistinvaraisten arviointien toistettujen mittausten varianssianalyysien tulokset ominaisuuskohtaisesti. Missään ominaisuudessa ei todettu tilastollisia eroja näytteiden, toistojen tai näytteiden*toistojen välillä.

Siitä huolimatta, että varianssianalyysin mukaan näytteiden väliltä ei löytynyt eroja, tutkimuskysymyksen tarkemmaksi selvittämiseksi kaikista ominaisuuksista tehtiin myös parittaiset ja yksittäiset t-testit. Taulukossa 23a-b on ominaisuuskohtaisesti näytteiden väliset yksittäiset ja parittaiset t-testit.

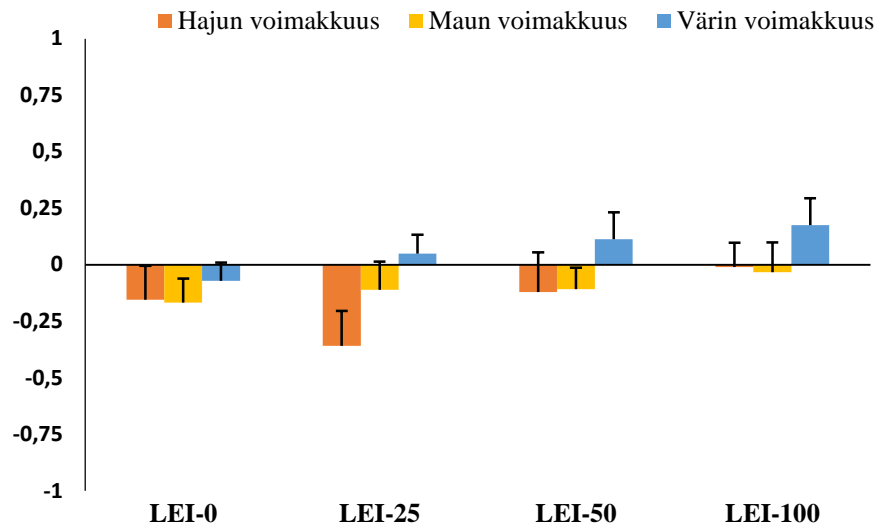
Mikään näyte ei eronnut vertailunäytteestä ($p > 0,0125$) tai piilotetusta vertailunäytteestä ($p > 0,0166$) arvioitujen ominaisuuksien suhteen. t-testeistä saadut tulokset vahvistavat varianssianalyysin tuloksia, joiden mukaan näytteiden välillä ei ole tilastollisia eroja. Leivän ominaisuuksien keskinäiset korrelaatiot on esitetty liitteessä 8. Merkittäviä korrelaatioita ominaisuuksien väliltä ei löytynyt.

Taulukko 22a. Leivästä arvioitujen haju, maku ja väriominaisuuksien varianssianalyysien tulokset.

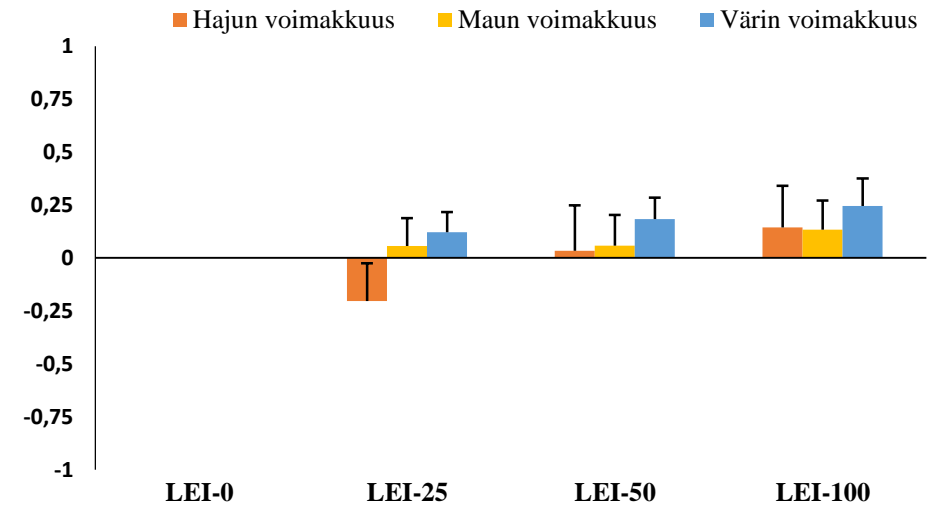
	Hajun voimakkuus			Maun voimakkuus		Värin	
	df, dferr	F-testisuure	p	F-testisuure	p	F-testisuure	p
näyte	3,33	1,114	0,357	0,747	0,747	0,443	0,431
toisto	3,33	1,427	0,252	0,824	0,824	0,773	0,517
näyte*toisto	9,99	1,627	0,106	0,259	0,259	0,817	0,602

Taulukko 22b. Leivästä arvioitujen rakenne ja suutuntuma ominaisuuksien varianssianalyysien tulokset.

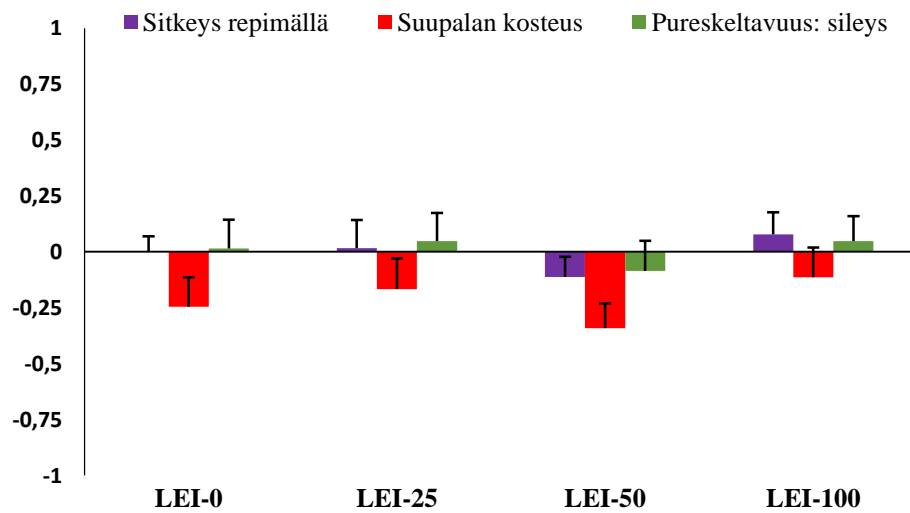
	Sitkeys repimällä			Pureskeltavuus: siley		Suutuntuma: kosteus	
	df, dferr	F-testisuure	p	F-testisuure	p	F-testisuure	p
näyte	3,33	0,939	0,433	0,028	0,994	0,502	0,502
toisto	3,33	0,533	0,663	0,232	0,873	0,962	0,962
näyte*toisto	9,99	1,109	0,364	0,448	0,906	0,55	0,55



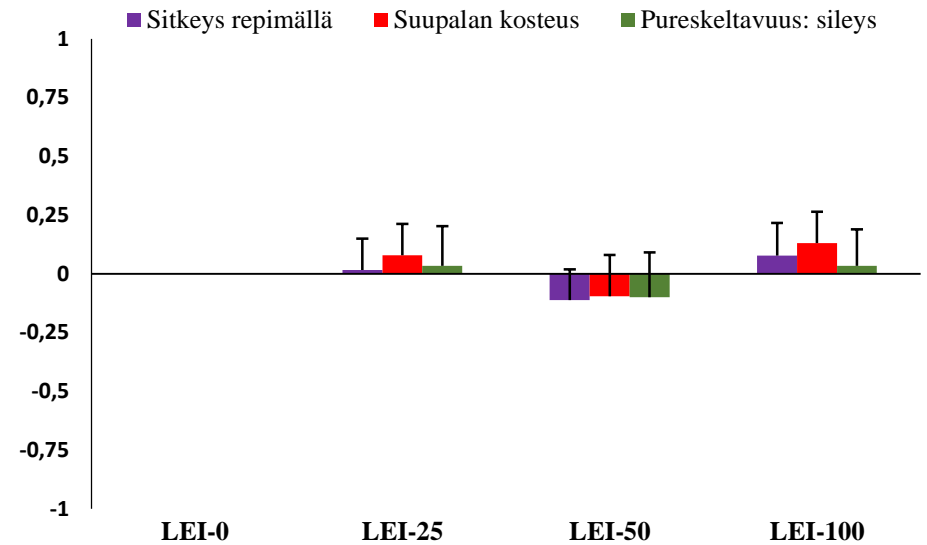
Kuva 12a. Asteikolla [-5,5] leivän aistinvaraisesti arvioitujen haju, maku ja väri ominaisuuksien voimakkuuksien keskiarvot ja keskiarvon keskivirheet (SEM) verrattuna vertailunäytteeseen, kun $n=4*12$.



Kuva 12b. Asteikolla [-5,5] leivän aistinvaraisesti arvioitujen haju, maku ja väri ominaisuuksien voimakkuuksien keskiarvot ja keskiarvon keskivirheet (SEM) verrattuna piilotettuun vertailunäytteeseen, kun $n=4*12$.



Kuva 13a. Asteikolla [-5,5]:teen leivän aistinvaraisesti arvioitujen suutuntuma ja rakenne ominaisuuksien voimakkuuksien keskiarvot ja keskiarvon keskivirheet verrattuna vertailunäytteeseen, kun $n=4*12$.



Kuva 13b. Asteikolla [-5,5]:teen leivän aistinvaraisesti arvioitujen suutuntuma ja rakenne ominaisuuksien voimakkuuksien keskiarvot ja keskiarvon keskivirheet verrattuna vertailunäytteeseen, kun $n=4*12$.

Taulukko 23a. Leivän kaikkien ominaisuuksien yksittäisen ja parittaisten t-testien tulokset. Merkitsevyys tasossa huomioitu Bonferronin korjaus $p=0,05/4=0,0125$ (ero vertailunäytteeseen) ja $p=0,05/3=0,0166$ (ero piilotettuun vertailunäytteeseen).

	df	Hajun voimakkuus		Maun voimakkuus		Väriin voimakkuus	
		t-testisuure	p	t-testisuure	p	t-testisuure	p
0 - 0-taso	47	-1,000	0,318	-1,679	0,1	-0,634	0,529
25 - 0-taso	47	-2,386	0,021	-1,039	0,304	-0,623	0,536
50 - 0-taso	47	-0,785	0,437	-0,875	0,386	1,365	0,179
100 - 0-taso	47	-0,059	0,953	-0,351	0,727	1,472	0,148
25 - piilotettu 0	47	1,14	0,26	-0,426	0,672	-1,256	0,215
50 - piilotettu 0	47	-0,155	0,877	-0,402	0,689	-1,811	0,077
100 - piilotettu 0	47	-0,733	0,467	-0,965	0,339	-1,905	0,063

Taulukko 23b. Leivän kaikkien ominaisuuksien yksittäisen ja parittaisten t-testien tulokset. Merkitsevyys tasossa on huomioitu Bonferronin korjaus $p=0,05/4=0,0125$ (ero vertailunäytteeseen) ja $p=0,05/3=0,0166$ (ero piilotettuun vertailunäytteeseen).

	df	Sitkeys repimällä		Pureskeltavuus: sileys		Suutuntuma: kosteus	
		t-testisuure	p	t-testisuure	p	t-testisuure	p
0 - 0-taso	47	0	1	0,109	0,914	-1,864	0,069
25 - 0-taso	47	0,239	0,812	0,371	0,713	-1,262	0,213
50 - 0-taso	47	-0,898	0,374	-0,681	0,499	-2,501	0,016
100 - 0-taso	47	0,853	0,398	0,357	0,722	-1,033	0,307
25 - piilotettu 0	47	-0,125	0,901	-0,196	0,846	-0,592	0,557
50 - piilotettu 0	47	0,853	0,398	0,522	0,604	0,544	0,589
100 - piilotettu 0	47	-0,554	0,582	-0,214	0,832	-0,987	0,329

Säilykekurkut

Säilykekurkkujen aistinvaraiset arvioinnit tehtiin kahtena ajanhetkenä, 5 viikkoa ja 9 viikkoa valmistuksesta. Kuvista 14a-b ja 15a-b nähdään että, näytteiden väliset havaitut erot olivat välillä $[-0,5,0,5]$, kun näytteitä arvioitiin asteikolla $[-5,5]$. Kukin ominaisuus arvioitiin lähelle 0-kohtaa.

Taulukossa 24a-c on säilykekurkkujen aistinvaraisten arviointien toistettujen mittausten varianssianalyysien tulokset ominaisuuskohtaisesti. Taulukoiden ensimmäinen rivi kertoo, erosiko ainakin yksi näytteistä muista kyseisen ominaisuuden suhteen, eli vaikuttiko jodipitoisuus arvioitujen ominaisuuksien voimakkuuksiin. Toinen rivi kertoo, vaikuttiko säilykekurkkujen varastointi ominaisuuksien voimakkuuteen eli onko maaliskuun ja huhtikuun voimakkuusarvioinneissa eroja. Kolmas rivi kuvaa arviointikerran eli toistojen vaikutusta voimakkuusarviointeihin. Seuraavat rivit kuvastavat raadin toistettavuutta, eli esimerkiksi sitä, arvioitiinko näytteet samalla tavalla arviointikerrasta ja kypsyydestä riippumatta vai vaikuttivatko kaikki kolme tekijää, näyte, varastointi ja toisto ominaisuuden voimakkuuden arviointiin. Kun merkitsevyystaso on alle 0,05 näyte (eri jodipitoisuudet) tai joku muu tekijä tai näiden yhdistelmä, vaikutti ominaisuuden voimakkuusarvioon.

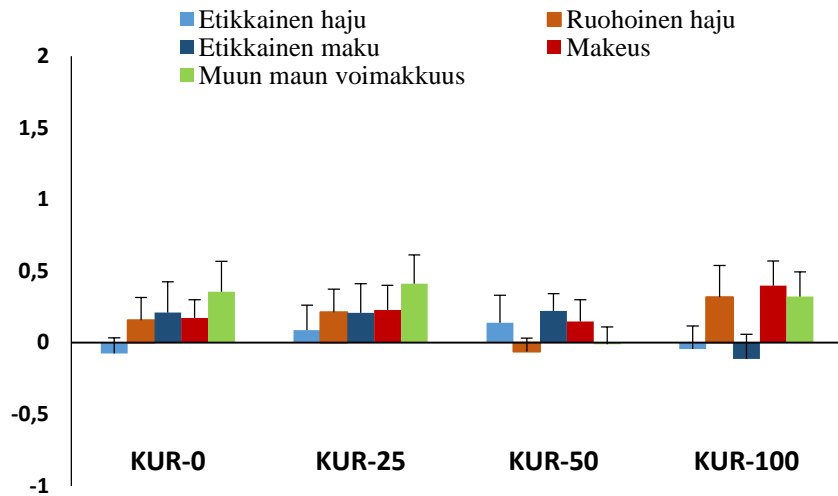
Varianssianalyysin mukaan näytteillä, varastoinnin pituudella ja toistolla on yhdysvaikutusta etikkaisen hajun suhteen. Lisäksi ruohoisen hajun voimakkuuden arvio vaihtelee arviointikerrasta eli toistoista riippuen. Tulos kertoo siitä, että mausteliemen hajuominaisuudet ovat olleet raadille haastavia arvioida.

Kuvissa 16a-d on säilykekurkkujen makeuden, pureskeltavuuden, vihreyden ja värin tummuuden voimakkuuksien poikkeamat vertailunäytteestä 5 ja 9 viikkoa arvioinneista. Kuvista nähdään varianssianalyysin tulos, jonka mukaan varastoinnilla ei ollut tilastollista merkitystä ominaisuuksien voimakkuuksiin. Kuvista voidaan kuitenkin nähdä trendi kuinka makeus kasvoi ja pureskeltavuus eli sisuksen pehmeys väheni kaikissa näytteissä säilönnän aikana.

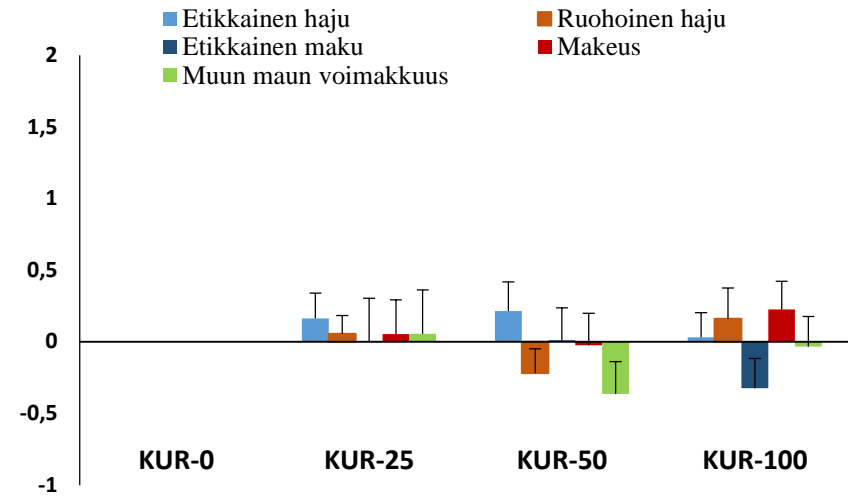
Tilastollisesti merkitsevä $p < 0,0125$ ero löytyi t-testeillä vihreyden suhteen KUR-0 ja KUR-25 näytteiden väliltä (taulukko 25a-b). Värin tummuuden suhteen KUR-0 ja KUR-25 näytteiden välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa. Ero on lähellä merkitsevän rajaa, t-arvon ollessa suuri (2.352) ja p-arvon pieni (0,023). Ero ei kuitenkaan Bonferronin korja-

uksella ollut merkitsevä. Tuloksen mukaan värin tummuus ja kurkkujen vihreys voivat olla päällekkäisiä ominaisuuksia. Kuvista 14- ja 15a-b nähdään, että värin voimakkuuksissa on eroja eri jodipitoisuuksien ja vertailunäytteen välillä. Selkeää trendiä jodipitoisuuden kasvaessa ei ole kuitenkaan nähtävissä.

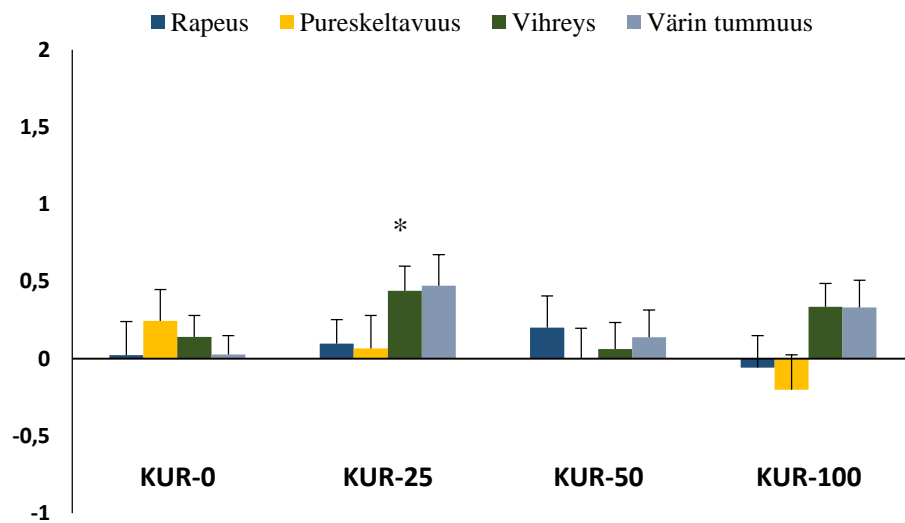
Liitteessä 10 on kuvailut muun maun makuominaisuuksista 5 ja 9 viikkoa arvioinneista. Muun maun voimakkuudella arvioitiin sellaista makua, joka ei ollut makea tai etikkainen. Molemmilla ajanhetkillä näytteistä löytyi samoja kuvailevia termejä kuten ruohoinen, suolainen, etikkainen, metallinen ja multainen. Mikään ominaisuus ei kuitenkaan kuvaa yksittäistä näytettä kummallakaan arviointikerralla. Liitteessä 9 on säilykekurkkujen ominaisuuksien keskinäiset korrelaatiot. Ominaisuuksista etikkainen maku ja makeus sekä rapeus ja pureskeltavuus eli sisuksen pehmeys korreloivat negatiivisesti. Lisäksi värin tummuus ja vihreys korreloi positiivisesti keskenään.



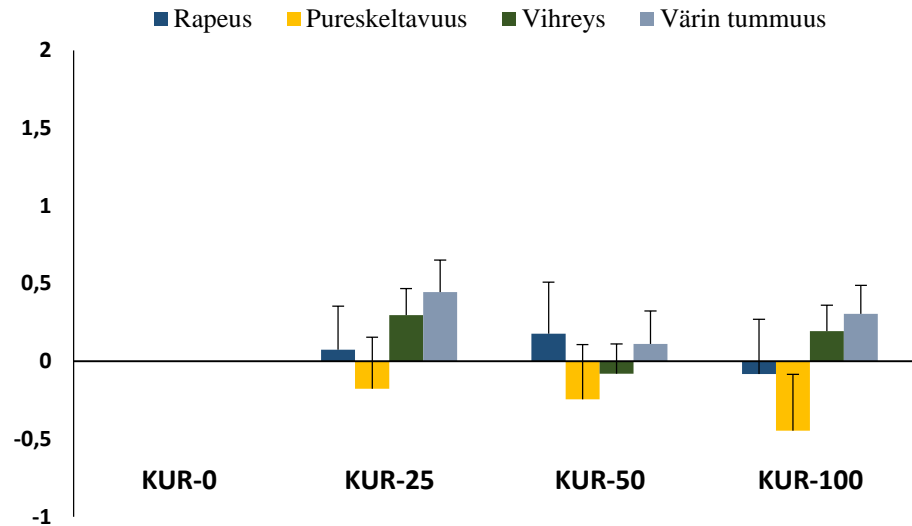
Kuva 14a. Asteikolla [-5,5] säilykekurkkujen aistinvaraisesti arvioitujen haju ja maku ominaisuuksien voimakkuuksien keskiarvot ja keskiarvon keskivirheet verrattuna vertailunäytteeseen, kun $n=4*12$.



Kuva 14b. Asteikolla [-5,5] säilykekurkkujen aistinvaraisesti arvioitujen haju ja maku ominaisuuksien voimakkuuksien keskiarvot ja keskiarvon keskivirheet verrattuna piilotettuun vertailunäytteeseen, kun $n=4*12$.



Kuva 15a. Asteikolla [-5,5] säilykekurkkujen aistinvaraisesti arvioitujen suutuntuma ja väri ominaisuuksien voimakkuuksien keskiarvot ja keskiarvon keskivirheet verrattuna vertailunäytteeseen, kun $n=4*12$. Tilastollinen merkitsevyys perustuu t-testin tuloksiin.



Kuva 15b. Asteikolla [-5,5] säilykekurkkujen aistinvaraisesti arvioitujen suutuntuma ja väri ominaisuuksien voimakkuuksien keskiarvot ja keskiarvon keskivirheet verrattuna piilotettuun vertailunäytteeseen, kun $n=4*12$.

Taulukko 24a. Säilykekurkkujen ominaisuuksien varianssianalyysien tulokset.

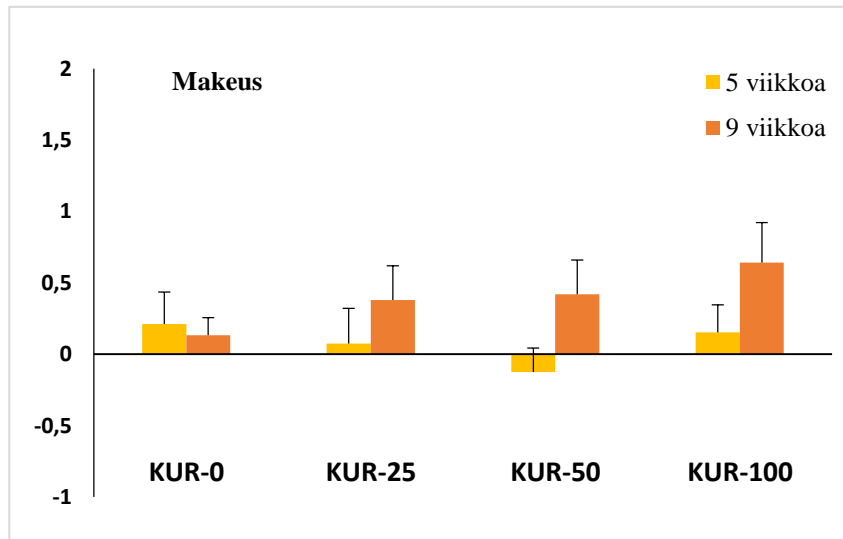
	df, df _{ferr}	Etikkainen haju		Ruuhoinen haju		Etikkainen maku	
		F-testisuure	p	F-testisuure	p	F-testisuure	p
näyte	3,33	0,421	0,739	1,274	0,299	2,220	0,104
Varastointi	1,11	0,101	0,757	0,003	0,956	1,848	0,201
toisto	1,11	0,021	0,887	6,543	0,027	0,363	0,559
näyte*varastointi	3,33	0,228	0,876	0,073	0,974	0,381	0,767
näyte*toisto	3,33	0,541	0,658	0,367	0,777	1,020	0,396
varastointi*toisto	1,11	3,022	0,11	2,005	0,185	3,003	0,111
näyte*varastointi*toisto	3,33	4,130	0,014	0,091	0,965	1,789	0,168

Taulukko 24b. Säilykekurkkujen ominaisuuksien varianssianalyysien tulokset.

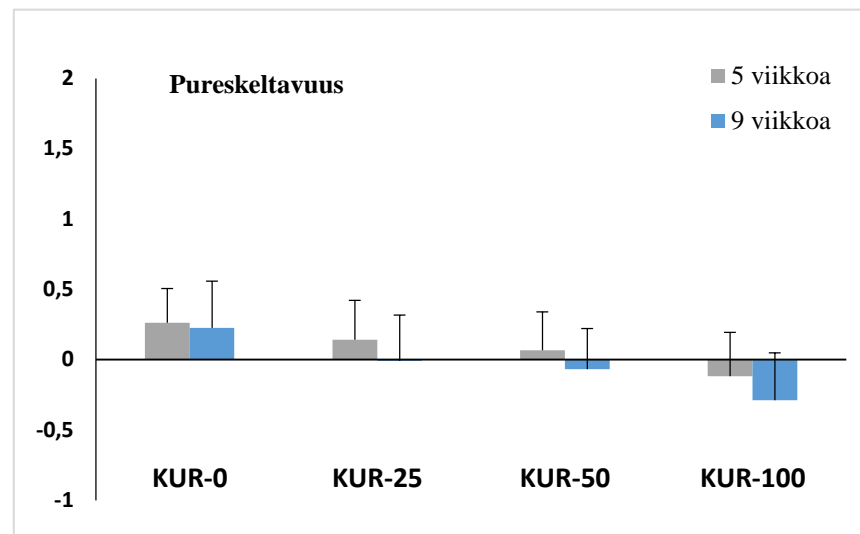
	df, df _{ferr}	Makeus		Muun maun voimakkuus		Rapeus	
		F-testisuure	p	F-testisuure	p	F-testisuure	p
näyte	3,33	0,594	0,623	1,392	0,263	1,041	0,387
Varastointi	1,11	2,12	0,173	0,404	0,538	0,005	0,943
toisto	1,11	0,171	0,687	0,886	0,367	0,72	0,414
näyte*varastointi	3,33	1,277	0,299	0,673	0,575	0,514	0,675
näyte*toisto	3,33	1,594	0,209	0,187	0,905	1,218	0,319
varastointi*toisto	1,11	2,893	0,117	0,813	0,387	1,703	0,218
näyte*varastointi*toisto	3,33	0,363	0,78	1,407	0,258	0,714	0,55

Taulukko 24c. Säilykekurkkujen ominaisuuksien varianssianalyysien tulokset.

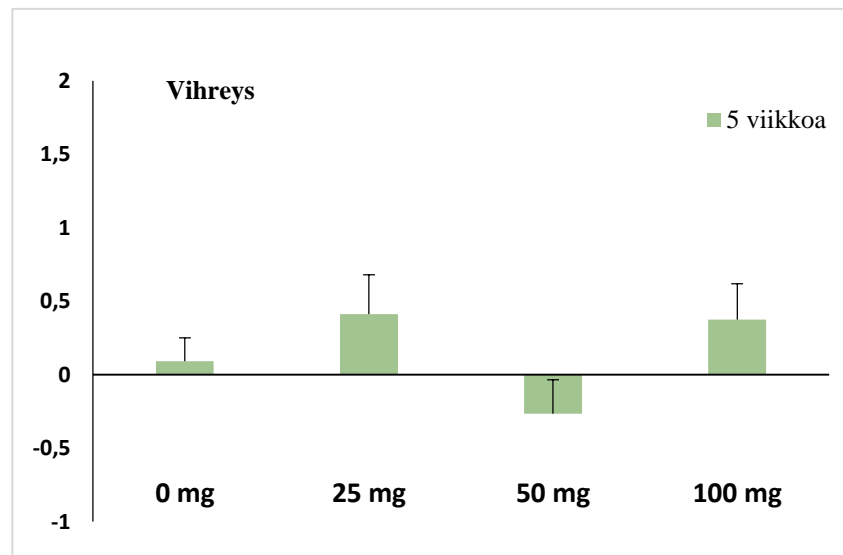
	df, df _{ferr}	Pureskeltavuus		Vihreys		Värin tummuus	
		F-testisuure	p	F-testisuure	p	F-testisuure	p
näyte	3,33	1,378	0,266	1,958	0,14	1,637	0,2
Varastointi	1,11	2,541	0,139	1,437	0,256	0,009	0,928
toisto	1,11	1,408	0,26	1,971	0,188	0,763	0,401
näyte*varastointi	3,33	0,026	0,994	1,24	0,311	1,484	0,237
näyte*toisto	3,33	2,864	0,052	0,777	0,515	0,584	0,63
varastointi*toisto	1,11	1,428	0,257	0,385	0,548	0,497	0,496
näyte*varastointi*toisto	3,33	0,753	0,529	1,687	0,189	2,681	0,063



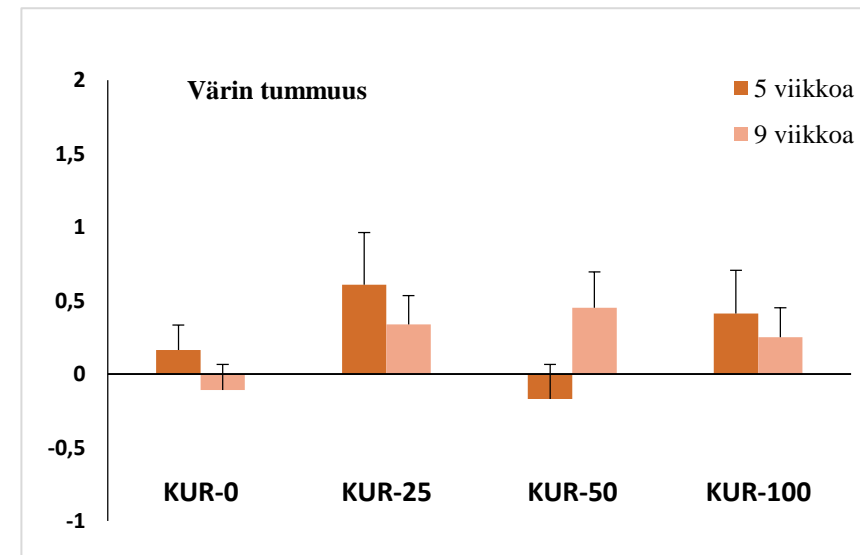
Kuva 16a. Säilykekurkkujen aistinvaraisesti arvioidun maun voimakkuuksien keskiarvot ja keskiarvon keskivirheet verrattuna vertailunäytteeseen 5 ja 9 viikkoa valmistuksesta, kun $n=2*12$.



Kuva 16b. Säilykekurkkujen aistinvaraisesti arvioidun pureskeltavuuden voimakkuuksien keskiarvot ja keskiarvon keskivirheet verrattuna vertailunäytteeseen 5 ja 9 viikkoa valmistuksesta, kun $n=2*12$.



Kuva 16c. Säilykekurkkujen aistinvaraisesti arvioidun vihreyden keskiarvot ja keskiarvon keskivirheet verrattuna vertailunäytteeseen 5 ja 9 viikkoa valmistuksesta, kun $n=2*12$.



Kuva 16d. Säilykekurkkujen aistinvaraisesti arvioidun väriin tummuuden keskiarvot ja keskiarvon keskivirheet verrattuna vertailunäytteeseen 5 ja 9 viikkoa valmistuksesta, kun $n=2*12$.

Taulukko 25a. Säilykekurkkujen kaikkien ominaisuuksien yksittäisen ja parittaisen t-testien tulokset. Kun huomioidaan Bonferronin korjattu merkitsevyytaso $p=0,05/4=0,0125$ (ero vertailunäytteeseen) ja $p=0,05/3=0,0166$ (ero piilotettuun vertailunäytteeseen), tilastollisesti merkitseviä eroja ei löydy.

	df	Etikkainen haju		Ruohoinen haju		Etikkainen maku		Makeus		Muun maun voimakkuus	
		t-testisuure	p	t-testisuure	p	t-testisuure	p	t-testisuure	p	t-testisuure	p
KUR-0 - 0-taso	47	-0,693	0,491	0,98	0,332	0,983	0,33	1,372	0,177	1,754	0,086
KUR-25 - 0-taso	47	0,501	0,618	1,332	0,189	1,03	0,308	1,322	0,193	2,077	0,043
KUR-50 - 0-taso	47	0,732	0,467	-0,671	0,505	1,825	0,074	0,983	0,331	-0,065	0,948
KUR-100 - 0-taso	47	-0,275	0,784	1,424	0,161	-0,665	0,509	2,307	0,026	1,515	0,136
KUR-25 – KUR-0	47	-0,912	0,366	-0,444	0,659	0,007	0,995	-0,226	0,822	-0,314	0,755
KUR-50 – KUR-0	47	-1,055	0,297	1,287	0,205	-0,046	0,964	0,112	0,911	1,196	0,238
KUR-100 – KUR-0	47	-0,1811	0,857	-0,747	0,459	1,555	0,127	-1,141	0,26	0,14	0,889

Taulukko 25b. Säilykekurkkujen kaikkien ominaisuuksien yksittäisen ja parittaisten t-testien tulokset. Kun huomioidaan Bonferronin korjattu merkitsevyytaso $p=0,05/4=0,0125$ (ero vertailunäytteeseen) ja $p=0,05/3=0,0166$ (ero piilotettuun vertailunäytteeseen), tilastollisesti merkitseviä eroja ei löydy.

	df	Rapeus		Pureskeltavuus		Vihreys		Värin tummuus	
		t-testisuure	p	t-testisuure	p	t-testisuure	p	t-testisuure	p
KUR-0 - 0-taso	47	0,106	0,916	1,191	0,239	1,03	0,309	0,221	0,826
KUR-25 - 0-taso	47	0,632	0,53	0,314	0,755	2,751	0,008	2,352	0,023
KUR-50 - 0-taso	47	0,969	0,337	0	1	0,364	0,717	0,801	0,427
KUR-100 - 0-taso	47	-0,282	0,779	-0,89	0,378	2,201	0,033	1,884	0,066
KUR-25 – KUR-0	47	0,79	0,79	0,534	0,596	-1,757	0,085	-2,18	0,034
KUR-50 – KUR-0	47	0,597	0,597	0,694	0,491	0,416	0,679	-0,531	0,598
KUR-100 – KUR-0	47	0,818	0,818	1,233	0,224	-1,155	0,254	-1,645	0,107

3.3.2 Instrumentaaliset analyysit

Tutkimusmateriaalien happamuus

Taulukoissa 26a-d on esitetty kaikkien tutkimusmateriaalien pH-mittausten tulokset. Li-haksesta määritetyt pH-arvot olivat sian ja naudan lihassa noin 5,7 (taulukko 25a). Silavan pH oli hieman yli 7. Jauhetun lihan pH oli molemmilla lihatyypeillä hieman yli 6. Kutteroinnin jälkeen pH-arvot olivat 5,85–5,91 ja valmiissa makkarassa 6,23–6,29. Suurta vaihtelua näytteiden välillä ei ollut, mikä kertoo erien samankaltaisuudesta. Määritykset tehtiin kolmesta saman erän näytteestä.

Taulukko 26a. Sianlihan (S0), naudanlihan (N1) ja silavan pH-arvot sekä makkaramassan ja valmiin makkaran pH arvot ja keskihajonnat eri jodipitoisuuksissa.

	Lihäs		Jauhettu liha			Makkaramassa		Valmis makkarä	
	pH	SD	pH	SD		pH	SD	pH	SD
S0	5,72	0	6,03	0,02	MAK-0	5,82	0,03	6,25	0,02
N1	5,53	0,34	6,33	0,03	MAK-25	5,9	0,02	6,27	0,02
Silava	7,42	0,03			MAK-50	5,96	0,03	6,27	0,02
					MAK100	5,91	0	6,22	0,02

Pakastetusta leivästä ja taikinasta mitattiin happoluku ja pH kaikista jodipitoisuuksista (taulukko 26b-c). Kaikkien näytteiden pH oli noin 5,5. Valmiin leivän pH-arvot olivat hieman pienempiä kuin taikinan pH-arvot. Taikinan happoluvut olivat 4,87–5,15. Leivän luvut olivat hieman pienemmät. Happoluvuissa ei ollut suuria eroja näytteiden välillä. Myös taikinan ja leivän pH-määritykset ja happoluvut kertovat eri erien samankaltaisuudesta.

Taulukko 26b. Taikinan pH-arvot ja happoluvut keskiarvoina ja keskihajontoina (SD) eri jodipitoisuuksissa.

	Taikina		Happoluku	
	pH	SD	pH	SD
LEI-0	5,48	0	4,9	0,1
LEI-25	5,52	0,06	4,9	0,2
LEI-50	5,48	0	5,1	0,2
LEI-100	5,55	0	5,1	0,06

Taulukko 26c. Leivän pH-arvot ja happoluvut keskiarvoina ja keskihajontoina (SD) eri jodipitoisuuksissa.

Leipä	pH	SD	Happoluku	SD
LEI-0	5,43	0,02	4,4	0,20
LEI-25	5,43	0,03	4,2	0,05
LEI-50	5,41	0,00	4,2	0,00
LEI-100	5,42	0,00	4,2	0,00

Taulukossa 26d ovat säilykekurkkujen liemen pH-arvot 5 viikkoa ja 9 viikkoa arvioinneista. Taulukossa on myös liemen kuiva-ainepitoisuus valmistushetkellä. Näytteiden välillä ei ollut merkittävää eroja, mutta liemi oli hieman happamampi 9 viikkoa valmistuksesta kuin 5 viikkoa valmistuksesta.

Taulukko 26d. Mausteliemen pH-arvojen keskiarvot ja keskihajonnat (SD) 5 viikkoa ja 9 viikkoa valmistuksesta sekä valmistuksen aikainen liemen kuiva-ainepitoisuus.

Liemi (1)	Mausteliemi 5 vko	SD	Mausteliemi 9 vko	SD	Brix (%) ¹⁾
KUR-0	3,29	0,01	3,52	0,02	16,4
KUR-25	3,29	0,02	3,58	0,00	16,1
KUR-50	3,32	0,01	3,57	0,01	15,9
KUR100	3,30	0,01	3,56	0,00	15,9

1) Kuiva-aine pitoisuus tuotteessa

Lauantaimakkaran, leivän ja säilykekurkkujen pH-arvoissa oli eroja. Säilykekurkkujen mausteliemi on happamin, pH-arvoltaan noin 3,5. Lauantaimakkaran pH-arvot olivat noin 6,2 ja leivän keskimäärin 4,3. Materiaalien erot pH-arvoissa voivat vaikuttaa jodin pysyvyyteen ja siihen, missä muodossa jodi on elintarvikkeessa.

Lauantaimakkaran fysikaaliset määritykset

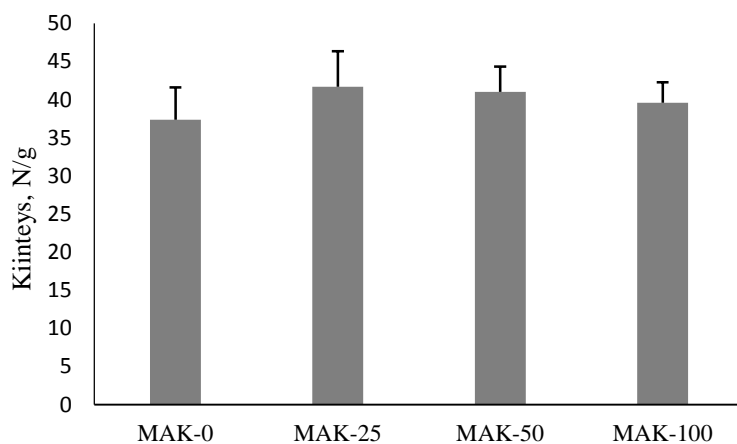
Lauantaimakkaran kypsennyspainotappio on esitetty taulukossa 27 ja laskukaava liitteessä 11. Painotappio kasvoi hieman jodipitoisuuden noustessa. Merkittävää eroa näytteiden välillä ei kuitenkaan ollut. Painotappio oli suurusluokaltaan sama kuin reseptin (liite 3) laskennallinen hävikki 4 %. Tulokset on ilmoitettu keskiarvona jokaisen erän seitsemästä makkarakasta.

Taulukko 27. Lauantaimakkaran kypsennyspainotappion keskiarvot ja keskihajonnat (SD) grammoina ja prosentteina ilmoitettuna eri jodipitoisuuksissa.

	Kypsennyspainotappio		Kypsennyspainotappio	
	g	SD	%	SD
MAK-0	30,2	3,8	3,3	0,4
MAK-25	35,9	4,8	3,9	0,5
MAK-50	38,8	2,4	4,2	0,2
MAK-100	41,5	3,3	4,5	0,4

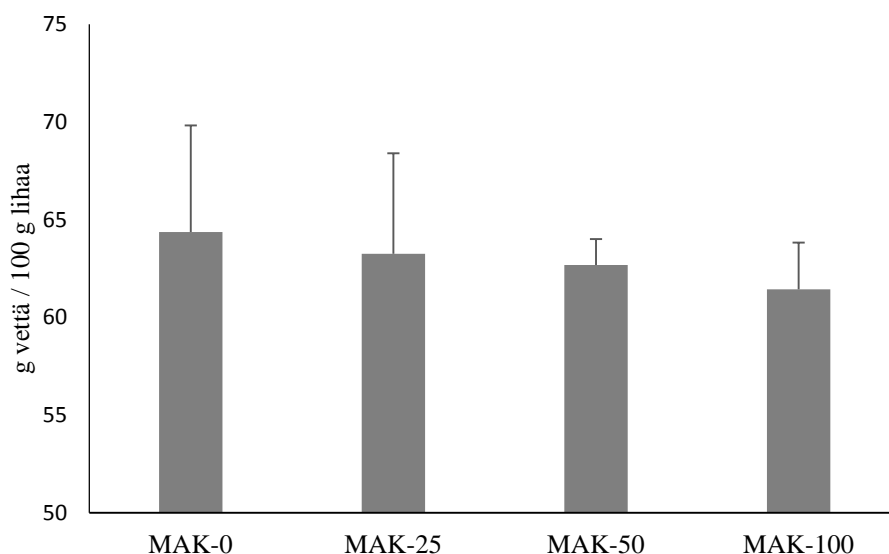
Tuloksia tarkasteltiin yksisuuntaisella varianssianalyysillä, jonka mukaan painotappio vaihteli eri joditasojen näytteillä [F(3,24)=4,116; p=0,017]. Tukeyn parivertailutestin mukaan MAK-0 ja MAK-100 välillä oli tilastollisesti merkitsevä ero (p=0,013). Tukeyn parivertailun kaikki tulokset on esitetty liitteessä 12.

Kuvassa 17 on lauantaimakkaran kiinteyden (N/g) eri jodipitoisuuksissa pylväsdiagrammeina esitettyinä ja tulosten keskihajonta (n=12). Näytteiden välillä ei ollut suuria eroja kiinteydessä. Heikoin kiinteyden oli MAK-0 näytteellä 37,38 N/g ja kiintein näyte oli MAK-25 41,69 N/g. Kiinteyden ero testattiin yksisuuntaisella varianssianalyysillä. Tilastollisesti merkitsevää eroa näytteiden väliltä ei löytynyt [F(3,362)=2,005; p=0,133], joten parivertailua ei ollut tarpeellista tarkastella.



Kuva 17. Instronilla mitatun kiinteyden keskiarvot ja – hajonnat eri jodipitoisuuksissa.

Lauantaimakkaran vedensidontakyky eri jodipitoisuuksissa on esitetty kuvassa 18. Lauantaimakkaran vedensidontakyky laskee hieman jodipitoisuuden suurentuessa. Pienimmän jodipitoisuuden näytteillä oli enemmän hajontaa kuin suuremman jodipitoisuuden näytteillä. MAK-0 näytteen vedensidontakyky oli 64,3 g vettä / 100 g lihaa ja MAK-100 näytteellä hieman pienempi 61,4 g vettä / 100 g lihaa. Vedensidontakyvyn laskukaava Hammin ja Graun menetelmän mukaan on esitetty liitteessä 13. Vedensidontakyvyn ero näytteiden välillä testattiin yksisuuntaisella varianssianalyysillä. Tilastollisesti merkitsevää eroa näytteiden väliltä ei löytynyt [F(3,8)=0,281; p=0,838], joten eri joditasojen välisiä eroja ei ollut tarpeellista tarkastella parivertailuilla.



Kuva 18. Lauantaimakkaran vedensidontakykyjen keskiarvot ja keskihajonnat eri jodipitoisuuksissa.

Säilykekurkkujen värianalyysi

Säilykekurkkujen värianalyysi tehtiin kaikille neljän jodipitoisuuden kurkuille. Taulukossa 28 on esitetty tulosten keskiarvot ja -hajonnat. Väriä kuvataan kolmella parametrilla: L^* , a^* ja b^* , joista L^* kuvaa kurkun vaaleutta tai tummuutta, parametri a^* kuvaa vihreän ja punaisuuden sävyjä ja parametri b^* kertoo kurkun keltaisuudesta. Mittaus tehtiin kolmesta kurkusta neljä kertaa ($n = 3 \cdot 4$). Parametreista L^* ja b^* -arvot kuvaavat parhaiten kurkussa tapahtuvaa kellastumista ja toisaalta kurkkujen tummumista. Mitä suurempi mitattu L^* -arvo sitä vaaleampi oli kurkun väri. L^* ja b^* -parametreissa oli suuremmat hajonnat kuin vihreyttä kuvaavassa a^* -parametrissa, joka sai samanlaisia arvoja eri erien välillä.

Taulukko 28. Säilykekurkkujen värianalyysi 9-viikkoa valmistuksesta keskiarvoina ja keskihajontoina (SD).

	L^*	SD	a^*	SD	b^*	SD
KUR-0	41,9	1,9	-4,2	0,2	9,6	0,8
KUR-25	45,9	2,4	-4,6	0,3	13,1	0,9
KUR-50	46,6	3,7	-4,2	0,3	11,5	2,1
KUR-100	42,9	3,2	-4,2	0,3	10,6	1,1

Värianalyyseistä tehtiin yksisuuntainen varianssianalyysi, jonka mukaan näytteiden välillä oli eroja eri parametrien suhteen. L^* -parametri: $[F(3,32)=5,427; p=0,004]$, a^* -parametri: $[F(3,32)=5,143; p=0,005]$ ja b^* -parametri: $[F(3,32)=10,816; p<0,001]$. Tulosten perusteella näytteille tehtiin kunkin parametrin mukaan Tukeyn parivertailut, joiden mukaan L^* -

parametrissa KUR-0 erosi KUR-25 näytteestä ($p=0,034$) ja KUR-50 ($p=0,009$) näytteestä tilastollisesti merkitsevästi. Parametrin a* mukaan KUR-25 erosi nollanäytteestä ($p=0,012$) ja KUR-50 näytteestä ($p=0,022$). Parametrin b* mukaan nollanäyte erosi KUR-25 ($p<0,000$) ja KUR-50 näytteistä ($p=0,023$). Lisäksi KUR-25 erosi KUR-100 näytteestä ($p=0,003$).

Tulosten perusteella KUR-25 kurkut ovat olleet poikkeavamman värisiä muihin näytteisiin verrattuna. KUR-0 ja KUR-100 eivät eronneet toisistaan tilastollisesti minkään parametrin suhteen, mikä viittaa siihen, että värin muutokset eivät selity jodipitoisuuden vaihtelulla. Tukeyn parivertailujen tulokset on esitetty liitteessä 15.

Jodin pysyvyys elintarvikkeissa

Jodin pysyvyys lauantaimakkarassa on esitetty taulukossa 29. Taulukon ensimmäisessä sarakkeessa on tuotteen jodipitoisuus ruokasuolassa (mg/kg ruokasuolaa kohden) 55 vuorokautta valmistuksesta ja toisessa sarakkeessa on jodin prosentuaalinen hävikki varastoinnin jälkeen. Lopullinen jodipitoisuus on elintarvikkeeseen lisätyn jodin ja luontaisen jodin summa. Jodin hävikki on laskettu lisätyn jodin mukaan. Tutkimusmateriaalien alkuperäistä jodipitoisuutta ei ole määritetty.

Näytteessä MAK-0 jodia löytyi alle määrittämissä rajoissa. MAK-25 näytteessä lopullinen jodipitoisuus oli 21,5 mg/kg ja hävikki 14,1 %. Muissa näytteissä hävikki oli pienempi. Mittaus-epävarmuudet lihatuotteissa ovat 29 %.

Taulukko 29. Lauantaimakkaran jodipitoisuus mg/kg ruokasuolaa kohden ja jodin prosentuaalinen hävikki 55 vrk pakastuksen jälkeen.

	Jodipitoisuus (mg/kg NaCl)	Hävikki (%)
MAK-0	alle määrittämissä rajoissa	
MAK-25	21,5	14,1
MAK-50	49,1	1,8
MAK-100	97,4	2,7

Taulukossa 30 on esitetty vastaavat arvot leivälle 36 vuorokauden pakastuksen jälkeen. Leivässä jodin hävikit olivat suuremmat kuin lauantaimakkarassa. LEI-25 näytteessä hävikki oli 17,3 %, LEI-50 näytteessä 18,9 % ja LEI-100 näytteessä hävikki oli suurin 24,1 %. Hävikkien ollessa suuria myös lopulliset jodipitoisuudet ovat huomattavasti pienempiä kuin tavoitteelliset jodipitoisuudet.

Esimerkiksi LEI-25 näytteessä lopullinen jodipitoisuus oli 20,7 mg/kg ruokasuolaa kohden.

Taulukko 30. Leivän jodipitoisuus mg/kg ruokasuolaa kohden ja jodin prosentuaalinen hävikki 36 vrk pastuksen jälkeen.

	Lopullinen jodipitoisuus (mg/kg NaCl)	Hävikki (%)
LEI-0	alle määritysrajan	
LEI-25	20,7	17,3
LEI-50	40,6	18,9
LEI-100	75,9	24,1

Taulukossa 31 on esitetty säilykekurkuista ja liemestä määritetyt jodipitoisuudet viisi viikkoa ja yhdeksän viikkoa valmistuksesta. Viisi viikkoa valmistuksesta kurkkujen ja liemen jodipitoisuudet olivat samalla tasolla. Esimerkiksi pienimmän jodipitoisuuden kurkuista määritetty jodipitoisuus oli 12,4 mg/kg ja liemessä 12,5 mg/kg. Kun valmistuksesta oli kulunut yhdeksän viikkoa, KUR-25 määritetty jodipitoisuus oli 12,4 mg/kg ja liemessä enää 11,1 mg/kg. Jodi oli siis poistunut liemestä. Suurimman jodipitoisuuden näytteissä, KUR-50 ja KUR-100 näytteissä, jodipitoisuus laski sekä kurkuissa että liemessä. Kun kurkkujen ja liemen jodipitoisuus lasketaan yhteen, viiden viikon kohdalla jodin hävikki oli vain 0,8 % ja yhdeksän viikon kohdalla se oli jo 8,7 % KUR-25 tapauksessa. Yhteenlaskettu jodipitoisuus kertoo jodin kokonaishävikin. Jodin määritysraja on 0,06 mg.

Taulukko 31. Säilykekurkkujen ja liemen jodipitoisuus mg/kg ruokasuolaa kohden ja jodin prosentuaalinen hävikki 5 ja 9 viikkoa valmistuksesta. Hävikki laskettu kurkuista ja liemestä. Taulukossa ilmoitettu myös kokonaishävikki, joka on kurkkujen ja liemen hävikkien summa.

Säilytys, vko		Lopullinen jodipitoisuus (mg/kg NaCl)	Hävikki (%)
5	KUR-0	alle määritysrajan	
5	KUR-25	12,4	50,5
5	KUR-50	25,3	49,5
5	KUR-100	51,3	48,7
5	LIEMI-0	alle määritysrajan	
5	LIEMI-25	12,5	50,2
5	LIEMI-50	24,5	51,0
5	LIEMI-100	48	52,1
5	Kokonaishävikki	alle määritysrajan	
5	Kokonaishävikki	24,4	0,6
5	Kokonaishävikki	49,5	0,5
5	Kokonaishävikki	99,2	0,8
9	KUR-0	alle määritysrajan	
9	KUR-25	12,4	50,4
9	KUR-50	23	54,0
9	KUR-100	46,9	53,2
9	LIEMI-0	alle määritysrajan	
9	LIEMI-25	11,1	55,6
9	LIEMI-50	20,9	58,3
9	LIEMI-100	44,5	55,5
9	Kokonaishävikki	alle määritysrajan	
9	Kokonaishävikki	23,5	5,9
9	Kokonaishävikki	43,9	12,2
9	Kokonaishävikki	91,3	8,7

3.4 Tulosten tarkastelu

3.4.1. Tulosten luotettavuus

Tutkimusmateriaalien heterogeenisyys

Tutkimuksessa etsittiin aistinvaraisten ominaisuuksien suhteen pieniä eroja. Tällöin mahdolliset satunnaisvaihtelut näytteiden välillä on tärkeää minimoida (Meiselman 1993). Aistinvaraisessa arvioinnissa on tärkeää, että näytteet ovat keskenään samankokoisia ja näköisiä. Eriko-koinen näyte voidaan arvioida eri tavalla (Cardello ja Segars 1989; De Wijk ym. 2003). Vaihtelun vaikutusta vähennettiin riittävällä toistojen, arvioijien ja näytteiden määrällä. Raati (n=12) arvioi samat näytteet yhteensä neljä kertaa, jolloin jokainen näyte arvioitiin 48 kertaa.

Lauantaimakkaran valmistuksessa minimoitiin erien väliset vaihtelut hienontamalla ja kutte-roimalla lihamassa mahdollisimman suurissa erissä. Kutteroinnin kestoa ja lämpötilaa tarkkail-tiin, sillä jokainen erä tehtiin täysin samalla tavalla. Vaikka makkaraa valmistettiin kaksinker-tainen määrä esikokeisiin verrattuna, valmistusmäärä oli pieni tehdasmittakaavaan verrattuna. Jokaisen erän lihamassasta valmistui 12–13 makkaraa, joita käytettiin sekä aistinvaraisiin ar-viointeihin että instrumentaalisiin mittauksiin. Makkaroiden välillä oli jonkin verran värieroja saman erän sisällä. Makkaroita viipaloitiin aistinvaraisia arviointeja varten ylimäärä, jotta ar-viointin ulkopuolelle pystyttiin jättämään poikkeavan näköiset viipaleet.

Leipä valmistettiin tehdasmittakaavalla. Tämä tarkoitti 200 kg taikinaa yhtä erää kohden. Lei-vän valmistus oli täysin automaattista, ja esimerkiksi lämpötilat uunin eri vaiheissa olivat tar-kasti säädeltyjä, jolloin erien välinen vaihtelu minimoitui. Leipien sisäistä vaihtelua vähennet-tiin myös siten, että pakkausvaiheessa tutkimuksen ulkopuolelle jätettiin poikkeavan väriset leivät, leipien sulamisaika standardoitiin ja leivistä käytettiin arvioinneissa ainoastaan yhtä suuria viipaleita.

Säilykekurkut valmistettiin tehtaan tuotekehitysmittakaavalla eli pienemmissä erissä kuin teh-taan tavanomaisessa säilykekurkun valmistuksessa. Valmistuksessa liemen keittoaikaa ja läm-pötiloja seurattiin manuaalisesti. Kaikki tutkimuksessa käytetyt kurkut olivat ostettu samalta tilalta ja olivat ulkonäöltään samanlaisia. Kaikkiin eriin viipaloidut kurkut purkitettiin ennen mausteliemien valmistusta. Aistinvaraisten arviointien yhteydessä huomattiin, että kurkkupur-

keissa oli poikkeavan värisiä kurkkuviipaleita. Tällaiset viipaleet jätettiin tutkimuksen ulkopuolelle. Poikkeavan väriset viipaleet olivat todennäköisesti olleet liemen pinnalla kosketuksessa hapen kanssa, jolloin ne muuttuivat nopeammin keltaiseksi (Mínguez-Mosquera ym. 2002). Kurkuista arvioitiin rakennetta ja suutuntumaa, joiden voimakkuuteen vaikutti kurkkujen halkaisijan koko. Näin ollen arviointiin valittiin yhtä suuria kurkkuja. Myös raatilaisia ohjeistettiin vertamaan arvioinnissa samankokoisia kurkkuja keskenään.

Elintarvikkeiden pH-arvojen tulosten osalta eri erien välinen vaihtelu oli pientä. Makkaralla vaihtelu oli pientä sekä lihassa että valmiissa makkarassa. Myös taikinan ja leivän happolukujen sekä kurkkujen mausteliemen kuiva-ainepitoisuuksien osalta näytteiden eri erät olivat samanlaisia keskenään.

Kuvailevan menetelmän luotettavuus

Satunnaisvaihtelua voidaan vähentää myös raadin aiheuttamaa vaihtelua vähentämällä. Kaikkea arvioijista johtuvaa vaihtelua ei voida poistaa, mutta vaihtelua voidaan vähentää raadin huolellisella koulutuksella (Civille ja Lawless 1986). Poikkeama vertailunäytteestä - menetelmän on todettu olevan herkempi pienten erojen testaamiseen kuin yleisen kuvaileva analyysin (Larson-Powers ja Pangborn 1978), koska menetelmässä näytteitä verrataan aina samaan vertailunäytteeseen, joka tässä tutkimuksessa oli jodioimaton näyte. Toisaalta Stoerin ja Lawlessin (1993) mukaan vaihtelun vähenemistä ei aina havaita, vaikka asteikko onkin kiinnitetty vertailunäytteeseen. Larson- Powersin ja Pangbornin (1978) jälkeen menetelmää on käyttänyt muun muassa Boylston ym. (2002), jotka selvittivät röntgensäteilyn vaikutusta erilaisilla hedelmillä. Menetelmää käytetään muun muassa elintarviketeollisuudessa silloin, kun reseptiin tehdään pieni muutos ja halutaan selvittää, vaikuttaako muutos materiaalin ominaisuuksiin.

Jodioimattoman vertailunäytteen lisäksi ominaisuuksille etsittiin referenssinäytteitä, jotka kuvasivat tutkittavia asteikon ääripäitä mahdollisimman hyvin. Referenssinäytteet auttoivat myös siihen, että raati pääsi yhteisymmärrykseen siitä mitä eri ominaisuuksilla tarkoitetaan (Rainey 1986; Murray ym. 2001). Referenssinäytteiden käyttö vähentää arviointien subjektiivisuutta (Civille ja Szczeniak 1973) ja kuvailevien termien väärinkäyttöä (Rainey 1986). Kaikille ominaisuuksille ei kuitenkaan löydetty referenssinäytteitä.

Aistinvaraisissa arvioinneissa arvioijille voi sattua erilaisia arviointivirheitä, jotka vääristävät tuloksia. Virhelähteitä vähennettiin huolellisella arvioijien kouluttamisella ja toistojen määrällä. Lisäksi tulosten tulkinta tulee tehdä harkintaa käyttäen silloin kun erojen tiedetään kirjallisuuden perusteella olevan pieniä. Tällöin on tärkeää välttää tyyppin I virhettä, jossa näytteiden väliltä löytyy ero, vaikka sitä ei todellisuudessa ole (Lawless ja Heymann 2010). Tämän johdosta esimerkiksi tilastollisten testien (t-testit) merkitsevyysrajaa tiukennettiin Bonferronin korjauksella.

Aistinvaraisessa arvioinnissa voi tapahtua odotusvirhe, jossa arvioija on arvioinut erot odotusten eikä aistihavaintojen perusteella (Meilgaard ym. 2006). Odotusvirheen minimoimiseksi arvioijille kerrottiin näytteistä ja tutkimuksen tavoitteista mahdollisimman vähän. Arvioinneista tehtiin neljä toistoa, ja osa arvioijista oli mukana kaikkien kolmen materiaalin arvioinneissa, mikä on voinut johtaa osalla arvioijista tottumisvirheeseen (Lawless ja Heymann 2010 s. 203). Arvioija oli voinut tottua erojen pienuuteen ja arvioida näytteet aina samalla tavalla, vaikka ärsykkeen voimakkuus olisi muuttunut. Lisäksi tottumisvirhettä on voinut kasvattaa arviointiin kuuluneet neljä näytettä ja vertailunäyte.

Myös jana-asteikon käyttöön voi liittyä erilaisia virheitä. Keskihakuisuusvirheessä arvioijilla on taipumus välttää ääripäitä ja käyttää asteikoin keskiosaa (Cardello ym. 2008). Tällöin ominaisuuksien erot olisi arvioitu pienemmiksi kuin ne todellisuudessa ovat, mikä voisi johtaa tyyppin II virheeseen (Lawless ja Heymann 2010 s. 203). Toisaalta Parduccin (1965) mukaan ihmisellä on tapana käyttää koko jana-asteikkoa arviointien aikana.

Menetelmän käyttökelpoisuus

Raati kehitti sanaston tutkittavalle materiaalille. Sanastoon kuului lauantaimakkaralla 7 kuvailtavaa ominaisuutta, leivällä 6 ja säilykekurkuilla 9. Tutkimukseen valittiin kaikki esiraadissa esiin tulleet ominaisuudet, vaikka erojen tiedettiin olevan pieniä. Ominaisuudet valittiin kuitenkin siten, että niitä kuvaavat termit eivät olisi päällekkäisiä. Ominaisuuksien löytäminen vertailunäytteen ja suurimman jodipitoisuuden näytteen välillä koulutustilaisuuksissa oli kaikkien tutkimusmateriaalien kohdalla hankalaa. Makuja ja hajuja oli vaikea erotella, joten lauantaimakkaran ja leivän osalta valittiin mukaan ainoastaan maun ja hajun voimakkuus. Säilyke-

kurkuilla liemen hajuominaisuudet olivat haastavia arvioida, mikä voi johtua siitä, että hajuerot olivat pieniä ja siitä, että ominaisuuksien voimakkuudet jäivät pieniksi.

Osa arvioiduista ominaisuuksista korreloi keskenään, mikä kertoo siitä, että termit mittasivat samaa piirrettä materiaalissa tai olivat yhteydessä toisiinsa. Esimerkiksi säilykekurkkujen värin tummuus ja vihreys arvioitiin lähes yhdenmukaisesti, mikä vahvistaa tulosta, jonka mukaan ominaisuudet ovat päällekkäisiä. Säilykekurkulla korreloi negatiivisesti rapeus ja pureskeltavuus eli sisuksen pehmeys. Mitä rapeammaksi näyte arvioitiin sitä vähemmän pehmeäksi arvioitiin kurkun sisus pureskeltaessa. Makeuden ja etikkamaisen maun negatiivinen korrelaatio kertoo ainakin siitä, että arvioijat ovat osanneet erottaa erilaisia makuominaisuuksia kurkuista.

Myös lauantaimakkaran mehukkuus ja hajoavuus on arvioitu lähes samalla tavalla. Ominaisuudet eivät välttämättä kuitenkaan ole päällekkäisiä vaan ovat yhteydessä toisiinsa. Esimerkiksi mehukkaampi makkara hajoaa helpommin. Lihan mehukkuus ja kovuus korreloivat myös aikaisempien tutkimusten perusteella (Matulis 1995; Ruusunen ym. 2003). Makkaralla korreloi myös liukkaus ja mehukkuus kaikilla näytteillä. Tuloksen mukaan voidaan todeta, että makkaran liukkaus kielellä aistittuna oli hankala ominaisuus ja se viittaa makkaran mehukkuuteen.

Instrumentaalisten menetelmien luotettavuus

Instrumentaaliin mittauksiin ei yleensä liity yhtä suurta hajontaa kuin aistinvaraiseen arvioitiin. Erilaisia virhelähteitä voi kuitenkin liittyä myös fysikaalisiin ja kemiallisiin määrittämissä menetelmiin. Rinnakkaisnäytteiden määrä vaikuttaa tulosten luotettavuuteen. Tulosten luotettavuuden kannalta on myös merkittävää, että jokaiselle näytteelle on tehty mittaukset identtisellä tavalla ja mittalaitteet on kalibroitu oikeaoppisesti. Jodipitoisuuden analysointi tehtiin standardien mukaan Eviran laboratoriossa. Menetelmä on tarkka verrattuna aikaisemmin käytettyihin jodin analysointimenetelmiin (Winger ym. 2008). ICP-MS:llä jodille määritetyt havaitsemisrajat ovat tarkempia kuin muiden menetelmien havaitsemisrajat (Yebra ja Bollaín 2010). Instrumentaaliset määrittäykset tehtiin pääosin rinnakkaisnäytteistä, mutta vain yhdestä otoksesta. Poikkeuksena lihan kiinteyden määrittäminen, jossa makkaraviipaleet otettiin eri makkaroista. Instrumentaaliset mittaukset tulisi suorittaa useista otoksista, jotta tulosten tilastollinen analysointi

olisi mahdollisimman mielekäästä. Väärien päätelmien välttämiseksi tulosten tarkastelussa on tärkeää huomioida koko tuloksen hajonta.

3.4.2 Jodin vaikutus tutkimusmateriaalien aistinvaraisiin ominaisuuksiin

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää vaikuttaako jodioitu ruokasuola lauontaimakkaran, vaalean leivän tai säilykekurkkujen aistinvaraisiin ominaisuuksiin. Kaikissa tutkimusmateriaaleissa havaitut erot vertailunäytteeseen olivat pieniä. Koko asteikolla jokainen ominaisuus arvioitiin lähelle nollaa eli melko samanlaiseksi kuin vertailunäyte. On hyvä huomioida, että osa näytteiden välisistä eroista voi johtua näytteiden satunnaisvaihtelusta. Lisäksi mahdolliset jodin aiheuttamat aistinvaraiset muutokset näytteissä ovat niin pieniä, että kuluttajan voi olla vaikea havaita eroja erityisesti kun vertailevaa tuotetta ei ole saatavilla. Seuraavissa kappaleissa tarkastellaan aistinvaraisia tuloksia.

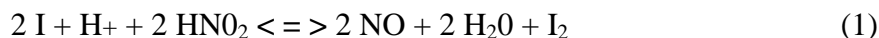
Lauontaimakkara

Lauontaimakkarakassa pääosa tutkituista ominaisuuksista poikkesi vain vähän vertailunäytteestä. MAK-25 näytteessä ei havaittu poikkeamia vertailunäytteeseen MAK-0. Tulokset tukevat Kuhajekin ja Fiedelmanin (1973) saamia tuloksia, joiden mukaan kaliumjodidia sisältävissä makkaroissa ei löydetty aistinvaraisia muutoksia verrattuna jodioimattomiin makkaroihin.

Ainoat ominaisuudet, joissa todettiin tilastollisesti merkitsevä ero eri näytteiden välillä, olivat väri eli punaisuuden tummuus ja leikkautuvuus veitsellä painettaessa. Tilastollista eroa vertailunäytteeseen MAK-0 huomattiin vain kahdessa suurimmassa jodipitoisuudessa, mikä viittaa siihen, että jodipitoisuuden kasvulla on vaikutusta kyseisten ominaisuuksien voimakkuuksiin. Tuloksen luotettavuutta tukee se, että piilotettu vertailunäyte arvioitiin lähelle nollakohtaa molemmissa ominaisuuksissa. Tuloksia tarkasteltaessa on muistettava, että erot on löytänyt harjaantunut raati, ei kuluttaja (Kälviäinen ym. 2008). Menetelmä ei kerro värin ja leikkautuvuuden muutosten miellyttävyydestä.

Lauontaimakkaran väri arvioitiin vaaleammaksi jodipitoisuuden noustessa. Jodi (I_2) voi vaikuttaa lihan väriin suoraan tai epäsuorasti, esimerkiksi jonkun muun tekijän, kuten toisen raaka-aineen, kautta. Lauontaimakkaran raaka-aineista nitriitti vaikuttaa lihan värin muodostumi-

seen (Cassens ym. 1979). Coumesin ym. (1998) mukaan nitriitin tiedetään myös lisäävän jodidin (I⁻) muuntumista herkästi haihtuvaksi jodiksi hapetus-pelkistysreaktiossa. Nitriitin ja jodin reagoitessa syntyy tasapainoreaktio, jossa muodostuu typpioksidia, vettä ja haihtuvassa muodossa olevaa jodia. Tämä on kuvattu reaktiossa 1. Reaktio voidaan helposti jäljittää syntyvän kaasumaisen jodin avulla joko spektrofotometrisesti tai esimerkiksi tärkkelyksen avulla. Elin-tarvikemateriaalissa tapahtuvaa reaktiota on kuitenkin vaikea jäljittää (Winger ym. 2005).



Nitriitti lisättiin makkaramassaan natriumnitriittinä. Tasapainoreaktion mukaan jodia haihtuu, ja siten myös lihan punaisuuteen vaikuttavaa typpimonoksidia muodostuu vähemmän (Samouilov ja Zweier 1998) nitriitin vaikutuksesta, jolloin makkaran värin voisi olettaa jäävän vaaleaksi. Suurimman jodipitoisuuden makkarakassa väri arvioitiin selkeästi vaaleammaksi kuin pienimmän jodipitoisuuden makkarakassa MAK-25 tai vertailunäytteessä MAK-0. Toisaalta liitteen 14. kuvien perusteella värierot näytteiden välillä ovat pieniä. Pienimmän jodipitoisuuden näytteessä värimuutoksia ei havaittu.

Lauantaimakkaran leikkautuvuus arvioitiin suuremmaksi jodipitoisuuden noustessa. Lihan rakenteeseen vaikuttaa muun muassa sen vedensidontakyky (Puolanne ja Peltonen 2013). Tätä kysymystä tarkastellaan seuraavassa luvussa. Hajoavuus pureskeltaessa arvioitiin voimakkaammaksi suurimman jodipitoisuuden näytteissä, mutta tilastollista merkitsevyyttä ei kuitenkaan löydetty. Tulos tukee kuitenkin leikkautuvuudesta saatuja tuloksia. Kun makkara on leikkautunut helpommin, se on myös koettu hajoavaisemmaksi. MAK-100 näytteessä leikkautuvuus ja hajoavuus korreloi tilastollisesti merkitsevästi keskenään, mutta muilla näytteillä samaa korrelaatiota ei ollut. Värin ja leikkautuvuuden lisäksi tilastollisesti merkitsevä ero löydettiin MAK-100 näytteen hajun voimakkuudessa. Hajun muutos voi johtua jodista, mutta satunnaisvaihtelu on myös mahdollinen selitys.

Leipä

Tulosten perusteella voidaan todeta, että kaliumjodidi ei aiheuta leivässä aistinvaraisia muutoksia tutkituissa pitoisuuksissa. Leivässä ominaisuuksien erot vertailunäytteeseen arvioitiin keskimäärin pienemmiksi kuin lauantaimakkarakassa. Leipä on raaka-aineiltaan ja valmistusme-

netelmältään yksinkertainen elintarvike (Dewettinck ym. 2008). Vaikka jodin vaikutuksesta leivässä on tehty vain vähän tieteellistä tutkimusta, sen käyttöä jodiodun ruokasuolan kantajaineena on monien tutkimusten ja epävirallisten raporttien mukaan käytetty jo pitkään esimerkiksi Tanskassa (Laurberg ym. 2006). Aikaisemmin jodiodun ruokasuolan vaikutusta leivässä tutkineet Kuhajek ja Fiedelman (1973) eivät löytäneet aistinvaraisia muutoksia 77 mg/kg:n pitoisuudella.

Vaalea maalaisleipä on mieto vehnäleipä. Vaalea leipä valittiin, koska mahdollisen sivumaun arvioitiin tulevan parhaiten esiin vaaleassa leivässä. Vaikka raati oli koulutettu ja toistoja tehtiin useita, merkittäviä eroja ei löytynyt. Keskiarvon keskivirheen perusteella raadin sisällä oli paljon hajontaa, mikä kertoo arvioinnin vaikeudesta ja siten erojen pienuudesta. Arvioinnin vaikeudesta kertoo myös se, että ominaisuuksien voimakkuudet eivät välttämättä kasva tai laske loogisesti jodipitoisuuden suurentuessa. Tästä esimerkkinä suupalan kosteus pureskelun aikana. Kyseinen ominaisuus arvioitiin MAK-50 -näytteessä pienemmäksi kuin vertailunäytteessä ja MAK-100 -näytteessä puolestaan suuremmaksi kuin vertailunäytteessä.

Winger ym. (2005) löysivät aistinvaraisia muutoksia leivässä, johon lisättiin jodia ilman, että sen määrää suhteutettiin ruokasuolaan. Muutoksia löytyi muun muassa leivän murujen rakenteessa ja värissä silloin, kun jodia lisättiin vähintään 100 mg/kg tuotetta kohden. Kyseiset pitoisuudet ovat moninkertaisesti suositeltuja pitoisuuksia suurempia. Wingerin ym. (2005) tulokset viittaavat siihen, että jodi aiheuttaa vaaleassa leivässä aistinvaraisia muutoksia vain niin suurissa pitoisuuksissa, jotka eivät ole sopivia jodin saantisuosituksen kannalta.

Säilykekurkut

Säilykekurkuissa ominaisuuksien voimakkuuksien erot vertailunäytteeseen olivat myös pieniä. Tulokset näyttävät, että jodin lisääminen ei vaikuta kurkkujen aistinvaraisiin ominaisuuksiin muutaman kuukauden aikavälillä. Tilastollisesti merkitseviä eroja ei löytynyt minkään ominaisuuksien suhteen. Tuloksissa on mukana sekä viiden että yhdeksän viikon aikana arvioidut tulokset. Kojima ja Brown (1955) ja El Wakeil (1958) saivat samankaltaisia tuloksia, joiden mukaan jodiodun ruokasuolan lisääminen vihannes- ja kasvissäilykkeisiin ei aiheuttanut, tomaattimehua lukuun ottamatta, elintarvikkeisiin minkäänlaisia aistinvaraisia muutoksia. Sen sijaan tulokset poikkeavat aikaisemmasta, Amrin ja Jabayn (2004) tutkimuksesta, jossa ha-

vaittiin kurkuissa rakenteen pehmenemistä ja värin tummumista vain 12 päivää kurkkujen valmistuksesta, kun keitinliemeen lisättiin kilogrammaa ruokasuolaa kohti 40 mg jodia kaliumjodaattina (KIO_3). Toisaalta erona Amrin ja Jabayn (2004) tutkimukseen on varastointiaika, kaliumjodaatti ja mahdollisesti kurkkujen lajike. Säilykekurkkujen ja muiden säilykkeiden aistinvaraisia muutoksia olisi syytä tarkastella erikseen kaliumjodaattia käyttämällä. Säilykekurkkujen tapauksessa kiinnostavaa on jodin aiheuttamat mahdolliset muutokset varastointiajan päätteeksi kurkkujen ollessa syöntivalmiita.

Kurkkujen välillä oli värieroja vain pienimmän jodipitoisuuden ja vertailunäytteen välillä, mikä viittaa siihen, että jodilla ei ole osuutta kurkkujen väriin. Instrumentaalisesti mitattuja värieroja tarkastellaan seuraavassa luvussa. Näytteiden rakenneominaisuuksista rapeus ja pureskeltavuus korreloi negatiivisesti keskenään KUR-50 näytettä lukuun ottamatta, mikä viittaa siihen, että rapeuden kasvaessa kurkun sisuksen pehmeys pienenee. Toisaalta kummassakaan ominaisuudessa näytteet eivät eronneet vertailunäytteestä. Vertailunäytteen ja suurimman jodipitoisuuden näytteiden erot kaikissa ominaisuuksissa on arvioitu pieniksi.

Muun maun voimakkuus ja kuvailu osoittautuivat hankaliksi arvioida. Mitään näytettä ei kuvailtu erityisen paljon erilaisemmaksi kuin muita, eivätkä voimakkuusarviot poikkea loogisesti nollanäytteestä. Kurkuista löydettiin erityisesti sellaisia makuja, jotka yleisesti liitetään kurkkuihin tai säilykekurkkuihin kuten etikkainen, tillimäinen, kurkkumainen ja raikas (Park ym. 2004). Muutamissa pitoisuuksissa makua kuvailtiin muun muassa raikkaaksi, tunkkaiseksi tai metalliseksi. Makuja ei voida kuitenkaan liittää yksin pieniin tai suuriin jodipitoisuuksiin.

Varianssianalyysin tulosten mukaan säilykekurkkujen liemen hajuominaisuuksien arviointi oli haasteellista. Ruohosen hajun voimakkuuden tuloksiin vaikutti eri toistot. Lisäksi toisto, näytteet ja varastointi vaikuttivat kaikki yhdessä etikkaisen hajun voimakkuuteen. Erityisesti toiston vaikutus kertoo ruohosen hajun olleen vaikeasti arvioitava ominaisuus. Poikkeama toistojen välillä on voinut johtua myös ruohosen hajun haihtumisesta vain osasta purkeista. Muissa ominaisuuksissa ei havaittu vaikutusta näytteiden välillä, arviointikerralla tai varastoinnilla ominaisuuksien voimakkuuksiin.

Varastointiajalla ei todettu tilastollista merkitystä ominaisuuksien voimakkuuksiin. Makeus kuitenkin odotetusti pääsääntöisesti kasvoi ja muun muassa pureskeltavuus eli sisuksen pehmeys väheni kaikissa näytteissä. Makeuden kasvun voi arvioida johtuvan sokerin imeytymisestä kurkkuihin säilönnän aikana. Rakenteen olisi voinut olettaa pehmenevän varastoinnin pidentyessä, koska kurkut ovat rapeita valmistuspäivänä ja pehmenyvät liemessä säilönnän aikana. Yhdeksän viikkoa on lyhyt aika arvioida säilykekurkkuja, koska kurkkujen varastointiaika voi olla jopa 2,5 vuotta. Tutkimus olisi hyvä toistaa vuoden tai kahden vuoden kuluttua valmistuksesta. On kuitenkin epätodennäköistä, että erot vertailunäytteeseen suurenisivat merkittävästi ajan kuluessa, koska erot arvioitiin pieniksi molempina ajan hetkinä ja jodipitoisuuden voi olettaa pienenevän näytteessä ajan kuluessa. Amr ja Jabay (2004) huomasivat erot säilykekurkuissa jo 12 päivää valmistuksesta. Tosin he eivät arvioineet näytteitä myöhemmin.

Aistinvaraisia muutoksia syntyi tutkimusmateriaaleista vain lauontaimakkarassa, mikä vahvistaa aikaisemman kirjallisuuden tulosta, jonka mukaan jodin aiheuttamat muutokset elintarvikkeessa johtuvat jodin ja muiden raaka-aineiden välisistä reaktioista (Winger ym. 2008).

3.4.3 Instrumentaalisten parametrien yhteys aistittavaan laatuun

Kaikkien materiaalien pH-arvot olivat kirjallisuuden mukaisia (Bridges ja Mattice 1939; Anon 1962; Hamm 1972) ja ne eivät vaihdelleet merkittävästi eri jodipitoisten näytteiden välillä. Tuloksen mukaan jodipitoisuus ei vaikuta näytteen pH-arvoon. Voidaan myös olettaa, että lauontaimakkaran värin ja leikkautuvuuden erot vertailunäytteeseen eivät johtuneet makkaroiden pH-arvojen eroista. Säilykekurkuilla liemen pH oli matala, noin pH 3:n ja pH 4:n välillä. Viiden ja yhdeksän viikon välillä pH kuitenkin nousi, mikä voi viitata liemen etikkahappopitoisuuden laskuun joko haihtumalla tai imeytymällä kurkkuihin. Kurkkujen pH:n analysointi antaisi lisäinformaatiota etikkahapon kulkeutumisesta.

Lauontaimakkaran kypsennyspainotappio eri jodipitoisten näytteiden välillä kertoo näytteiden samankaltaisuudesta. Tilastollinen ero löytyi kuitenkin vertailunäytteen ja MAK-100 -näytteiden väliltä. Suurentunut painotappio MAK-100 -näytteessä voi johtua satunnaisvaihtelusta. Suuri painotappio voi myös kertoa heikentyneestä vedensidontakyvystä (Kauffman ym. 1993).

Lihan heikentynyt vedensidontakyky vaikuttaa sekä lihan värin vaalenemiseen että rakenteen pehmenemiseen (Puolanne ja Peltonen 2013). Vedensidontakyvyn ja aistinvaraisesti arvioitujen tulosten yhteyksiä voidaan siis tarkastella. Vedensidontakyky laskee hieman jodipitoisuuden kasvaessa vaikka tilastollista eroa ei ollut. Vedensidontakyvyn laskuun tiedetään vaikuttavan lihaksen pH (Offer ym. 1989). Makkaramassalle tehtyjen pH-määritysten mukaan eri jodipitoisuuksilla ei ollut merkittävää eroa lihan happamuudessa. Lisäksi vedensidontakykyyn vaikuttaa lihaan lisätty ruokasuola (Huff-Lonergan ja Lonergan 2005). Suola hajottaa proteiinien rakennetta, jolloin vedensidontakyky paranee. Vedensidontakykyä parantavat myös fosfaatit, jotka yhdessä suolan kanssa nostavat lihan pH:ta. Vedensidontakyvyn vaikutusta painotappioon, rakenteeseen tai värin vaalenemiseen ei ole kuitenkaan syytä tarkastella tarkemmin, koska tilastollista eroa näytteiden väliltä ei löytynyt.

Kiinteyden suhteen makkarat eivät myöskään eronneet tilastollisesti. Makkaran kiinteyden kertoo makkaran rakenteesta, mutta kuvaa lihan puristusvoimaa (Ruusunen ym. 2003). Aistinvaraisesti arvioitu rakenne kuvaa puolestaan lihan leikkautuvuutta. Aistinvaraisesti arvioitun leikkautuvuuden perusteella olisi voinut olettaa, että lihan kiinteyden olisi heikentynyt jodipitoisuuden kasvaessa.

Säilykekurkuille tehdyn värianalyysin perusteella kurkkujen välillä oli paljon värieroja. Erot eivät kuitenkaan välttämättä selity jodipitoisuuden vaihtelulla. Esimerkiksi KUR-25 ja KUR-50 kurkut olivat vaaleimmat ja vihreyden suhteen KUR-25 oli poikkeavan värinen muihin eriin verrattuna. Samankaltainen tulos saatiin aistinvaraisesti arvioituna, mutta tilastollisia eroja niissä ei kuitenkaan löytynyt. Värin kellastumisen tiedetään nopeutuvan eteenin vaikutuksesta (Nilsson 2005) ja toisaalta vihreä väri katoaa klorofyllin hajoamisen yhteydessä, jolloin keltainen väri havaitaan (Mínguez-Mosquera ym. 2002). Aistinvaraisten arviointien perusteella värin vihreys kasvoi viiden ja yhdeksän viikon arviointien välillä KUR-100 näytettä lukuun ottamatta ja värin tummuus puolestaan laskee kaikissa erissä KUR-50 näytettä lukuun ottamatta. Kurkkujen värin muutoksen viidestä viikosta yhdeksään viikkoon voi olettaa olevan seurausta kurkkujen luontaisesta värin muutoksesta säilönnän aikana. Amar ja Jabay (2004) eivät määrittäneet kasvisten väriä instrumentaalisesti.

3.4.4 Jodin pysyvyys elintarvikkeissa

Tutkimusmateriaalien jodin hävikit vaihtelivat. Tulokset ovat yhdenmukaisia kirjallisuuden kanssa, jonka mukaan jodin hävikkiin elintarvikkeessa vaikuttavat elintarvikkeen valmistusmenetelmä ja muut elintarvikkeen raaka-aineet. Jodi voi esiintyä elintarvikkeessa jodidina, jodaattina tai jodina (Winger ym. 2005). Jodi voi muuttua muotoaan pH-arvon muuttuessa. Jodipitoisuuden analysoinnissa ICP-MS -menetelmällä jodin muodolla ei kuitenkaan ole merkitystä. Elintarvikkeen pH-arvo vaikuttaa mahdollisesti haihtuvan jodin määrään ja siten lopulliseen jodipitoisuuteen.

Lauantaimakkarassa jodin hävikki oli pääasiassa vähäistä 55 vuorokauden pakastuksen jälkeen. Hävikki oli vain 1–3 % lukuun ottamatta MAK-25 näytettä, jolla hävikki oli yli 14 %. Jodin pitoisuudet määritettiin vain yhdestä erän makkarasta, mikä tuo mahdollisen virhelähteen tulokselle. On mahdollista, että kyseisen jodipitoisuuden makkaralla jodia oli päässyt vuotamaan poikkeuksellisen paljon suolen läpi esimerkiksi kypsennyksen aikana. Tulosten perusteella pakastuksella ei ole merkittävää vaikutusta jodin hävikkiin. Tulos ei ole täysin samankaltainen kirjallisuuden kanssa. Wirth ja Kuhne (1991) arvioivat makkaroiden jodin hävikin olevan 20–30 %, mutta jodin analysointimenetelmänä käytettiin epävarmempaa ja nyt vanhentunutta menetelmää (IGN 2007). Jodin ja nitriitin reagoidessa muodostuu herkästi haihtuvaa jodia (reaktio 1), jolloin makkaran jodipitoisuuden voisi olettaa laskevan. Tulosten perusteella jodin hävikki olisi silloin suurinta suurimmissa jodipitoisuuksissa, mutta näin ei kuitenkaan ole. Jodin ja nitriitin mahdollinen reaktio ei vaikuta jodin hävikkiin merkittävästi.

Leivän jodin hävikki oli kolmesta tutkimusmateriaaleista suurinta, 17–24 %. Jodin hävikki ei kuitenkaan vaihdellut eri jodipitoisuuksien (25–100 mg/kg ruokasuolaa) mukaan merkittävästi. Suurempi jodin hävikki lauantaimakkaraan ja säilykekurkkuihin verrattuna voi johtua muun muassa leivän pitkästä kuumennusajasta (nostatuskaappi, uuni ja jäähdytyskaappi), jolloin jodi voi reagoida helpommin ja haihtua. Jodi pääsee haihtumaan leivästä helpommin kuin esimerkiksi makkarasta, jonka pintaa peittää kuitusuoli. Leivässä kaliumjodaatin hävikki voisi olla pienempää kuin kaliumjodidin, koska kaliumjodaatti on stabiilimpi korkeissa lämpötiloissa (Coumes ym. 1998).

Säilykekurkuissa jodin prosentuaalinen hävikki kasvoi jodipitoisuuden suurentuessa. Jodia on voinut haihtua herkästi haihtuvan etikkahapon haihtumisen yhteydessä pH-arvon laskiessa. Chavasit ym. (2002) havaitsivat, että jodipitoisuutta pienentävät matalan pH-arvon lisäksi mausteet, sokeri ja lisäaineet. Säilykekurkkujen sokeri ja etikkahappo ovat voineet vaikuttaa kurkkujen jodipitoisuuden pienentymiseen.

Jodin hävikki nousi viidennen ja yhdeksännen viikon välillä. Viisi viikkoa valmistuksesta noin puolet määritetystä jodista oli liemessä ja puolet kurkuissa. Silloin mausteliemen ja kurkkujen yhteenlaskettu jodipitoisuus oli lähes 25 mg/kg ruokasuolaa. Yhdeksän viikkoa valmistuksesta kurkkujen jodipitoisuus oli suurempi kuin liemen ja jodia oli kadonnut pääasiassa liemestä, mikä kertoo jodin haihtumisesta liemestä ilmaan ja jodin kulkeutumisesta liemestä kurkkuihin osmoosin vaikutuksesta. Tällöin jodia kulkeutuu vahvemmassa suolapitoisuudesta laimeampaan suolapitoisuuteen (Amr ja Jabay 2004). Jodin poistuminen liemestä viittaisi siihen, että jodin haihtuminen jatkuu liemestä vielä yhdeksän viikon jälkeen. Kurkkujen jodipitoisuus ei kuitenkaan muuttunut merkittävästi viidestä viikosta yhdeksään viikkoon. Kurkkujen jodipitoisuus on oleellisempaa kuin liemen jodipitoisuus jodin saannin kannalta. Jodipitoisuuden analysointi olisi mielenkiintoista tehdä myöhemmässä vaiheessa kurkkujen varastointia.

Vertailtaessa tutkittavien elintarvikkeiden lopullisia jodipitoisuuksia kilogrammassa ruokasuolaa kohden erityisesti leivästä ja lauantaimakkarasta määritetyt jodipitoisuudet ovat huomattavasti pienemmät (noin 20 mg/kg NaCl) kuin lisätty ruokasuolan jodipitoisuus 25 mg/kg. Elintarvikkeiden valmistusprosessilla voi näin ollen olla merkittävä vaikutus lopulliseen jodipitoisuuteen, vaikka Chavasitin ym. (2002) mukaan ruoan valmistusmenetelmä ei yksin vaikuta lopulliseen jodipitoisuuteen. Toisaalta tulos tukee Goindin ym. (1995) saamia tuloksia, joiden mukaan ruoanvalmistusmenetelmällä on vaikutusta jodin hävikkiin. Säilykekurkut ovat kannellisessa astiassa toisin kuin leipä ja makkarat, joista jodia haihtuu helpommin lämpökäsittelyn aikana.

Hävikin suuruus riippuu elintarvikkeesta. Lauantaimakkaran jodin hävikissä tulee huomioida se, että kahdessa muussa erässä, joissa jodipitoisuus oli suurempi, jodin hävikki oli huomattavasti pienempi. Säilykekurkut ovat poikkeuksellinen tuote, koska ruokasuola lisätään liemeen, josta jodi siirtyy kurkkuihin. Säilykekurkkujen hävikki kurkuista mitattuna ei siis mittaa todel-

lista hävikkiä. Myös aikaisemman kirjallisuuden perusteella jodipitoisuuden muutos ruokasuolassa voi vaihdella paljon elintarvikkeen mukaan (Kuhajek ja Fiedelmann 1973; Chavasit ym. 2002). Jodin hävikki voi todellisuudessa olla myös paljon suurempi. Elintarvikkeiden varastointiaika voi olla pidempi kuin tässä tutkimuksessa, ja toisaalta osaa tuotteita voidaan esimerkiksi lämpökäsitellä vielä kotona. Tulosten perusteella lauantaimakkaran ja leivän hävikki oli noin 15 %. Tämä on pienempi hävikki kuin WHO:n (1996) laskelmiin perustuva 20 %:n hävikki ruoan valmistuksen aikana. Muutos voi johtua tutkielmassa käytetystä tarkemmasta jodin määritysmenetelmästä aikaisempaan määritysmenetelmiin verrattuna.

3.4.5 Jodin ravitsemuksellinen merkitys elintarvikkeissa

Tärkeimmät jodin saantiin vaikuttavat tekijät ovat luontaisten jodin lähteiden ja jodioidun ruokasuolan saanti. Jodin saanti on yksilöllistä ruokavaliosta riippuen. Väestötasolla jodin saantiin voidaan tehokkaasti vaikuttaa lisäämällä jodioitua ruokasuolaa teollisesti valmistettuihin elintarvikkeisiin, ja kasvattamalla ruokasuolan jodipitoisuutta (Laurberg ym. 2006). Jodin saannin seuranta väestötasolla on tärkeää, jotta jodioidun ruokasuolan jodipitoisuutta voidaan tarvittaessa muuttaa. Jodin saanti on tärkeää turvata koko väestössä, mutta erityisesti raskaana olevilla ja imettävillä, joilla jodin tarve on kohonnut. Seuraavaksi tarkastellaan ruokasuolan jodipitoisuuksia ja jodin saantia eri tapauksissa.

Suomessa jodin saanti ruokasuolasta olisi noin 0,075 mg vuorokaudessa jos 1) valtion ravitsemusneuvottelukunnan suosituksen mukainen ruokasuolan saanti henkilöä kohden on 5 grammaa vuorokaudessa (THL 2014) 2) ruokasuolan jodipitoisuus on 25 mg/kg ja 3) arvioitu varastoinnin ja ruoan valmistuksen aikainen 40 %:n hävikki (WHO 1996) huomioidaan ja 4) kaikki ihmisen kuluttama ruokasuola on jodioitua (taulukko 32). Tällöin ruokasuolan saanti olisi puolet valtionravitsemusneuvottelukunnan saantisuosituksesta. Ruokasuolan saanti on kuitenkin taulukon laskelmaa suurempaa ja toisaalta esimerkiksi teollisuuden käyttämä ruokasuola on vielä valtaosin jodioimatonta (THL 2013).

Taulukko 32. Jodin saanti ruokasuolasta kun ruokasuolan saanti ja ruokasuolan jodipitoisuus ovat suosituksen mukaisia. Laskelmassa on otettu huomioon varastoinnin ja ruoan valmistuksen aikainen 40 %:n hävikki (WHO 1996).

Jodin saanti ruokasuolasta vuorokaudessa	
NaCl kg/vrk (1)	0,005
Ruokasuolan jodipitoisuus mg/kg (2)	25
päivittäin jodinsaanti mg/vrk	0,125
Hävikki (40 %) (3)	0,05
Hävikin jälkeen jodin saanti mg/vrk	0,075

Finravinto 2012 -tutkimuksen mukaan miehillä ruokasuolan saanti oli vuonna 2012 8,9 grammaa ja naisilla 6,5 grammaa vuorokaudessa (THL 2013). Suurin osa suolasta saadaan teollisista elintarvikkeista ja kodin ulkopuolella syödystä ruoasta. Noin 30 % on peräisin lihatuotteista ja noin 30 % saadaan viljatuotteista. Finravinto 2012 tutkimuksen mukaan miehillä lihan saanti oli suurempaa ja viljatuotteiden saanti pienempää kuin naisilla. Selvityksen mukaan työikäiset (25–65 v.) syövät viljatuotteita keskimäärin 299 g/vrk ja lihatuotteita 211 g/vrk (THL 2013).

Taulukossa 33 on laskettu jodin saanti liha- ja viljatuotteista yhdistäen tästä tutkimuksesta saadut tuotteiden lopulliset jodipitoisuudet aikaisempaan tietoon liha- ja viljatuotteiden kuluksista. Laskelmassa on huomioitu myös tuotteiden päivittäinen kulutus miesten ja naisten kulutuksen keskiarvona sekä tässä tutkimuksessa käytetty kyseisten tuotteiden ruokasuolapitoisuus (taulukko 9). Näin ollen päivittäinen jodin saanti lihatuotteista olisi 0,078 mg (78 µg) ja viljatuotteista 0,074 mg (74 µg).

Taulukko 33. Jodin saanti liha- ja viljatuotteista. Naisten ja miesten keskimääräinen liha- ja viljatuotteiden kulutus (THL 2013) ja tuotteiden jodipitoisuus mg/kg tuotetta kohden.

	Lihat tuotteet	Viljatuotteet
Kulutus kg/vrk (THL 2013)	0,21	0,3
Tuotteiden NaCl-pitoisuus %	1,72	1,2
NaCl:n saanti tuotteista kg/vrk	0,004	0,004
Tuotteen jodipitoisuus mg/kg NaCl	21,5	20,7
Jodin saanti tuotteesta mg/vrk	0,078	0,074

Laskelman mukaan jodin saanti liha- ja viljatuotteista yhteensä kattaisi riittävän suosituksen mukaisen päivittäisin jodin saannin 0,152 mg (152 µg). On kuitenkin hyvä huomioida, että kaikki liha- ja viljatuotteet eivät sisällä vastaavia ruokasuolapitoisuuksia, joita käytettiin tässä

tutkimuksessa. Laskelmassa on oletettu, että liha- ja viljatuotteiden ruokasuolapitoisuudet olisivat kaikissa vastaavissa tuotteissa jatkuvasti tämän tutkielman mukaiset 1,7 % ja 1,2 %. Lisäksi tutkielmassa jodin hävikkiä ruokasuolasta ennen elintarvikkeiden valmistusta ei käytännössä ollut, koska jodi lisättiin ruokasuolaan tai elintarvikkeeseen vasta tutkimusmateriaalien valmistuksen yhteydessä. Suomalaisten suolansaantia ja lihan kulutusta tulisi kuitenkin vähentää (THL 2013). Kun hävikki ja ruokasuolan tavoitteellinen saanti otetaan huomioon, jodin saanti liha- ja viljatuotteista olisi todellisuudessa pienempi kuin 0,152 mg/vrk. Laskelman tulos kertoo kuitenkin sen, että jodoidun ruokasuolan käyttö elintarviketeollisuudessa on tehokas tapa lisätä jodin saantia väestössä.

Jodin riittävään saantiin voidaan myös vaikuttaa kasvattamalla ruokasuolan jodipitoisuutta (Winger ym. 2008). Jodipitoisuuden kasvattaminen on aiheellista kun huomioidaan tämän hetkinen jodin saanti ja jodin hävikki elintarvikkeen valmistuksen ja varastoinnin aikana sekä jodin hävikki jo ruokasuolan varastoinnin aikana, mitä tässä tutkimuksessa ei ollut. Jodipitoisuuden kasvattaminen ruokasuolassa ei lisää ruokasuolan saantia. Useissa jodin puutoksessa kärsivissä maissa jodipitoisuuden kasvattaminen ruokasuolassa on onnistuneesti parantanut väestön jodin saantia ilman vaaraa jodin yliannostuksesta. Päivittäinen liiallinen jodin saanti on 0,600 mg (600 µg) eli nelinkertainen määrä verrattuna suositeltuun jodin saantiin.

Jodoidun ruokasuolan käyttö elintarviketeollisuudessa ja jodipitoisuuden kasvattaminen ruokasuolassa olisivat tehokkaita tapoja vaikuttaa jodin saantiin ilman että ruokasuolan saanti kasvaa. Erityisesti viljatuotteilla jodoidun ruokasuolan kasvattaminen olisi tärkeää (Laurberg ym. 2006), koska viljatuotteet ovat hyviä suolan lähteitä ja toisaalta jodin hävikki on niissä muita tuotteita suurempaa.

4 PÄÄTELMÄT

Tutkielmassa selvitettiin jodoidun ruokasuolan vaikutuksia elintarvikkeiden aistittavaan laatuun. Aihetta on tutkittu vain vähän ja se on ajankohtainen Suomessa todetun lievän jodin puutoksen takia. Jodoidun ruokasuolan käyttö on lisääntymässä sekä joukkoruokailussa että teollisuudessa, mutta jodioimaton ruokasuola on edelleen yleisessä käytössä.

Valtion ravitsemusneuvottelukunnan suosittama ruokasuolan jodipitoisuus 25 mg ruokasuolakiloa kohden ei aiheuttanut makkarassa, leivässä tai säilykekurkuissa aistinvaraisia muutoksia. Tutkimuksen tulokset tukevat aikaisempaa kirjallisuutta. Suurimmissa jodipitoisuuksissa (100 mg/kg ruokasuolassa) ei pääsääntöisesti havaittu eroja vertailunäytteen ja jodia sisältävien näytteiden välillä. Jodin ei todettu aiheuttavan muutoksia leipään tai säilykekurkkuihin missään tutkituissa jodipitoisuuksissa.

Lauantaimakkarassa, kahden suurimman jodipitoisuuden (50 tai 100 mg/kg) näytteissä, erottui pieniä eroja värissä ja rakenteessa aistinvaraisesti mitattuna. Suurimman jodipitoisuuden näytteissä makkaran väri oli vaaleampi ja leikkautuvuus suurempi kuin vertailunäytteessä. Vaikka erot olivat värissä ja leikkautuvuudessa tilastollisesti merkitseviä, erot ovat pieniä ja kuluttajan voi olla vaikeaa huomata jodin aiheuttamia muutoksia, erityisesti jos vertailtavaa tuotetta ei ole saatavilla. Aistinvaraisia muutoksia syntyi tutkimusmateriaaleista vain lauantaimakkarassa, mikä vahvistaa aikaisemman kirjallisuuden tuloksia, joiden mukaan jodin aiheuttamat muutokset elintarvikkeessa johtuvat jodin ja muiden raaka-aineiden välisistä reaktioista.

Instrumentaalisten mittausten perusteella todettiin, että eri jodipitoisuuksien näytteet olivat samankaltaisia keskenään. Jodin hävikki vaihteli elintarvikkeen mukaan. Lauantaimakkaran hävikki oli suurimmillaan 14 % ja leivän 24 %. Kurkkujen hävikki oli suurimmillaan 54 %. Säilykekurkkujen kokonaishävikki eli mausteliemen ja kurkkujen yhteenlaskettu hävikki oli suurimmillaan 12 %. Tulokset ovat yhdenmukaisia kirjallisuuden kanssa, jonka mukaan jodin hävikkiin elintarvikkeessa vaikuttavat elintarvikkeen valmistusmenetelmä ja muut elintarvikkeen raaka-aineet.

Jatkotutkimuksena olisi kiinnostavaa selvittää stabiilimman jodin muodon, jodaatin, vaikutusta elintarvikkeiden aistinvaraisiin ominaisuuksiin. Lisäksi jodidin tai jodaatin lisääminen suurissa pitoisuuksissa elintarvikkeisiin ilman, että jodin määrää suhteutetaan ruokasuolapitoisuuteen auttaisi ymmärtämään jodin ja muiden raaka-aineiden välistä reaktiota.

Tulosten perusteella jodioitua ruokasuolaa voidaan käyttää tutkitun tyyppisissä elintarvikkeissa ilman, että merkittäviä aistinvaraisia muutoksia syntyy. Tulokset tukevat aikaisemman kirjallisuuden havaintoja. Yhdistäen tutkielman tulokset kirjallisuuden tietoihin jodiodun ruoka-

suolan käytölle elintarviketeollisuudessa ei ole aistinvaraista estettä. Hävikin ja ruokasuolan vähentämistavoitteiden valossa voidaan jodipitoisuuden lisäystä ruokasuolassa suositella. Jodipitoisuuden korottaminen ruokasuolassa olisi tehokas tapa nostaa väestön jodin saantia ilman että ruokasuolan saanti nousee.

LÄHDELUETTELO

Amr AS, Jabay OA. 2004. Effect of salt iodization on the quality of pickled vegetables. *J Food Agric Environ* 2151-6.

Andersen SL, Sørensen LK, Krejbjerg A, Møller M, Laurberg P. 2014. Challenges in the evaluation of urinary iodine status in pregnancy: the importance of iodine supplement intake and time of sampling. *Eur Thyroid J* 3(3):179-88.

Andersson M, Aeberli I, Wust N, Piacenza AM, Bucher T, Henschen I, Haldimann M, Zimmermann MB. 2010. The Swiss iodized salt program provides adequate iodine for school children and pregnant women, but weaning infants not receiving iodine-containing complementary foods as well as their mothers are iodine deficient. *J Clin Endocrinol Metab* 95(12):5217-24.

Anon. 1962. pH values of food products. *J Food Eng* 34(3): 98-99.

Appleby PN, Thorogood M, Mann JI, Key TJ. 1999. The Oxford Vegetarian Study: an overview. *Am J Clin Nutr* 70(3):525S-31.

[ASTM] American society for testing and materials. 1981. Guidelines for the selection and training of sensory panel members. ASTM Publication. ASTM, Philadelphia, Yhdysvallat. Tulostettu 15.11.2015.

[ASTM] American society for testing and materials. 1991. Standard practice for determination of odor and taste thresholds by a forced-choice ascending concentration series method of limits. ASTM Publication. ASTM, Philadelphia, Yhdysvallat. Tulostettu 15.11.2015.

Backer H, Hollowell J. 2000. Use of iodine for water disinfection: iodine toxicity and maximum recommended dose. *Environ Health Perspect* 108(8):679-84.

Beardsworth A, Bryman A, Keil T, Goode J, Haslam C, Lancashire E. 2002. Women, men and food: the significance of gender for nutritional attitudes and choices. *Brit Food J* 104(7):470-91.

Black AP, Lackey JB, Lackey EW. 1959. Effectiveness of iodine for the disinfection of swimming pool water. *Am J Public Health* N 491060-8.

Boyages SC, Collins JK, Maberly GF, Jupp JJ, Morris J, Eastman CJ. 1989. Iodine deficiency impairs intellectual and neuromotor development in apparently-normal persons. A study of rural inhabitants of north-central China. *Med J Australia* 150(12):676-82.

Boylston TD, Reitmeier CA, Moy JH, Mosher GA, Taladriz L. 2002. Sensory quality and nutrient composition of three Hawaiian fruits treated by X-irradiation. *J Food Qual* 25(5):419-33.

Brauer V, Brauer W, Führer D, Paschke R. 2005. Iodine nutrition, nodular thyroid disease, and urinary iodine excretion in a German university study population. *Thyroid* 15(4):364-70.

Bridges MA, Mattice MR. 1939. Over two thousand estimations of the pH of representative foods. *Am J Dig Dis* 6(7):440-9.

Bryan PE, Kuzminski LN, Sawyer FM, Feng TH. 1973. Taste thresholds of halogens in water. *J Amer Water Works Assoc* 363-8.

Caffagni A, Pecchioni N, Meriggi P, Bucci V, Sabatini E, Acciarri N, Ciriaci T, Pulcini L, Felicioni N, Beretta M, Milc J. 2012. Iodine uptake and distribution in horticultural and fruit tree species. *Ital J Agron* 7(3):229-36.

- Capanzana MV, Saises MC, Trinidad I, Garcia RG, Lapis TJ, Guevara MCP, Mercado FA, Lasan CD. 2006. Retention of iodine in selected cooked food seasoned with iodized salt.[sähköinen julkaisu]. Anonymi Presented during the 32nd FNRI Seminar Series. Saatavilla: 202.90.141.88/Seminar%20Series/32nd/iodinesalt.pdf.
- Cardello AV, Segars RA. 1989. Effects of sample size and prior mastication on texture judgments. *J Sens Stud* 4(1):1-18.
- Cardello A, Lawless HT, Schutz HG. 2008. Effects of extreme anchors and interior label spacing on labeled affective magnitude scales. *Food Qual and Prefer* 19(5):473-80.
- Cassens R, Greaser M, Ito T, Lee M. 1979. Reactions of nitrite in meat. *Food Technol* 49(7):72-79,115.
- Charlton K, Skeaff S. 2011. Iodine fortification: why, when, what, how, and who? *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 14(6):618-24.
- Chavasit V, Tontisirin K. 1998. Triple fortification of instant noodles in Thailand. *Food Nutr Bull* 19(2):164-7.
- Chavasit V, Malaivongse P, Judprasong K. 2002. Study on stability of iodine in iodated salt by use of different cooking model conditions. *J Food Compos Anal* 15(3):265-76.
- Civille GV ja Szczeniak AS. 1973. Guidelines to training a texture profile panel. *J Texture Stud* 4: 204-23.
- Civille GV, Lawless HT. 1986. The importance of language in describing perceptions. *J Sens Stud* 1(3-4):203-15.
- Coumes CCD, Vargas S, Chopin-Dumas J, Devisme F. 1998. Reduction of iodine by hydroxylamine within the pH range 0.7-3.5. *Int J Chem Kinet* 30(11): 785-797.
- Craig WJ. 2009. Health effects of vegan diets. *Am J Clin Nutr* 89(5):1627-33.
- Dagevos H. 2005. Consumers as four-faced creatures. Looking at food consumption from the perspective of contemporary consumers. *Appetite* 45(1):32-9.
- Dai JL, Zhu YG, Huang YZ, Zhang M, Song JL. 2006. Availability of iodide and iodate to spinach (*Spinacia oleracea* L.) in relation to total iodine in soil solution. *Plant Soil* 289(1-2):301-8.
- Dewettinck K, Van Bockstaele F, Kühne B, Van de Walle D, Courtens T, Gellynck X. 2008. Nutritional value of bread: Influence of processing, food interaction and consumer perception. *J Cereal Sci* 48(2):243-57.
- De Wijk RA, Engelen L, Prinz JF. 2003. The role of intra-oral manipulation in the perception of sensory attributes. *Appetite* 40(1):1-7.
- Diosady L, Alberti J, Venkatesh Mannar M, Stone T. 1997. Stability of iodine in iodized salt used for correction of iodine-deficiency disorders. *Food Nutr Bull* 18(4):388-96.
- Diosady L, Alberti J, Ramcharan K, Mannar MV. 2002. Iodine stability in salt double-fortified with iron and iodine. *Food Nutr Bull* 23(2):196-207.
- Elkassabany M, Hosney R. 1980. Ascorbic acid as an oxidant in wheat flour dough. II. Rheological effects. *Cereal Chem* 57(2):88-91.
- Elmadfa I, Koenig JS. 1998. Iodine status of Austrian children and adolescents. Teoksessa: *Anonymi Role of Trace Elements for Health Promotion and Disease Prevention*. Karger Publishers. s. 58-66.
- Eltom A, Eltom M, Idris M, Gebre-Medhin M. 2001. Thyroid function in the newborn in relation to maternal thyroid status during labour in a mild iodine deficiency endemic area in Sudan. *Clin Endocrinol* 55(4):485-90.

- El Wakeil F. 1958. Effects of iodized salt and other iodine compounds on the quality of processed vegetables. [väitöskirja]. Dissertation, Ohio State University Columbus.
- [Evira] Elintarviketurvallisuusvirasto. 2015. Saatavilla: https://www.evira.fi/files/attachments/fi/tieteellinen_tutkimus/kosonen_fi.pdf. Tulostettu: 6.3.2016. Tulostettu 5.5.2016.
- Fisch A, Pichard E, Prazuck T, Sebbag R, Torres G, Gernez G, Gentilini M. 1993. A new approach to combatting iodine deficiency in developing countries: the controlled release of iodine in water by a silicone elastomer. *Am J Public Health* 83(4):540-5.
- Fisher DA, Oddie TH. 1969. Thyroid iodine content and turnover in euthyroid subjects: validity of estimation of thyroid iodine accumulation from short-term clearance studies. *J Clin Endocrinol Metab* 29(5):721-7. Viite julkaisusta: Zimmermann MB. 2009. Iodine deficiency. *Endocr Rev* 30(4):376-408.
- Fuge R. 1996. Geochemistry of iodine in relation to iodine deficiency diseases. Geological Society Special Publication 113201-11.
- Goindi G, Karmarkar M, Kapil U, Jagannathan J. 1995. Estimation of losses of iodine during different cooking procedure. *Asia Pac J Clin Nutr* 4(2):225-7.
- Grau R, Hamm R. 1957. Water holding capacity of mammal muscles. *Z Lebensm Unters Forsch A* 105446-60. Viite julkaisussa: Fischer C, Hamm R. 1980. Biochemical studies on fast glycolysing bovine muscle. *Meat Sci* 4(1):41-9.
- Greis M, Järveläinen A. 2015. Miltä Jodi maistuu? ET475 Raportti, Helsingin yliopisto. Julkaisematon tutkimus. Helsingin yliopisto. Helsinki. Tulostettu: 9.11.2015.
- Hamm R. 1972. Kolloidchemie des Fleisches. Berlin and Hamburg. s. 222. Viite julkaisusta: Puolanne EJ, Ruusunen MH, Vainionpää JI. 2001. Combined effects of NaCl and raw meat pH on water-holding in cooked sausage with and without added phosphate. *Meat Sci* 58(1):1-7.
- Harris M, Jooste P, Charlton KE. 2003. The use of iodised salt in the manufacturing of processed foods in South Africa: bread and bread premixes, margarine, and flavourants of salty snacks. *Int J Food Sci Nutr* 54(1):13-9.
- Heikonen, M. 1990. AIV – keksintöjen aika. Helsinki: Kirjayhtymä. s. 322.
- Hess SY, Zimmermann MB, Torresani T, Burgi H, Hurrell RF. 2001. Monitoring the adequacy of salt iodization in Switzerland: a national study of school children and pregnant women. *Eur J Clin Nutr* 55(3):162-6.
- Hetzel BS. 2005. Towards the global elimination of brain damage due to iodine deficiency--the role of the International Council for Control of Iodine Deficiency Disorders. *Int J Epidemiol* 34(4):762-4.
- Hong C, Weng H, Qin Y, Yan A, Xie L. 2008. Transfer of iodine from soil to vegetables by applying exogenous iodine. *Agron Sustain Dev* 28(4):575-83.
- Hostettler H. 1953. Über den Einflub des jodierten kochsalzes auf die käsequalität. *Schwizerische Milchzeitung* 19: 1-11. Viite julkaisusta: West CE, Merx R, de Koning F. 1995. Effect of iodized salt on the colour and taste of food. [sähköinen julkaisu]. New York: United Nations Children's Fund. Saatavilla: http://www.micro-nutrient.org/Salt_CD/4.0_useful/4.1_fulltext/pdfs/4.1.4.
- Huff-Lonergan E, Lonergan, SM. 2005. Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes, *Meat Sci* 71:194-204.
- Hugo W. 1991. A brief history of heat and chemical preservation and disinfection. *J Appl Bacteriol* 71(1):9-18.
- Hurrell R. 1997. Bioavailability of iodine. *Eur J Clin Nutr* 51(1):9.

- [IGN] Iodine Global Network. 2007. Final report Review of use of iodized salt in processed foods. Executive summary. Saatavilla: http://www.iccid.org/cm_data/Salt_in_processed_foods.pdf. Tulostettu: 28.5.2016.
- [IGN] Iodine Global Network. 2015 Saatavilla: Global Iodine Nutrition Scorecard 2015. Saatavilla: http://www.ign.org/cm_data/Scorecard_2015_August_26_new.pdf. Tulostettu: 16.2.2016.
- [ISO] International organization for standardization. 2012. Sensory analysis - General guidelines for the selection, training and monitoring of selected assessors and expert sensory assessors International Standard 8586-1. ISO, Geneve, Sveitsi. Tulostettu 15.11.2015.
- Jauhiainen A, Rauma A, I Kanth, Wickman-Viitala T. 2016. Suolatutkimus. ET245 Raportti, Helsingin yliopisto. Julkaisematon tutkimus. Tulostettu: 6.6.2016.
- Jin Y, Yang N, Ma Q, Wu F, Xu X, Tong Q. 2015. The salt and soluble solid content evaluation of pickled cucumbers based on inductive methodology. *Food Bioprocess Tech* 8(4):749-57.
- Kauffman R, Sybesma W, Smulders F, Eikelenboom G, Engel B, Van Laack R, Hoving-Bolink A, Sterrenburg P, Nordheim E, Walstra P. 1993. The effectiveness of examining early post-mortem musculature to predict ultimate pork quality. *Meat Sci* 34(3):283-300.
- Kaufmann S, Rambeck WA. 1998. Iodine supplementation in chicken, pig and cow feed. *J Anim Physiol Anim Nutr* 80(2-5):147-52.
- Kassim IA, Moloney G, Busili A, Nur AY, Paron P, Jooste P, Gadain H, Seal AJ. 2014. Iodine intake in Somalia is excessive and associated with the source of household drinking water. *J Nutr* 144(3):375-81.
- Keatin JR FR, Albert A. 2013. The Metabolism of Iodine in Man as Disclosed with the. Teoksessa: Anonymi Recent Progress in Hormone Research: The Proceedings of the Laurentian Hormone Conference. Academic Press. s. 429.
- Kiskini A, Argiri K, Kalogeropoulos M, Komaitis M, Kostaropoulos A, Mandala I, Kapsokefalou M. 2007. Sensory characteristics and iron dialyzability of gluten-free bread fortified with iron. *Food Chem* 102(1):309-16.
- Koch R. 1982. Zoeteman, BCJ: Sensory Assessment of Water Quality. Oxford-New York-Toronto-Sydney-Paris-Frankfurt, Pergamon-Press, 1980 148 S., 195 Lit. *Acta Hydrochim Hydrobiol* 10(4):322.
- Kojima N, Brown H. 1955. The effects of iodized salt in processed fruits and vegetables. *Food Technol* 9(2):103-7.
- Kuhajek EJ, Fiedelman HW. 1973. Nutritional iodine in processed foods. *Food Technol* 27:103-7.
- [KTL] Kansanterveyslaitos. 2008. Finravinto 2007 –tutkimus. Kansanterveyslaitoksen julkaisuja 23/2008. Tulostettu 15.11.2015.
- Kälviäinen N, Roininen K, Appelbye U. 2008. Raadin valinta, harjaantuminen ja seuranta. Teoksessa: Tuorila H. Appelbye U, toim. Elintarvikkeiden aistinvaraiset tutkimusmenetelmät. 2. P. Helsinki. s. 157-173.
- Larson-Powers N, Pangborn R. 1978. Descriptive analysis of the sensory properties of beverages and gellings containing sucrose of synthetic sweeteners. *J Food Sci* 43(1):47-51.
- Latham MC, Ash DM, Makola D, Tatala SR, Ndossi GD, Mehansho H. 2003. Efficacy trials of a micronutrient dietary supplement in schoolchildren and pregnant women in Tanzania. *Food Nutr Bull* 24(4):120-8.
- Laurberg P, Jorgensen T, Perrild H, Ovesen L, Knudsen N, Pedersen IB, Rasmussen LB, Carle A, Vejbjerg P. 2006. The Danish investigation on iodine intake and thyroid disease, DanThyr: status and perspectives. *Eur J Endocrinol* 155(2):219-28.

- Lawless HT, Heymann H. 2010. Sensory evaluation of food. Principles and practices. New York: Chapman & Hall. 587 s.
- Leiterer M, Truckenbrodt D, Franke K. 2001. Determination of iodine species in milk using ion chromatographic separation and ICP-MS detection. *Eur Food Res Technol* 213(2):150-3.
- Leung AM, Braverman LE. 2012. Iodine-induced thyroid dysfunction. *Curr Opin Endocrinol Diabetes Obes* 19(5):414-9.
- Lightowler HJ, Davies GJ. 1998. Iodine intake and iodine deficiency in vegans as assessed by the duplicate-portion technique and urinary iodine excretion. *Br J Nutr* 80(06):529-35.
- Lin F, Wu H, Kou H, Lin S. 2003. Highly sensitive analysis of iodide anion in seaweed as pentafluorophenoxy-ethyl derivative by capillary gas chromatography. *J Agric Food Chem* 51(4):867-70.
- Lofti M, Venkatesh Mannar M, Merx RJ, Heuvel PNd. 1996. Micronutrient fortification of foods: current practices, research, and opportunities. *The Micronutrient Initiative. Viite julkaisusta: Horton S. 1999. Opportunities for investments in nutrition in low-income Asia. Asian Development Review* 17(1/2):246-73.
- Mannar MG, Diosady LL. (1998). Double fortification of salt with iron and iodine. *Teoksessa: The Micronutrient Initiative. Food fortification to end micronutrient malnutrition. Ottawa: The Micronutrient Initiative. 89–94.*
- Manz F, Böhmer T, Gärtner R, Grossklaus R, Klett M, Schneider R. 2002. Quantification of iodine supply: representative data on intake and urinary excretion of iodine from the German population in 1996. *Ann Nutr Metab* 46(3-4):128-38.
- Matulis RJ, McKeith FK, Sutherland JW, Brewer MS. 1995. Sensory characteristics of frankfurters as affected by fat, salt, and pH. *J Food Sci* 60(1):42-7.
- Meilgaard MC, Carr BT, Civille GV. 2006. Sensory evaluation techniques. CRC press.
- Meiselman HL. 1993. Critical evaluation of sensory techniques. *Food Qual Prefer* 4: 33-40.
- Melicherik J, Szijarto L, Hill AR. 2006. Comparison of ion-specific electrode and high performance liquid chromatography methods for the determination of iodide in milk. *J Dairy Sci* 89(3):934-7.
- Mínguez-Mosquera MI, Hornero-Méndez D, Pérez-Gálvez A. 2002. Carotenoids and provitamin A in functional foods. *Teoksessa: Hurst WJ. Methods of analysis for functional foods and nutraceuticals. Boca Raton, London, New York, Washington, D.C. CRC Press. s. 101–57.*
- Murray J, Delahunty C, Baxter I. 2001. Descriptive sensory analysis: past, present and future. *Food Res Int* 34(6):461-71.
- Mustonen S, Vehkalahti K, Tuorila H. 2006. Mielty mysten ja hyväksyttävyyden mittaaminen. *Teoksessa: Tuorila H, Appelbye U, toim. Elintarvikkeiden aistinvaraiset tutkimusmenetelmät. Helsinki: Yliopistopaino. s. 205-25.*
- [MTT] Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. Siljander-Rasi, Hilka. 2013. Rehujen koostumustietojen ja ruokintasuositusten päivitystarpeet. Tulostettu 18.6.2016.
- Nilsson T. 2005. Effects of ethylene and 1-MCP on ripening and senescence of European seedless cucumbers. *Postharvest Biol Technol* 36(2):113-25.
- [NNT] Nordic Working Group on Food Toxicology and Risk Evaluation. 2002. The influence of chemicals in the food and the environment on the thyroid gland function. *Nordic Council of Ministers, Tema Nord* 2002:520. Tulostettu 15.11.2015.

Offer G, Knight P, Jeacocke R, Almond R, Cousins T, Elsey J, Parsons N, Sharp A, Starr R, Purslow P. 1989. The structural basis of the water-holding, appearance and toughness of meat and meat products. *Food Struct* 8(1):17.

O'Mahony M, Masouka S, Ishii R. 1994. A theoretical note on difference tests: models, paradoxes and cognitive strategies. *J Sens Stud* 9(3):247-72.

Opalinski S, Dolinska B, Korczynski M, Chojnacka K, Dobrzanski Z, Ryszka F. 2012. Effect of iodine-enriched yeast supplementation of diet on performance of laying hens, egg traits, and egg Iodine content. *Poult Sci* 91(7):1627-32.

Parducci A. 1965. Category judgment: A range-frequency model. *Psychological review* 72:407-408. Viite julkaistusta: Lawless HT, Heymann H. 2010. *Sensory evaluation of food: principles and practices*. Springer Science & Business Media.

Park S, Lee J, Kim Y, Kim K, Hong J, Lee M, Hong S. 2004. Relationship between physicochemical quality attributes and sensory evaluation during fruit maturation of cucumber. *Korean J Horticult Sci Technol* 22(2):177-82.

Perko, Touko: Mies, liekki ja unelma. Nobelisti A. I. Virtasen elämäntyö. Helsinki: Otava, 2015. s.702.

Phillips DI. 1997. Iodine, milk, and the elimination of endemic goitre in Britain: the story of an accidental public health triumph. *J Epidemiol Community Health* 51(4):391-3.

Pounis GD, Makri S, Gougias L, Makris H, Papakonstantinou M, Panagiotakos DB, Kapsokefalou M. 2011. Consumer perception and use of iron fortified foods is associated with their knowledge and understanding of nutritional issues. *Food Qual Prefer* 22(7):683-8.

Puolanne E, Peltonen J. 2013. The effects of high salt and low pH on the water-holding of meat. *Meat Sci* 93(2):167-70.

Qian M, Wang D, Watkins WE, Gebiski V, Yan YQ, Li M. 2005. The effects of iodine on intelligence in children: a meta-analysis of studies conducted in China. *Asia Pac J Clin Nutr* 14(1):32.

Rainey BA. 1986. Importance of reference standards in training panelists. *J Sens Stud* 1(2):149-54.

Rasmussen LB, Ovesen L, Christensen T, Knuthsen P, Larsen EH, Lyhne N, Okholm B, Saxholt E. 2007. Iodine content in bread and salt in Denmark after iodization and the influence on iodine intake. *Int J Food Sci Nutr* 58(3):231-9.

Roininen K, Heiniö RL, Vehkalahti K. 2008. Kuvailevat menetelmät. Teoksessa: Tuorila H, Appelbye U, toim. *Elintarvikkeiden aistinvaraiset tutkimusmenetelmät*. Helsinki: Yliopistopaino. s. 93-105.

Ruth JH. 1986. Odor thresholds and irritation levels of several chemical substances: a review. *Am Ind Hyg Assoc J* 47(3):A,142-A-151.

Ruusunen M, Vainionpää J, Puolanne E, Lyly M, Lähteenmäki L, Niemistö M, Ahvenainen R. 2003. Physical and sensory properties of low-salt phosphate-free frankfurters composed with various ingredients. *Meat Sci* 63(1):9-16.

Saenger W. 1984. The structure of the blue starch-iodine complex. *Naturwissenschaften* 71(1):31-6.

Samouilov A, Zweier JL. 1998. Development of chemiluminescence-based methods for specific quantitation of nitrosylated thiols. *Anal Biochem* 258(2):322-30.

Schiffman SS, Crumliiss AL, Warwich ZS, Graham BG. 1990. Thresholds for sodium salts in young and elderly human subjects: correlation with molar conductivity of anion. *Chem Senses* 15(6):671:678.

- Seal JA, Doyle Z, Burgess JR, Taylor R, Cameron AR. 2007. Iodine status of Tasmanians following voluntary fortification of bread with iodine. *Med J Aust* 186(2):69.
- Sevenants MR, Sanders RA. 1984. Anatomy of an off-flavour investigation: the ‘‘Medicinal’’ cake mix. *Analyt Chem*: 56, 293-298.
- Sivuha S, Lyashkevich A. 2005. Program of salt iodization in Belarus: initial outcomes. [sähköinen julkaisu]. Saatavilla: http://www.iccidd.org/cm_data/Salt_in_processed_foods.pdf. Tulostettu 16.4.2016.
- Skudder PJ. 1981. Effects of adding potassium iodate to milk before UHT treatment: II. Iodate-induced proteolysis during subsequent aseptic storage. *J Dairy Res* 48(01):115-22.
- Stanbury JB, Ermans A, Bourdoux P, Todd C, Oken E, Tonglet R, Vidor G, Braverman L, Medeiros-Neto G. 1998. Iodine-induced hyperthyroidism: occurrence and epidemiology. *Thyroid* 8(1):83-100.
- Starke JA. 2009. Application of iodine water purification tablets: Iodine’s Efficacy against *Coptosporidium parvum*. Teoksessa: *Comprehensive handbook of iodine: nutritional, biochemical, pathological and therapeutic aspects*. Academic Press.
- Stoer NL, Lawless HT. 1993. Comparison of single product scaling and relative-to-difference scaling in sensory evaluation of dairy products. *J Sens Stud* 8(4):257-70.
- Sun X, Shan Z, Teng W. 2014. Effects of increased iodine intake on thyroid disorders. *J Clin Endocrinol Metab* 29(3):240-7.
- [THL] Terveyden ja hyvinvoinnin laitos, ravitsemusyksikkö. 2011. Fineli –elintarvikkeiden koostumustietokanta. Versio 16. Helsinki 2013. Saatavilla: <http://www.fineli.fi>. Tulostettu: 16.11.2015.
- [THL] Terveyden ja hyvinvoinnin laitos, ravitsemusyksikkö. 2013. [sähköinen julkaisu]. Kansallinen FINRISKI 2012 –terveystutkimus Osa I: Tutkimuksen toteutus ja menetelmät. Helsinki 2014. Saatavilla: http://www.ravitsemusneuvottelukunta.fi/files/attachments/fi/vrn/ravitsemussuosituksset-_2014_fi_web.3.pdf.
- [THL] Terveyden ja hyvinvoinnin laitos, ravitsemusyksikkö. 2014. [sähköinen julkaisu]. Suomalaiset ravitsemussuosituksset. Helsinki 2014. Saatavilla: https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/110912/URN_ISBN_978-952-302-053-5.pdf?sequence=1.
- Tulyathan V, Laokuldilok T, Jongkaewwattana S. 2007. Retention of iodine in fortified parboiled rice and its pasting characteristics during storage. *J Food Biochem* 31(2):217-29.
- Tuorila H. 1981. Hajun voimakkuuden mittaaminen. *Lisensiaattitutkielma*. Helsingin yliopisto. s. 44.
- Ubom GA. 1991. The goitre-soil-water-diet relationship: Case study in Plateau State, Nigeria. *Sci Total Environ* 1071-11. Viite julkaisusta: Euroopan komissio. 2002. Opinion of the scientific committee on food on the tolerable upper intake level of iodine.
- Urala N, Lähteenmäki L. 2004. Attitudes behind consumers' willingness to use functional foods. *Food Qual Prefer* 15(7):793-803.
- Vickers Z, Bourne MC. 1976. A psychoacoustical theory of crispness. *J Food Sci* 41(5):1158-64.
- [VRN] Valtion ravitsemusneuvottelukunta. 2014. Suomalaiset ravitsemussuosituksset 2014. Tulostettu 15.10.2015.
- [VRN] Valtion ravitsemusneuvottelukunta. 2015. Valtion ravitsemusneuvottelukunta suosittelee seuraavia toimenpiteitä väestön jodin saannin parantamiseksi. http://www.ravitsemusneuvottelukunta.fi/files/attachments/fi/vrn/vrn_jodi_toimenpidesuositus_10.2.2015_suomi.pdf. Tulostettu 15.9.2015.

- Waldmann A, Koschizke J, Leitzmann C, Hahn A. 2003. Dietary intakes and lifestyle factors of a vegan population in Germany: results from the German Vegan Study. *Eur J Clin Nutr* 57(8):947-55.
- Wang C, King R. 1973. Chemical and sensory evaluation of iron-fortified milk. *J Food Sci* 38(6):938-40.
- Wang J, Y Ge, Ning H, R Niu. 2009. DNA damage in brain and thyroid gland cells due to high fluoride and low iodine. Teoksessa: Preedy VR, Burrow GN, Watson RR. 2009: Comprehensive handbook of iodine: nutritional, biochemical, pathological and therapeutic aspects. Academic Press.
- Wardle J. 1993. Food choices and health evaluation. *Psychol Health* 8(1):65-75.
- Warren L, Landry M. 1995. Examination of canned foods. FDA B A M , AOAC International. [sähköinen julkaisu]: <http://www.fda.gov/Food/FoodScienceResearch/LaboratoryMethods/ucm109398.htm>. Tulostettu. 15.5.2016.
- Waszkowiak K, Szymandera-Buszka K. 2008. The application of wheat fibre and soy isolate impregnated with iodine salts to fortify processed meats. *Meat Sci* 80(4):1340-4.
- West CE, Merx R. 1995. Effect of iodized salt on the colour and taste of food. [sähköinen julkaisu]. New York: United Nations Children's Fund. Saatavilla: http://www.micro nutrient.org/Salt_CD/4.0_useful/4.1_fulltext/pdfs/4.1 4.
- [WHO] World health organization. 1996. Recommended iodine levels in salt and guidelines for monitoring their adequacy and effectiveness. Saatavilla: http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/63322/1/WHO_NUT_96.13.pdf?ua=1.
- [WHO] World health organization. 2004. Iodine status worldwide: WHO Global Database on Iodine Deficiency. Saatavilla: http://www.who.int/nutrition/publications/micronutrients/iodine_deficiency/9241592001/en/.
- [WHO] World health organization. 2007. Iodine deficiency in Europe. A continuing public health problem. Saatavilla: http://www.who.int/nutrition/publications/VMNIS_Iodine_deficiency_in_Europe.pdf.
- Winichagoon P, McKenzie JE, Chavasit V, Pongcharoen T, Gowachirapant S, Boonpradern A, Manger MS, Bailey KB, Wasantwisut E, Gibson RS. 2006. A multimicronutrient-fortified seasoning powder enhances the hemoglobin, zinc, and iodine status of primary school children in North East Thailand: a randomized controlled trial of efficacy. *J Nutr* 136(6):1617-23.
- Winger RJ, Wham C, House DA. 2005. Technological issues with iodine fortification of foods. Final Report for New Zealand Food Safety Authority (May 2005), Saatavilla: <http://www.nzfsa.govt.nz/science/research-projects/iodine-fort/iodine-fort-foods.pdf> 5-6. Tulostettu: 25.9.2015.
- Winger RJ, König J, House DA. 2008. Technological issues associated with iodine fortification of foods. *Trends Food Sci Technol* 19(2):94-101.
- Wirth F, Kuhne D. 1991. Manufacture of iodinated meat products. *Fleischwirtschaft*. 71: 1377-1380.
- Yebra M, Bollaín M. 2010. A simple indirect automatic method to determine total iodine in milk products by flame atomic absorption spectrometry. *Talanta* 82(2):828-33.
- Zimmermann MB, Connolly K, Bozo M, Bridson J, Rohner F, Grimci L. 2006. Iodine supplementation improves cognition in iodine-deficient schoolchildren in Albania: a randomized, controlled, double-blind study. *Am J Clin Nutr* 83(1):108-14.
- Zimmermann MB, Jooste PL, Pandav CS. 2008. Iodine-deficiency disorders. *The Lancet* 372(9645):1251-62.
- Zimmermann MB. 2009. Iodine deficiency. *Endocr Rev* 30(4):376-408.
- Zimmermann MB, Andersson M. 2012. Assessment of iodine nutrition in populations: past, present, and future. *Nutr Rev* 70(10):553-70.

Liite 1. Esikokeet

Esikokeiden tavoitteena oli selvittää jodiodun ruokasuolan vaikutuksia lauontaimakkarassa ja metvurstissa. Jodipitoisuudet ruokasuolakiloa kohden olivat 0 mg, 25 mg, 50 mg ja 100 mg. Esikokeet tehtiin pääosin samalla tavalla kuin myöhemmin arvioidut lauontaimakkara, leipä ja säilykekurkut. Erona myöhempiin kokeisiin oli makkaroitten määrä ja valmistusmenetelmä. Makkaroita tehtiin esikokeissa lähes puolet vähemmän ja makkaramassan valmistus tehtiin täysin eräkohtaisesti. Lisäksi esikokeissa jodi lisättiin kuivana kun myöhemmin jodi lisättiin nesteenä. Nämä tekijät ovat voineet vaikuttaa eri erien ominaisuuksiin ja siten tuloksiin. Seuraavissa kappaleissa esitellään esikokeiden materiaalit ja menetelmät sekä tulokset.

Esikokeiden menetelmiä käytettiin apuna myöhemmin arvioitujen tutkimusmateriaalien valmistuksessa ja arvioinnissa. Varsinaisissa arvioinneissa kaliumjodidi lisättiin tutkimusmateriaaleihin vesiliuoksena eikä jauheena kuten esikokeissa. Lisäksi lauontaimakkaran valmistuksessa makkaramassaa valmistettiin kaksinkertainen määrä, jotta lihan kutterointi onnistuisi paremmin.

Materiaalien valmistus

Molemmat materiaalit valmistettiin Helsingin yliopiston lihateknologian koetehtaassa joulukuussa 2015. Lauontaimakkaran ruokasuolapitoisuus oli 1,65 % ja metvurstin ruokasuolapitoisuus oli 4,5 %. Jodi lisättiin ensin ruokasuolaan kaliumjodidina (KI).

Esikokeiden tutkimusmateriaalien tavoitesuolapitoisuudet, valmistajat, valmistus- ja arviointipäivät.

Näytteet	NaCl-pitoisuus	Valmistaja	Valmistuspäivä	Arviointipäivä
Lauontaimakkara, esikoe	1,65 %	Helsingin yliopisto	30. Marraskuuta	14.–15.12.2015
Metvursti, esikoe	4,5 %	Helsingin yliopisto	30. Marraskuuta	12.–13.1.2016

Jodin (I) massan muunnos kaliumjodidin (KI) massaksi jokaisessa jodipitoisuudessa (rivit). Kohdassa 1. on laskettu jodin ainemäärä, $n(I)$ kun jodin massa kilogrammassa ruokasuolaa (25, 50 tai 100) ja jodin moolimassa tiedetään. Kohdassa 2. on laskettu kaliumjodidin massa, $m(KI)$ kun sen ainemäärä ja moolimassa tiedetään.

	m(I) ja M(I)	1. n(I)=m/M	n(KI)* ja M(KI)	2. m(KI)=n(KI)*M(KI)	m(KI) (mg)
25 mg/kg	$m(I)=0,025$	$n(I)=0,025/126$	$n(KI)=0,000197$	$m=0,000197*166,00$	
	$M(I)=126,90$	$n(I)=0,000197$	$M(KI)=166,0028$		0,0327023
50 mg/kg	$m=0,05$	$n(I)=0,05/126$	$n(KI)=0,000394$	$m=0,000394*166,00$	
	$M(I)=126,90$	$n(I)=0,000394$	$M(KI)=166,0028$		0,0654046
100 mg/kg	$m=0,05$	$n(I)=0,1/126$	$n(KI)=0,787994$	$m=0,000787*166,00$	
	$M(I)=126,90$	$n(I)=0,000787$	$M(KI)=166,0028$		0,1308093

* $n(KI)=n(I)$

Kaliumjodidin määrä eräkohtaisesti. Taulukossa on laskettu jokaisen erän (25,50 ja 100) elintarvikkeeseen punnittavan kaliumjodidin määrä, joka on saatu kertomalla taulukon 3. viimeisen sarakkeen massat ($m(KI)$) reseptin ruokasuolan massalla.

	Keittomakkara, jossa NaCl 132 g	Kestomakkara, jossa NaCl 270 g
($0,132 \text{ mg} * m(KI)$)		$0,270 \text{ mg} * m(KI)$
25	4,317 mg	8,83 mg
50	8,633 mg	17,659 mg
100	17,267 mg	35,316 mg

Kaliumjodidia punnittiin ruokasuolan sekaan tarvittava määrä kuivana. Materiaalien valmistukseen käytettiin ruokasuolaa (Valmistaja: Berner Ltd), josta 99,8 % oli puhdasta natriumkloridia. Tämän lisäksi ruokasuola sisälsi paakkuuntumisenestoainetta, natriumferrosyanidia (E353).

Lauantaimakkara

Kaikki raaka-aineet punnittiin (vaaka: Digit TCW- WP) makkaroiden valmistuspäivänä. Neljä eri erää valmistettiin jodipitoisuuden nousevassa järjestyksessä. Kutakin erää valmistettiin 8 kg (laskennallinen paino) reseptin mukaisesti. Kutteriin lisättiin ensin yhden erän lihat, jonka jälkeen kutteriin lisättiin mausteet ja vesi. Vedestä noin 50 % lisättiin jäänä, koska loppulämpötila haluttiin pitää korkeintaan 18 °C asteisena. Ruokasuola ja siihen lisätty jodi lisättiin viimeiseksi. Ensimmäiseen erään lisättiin viimeiseksi jodioimaton ruokasuola. Lopuksi lihaa kutteroitiin vielä noin kahden minuutin ajan. Massat ruiskutettiin (makkararuisku: Handtman VF 608 plus) oranssiin hengittämättömään keinosuoleen (ympärysmitta 6,85 cm) ja merkittiin lapuilla jodipitoisuuden mukaan. Makkarat kypsennettiin Wemag uunissa 72 °C sisälämpötilaan asti 100 % suhteellisessa kosteudessa 70 minuutin ajan. Makkarat jäädytettiin kylmässä

(4 °C) ja pakattiin seuraavana päivänä vakuumiin. Kypsennyspainotappiota seurattiin punnitsemalla kaikki makkarat ennen uunia, uunin jälkeen ja seuraavana päivänä.

Keittomakkaran kypsennyksen vaiheet: punastus ja keitto. Punastukseen kuului kaksi erilaista kuivausta.

	Lämpötila (°C)	Suhteellinen kosteus (%)	Aika (min)
Punastus	60	98	6
1. Kuivaus	65	0	7
2. Kuivaus	68	0	13
Keitto	76	100	18

Perusresepti

Eräkkoko

8

Hävikki (laskennallinen)

0,035

3,5 %

Raaka-aine	%	Massapaino
SO (Sika)	33,00	2,64
N1 (Nauta)	24,00	1,92
S6 (Silava)	14,00	1,12
Vesi + Jää	26,32	2,11
Suola	1,65	0,132
Fosfaattiseos 58% P2O5	0,40	0,032
Askorbaatti	0,10	0,01
Muskottipähkinä	0,13	0,010
Valkopippuri	0,15	0,012
Korianteri	0,13	0,010
Nitriittiliuos 10%	0,12	0,01
yhteensä	100,00	8,00

Raaka-aine	Rasva %	Raakaproteiini %
S0	11	19
N1	13	19
S6	88	3

Saanto kg	7,72
Rasvaa massassa kg	1,53
Rasvaa massassa %	19,07
Rasvaa tuotteessa %	19,76
Raakaroteiinia massassa kg	0,90
Raakaproteiinia massassa %	11,25
Raakaproteiinia tuotteessa %	11,66
Lisättyä suolaa tuotteessa %	1,71
P2O5 tuotteessa %	0,24
Lihapitoisuus % (L&LV)	73,58

Lauantaimakkaran resepti.

Metvursti

Metvurstia valmistettiin yhtä erää 10 kg (laskennallinen paino) reseptin mukaisesti. Metvurstin valmistus tehtiin saman periaatteen mukaisesti kuin lauantaimakkara. Neljä eri erää valmistettiin yksitellen jodipitoisuuden nousevassa järjestyksessä. Kutteriin lisättiin ensin liha, jonka jälkeen lisättiin mausteet ja vesi. Lopuksi kuhunkin erään lisättiin kidemuodossa oleva ruoka-suola, johon oli lisätty tarvittava jodipitoisuus. Massat ruiskutettiin kuitusuoleen ja merkittiin lapuilla jodipitoisuuden mukaan. Metvurstin kypsennyksessä oli kolme vaihetta: savustus, jälkikypsytytys ja kuivaus. Kypsytytys kesti kolme viikkoa, joiden aikana uunin lämpötila, suhteellinen kosteus ja savun määrä vaihteli. Tämän jälkeen makkaroita kuivutettiin vielä kaksi viikkoa ennen aistinvaraisia arviointeja. Makkarat jäähdytettiin yön yli (4 °C), pakattiin seuraavana päivänä vakuumiin ja säilöttiin kylmään (5 °C).

Salami IVS

Eräkkö

10

Hävikki (laskennallinen)

0,4

Raaka-aine	%	Massapaino
SE(Sika)	33,30	3,33
NE (Nauta)	33,30	3,33
S6 (Silava)	30,07	3,01
Metsumauste NS	3,236	0,324
Askorbaatti	0,07	0,007
Puhdasviljelmä (LS25+)	0,024	0,002
yhteensä	100,000	10,00

Raaka-aine	Rasva %	Eläinproteiini %
SE	5	22
NE	6	21
S6	88	3

Raaka-aineet Metsumauste NS	%	Massapaino
Suola	2,70	0,270
Glukoosi	0,30	0,030
Valkopippuri	0,10	0,010
Mustapippuri	0,055	0,006
Kaliumnitraatti	0,0105	0,00105
Nitriittiliuos 10%	0,07	0,007
yhteensä	3,236	0,324

Mausteen suola
%
83,45

Saanto kg	6,00
Rasvaa massassa kg	3,01
Rasvaa massassa %	30,12
Rasvaa tuotteessa %	50,21
Raakaroteiinia massassa kg	1,52
Raakaroteiinia massassa %	15,22
Raakaroteiinia tuotteessa %	25,37
Suola tuotteessa %	4,501
Lihapitoisuus % (I&Iv)	161,12

Metvurstin resepti.

Metvurstin kypsennyksen vaiheet. Lämpötila, suhteellinen kosteus ja savustus kypsennyksen aikana.

	Lämpötila (°C)	Suhteellinen kosteus, RH (%)	Savustus (h)
1.päivä	23	96	-
2.päivä	22	96	4
3.päivä	21	95	8
4.päivä	20	93	8
5.päivä	19–20	92	8
6.päivä	19	90	-
7.päivä	19	90	4
2.viikko	17	75	-
3.viikko	17	75	-

Aistinvaraiset arvioinnit

Lauantaimakkaralle ja metvurstille järjestettiin aistinvarainen arviointi Helsingin yliopiston Elintarvike- ja ympäristötieteiden laitoksen aistinvaraisen laatu tutkimuksen laboratoriossa. Lauantaimakkara arvioitiin joulukuussa 2015 ja metvursti arvioitiin tammikuussa 2016, jolloin metvurstinäytteet olivat kypsyneet 5 viikkoa. Aistinvaraiset arvioinnit suoritettiin samalla tavalla kuin muiden tutkimusmateriaalien (lauantaimakkara, leipä, säilykekurkku) tapauksessa. Menetelmänä käytettiin kuvailevan analyysimenetelmän muotoa poikkeama vertailunäytteestä.

Raati

Materiaalien aistinvarainen arviointi järjestettiin kahdentoista hengen raadin kesken. Arvioijista 8 osallistui sekä lauantaimakkaran että metvurstin arviointeihin. Arvioijat olivat Helsingin yliopiston elintarvike- ja ympäristötieteiden laitoksen opiskelijoita ja laitoksen henkilökuntaa. Lauantaimakkararaadin keski-ikä oli 32 vuotta ja metvurstiraadin keski-ikä oli 33 vuotta. Lauantaimakkararaatiin osallistui 1 mies ja 11 naista. Metvurstiraatiin osallistui 2 miestä ja 10 naista. Arvioinneista tehtiin neljä toistoa, koska näytteiden välisten erojen oletettiin kirjallisuuden perusteella olevan pieniä.

Ennen arviointeja molemmille raadille järjestettiin koulutustilaisuus, joka piti sisällään kaksi koulutuskertaa. Ensimmäisellä koulutuskerralla esiraati (8 raadin jäsentä) vertaili suurimman jodipitoisuuden (jodia 100 mg/kg) ja vertailunäytteen (jodia 0 mg/kg) ominaisuuksia. Esiraa-

dissa päätettiin arvioitavat ominaisuudet samalla tavalla kuten muiden tutkimusmateriaalien (lauantaimakkara, leipä, säilykekurkku) tapauksissa.

Arviointiolosuhteet

Arviointiolosuhteet olivat esikokeissa samanlaiset kuin myöhemmin järjestettävissä tutkimuksen toisen erän lauantaimakkaran arvioinneissa. Lauantaimakkara arvioitiin 7-10 päivän ikäisenä. Arviointiaamuna lauantaimakkarat viipaloitiin viipaleleikkurilla ohuiksi (2,5 mm) ja paksuiksi (8 mm) viipaleiksi. Metvurstit viipaloitiin myös ohuiksi (2 mm) ja paksuiksi (6 mm) viipaleiksi. Viipaleet pidettiin jääkaapissa muovirasioissa, jotka merkittiin tarralla jodipitoisuuden mukaan. Molemmat tutkimusmateriaalit arvioitiin kahdesta kannellisesta petrimaljasta, joissa toisessa oli yksi paksu viipale ja toisessa kaksi ohutta viipaletta. Paksu viipale oli halkaistu puoliksi, puoliympyrän muotoiseksi. Makkaranäytteet otettiin jääkaappilämpötilasta huoneenlämpöön noin 10 minuuttia ennen arviointeja ja aseteltiin näyteastioihin. Lauantaimakkaran ja metvurstin tarjoilulämpötila oli noin 7 °C.

Arvioitavat ominaisuudet

Lauantaimakkaralle arvioitavia ominaisuuksia löytyi 11 ja metvurstille kahdeksan.

Lauantaimakkarasta ja metvurstista aistinvaraisesti arvioidut ominaisuudet.

	Lauantaimakkara	Metvursti
Ominaisuudet		
Haju	Hajun voimakkuus Vanhentuneen makkaran haju	Metvurstille ominainen haju
Rakenne	Leikkautuvuus veitsellä painettaessa	Leikkautuvuus veitsellä painettaessa
Flavori	Mausteisuus (pippurisuus) Jälkimaun voimakkuus	Rasvaisuus Jälkimaun voimakkuus
Suutuntuma	Liukkaus (kielellä) Sitkeys (pureskeltaessa) Kumimaisuus (pureskeltaessa) Hajoavuus (pureskeltaessa)	Sitkeys Kovuus
Ulkonäkö/väri	Harmaus Punaisuuden tummuus	Värin tummuus Rasvan erottuvuus

Instrumentaaliset määritykset

Lauantaimakkaran kypsennyspainotappiota eli hävikkiä seurattiin punnitsemalla kaikki makkarat ennen uunia, uunin jälkeen ja seuraavana päivänä. Metvurstit punnittiin ennen uunia, uunin jälkeen ja 3, 7 ja 14 vrk valmistuksesta. Lisäksi materiaalien pH-arvot määritettiin valmiista makkaroista ja valmiin makkaran rakenteen kiinteyttä mitattiin Instron aineenkoestuslaitteella (Instron 4466, United Kingdom). Lauantaimakkaran ja metvurstin lopulliset jodipitoisuudet määritettiin 95 vuorokautta valmistuksesta. Lopullinen jodipitoisuus tarkoittaa luonnollisen jodin ja lisätyn jodin summaa.

Tulosten analysointi

Tulokset on esitetty pylväsdiagrammeina omaisuus- ja näytekohtaisesti keskiarvoina ja keskiarvon keskivirheinä (SEM). Tulokset esitettiin suhteessa vertailunäytteeseen. Poikkeama vertailunäytteestä vertaa jokaista neljää jodipitoisuutta nollakohtaan, jolloin voidaan tarkastella, miten näytteiden ominaisuudet sijoittuvat vertailunäytteeseen verrattuna.

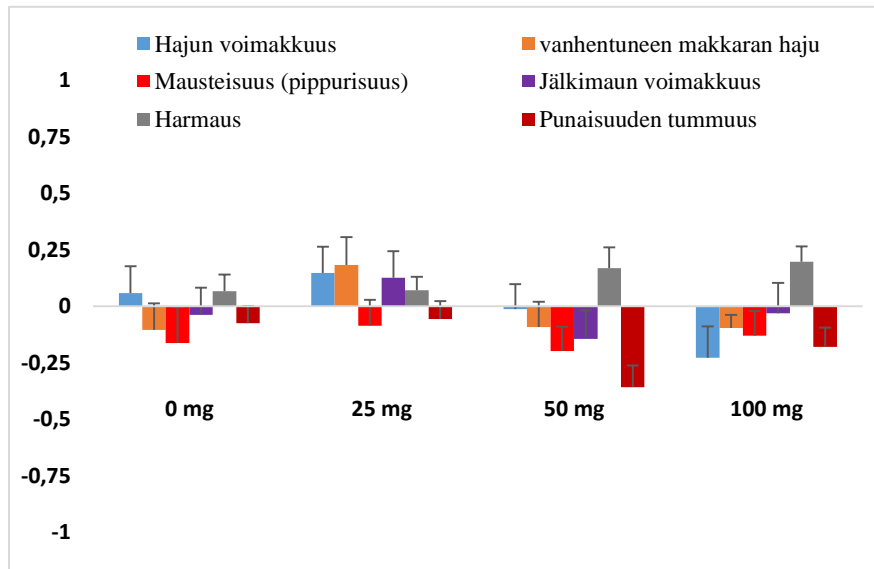
Tulosten tilastollinen analyysi suoritettiin SPSS-ohjelmistolla (IBM SPSS Statistics 23). Tilastollisen merkitsevyyden tasona käytettiin $p < 0,05$. Kullekin ominaisuudelle tehtiin parivertailut yksittäisen ja parittaisen t-testin avulla. Kaikissa parittaisvertailuissa käytettiin Bonferronin korjausta tiukentamaan merkitsevyystasoa.

Aistinvaraisten arviointien tulokset

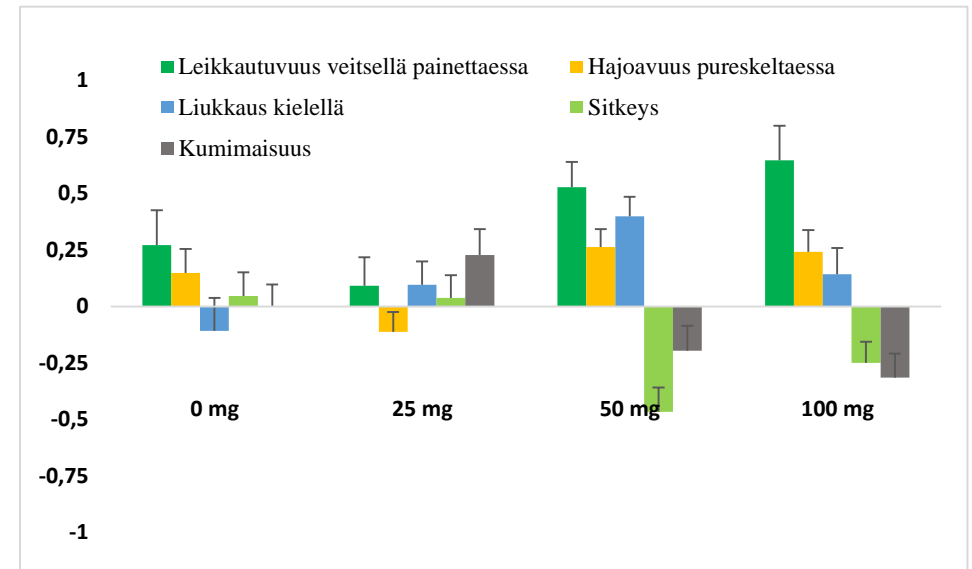
Aistinvaraisten arviointien mukaan lauantaimakkaran ja metvurstin ominaisuudet on arvioitu lähelle nollakohtaa eli vertailunäytettä. Tilastollisesti merkitseviä eroja löytyi lauantaimakkaralla esimerkiksi leikkautuvuudessa, sitkeydessä ja hajoavuudessa (pureskeltaessa) kahden suurimman joditason näytteissä. Kuten myöhemmin arvioidussa lauantaimakkarassa (erä 2) esikokeiden lauantaimakkara oli helpommin leikkautuva suurimman jodipitoisuuden näytteissä. Lauantaimakkara oli myös pureskeltaessa helpommin hajoava suurimman jodipitoisuuden näytteissä. Makkara muuttui myös vähemmän sitkeäksi jodipitoisuuden noustessa, mikä tukee hajoavuuden ja leikkautuvuuden tuloksia.

Metvurstillalla oli selkeitä värieroja. Kaikissa jodia sisältävissä näytteissä väri oli lauantaimakkaran tuloksista poiketen tummempi ja rasvan erottuvuus selkeämpi. Metvurstin tulokset poikke-

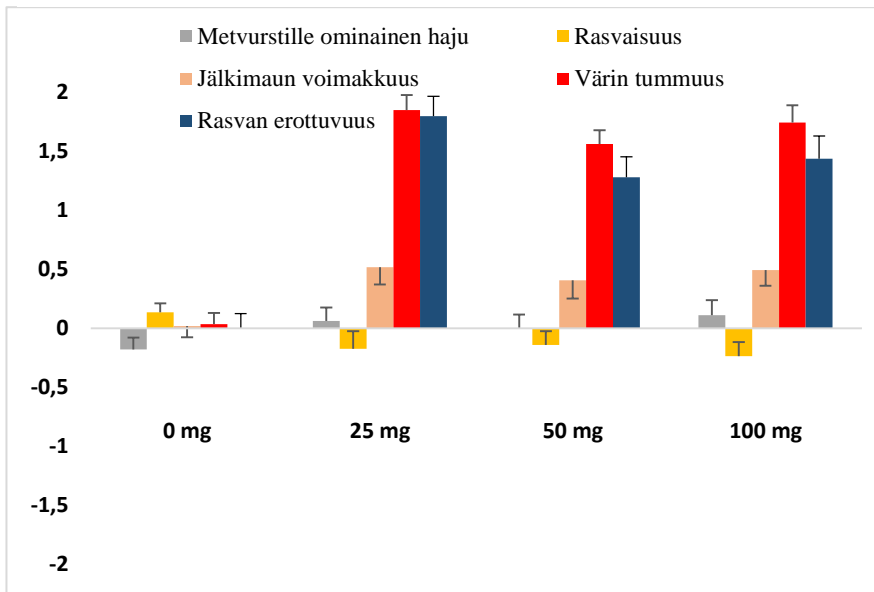
sivat lauantaimakkaran tuloksista myös siinä, että leikkautuvuus oli heikompaa ja kovuus tai sitkeys suurempaa jodia sisältävissä näytteissä. Metvurstin tapauksessa vertailunäyte erottui selkeästi jodia sisältävistä ominaisuuksista. Haju ja maku ominaisuuksissa ei löytynyt suuria eroja. Vaikka erot ovat tilastollisesti merkitseviä, kuluttajan voi olla vaikea erottaa näytteitä jos vertailunäytettä ei ole saatavilla.



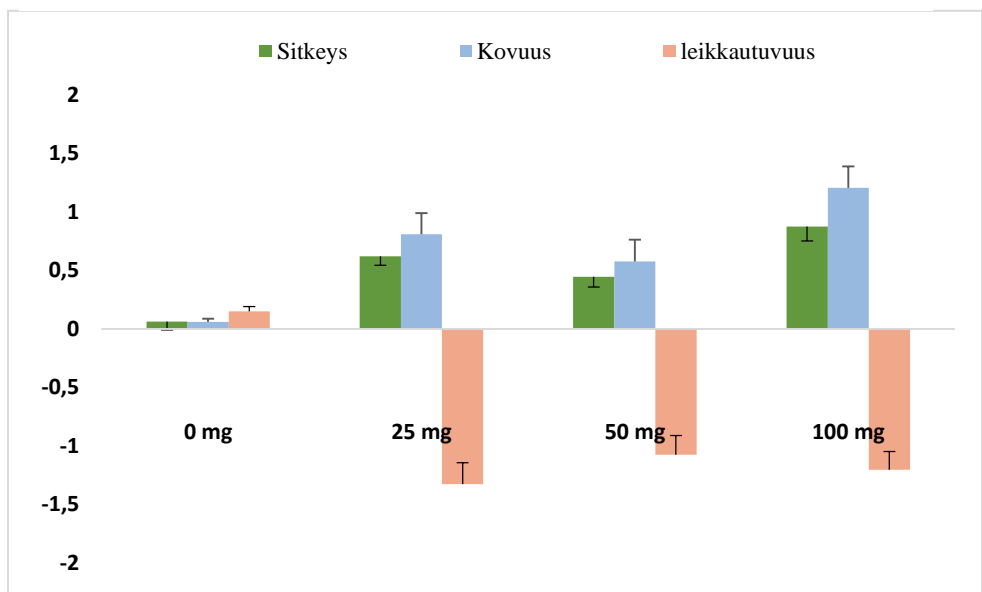
Asteikolla [-5,5] lauantaimakkaran aistinvaraisesti arvioitujen ominaisuuksien voimakkuuksien keskiarvot ja keskiarvon keskivirheet (SEM) verrattuna vertailunäytteeseen, kun $n=4*12$.



Asteikolla [-5,5] lauantaimakkaran aistinvaraisesti arvioitujen ominaisuuksien voimakkuuksien keskiarvot ja keskiarvon keskivirheet (SEM) verrattuna vertailunäytteeseen, kun $n=4*12$.



Asteikolla [-5,5] metvurstin aistinvaraisesti arvioitujen ominaisuuksien voimakkuuksien keskiarvot ja keskiarvon keskivirheet (SEM) verrattuna vertailunäytteeseen, kun $n=4*12$.



Asteikolla [-5,5] metvurstin aistinvaraisesti arvioitujen ominaisuuksien voimakkuuksien keskiarvot ja keskiarvon keskivirheet (SEM) verrattuna vertailunäytteeseen, kun $n=4*12$.

Lauantaimakkaran (esikoe) kaikkien ominaisuuksien yksittäisen ja parittaisten t-testien tulokset. Merkitsevyys tasossa huomioitu Bonferronin korjaus $p=0,05/4=0,0125$ (ero vertailunäytteeseen) ja $p=0,05/3=0,0166$ (ero piilotettuun vertailunäytteeseen).

	harmaus		punaisuuden tummuus		jälkimaun voimakkuus	
	(t-testisuure, df)	p	(t-testisuure, df)	p	(t-testisuure, df)	p
0 - 0-taso	(0,175; 47)	0,535	(-0,995; 47)	0,325	(-0,313; 47)	0,756
25 - 0-taso	(1,190; 47)	0,24	(-0,714; 47)	0,479	(1,087; 47)	0,283
50 - 0-taso	(1,843; 47)	0,072	(3,718; 47)	0,001	(-1,141; 47)	0,26
100 - 0-taso	(2,931; 47)	0,005	(-2,116; 47)	0,04	(-0,231; 47)	0,819
25 - piilotettu 0	(0,043; 47)	0,966	(0,227; 47)	0,821	(1,250; 47)	0,217
50 - piilotettu 0	(0,804; 47)	0,426	(-2,855; 47)	0,006	(-0,846; 47)	0,402
100 - piilotettu 0	(1,125; 47)	0,266	(-1,262; 47)	0,213	(0,042; 47)	0,967

	leikkautuvuus		liukkaus		sitkeys		kumimaisuus		hajoavuus	
	(t-testisuure, df)	p	(t-testisuure, df)	p	(t-testisuure, df)	p	(t-testisuure, df)	p	(t-testisuure, df)	p
0 - 0-taso	(1,750; 47)	0,087	(-0,741; 47)	0,462	(0,437; 47)	0,664	(-0,021; 47)	0,983	(1,396; 47)	0,169
25 - 0-taso	(0,726; 47)	0,471	(0,933; 47)	0,355	(0,374; 47)	0,71	(1,966; 47)	0,055	(-1,281; 47)	0,207
50 - 0-taso	(4,674; 47)	<0,001	(4,543; 47)	<0,001	(-4,309; 47)	<0,001	(-1,778; 47)	0,082	(3,305; 47)	0,002
100 - 0-taso	(4,206; 47)	<0,001	(1,220; 47)	0,229	(-2,653; 47)	0,011	(-2,962; 47)	0,005	(2,501; 47)	0,016
25 - piilotettu 0	(-0,917; 47)	364	(-1,090; 47)	0,281	(-0,066; 47)	0,948	(1,341; 47)	0,186	(-2,116; 47)	0,04
50 - piilotettu 0	(1,681; 47)	0,099	(-3,272; 47)	0,002	(-3,296; 47)	0,002	(-1,388; 47)	0,172	(0,851; 47)	0,399
100 - piilotettu 0	(1,761; 47)	0,085	(-1,807; 47)	0,077	(-2,343; 47)	0,023	(-2,228; 47)	0,031	(0,660; 47)	0,513

Metvurstin kaikkien ominaisuuksien yksittäisen ja parittaisten t-testien tulokset. Merkitsevyys tasossa huomioitu Bonferronin korjaus $p=0,05/4=0,0125$ (ero vertailunäytteeseen) ja $p=0,05/3=0,0166$ (ero piilotettuun vertailunäytteeseen).

	Jälkimaun voimakkuus		Sitkeys	
	(t-testisuure, df)	p	(t-testisuure, df)	p
0 - 0-taso	(0,175; 47)	0,861	(,910; 47)	0,368
25 - 0-taso	(3,507; 47)	0,001	(8,147; 47)	<0,001
50 - 0-taso	(2,624; 47)	0,012	(5,053; 47)	<0,001
100 - 0-taso	(3,759; 47)	<0,001	(7,109; 47)	<0,001
25 - piilotettu 0	(-3,530; 47)	0,001	(-5,174; 47)	<0,001
50 - piilotettu 0	(-2,492; 47)	0,016	(-3,122; 47)	0,003
100 - piilotettu 0	(-2,865; 47)	0,006	(-6,168; 47)	<0,001

	Kovuus		Leikkautuvuus		Värin tummuus		Rasvaisuuden erottuvuus	
	(t-testisuure, df)	p	(t-testisuure, df)	p	(t-testisuure, df)	p	(t-testisuure, df)	p
0 - 0-taso	(0,625; 47)	0,535	(1,176; 47)	0,246	(1,165; 47)	0,25	(-0,154; 47)	0,878
25 - 0-taso	(6,275; 47)	<0,001	(-7,891; 47)	<0,001	(10,196; 47)	<0,001	(9,741; 47)	<0,001
50 - 0-taso	(4,940; 47)	<0,001	(-6,198; 47)	<0,001	(8,375; 47)	<0,001	(7,828; 47)	<0,001
100 - 0-taso	(8,240; 47)	<0,001	(-6,306; 47)	<0,001	(9,447; 47)	<0,001	(9,202; 47)	<0,001
25 - piilotettu 0	(-5,887; 47)	<0,001	(6,610; 47)	<0,001	(-10,041; 47)	<0,001	(-9,931; 47)	<0,001
50 - piilotettu 0	(-4,943; 47)	<0,001	(6,458; 47)	<0,001	(-7,989; 47)	0,003	(-8,263; 47)	<0,001
100 - piilotettu 0	(-8,758; 47)	<0,001	(6,605; 47)	<0,001	(-9,074; 47)	<0,001	(-9,421; 47)	<0,001

Instrumentaalisten määritysten tulokset

Lauantaimakkaran tai metvurstin kypsennyspainotappioissa ei todettu suuria eroja. Lauantaimakkaralla painotappio vaihteli 4,6 % ja 5,3 % välillä. Metvurstilla kypsennyspainotappio vaihteli 32,8 % ja 34,9 % välillä. Molemmilla tutkimusmateriaaleilla pH-arvot vaihtelivat eri erien välillä vain vähän (taulukko 11).

Lauantaimakkaran kypsennyspainotappio.

ERÄ	Alkupaino	Paino ennen uunia (kg)	Paino uunin jälkeen (kg)	Hävikki (Kg)	Hävikki (%)
0 mg	8	6,01	5,72	0,29	4,8
25 mg	8	5,32	5,04	0,28	5,3
50 mg	8	5,22	4,98	0,24	4,5
100 mg	8	5,68	5,42	0,26	4,6

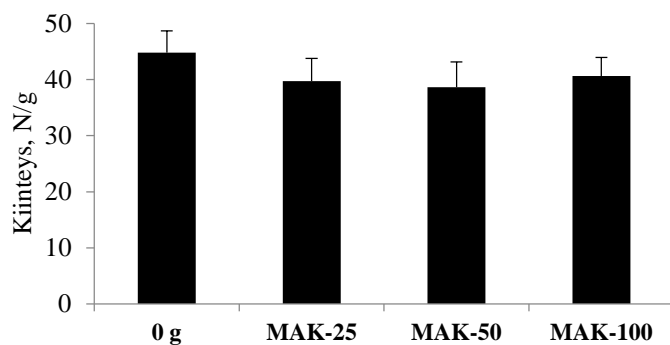
Metvurstin kypsennyspainotappio.

ERÄ	Alkupaino	Paino ennen uunia (kg)	Paino 3 pv valmistuksesta (kg)	Paino 7 pv valmistuksesta (kg)	Paino 14 pv valmistuksesta (kg)	Hävikki (Kg)	Hävikki (%)
0 mg	10	9,3	8,5	7,2	6,1	3,2	34,4
25 mg	10	9,1	8,3	7,6	6,0	3,1	33,8
50 mg	10	9,3	8,7	7,3	6,0	3,2	34,9
100 mg	10	9,3	8,1	7,4	6,3	3,0	32,8

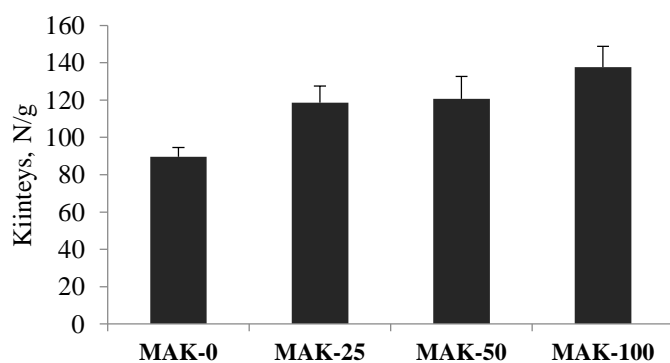
Lauantaimakkaran ja metvurstin pH-arvojen keskiarvot ja keskihajonnat (SD).

	Lauantaimakkara pH	SD	Metvursti pH	SD
0 mg/kg	6,19	0,02	5,01	0,03
25 mg/kg	6,24	0,02	5,02	0,02
50 mg/kg	6,16	0,02	5,06	0,04
100 mg/kg	6,27	0,02	5,14	0,05

Kiinteyden suhteen metvurstilla oli suuremmat erot kuin lauantaimakkaralla erien välillä. Metvurstin kiinteyden tulokset ovat yhdenmukaiset aistinvaraisesti arvioitujen leikkautuvuuden, sitkeyden ja kovuuden kanssa.



Lauantaimakkaran kiinteyden keskiarvot ja keskihajonnat eräkohtaisesti.



Metvurstin kiinteyden keskiarvot ja keskihajonnat eräkohtaisesti.

Jodin hävikki lauantaimakkarakalla vaihteli 49 % ja 67 % välillä ja metvurstilla 17 % ja 23 % välillä. Ensimmäisen erän lauantaimakkaran hävikit olivat huomattavan paljon suuremmat kuin myöhemmin arvioidun lauantaimakkaran. Jodin suurempaan hävikkiin on voinut vaikuttaa se, että jodi lisättiin esikokeissa suolaan kuivana. Kuivana lisätyn jodin punnitus oli haasteellista pienissä pitoisuuksissa. Lisäksi jodianalysoinnit tehtiin vain yhdestä makkarakasta.

Lauantaimakkaran ja metvurstin lopullinen jodipitoisuus ruokasuolakiloa kohden ja prosentuaalinen hävikki eräkohtaisesti.

	Lopullinen jodipitoisuus		Hävikki %
		mg/kg NaCl	
Lauantaimakkara	25	12,8	49
	50	16,29	67
	100	54,03	46
Metvursti	25	19,97	20
	50	41,26	17
	100	77,21	23

Liite 2a. Jodin muunnos kaliumjodidiksi .

Taulukossa on laskettu jokaisen tutkimusmateriaalin kaliumjodidin (KI) punnittava massa eri jodipitoisuuksissa. Sarakkeessa 1 on kunkin elintarvikkeen lisätyn ruokasuolan määrä. Sarakkeessa 2 on jodin (I) määrä eri jodipitoisuuksissa. 3. sarake kertoo jodin (I) ainemäärän eri jodipitoisuuksissa $n(I)=m(I)/M(I)$. 4. sarake kertoo kuinka paljon kaliumjodia tarvitaan kuhunkin jodipitoisuuteen $m(KI)=n(KI)*M(KI)$. Sarakkeet 5 (lasku esitetty) ja 6 (tulos) ilmoittavat kaliumjodin määrän kun elintarvikkeen ruokasuolapitoisuus on tiedossa. Tämä saadaan kun kerrotaan kaliumjodidin massa ruokasuolan massalla.

	1. Reseptin NaCl-määrä (g)	2. Jodia (g)	3. Ainemäärä n(I), mol ($n=m/M^1$)	4. Massa (KI), g ($m=n*M^2$)	5. Lasku: KI massa	6. KI määrä, g (punnittava)
MAK-0	248	0	0	0	0	0
MAK-25	248	0,025	0,000196999	0,032702315	0,03270/1000*248	0,008110174
MAK-50	248	0,05	0,000393997	0,065404631	0,06540/1000*248	0,016220348
MAK-100	248	0,1	0,000787994	0,130809261	0,13080/1000*248	0,032440697
LEI-0	3030	0	0	0	0	0
LEI-25	3030	0,025	0,000196999	0,032702315	0,03270/1000*3030	0,099088
LEI-50	3030	0,05	0,000393997	0,065404631	0,06540/1000*3030	0,198176
LEI-100	3030	0,1	0,000787994	0,130809261	0,13080/1000*3030	0,396352
KUR-0	1560	0	0	0	0	0
KUR-25	1560	0,025	0,000196999	0,032702315	0,03270/1000*1560	0,05101
KUR-50	1560	0,05	0,000393997	0,065404631	0,06540/1000*1560	0,10203
KUR-100	1560	0,1	0,000787994	0,130809261	0,13080/1000*1560	0,20406

1) $M(I)$, g/mol 126,90447

2) $M(KI)$, g/mol 166,0028

Liite 2b. Kantaliuoksen laimennoslaskut.

Jodiliuosten valmistus lauantaimakkaran, leivän ja säilykekurkkujen tapauksessa. Jodiliuokset valmistettiin pipetoimalla tietyn vahvuista kantaliuosta litran mittapulloon 10–40 ml, jonka jälkeen mittapullo täytettiin vedellä merkkiin asti (1 litra). Lauantaimakkaran kantaliuoksessa oli 0,811 g (KI) litrassa vettä, leivän kantaliuoksessa oli 9,9088 g (KI) ja kurkkujen kantaliuoksessa 5,101 g (KI) litrassa vettä. Oikeanpuoleisessa sarakkeessa on ilmoitettu kuinka paljon kantaliuosta on pipetoitu (10-40 ml) jodipitoisuuden mukaan. Keskimmäisessä sarakkeessa on esitetty lasku, jossa lisätyn kantaliuoksen määrä litrassa vettä (0,01-0,04) on kerrottu koko kantaliuoksen kaliumjodidin määrällä. Viimeisessä sarakkeessa on jokaisen erän kaliumjodidin määrä litrassa vettä eli reseptin mukainen kaliumjodidin määrä kussakin erässä.

Näyte	Lisätyn kantaliuoksen tilavuus /1litra vettä	Lasku	KI määrä (g)
MAK-0	0 ml	Kantaliuos (g/l)	0,811
MAK-25	10 ml	0,01*0,811 g/l	0,00811
MAK-50	20 ml	0,02*0,811 g/l	0,01622
MAK-100	40 ml	0,04*0,811 g/l	0,03244
LEI-0	0 ml	Kantaliuos (g/l)	9,9088
LEI-25	10 ml	0,01*9,9088 g/l	0,099088
LEI-50	20 ml	0,02*9,9088 g/l	0,198176
LEI-100	40 ml	0,04*9,9088 g/l	0,396352
KUR-0	0 ml	Kantaliuos (g/l)	5,101
KUR-25	10 ml	0,01*5,101 g/l	0,05101
KUR-50	20 ml	0,02*5,101 g/l	0,10202
KUR-100	40 ml	0,04*5,101 g/l	0,20404

Liite 3. Lauantaimakkaran resepti.

Eräkoko

15

Hävikki (laskennallinen)

0,04

4,0 %

Raaka-aine	%	Massapaino	€/kg	Käyttö €
SO (Sika)	33,00	4,95	5,90	29,21
N1 (Nauta)	24,00	3,60	7,90	28,44
S6 (Silava)	14,06	2,11	2,60	5,46
Vesi + Jää	19,80	2,97	0,10	0,39
Vesi	6,60	1,00	0,10	0,01
Suola	1,65	0,248	0,20	0,05
Fosfaattiseos 58 % P2O5	0,40	0,06	2,75	0,17
Askorbaatti	0,10	0,02	18,00	0,27
Muskottipähkinä	0,07	0,011	12,00	0,13
Valkopippuri	0,07	0,011	11,00	0,12
Korianteri	0,13	0,020	6,00	0,12
Nitriittiliuos 10 %	0,12	0,02	0,40	0,01
yhteensä	100,00	15,00		64,35

Raaka-aine	Rasva %	Raakaproteiini %
S0	11	19
N1	13	19
S6	88	3

Saanto kg	14,40
Rasvaa massassa kg	2,86
Rasvaa massassa %	19,07
Rasvaa tuotteessa %	19,86
Raakaproteiinia massassa kg	1,69
Raakaproteiinia massassa %	11,25
Raakaproteiinia tuotteessa %	11,72
Lisättyä suolaa tuotteessa %	1,72
P2O5 tuotteessa %	0,24
Lihapitoisuus % (L&LV)	73,96
Hinta €/kg	4,47

Liite 4. Eettinen suostumuslomake (leivän raati).

Helsingin yliopisto

Elintarvike- ja ympäristötieteiden laitos
PL 66 (Agnes Sjöbergin katu 2)

KOEHENKILÖN SUOSTUMUS OSALLISTUA AISTINVARAISEEN TUTKIMUKSEEN

Aistinvarainen tutkimus - yleiset periaatteet

Elintarvikkeiden aistinvaraisella laatututkimuksella kerätään tietoa elintarvikkeiden ominaisuuksista tai vastaajien suhtautumisesta niihin. Tietoa kerätään aistien avulla: katsomalla, tunnustelemalla, haistamalla ja maistamalla elintarvikenäytteitä tai niiden aineosia. Kokeen alussa kerromme tutkimuksen tarkoituksen koehenkilöille siten kuin on mahdollista olematta johdatteleva. Kokeen tulokset ovat osa maisterin tutkielmaa. Tulokset esitellään huhtikuussa 2016 seminaarissa. Kokeeseen osallistujille ilmoitetaan tapahtumasta erikseen.

Laboratoriossamme arvioitavat elintarvikkeet ja niiden aineosat täyttävät elintarvikelainsäädännön vaatimukset. Kaikkea tutkittavilta kerättyä aineistoa käsitellään ehdottoman luottamuksellisesti.

Suostumuksen yleisperiaate

Tällä suostumuksella koehenkilö lupautuu noudattamaan kokeessa annettuja ohjeita mahdollisimman tarkkaan. Koehenkilöllä on oikeus kieltäytyä kokeesta. Koehenkilö voi keskeyttää osallistumisensa niin halutessaan, eikä hänen tietojansa tällöin käytetä tutkimusaineiston analyyseissä. Keskeyttämistä ei tarvitse perustella eikä koehenkilöä painosteta jatkamaan vasten tahtiaan.

Tietoja tutkimuksesta, johon koehenkilö suostuu allekirjoittaessaan tämän suostumuksen

Tutkimuksen nimi: Jodiodun suolan vaikutus elintarvikkeen aistinvaraisiin ominaisuuksiin

Aikaväli, jolla kokeet tehdään: 4.2.–10.2.2016

Näytteiden laatu ja määrä: 5 x leipä viipale (vaalea), jossa jodioitua ruokasuolaa on eri jodipitoisuuksissa. Jodin saanti enimmillään 0,3 mg.

Näytteiden nieleminen: Osa näytteistä

Koekertojen (sessioiden) määrä: neljä kertaa (arviointien välissä vähintään 15 min tauko)

Mahdollisesti allergiaa tai yliherkkyyttä aiheuttavat aineosat: kaliumjodidi, vehnä

Yhteyshenkilöt: Maija Greis, maija.greis@helsinki.fi p. 044-2854344

Suostumus

Olen saanut riittävät tiedot tästä tutkimuksesta ja olen ymmärtänyt tiedon ja suostun toimimaan koehenkilönä tässä tutkimuksessa. Olen ilmoittanut ruoka-aineallergiani.

Helsingissä ____ . ____ .201__

Allekirjoitus

Nimen selvennys:

Sähköpostiosoite: _____

Puhelin: _____

Ruoka-aineallergiani: _____

Liite 5. Esimerkki arviointilomakkeesta (lauantaimakkara, haju).

Fizzterm 0

HAJU

Tarjottimellasi on neljä eri näytettä ja vertailunäyte R. Haista näytteitä näytöllä olevan järjestyksen mukaisesti.

Vertaa jokaista näytettä kerrallaan vertailunäytteeseen R ja sijoita kursori valitsemaasi kohtaan janalla. Kun olet arvioinut ensimmäisen näytteen, siirry arvioimaan seuraava näyte.

Hajun voimakkuus

Vähemmän kuin R Kuten R Enemmän kuin R

035

388

486

937

University of Helsinki Department of Food Technology Seuraava sivu

Liite 6. Tutkimusmateriaaleista arvioitujen ominaisuuksien arviointiohjeet.

Ohje: Lauantaimakkara	Ohje: Leipä	Ohje: Säilykekurkku
<p><u>Haju</u> 1. Hajun voimakkuus</p> <p><u>Rakenne</u> 2. Leikkautuvuus veitsellä painettaessa</p> <p>=> Kuinka helposti leikkautuu verrattuna R:ään? Leikkautuu helpommin = Enemmän kuin R</p> <p><u>Flavori</u> 3. Maun voimakkuus</p> <p><u>Suutuntuma</u> 4. Liukkaus (kielellä)</p> <p>5. Mehukkuus pureskeltaessa (mm. rasvan tirskahtelu)</p> <p>6. Hajoavuus pureskeltaessa</p> <p>=> Kuinka helposti makkaraa hajoaa suussa palasiksi? Hajoaa helpommin => Enemmän kuin R</p> <p><u>Väri => arvioija sammuttaa punaisen valon.</u></p> <p>7. Punaisuuden tummuus</p>	<p><u>Haju</u> 1. Hajun voimakkuus</p> <p><u>Rakenne</u> 2. Leivän sitkeys repimällä</p> <p>=> Kuinka helposti leipä repeytyy Repeytyy helpommin = Enemmän kuin R</p> <p><u>Flavori</u> 3. Maun voimakkuus</p> <p><u>Suutuntuma</u> 4. Leivän kosteus suussa (arvioidaan 1.-3 puraisun aikana)</p> <p>5. Sileys (Suupalan sileys suussa 3. puraisulla)</p> <p>=> Kuinka sileä nielemiskelpoinen suupala on? Sileämpi suupala kuin R => Enemmän kuin R</p> <p><u>Väri => Arvioija sammuttaa punaisen valon.</u> 6. Värin tummuus</p>	<p><u>Haju</u> 1. Etikkainen haju 2. Ruuhon haju</p> <p><u>Rakenne ja Suutuntuma</u> 3. Rapeus 1. puraisulla (kuuloaisti apuna) 4. Pureskeltavuus -> sisuksen pehmeys 5. puraisulla</p> <p><u>Flavori</u> 5. Etikkainen maku 6. Makeus 7. Muun maun voimakkuus</p> <p>=> Kuvaile makua erilliselle paperille</p> <p><u>Väri => arvioija sammuttaa punaisen valon.</u> 8. Vihreys 9. Värin tummuus</p>

Liite 7. Lauantaimakkaran ominaisuuksien keskinäiset korrelaatiot. Tähtien kertovat korrelaation tilastollisen merkitsevyyden: * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$.

MAK-0	Leikkautuvuus	Liukkaus	mehukkuus	Hajoavuus pureskeltaessa	maun voi- makkuus	Väri
Hajun voimakkuus	-,176	-,283	-,067	,005	,001	-,066
Leikkautuvuus		,117	,020	-,034	,167	,072
Liukkaus			,488**	,130	,053	,155
mehukkuus				,493**	,146	,142
Hajoavuus pureskeltaessa					,233	,456**
maun voimakkuus						,090

MAK-25	Leikkautuvuus	Liukkaus	mehukkuus	Hajoavuus pureskeltaessa	maun voi- makkuus	Väri
Hajun voimakkuus	-,050	,008	-,115	-,142	-,215	-,331*
Leikkautuvuus		,091	,007	,198	,194	-,081
Liukkaus			,563**	,299*	-,082	,116
mehukkuus				,412**	-,072	,206
Hajoavuus pureskel- taessa					-,085	-,337*
maun voimakkuus						,303*

MAK-50	Leikkautuvuus	Liukkaus	mehukkuus	Hajoavuus pureskeltaessa	maun voi- makkuus	Väri
Hajun voimakkuus	-,302*	,048	-,056	,047	-,020	,113
Leikkautuvuus		-,046	-,181	,174	,086	-,322*
Liukkaus			,358*	,379**	,030	-,184
mehukkuus				,564**	,100	,125
Hajoavuus pureskel- taessa					,359*	,064
maun voimakkuus						,076

MAK-100	Leikkautuvuus	Liukkaus	mehukkuus	Hajoavuus pureskeltaessa	maun voi- makkuus	Väri
Hajun voimakkuus	-,279	,150	-,088	-,184	-,054	,113
Leikkautuvuus		-,115	,023	,324*	-,371**	-,322*
Liukkaus			,714**	,300*	,097	-,184
mehukkuus				,552**	,131	,125
Hajoavuus pureskel- taessa					-,102	,064
maun voimakkuus						,121

Liite 8. Leivän ominaisuuksien keskinäiset korrelaatiot. Tähdet kertovat korrelaation tilastollisen merkitsevyyden: * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$.

LEI-0	sitkeys repimällä	maun voi- makuus	suutuntuma: kosteus	pureskeltavuus: sileys	Väriin voi- makuus
hajun voimakkuus	-,108	,215	-,037	,242	,098
sitkeys repimällä		,176	-,154	-,124	-,072
maun voimakkuus			,141	-,219	-,128
suutuntuma: kosteus				,109	,172
pureskeltavuus: sileys					,013
Väriin voimakkuus					

LEI-25	sitkeys repimällä	maun voimakkuus	suutuntuma: kosteus	pureskeltavuus: sileys	Väriin voi- makuus
hajun voimakkuus	,208	-,228	-,195	,069	-,222
sitkeys repimällä		-,046	,051	,059	-,373**
maun voimakkuus			,257	-,089	,156
suutuntuma: kosteus				,386**	-,071
pureskeltavuus: sileys					,191

LEI-50	sitkeys repimällä	Maun voimakkuus	suutuntuma: kosteus	pureskeltavuus: sileys	Väriin voimakkuus
hajun voimakkuus	-,315*	,038	,186	,059	-,043
sitkeys repimällä		-,004	-,124	-,154	,065
maun voimakkuus			-,158	-,233	-,074
suutuntuma: kosteus				,065	-,085
pureskeltavuus: sileys					,212

LEI-100	sitkeys repimällä	maun voimakkuus	suutuntuma: kosteus	pureskeltavuus: sileys	Väriin voimakkuus
hajun voimakkuus	,123	-,009	,165	-,042	-,078
sitkeys repimällä		,094	,033	-,117	-,123
maun voimakkuus			-,011	,055	,222
suutuntuma: kosteus				,097	,126
pureskeltavuus: sileys					-,124

Liite 10. Säilykekurkkujen muun maun kuvailut.

Säilykekurkkujen muun maun kuvailut aistinvaraisissa arvioinneissa 5 viikkoa valmistuksesta.

KUR-0	KUR-25	KUR-50	KUR-100
kurkun maku 3	raikas 3	sinapinsiemen 6	etikkainen 3
etikkainen 3	mausteinen 2	raikas 2	sinapinsiemen 3
metallinen maku 2	tillimäinen maku 2	tuore tilli	tillimäinen maku 2
tunkkainen, sinapinsiemen 2	suolainen 2	kurkkumainen 2	lempeämpi maku 2
mausteinen 2	heinäinen, ruohomainen 2	maku on monipuolisempi	kurkkumainen 2
pistävä 2	sinappinen maku	makea, suolainen	raikas 2
imelähkö maku 2	multainen maku	etikkainen 2	ei niin raikas
kitkerä	suolaisin	tunkkainen	makeampi kuin R
ruohomaisuus	etikkainen 2	metallinen	ei niin pistävä kuin R
valkosipuli tms.	Mausteisempi kuin R		kitkerän voimakas
mausteippuri	tunkkainen		neutraali
	kurkkumainen		metallinen maku
			maa-aines

Säilykekurkkujen muun maun kuvailut aistinvaraisissa arvioinneissa 9 viikkoa valmistuksesta.

KUR-0	KUR-25	KUR-50	KUR-100
tunkkainen	sinapinsiemen 3	tunkkainen	mausteinen 2
suolainen, kurkku 2	kurkku 3	kurkku 2	tillimäinen maku
mauste 4	joku pistävä maku	suolainen	sinapinsiemen
etikkainen 3	multainen 2	metallinen, voimakas sivumaku	etikkainen
mieto	mausteinen 4	ruohomaisuus	metallinen maku
metallinen	mieto	multainen	ruoho
tilli	ruoho 2	mausteinen, etikkainen	suolainen
pilaantunut maku, maamainen	etikkainen 2	kurkku (tuore)	sinapinsiemen
	suolainen 2	tillimäinen maku	
	pistävä 2	happamuutta	

Liite 11. Kypsennyspainotappion laskeminen.

Kypsennyspainotappio seitsemän makkaran mukaan eri jodipitoisuuksissa. Jokaisen makkaran paino ennen keittoa ja paino keiton jälkeen. Kolmannessa taulukossa on ennen uunia ja uunin jälkeen mitatun painon erotus eli kypsennyspainotappio. Viimeinen taulukko kertoo prosentuaalisen kypsennyspainotappion. Taulukossa näkyy seitsemästä makkarasta mitatut arvot ja niiden keskiarvot (tummennetulla) ja keskihajonnat STD.

Paino ennen keittoa jokaisessa erässä, g				
n(makkara)	0 mg/kg	25 mg/kg	50 mg/kg	100 mg/kg
1	910	925	925	930
2	910	920	925	930
3	910	925	920	930
4	915	920	925	925
5	915	930	920	930
6	910	925	925	930
7	905	924	920	925
KA	910,71	924,14	922,86	928,57
STD	3,45	3,44	2,67	2,44
Paino keiton jälkeen jokaisessa erässä				
n(makkara)				
1	880,5	888,99	884,02	885,9
2	881,8	889,8	885,62	887,02
3	882,9	889,88	883,06	886,7
4	879,9	897,56	886,3	889,5
5	879,9	874,55	883,1	887
6	879,05	879,9	882,5	886,5
7	879,5	891,6	883,9	886,9
KA	880,51	887,47	884,07	887,07
STD	1,37	7,71	1,4	1,14
Kypsennyspainotappio (g) jokaisessa erässä				
n(makkara)				
1	29,5	36,01	40,98	44,1
2	28,2	30,2	39,38	42,98
3	27,1	35,12	36,94	43,3
4	35,1	22,44	38,7	35,5
5	35,1	55,45	36,9	43
6	30,95	45,1	42,5	43,5
7	25,5	32,4	36,1	38,1
KA	30,21	36,67	38,79	41,5
STD	3,76	10,72	2,35	3,32
Kypsennyspainotappio (%) jokaisessa erässä				
n(makkara)				
1	3,24	3,89	4,43	4,74
2	3,1	3,28	4,26	4,62
3	2,98	3,8	4,02	4,66
4	3,84	2,44	4,18	3,84
5	3,84	5,96	4,01	4,62
6	3,4	4,88	4,59	4,68
7	2,82	3,51	3,92	4,12
KA	3,32	3,97	4,2	4,47
STD	0,4	1,14	0,24	0,35

Liite 12. Kypsennyspainotappion varianssianalyysin parivertailun tulokset.

Kypsennyspainotappion Tukeyn-testin (parivertailu) tulokset.

näyte	Keskihajonta	p-arvo.	95 % Luottamusväli		
			Alaraja	Yläraja	
MAK-0	MAK-25	0,343	0,259	-1,595	0,298
	MAK-50	0,343	0,073	-1,831	0,062
	MAK-100	0,343	0,013	-2,098	-0,204
MAK-25	MAK-50	0,343	0,901	-1,182	0,711
	MAK-100	0,343	0,473	-1,449	0,443
MAK-50	MAK-100	0,343	0,863	-1,213	0,679

Liite 13. Vedensidontakyvyn laskeminen.

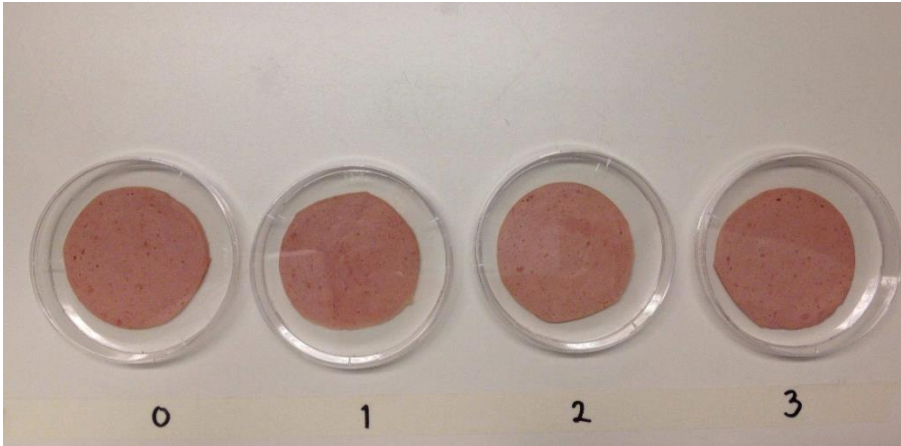
Hammin ja Graun menetelmän mukainen vedensidontakyvyn lasku eri jodipitoisuuksissa.

Jodipitoisuus	A. Putken paino, g	B. massan paino, g (A+B)-A	C. Pullo + massa sentrifugoinnin jälkeen, g	D. pelkkä massa, g (A+B)-A
0	12,81	28,48	15,37	2,56
0	13,03	32,50	15,58	2,54
0	13,03	31,04	15,23	2,19
25	12,73	34,94	15,35	2,61
25	13,02	34,48	15,33	2,30
25	12,74	32,08	15,01	2,26
50	12,88	29,35	15,23	2,34
50	12,83	32,53	15,27	2,43
50	13,01	31,89	15,35	2,34
100	12,72	31,02	14,99	2,26
100	13,09	31,54	15,52	2,43
100	12,73	30,46	15,01	2,27

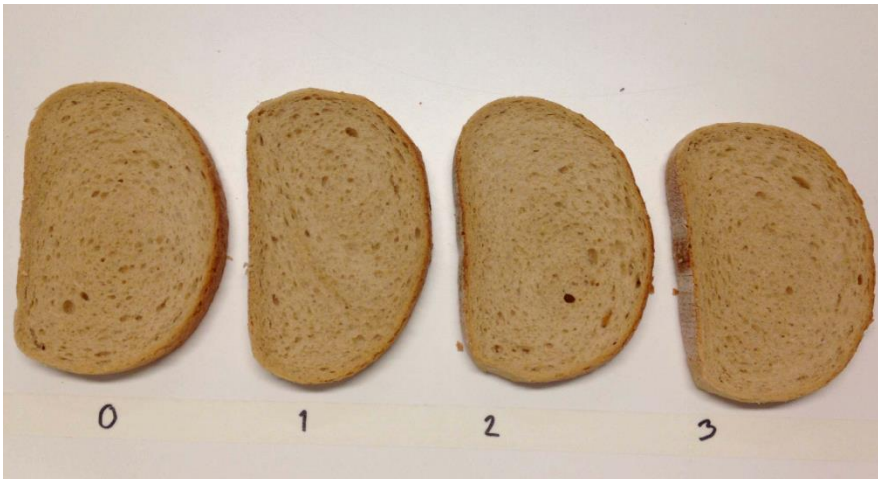
Taulukko 19b. Hammin ja Graun menetelmän mukainen vedensidontakyvyn laskelma eri jodipitoisuuksissa ja vedensidontakyvyn (g vettä/100 g lihaa) keskiarvot ja keskihajonnat eräkohtaisesti.

Jodipitoisuus	VSK g massassa vettä, g	VSK g sitoutunutta vettä / 100 g lihaa	Keskiarvo g vettä / 100 g lihaa	Keskihajonta
0	0,68	67,68		
0	0,67	67,35		
0	0,58	58,07	64,37	5,45
25	0,69	69,15		
25	0,61	60,83		
25	0,60	59,80	63,26	5,13
50	0,62	62,06		
50	0,64	64,19		
50	0,62	61,80	62,69	1,31
100	0,60	59,93		
100	0,64	64,18		
100	0,60	60,20	61,44	2,38

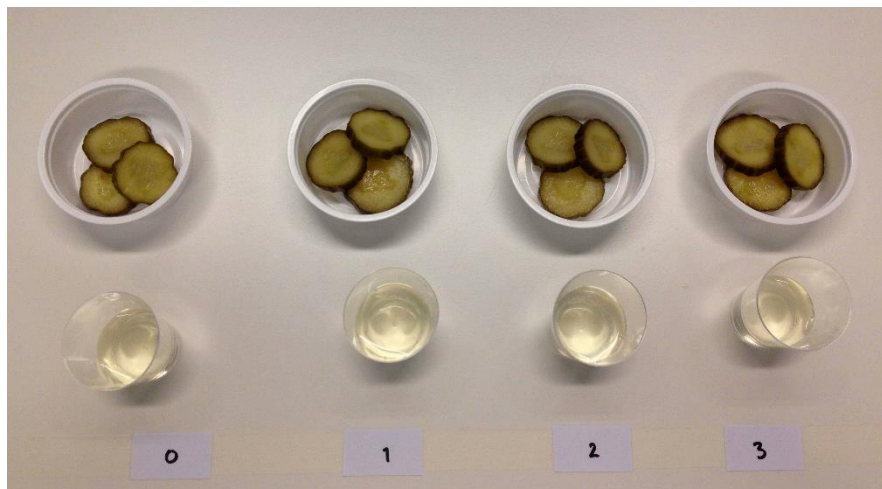
Liite 14. Kuvat lauantaimakkarasta, leivästä ja säilykekurkuista.



Lauantaimakkaränäytteet (0=0 mg/kg, 1=25 mg/kg, 2=50 mg/kg, 3=100 mg/kg).



Leipänäytteet (0=0 mg/kg, 1=25 mg/kg, 2=50 mg/kg, 3=100 mg/kg).



Kurkkunäytteet (kurkut + mausteliemet) (0=0 mg/kg, 1=25 mg/kg, 2=50 mg/kg, 3=100 mg/kg).

Liite 15. Säilykekurkkujen värianalyysin parivertailujen tulokset.

Säilykekurkun varianssianalyysiin Tukeyn testin tulokset.

L*		Erotus (I-J)	Keskihajonta	p-arvo.	95 % Luottamusväli	
					Alaraja	Yläraja
KUR-0	MAK-25	-3,9456*	1,373	0,034	-7,666	-0,225
	MAK-50	-4,6756*	1,373	0,009	-8,396	-0,955
	MAK-100	-0,977	1,373	0,892	-4,697	2,744
KUR -25	MAK-50	-0,730	1,373	0,951	-4,451	2,991
	MAK-100	2,969	1,373	0,156	-0,752	6,690
KUR -50	MAK-100	3,699	1,373	0,052	-0,022	7,420

a*		Erotus (I-J)	Keskihajonta	p-arvo.	95 % Luottamusväli	
					Alaraja	Yläraja
KUR-0	MAK-25	,4389*	0,133	0,012	0,078	0,799
	MAK-50	0,032	0,133	0,995	-0,328	0,393
	MAK-100	0,007	0,133	1,000	-0,354	0,367
KUR -25	MAK-50	-,4067*	0,133	0,022	-0,767	-0,046
	MAK-100	-,4322*	0,133	0,014	-0,793	-0,072
KUR -50	MAK-100	-0,026	0,133	0,997	-0,386	0,335

b*		Erotus (I-J)	Keskihajonta	p-arvo.	95 % Luottamusväli	
					Alaraja	Yläraja
KUR-0	MAK-25	-3,5100*	0,639	0,000	-5,240	-1,780
	MAK-50	-1,9378*	0,639	0,023	-3,668	-0,208
	MAK-100	-1,057	0,639	0,364	-2,787	0,673
KUR -25	MAK-50	1,572	0,639	0,086	-0,158	3,302
	MAK-100	2,4533*	0,639	0,003	0,723	4,183
KUR -50	MAK-100	0,881	0,639	0,521	-0,849	2,611