

Pekka Väisänen

Tavoitteena tuoreus

Kaupallisen maustekastikkeen tuotekehitys

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Bio- ja elintarviketekniikka

Insinöörityö

4.6.2013

Tiivistelmä

Tekijä Otsikko	Pekka Väisänen Tavoitteena tuoreus
Sivumäärä Aika	36 sivua + 10 liitettä 4.6.2013
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Bio- ja elintarviketekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Biolääketeknologia
Ohjaaja(t)	Lehtori Mikko Halsas
<p>Opinnäytetyössä pyrittiin selvittämään, millä edellytyksillä kotona kehitellystä tuorekastike-reseptistä voisi saada aikaiseksi kaupallisen tuotteen. Tutkimus alkoi kastikkeen fysikaalisten ominaisuuksien selvittämisellä. Selvitettäviä suureita olivat pH, veden aktiivisuus ja suolapitoisuus sekä raaka-aineiden kokonaispesäkemäärät. Kastikkeelle tehtiin säilyvyyskoe, jossa pastöroitua ja pastöroimatonta kastiketta varastoitiin sekä huoneenlämmössä että jääkaappilämpötilassa seuraten kokonaispesäkemäärän kehitystä. Tavoitteena oli selvittää tuotteen elintarviketurvallisuus ja hyllyikä sekä mahdollinen lisäaineiden tarve.</p> <p>Huolimatta raaka-aineina käytetyn chilin ja korianterin korkeista mikrobipitoisuuksista kastikkeen kokonaispesäkemäärät olivat varastoidessa laskeneet lähelle nolaa sekä pastöroiduissa että pastöroimattomissa näytteissä. Mikrobit eivät säilyneet jakautumiskykyisinä happamassa ja suolaisessa kastikkeessa. Mukana säilyvyyskokeessa olivat 2/3- ja 1/2-pitoisuuteen laimennetut näytteet, joista laimeammassa näytteessä mikrobit pystyivät lisääntymään säilytyksen aikana.</p> <p>Mikrobiologista pilaantumista huolestuttavammaksi tekijäksi osoittautui hapettuminen, mikä johdosta tuote ei säilytyksen jälkeen maistunut tuoreen veroiselta. Tuote ei sovellu sellaisenaan tuoreena kaupan hyllylle, vaan vaatii käsittelyä hapettumisen estämiseksi.</p> <p>Tuotteen säilyvyyden parantamisessa varteenotettavan ratkaisuna voisi olla kastikkeen kylmäkuivaus, joka mahdollistaisi luonnonmukaisen, lisäaineettoman ja hyvin säilyvän lopputuotteen. Pakkausprosessi muuttuisi tuolloin nesteannostelusta jauheannosteluun lopputuotteen muistuttaessa rakenteeltaan pikakahvia.</p> <p>Tutkimuksen merkittävin anti oli sen herättämä kysymys siitä, mitä tuoreus tarkoittaa molekyyllitasolla. Kastikkeen kehittämiseen tähtäävässä työssä kysymykseen ei kuitenkaan vastausta löytynyt. Jos tuoreuden aikaansaaja löytyy, on ehkä mahdollista, että löytyy keinoja säilyttää tuoreutta prosessoiduissa elintarvikkeissa tai ottaa askel pidemmälle ja lisätä elintarvikkeen tuoreutta.</p>	
Avainsanat	Tuotekehitys, säilyvyys, kokonaispesäkemäärä, veden aktiivisuus, tuore, chili, korianteri, lime, kylmäkuivaus

Abstract

Author(s) Title	Pekka Väisänen Quest for freshness
Number of Pages Date	36 pages + 10 appendices 4 June 2013
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Biotechnology and Food engineering
Specialisation option	Biomedical technology
Instructor(s)	Mikko Halsas, Senior Lecturer
<p>This thesis aims to develop a commercial product of a home-made fresh sauce recipe. The research began with determining the physical properties of the sauce such as pH, active water (a_w), salt content and the total plate count of the raw materials. A shelf life experiment was done to determine the food safety, self life and the need of additives, by following the development of total plate count of the pasteurized and non-pasteurized sauce samples stored at refrigerator temperature and room temperature. Also non-pasteurized samples diluted to part 2/3, and part 1/2 were stored at room temperature.</p> <p>Despite the raw materials, chili and coriander, containing high levels of microbes, the total plate count had dropped near zero during the storage in all but part 1/2 diluted sample. The microbes were unable to stay viable on the sauce because of the low pH and a_w.</p> <p>Even more concerning factor than the biological contamination, turned out to be the oxidation. Due to oxidation, the sauce did not remain fresh, and therefore is not suitable as a commercial product, unless treated for preventing the oxidation.</p> <p>To preserve the product, one viable solution might be to freeze-dry the cause. It would also be an organic solution, without need for antioxidant additives. Packing of the product would change from liquid to powder packing. The structure of the final product would resemble instant coffee.</p> <p>The most significant issue raised by the thesis was the question as to what freshness means on the molecular level. Unfortunately the question did not find satisfactory answer in this research aiming to only develop a commercial sauce. If the cause of freshness is found one day, it might be possible to find means to maintain the freshness of processed foods, or to take a step further – add the freshness of the food.</p>	
Keywords	R & D, shelf life, total plate count, active water, fresh, chili, coriander, lime, freeze-drying

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Taustaa	3
2.1	Maun aistiminen	3
2.1.1	Viisi perusmakua	3
2.1.2	Chili ja kapsaisiini	4
2.2	Tuotteen säilyvyyteen vaikuttavat tekijät	5
2.2.1	Kaupallisen tuotteen säilyvyys ja pastörointi	5
2.2.2	Mikrobiologinen pilaantuminen	6
2.2.3	Suolapitoisuus ja veden aktiivisuus (a_w)	8
2.2.4	pH	8
2.2.5	Säilyvyyden edistäminen	9
2.2.6	Happi ja hapettuminen	9
2.2.7	Lämpötila	10
2.2.8	Lisäaineiden käyttö	10
2.3	Elintarvikelainsäädäntö velvoittaa toimijoita	12
2.3.1	Omavalvontasuunnitelma	12
2.3.2	HACCP	12
2.3.3	Pakkaus ja pakkausmerkinnät	13
3	Tutkimuksen tekeminen	15
3.1	Tutkimuksen lähtökohdat ja kysymyksen asettelu	15
3.2	Tutkimuksen suunnittelu ja menetelmien valinta	16
3.2.1	Silmämääräisen reseptin tarkka määrittäminen	16
3.2.2	Säilyvyyden edellytysten selvitys	16
3.2.3	Raaka-aineiden kokonaispesäkemäärien selvittäminen	16
3.2.4	Kasvualustojen valmistus	17
3.2.5	Säilyvyyskokeen suunnittelu	18
3.2.6	Teollisen valmistusprosessin suunnittelu	18
3.3	Tutkimuksen suoritus ja tulokset	21
3.3.1	Reseptin määrittäminen	21
3.3.2	pH-mittaaminen	22
3.3.3	Veden aktiivisuuden (a_w) mittaus	22
3.3.4	Suolapitoisuuden määrittäminen johtokyvystä	23

3.3.5	Korianterin ja chilin kokonaispesäkemäärän selvittäminen	23
3.3.6	Kokonaispesäkemäärien laskenta	25
3.3.7	Kastikenäytteen säilyvyyskoe	26
3.3.8	Viljelyn tulosten arviointi	28
4	Yhteenveto	30
5	Kehitysidea – kylmäkuivaus	30
6	Pohdintaa tuoreudesta	32
	Lähteet	33
	Liitteet	
	Liite 1. Raaka-aineiden punnituspöytäkirja reseptin määritykseen	1 s.
	Liite 2. Kastikkeen suolapitoisuuden määritys	2 s.
	Liite 3. Raaka-aineiden kokonaispesäkemäärien selvitys	4 s.
	Liite 4. Säilyvyyskokeen tulokset	3 s.

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää omassa keittiössä alkunsa saaneesta maustekastikereseptistä teollinen tuote kaupan hyllylle. Työn taustalla vaikutti oma mielenkiintoni selvittää, miten elintarvikkeen tuotekehitysprosessi etenee ideasta valmiiksi tuotteeksi. Idea työhön tuli aasialaisen tyttöystäväni omasta reseptistä, jolla kotiloissa maustoimme erilaisia ruokia. Maustekastikkeen ainutlaatuinen maku ja laaja soveltuvuus erilaisiin ruokiin herättivät ajatuksen, että kastikkeella voisi tuotteistettuna olla kaupallista kysyntää.

Työssä selvitetään, millä edellytyksin tuote täyttäisi elintarvikelainsäädännön vaatimukset sekä kaupalliselta tuotteelta edellytettävät laadulliset ja säilyvyyden kannalta merkittävät seikat. Makua ja säilyvyyttä tutkimalla optimoidaan kaupalliseen tuotantoon sopivin resepti ja tuotantoprosessi. Ajan trendien mukaisesti kastikkeesta pyritään kehittämään mahdollisimman lisäaineeton. (Hellman 2012.)

Kaupallisten einesten uranuurtaja oli sveitsiläinen mylläri ja keksijä Julius Maggi 1880-luvulla. Hän kehitti ensimmäiset teolliset einekset, kuten pussikeitot. Hänen pussikeitonsa ja mausteensa levisivät käyttöön nopeasti ympäri maailman. Julius Maggi myös patentoi kuivattujen ruokiensa pakkausmenetelmiä. (US patent No. 395,243 Dec 25 1888.)

Nykyisin einesten merkitys varsinkin teollisuusmaissa on yhä suurempi. Erilaiset ruokaskandaalit, kuten hiljattain sattunut hevosenlihakohu ovat toisaalta vähentäneet einesten kulutusta. (Kauppalehti 3.3.2013.) Eینesten kokonaismarkkinat ovat joka tapauksessa valtavat niiden helppokäyttöisyyden ansiosta ja einesten menekki säilynee jatkossakin vähintään ennallaan huolimatta tuoretuotteiden tarjonnasta.

Tässä opinnäytetyössä kehitetty maustekastike muistuttaa läheisesti Kaakkois-Aasiassa yleisiä, lähes joka aterialla syötäviä maustekastikkeita. Thaimaassa kastikkeiden yleisnimi on Nam Phirik (kuva 1), ja ne koostuvat usein limemehusta, chilistä, valkosipulista, mausteista ja fermentoidusta kalakastikkeesta. Oma reseptini sopii mielestäni paremmin eurooppalaiseen makuun, sillä kalakastike on korvattu kasvipohjaisella vaihtoehdolla. Kastike valmistetaan tyypillisesti tuoreista ainesosista.



Kuva 1. Thaimaalainen chili, lime, kalakastike nimeltään Nam Plah Prik (http://www.templeofthai.com/recipes/fish_sauce.php)

Tuotteen saattaminen markkinoille edellyttää säilyvyyden ja turvallisuuden selvitystä sekä tuotantoprosessin suunnittelua, joten aihe sopi mainiosti insinööriopintojeni päätöstyöksi.

2 Taustaa

2.1 Maun aistiminen

2.1.1 Viisi perusmakua

Suun aistimat perusmaut ovat hapan, makea, suolainen ja karvas sekä viides melko yleisesti hyväksytty perusmaku umami. Sana umami juontuu japanista ja sille osuvin suomennos lienee maukas, lihaisa. Umami tuo ruokaan täyteläisyyden tunnetta, maittavuutta. Kyseistä makua löytyy luontaisesti esimerkiksi tomaateista, hyvin kypsytetystä juustosta sekä merilevästä. Maun ensimmäisenä esitellyt Ikaeda arveli jo vuonna 1908, että umamina maistetaan ruoan proteiinipitoisuus samalla tavoin, kuin hiilihydraattipitoisuus aistitaan makeutena.

Umamin maun aikaansaavat glutamiinihappo (E620) ja sen suola natriumglutamaatti (E621). Makua tehostavat ribonukleotidit inosiinihappo (E630) ja sen suola dinatriuminosinaatti (E631) sekä guanyylihappo (E626) ja sen suola dinatriumguanylaatti (E627), sillä ne edistävät natriumglutamaatin sitoutumista kielen makureseptoreihin. Glutamiinihappoa esiintyy runsaasti myös hiivauutteessa, minkä johdosta sitä käytetään aromivahventeena elintarvikkeissa. (Xiaodong 2002.)

Aromivahventeita käytetään yleensä yhdessä toistensa kanssa. Suomenkielisestä tuoteselosteesta ne löytyvät usein nimillä natriumglutamaatti, -guanylaatti ja -inosinaatti. (Kuva 2.)



Kuva 2. Knorr-lihaliemen tuoteseloste: Suola, kasvirasva, arominvahventeet (natriumglutamaatti, -guanylaatti, -inosinaatti), muunnettu tärkkelys, hiivauute, kovetettu kasvirasva, naudanlihauute, väri (E 150c), mausteet, porkkana, persilja, aromit (mm. selleri). Valmiissa liemessä on 1,0 % suolaa. Annostelu: Sekoita 1 kuutio * litraan kiehuvaa vettä. (Knorr.fi.)

Natriumglutamaattia tuotetaan fermentoimalla tai vaihtoehtoisesti hydrolysoimalla glutamiinipitoisia proteiineja ruokasuolan kanssa. Natriumglutamaatin eristi ensimmäisenä Tokion yliopiston professori Ikeda 1908. (Parkinson 2011.)

Julius Maggi kehitti kaupallisesti tuottoisan hydrolyysimenetelmän valmistaa täyteläisen makuista kasviskastiketta. Maggi luuli menetelmänsä tuottavan lihauutetta. Vasta Ikaedan löydökset yhdistivät hydrolysaatioprosessissa muodostuvat yhdisteet natriumglutamaattiin. (Adverse Effects of Foods 1982: 212.)

Umamin makua aiheuttavat makuyhdisteet maistuvat sellaisenaan epämiellyttäville, vaikka ne parantavat ruoan makua muiden yhdisteiden kanssa nautittuina. Tämä erikoinen piirre erottaa umamin makuaistimuksen muista perusmauista, jotka aistitaan samankaltaisina myös toisistaan riippumatta. Nuorilla lapsilla tehdyn tutkimuksen perusteella umamin ruoan makua parantava ominaisuus vaikuttaisi olevan ainakin osittain synnynnäistä, ei opittua. (Gary K Beauchamp 2009.)

Ruoan tuoksu vaikuttaa ruoan makuun. Tuoksun taustalla on ruoan haituvat komponentit, kuten aromaattiset öljyt. Jos hajun aistiminen estyy esimerkiksi tukkoisen nenän johdosta, ruoasta jäävät aistittaviksi vain suussa maistettavat perusmaut ja ruoka mielletään helposti mauttomaksi.

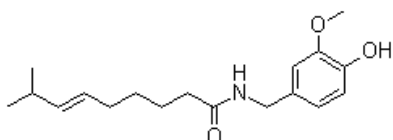
2.1.2 Chili ja kapsaisiini

Tulisissa capsicum-heimon chilipaprikoissa on erilaisia kapsaisiiniyhdisteitä. Erilaisia kapsaisiinimolekyylejä on patentoitu 143 kpl. (NLM 2013:CID 1548943.) Nämä yhdisteet aiheuttavat chilien tyypillisen tulisuuden. Kapsaisiinin tulisuus perustuu siihen, että se sitoutuu kipureseptoriin aiheuttaen poltteen tunteen. (Senese 2010.)

Taulukko 1. Wilbur L. Scovillen 1912 kehittämä ”Scovillen asteikko” kertoo, mihin osaan chiliä pitää laimentaa sokerivedellä, jottei ihminen enää aisti sen poltetta. (chillworld.com)

Scoville lämpöyksikköä	Nimi
1 200 000–2 000 000	Trinidad Moruga Scorpion, maailman voimakkain chili
100 000–350 000	Habanero
110 000–225 000	Birds Eye pepper (kastikkeessa käytetty)
2500–5000	TABASCO® Original
100–600	TABASCO® sweet & spicy pepper sauce

Kapsaisiini on veteen liukenematon, joten poltteen tunteen saa huuhdottua suusta parhaiten rasvalla, johon kapsaisiini liukenee. Myös maidon kaseiini auttaa kapsaisiinin poltteeeseen, sillä rasvahakuinen kaseiini takertuu kapsaisiinin lipidihäntään ympäröiden molekyylin. Saippuan tavoin se auttaa huuhtomaan kapsaisiinia pois. (Senese 2010.)



Kuva 3. Kapsaisiini, 8-metyyli-*N*-vanillyyli-6-noneeniamidi, on rasvaliukoinen molekyyli, joka sitoutuu vanilloidireseptori-nimiseen kipureseptoriin aikaansaaden ihmisessä saman aistiärsyksen kuin tulikuuma lämpö tai hankausvamma. (NLM.)

Chilin kapsaisiinit voivat ennaltaehkäistä vatsahaavaa vähentämällä hapon eritystä, stimuloiden alkalien ja liman eritystä sekä parantamalla erityisesti mahalaukun limakalvon verenkiertoa. (Satyanarayana 2006:275.)

2.2 Tuotteen säilyvyyteen vaikuttavat tekijät

2.2.1 Kaupallisen tuotteen säilyvyys ja pastöinti

Kaupalliselle tuotteelle on välttämätöntä määrittää säilyvyys ja hyllyikä. Tuotteen tulee säilyä mahdollisimman pitkään muuttumattomana ja hyvälaatuisena, mielellään huoneenlämmössä. Kaupalliset einokset tavallisesti pastöroidaan eli lämpökäsitellään. Lyhyehkö pastörintiaika ei tuhoa kaikkia mikrobeja, mutta riittää patogeenien tu-

hoamiseen. Mitä korkeampi pastörintilämpötila ja -aika, sitä enemmän entsyymit inaktivoituvat ja sit enemmän pilaavien mikrobien määrää pienenee. Tuorepuristettuina myytävät mehut on pastöroitu varovasti, yleensä 15 sekunnin ajan +80 °C:ssa. (Peusa & Piilo [toim.] 2006:12.)

Alun perin tuoreena tarjoitavan tuotteen saaminen säilyväksi vaatii kompromisseja. Vertaamalla esimerkiksi tuoreista yrteistä valmistettua pestoa ja kaupan voimakkaasti pastöroitua purkkipestoa saa käsityksen säilyvyyden eteen tehdyistä uhrauksista. Purkkipeston maku on latteaa vastine tuoreelle esikuvalleen.

Lämpökäsittely ei ole ainut pastörintimenetelmä. Sähkön perustuvia pastörintimenetelmiä (Pulse Electric Field, PEF) on kehitetty käytettäväksi sellaisten tuotteiden kohdalla, joille lämpökäsittely ei sovellu esimerkiksi maun, värin tai tekstuurin muutoksen johdosta. PEF-pastörinti soveltuu hyvin esimerkiksi pastöroimaan raakaa kananmunamassaa. Tutkittavan kastikkeen kannalta menetelmän etuna olisi vähäisempi vaikutus elintarvikkeen makuun. PEF-pastörinti ei inaktivoi entsyymejä yhtä hyvin kuin lämpökäsittely, mutta on muutoin vertailukelpoinen pastörintimenetelmä lämpökäsittelyn kanssa. (Ramaswamy et al. 2005)

2.2.2 Mikrobiologinen pilaantuminen

Mikrobiologinen pilaantuminen on elintarviketurvallisuuden kannalta merkittävä riskitekijä. Suomessa on raportoitu elintarvikeperäisiä ruokamyrkytys epidemioita 1975 lähtien. Vuonna 2006 tuoreet kasvikset ja niistä valmistetut tuotteet ohittivat ensimmäistä kertaa lihatuotteet merkittävimpinä epidemioiden aiheuttajina. Yleisimmät elintarvikeväitteiset epidemioiden aiheuttajat Suomessa ovat vuosina 2000–2005 kerätyn aineiston perusteella norovirus (24 %), *Salmonella* (7 %), *Clostridium perfringens* (6 %), *Bacillus cereus* (5 %) sekä biogeeniset amiinit (4 %). Noin 42 %:ssa ruokamyrkytys epidemioista epidemian aiheuttaja jää tuntemattomaksi. (Niskanen et. al 2007.)

Dheeraj K. Vats tutki kollegoineen juuresten ja vihannesten patogeenejä. Hänen intialaisesta marketista ostamistaan viidestäkymmenestä (50) korianterista 15 sisälsi *Salmonellaa*, 14 *Escheriacia colia*, 28 *Staphylococcus aureusta* ja 32 *Pseudomonas aeruginosaa*. Tutkimuksessa kuitenkin todetaan, että yhtenä kontaminaatiolähteenä voi olla vihannesten huuhtominen kontaminoituneella vedellä ennen niiden laittamista myyntiin.

(Dheeraj K. Vats et al.) Vastaava espanjalaisessa tutkimuksessa löydettiin salmonelaa 1,4 % tutkituista prosessoimattomista kasvisnäytteistä. (Abadias M. et al. 2008.)

Kullakin patogeenilla on erilaiset kasvuvaatimukset, joiden on täyttyvä, jotta mikrobit voivat lisääntyä. Näitä vaatimuksia on esitetty taulukossa 2. Tärkeimmät patogeenien kasvua rajoittavat tekijät ovat pH ja veden aktiivisuus (a_w).

Taulukko 2. Ruokamyrkytyksiä ja elintarvikevälitteisiä infektioita aiheuttavien bakteerien kasvuvaatimukset (Hallanvu 2010:13.)

Bakteeri	Lämpötila		pH	a_w minimi	NaCl % estää kasvun	Erytyspiirteitä
	Kasvualue °C	Optimi °C	Kasvualue			
<i>Aeromonas hydrophila</i>	3 – 45	15 – 20 tai 22 – 37	4,5 – 10,0	0,91	3,5 %	Eri kantojen kasvuominaisuudet vaihtelevat
<i>Bacillus cereus</i>	4 – 50	30 – 37	4,9 – 9,3	0,95	10,0 %	Itiöllinen, tuottaa enterotoksiineja
<i>Campylobacter spp.</i>	30 – 45	37 – 42	4,9 – 9,0	0,99	2,5 %	Mikroaerofiilisiä
<i>Clostridium botulinum A</i>	10 – 48	35	4,7 – 8,9	0,94	5,5 %	Itiöllinen, tuottaa neurotoksiineja
<i>Clostridium botulinum B</i>	Vaihtelee	30 – 35	4,7 – 8,9	0,94	5,5 %	Itiöllinen, tuottaa neurotoksiineja
<i>Clostridium botulinum E</i>	3 – 45	30	4,8 – 8,9	0,97	5,5 %	Itiöllinen, tuottaa neurotoksiineja
<i>Clostridium perfringens</i>	10 – 54	43	5,0 – 8,5	0,93	6-8 %	Itiöllinen, tuottaa enterotoksiinia
<i>Escherichia coli enterohemorraaginen</i>	7 – 50	30 – 40	4,4 – 9,0	0,95	8,5 %	Tuottaa Shigatoksiinin kaltaisia toksiineja
<i>Listeria Monocytogenes</i>	-0,4 – 44	35 – 37	4,1 – 9,6	<0,92	>10,0 %	Lisääntyy jääkaappilämpötilassa
<i>Salmonella spp</i>	5 – 46	35 – 37	4,5 – 9,5	0,95	9,0 %	
<i>Shigella spp.</i>	7 – 46	37	2,5 – 9,2	0,95	>5,0 %	Huono kilpailija elintarvikkeissa
<i>Staphylococcus aureus</i>	7 – 48	37 – 40	4,0 – 9,8	0,86	>15,0 %	Tuottaa enterotoksiineja
<i>Vibrio cholerae</i>	8 – 42	30 – 35	5,0 – 10,6	>0,95	10,0%	Vedessä ja kalastustuotteissa
<i>Vibrio vulnificus</i>	8 – 43	37	5,0 – 10,0	0,96	0 % tai >8,0 %	Merivedessä ja kalastustuotteissa
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	5 – 42	30 – 37	4,8 – 11,0	0,94	0 % tai >10,0 %	Merivedessä ja kalastustuotteissa
<i>Yersinia enterocolitica</i>	-2 – 44	25 – 29	4,0 – 10,0	0,96	>5,0 %	
<i>Yersinia pseudotuberculosis</i>	5 – 43	25 – 29	5,0 – 9,6	0,96	>3,5 %	Muistuttaa kasvuvaatimuksiltaan <i>Y. enterocolitica</i>

2.2.3 Suolapitoisuus ja veden aktiivisuus (a_w)

Veden aktiivisuusarvolla (a_w) tarkoitetaan elintarvikkeen vapaan veden määrää eli sellaisen veden osuutta, joka ei ole sitoutunut elintarvikkeeseen. Matalissa veden aktiivisuuksissa molekyylien liikkuvuus on vähäistä, joten erilaiset muutokset eivät pääse tapahtumaan. Vastaavasti korkeassa veden aktiivisuudessa molekyylien lisääntynyt liikkuvuus edesauttaa kemiallisten reaktioiden tapahtumista. Mikrobit tarvitsevat eläkkeeseen ja lisääntyäkseen vettä.

Mitä alhaisempi veden aktiivisuus on, sitä paremmin tuotteet tavallisesti säilyvät. Poikkeuksena tähän on äärimmäisen alhaisilla veden aktiivisuuksilla nopeutuva hapettuminen. Veden aktiivisuutta voidaan alentaa vettä sitovilla yhdisteillä, kuten suolalla tai sokerilla. Muita keinoja alentaa veden aktiivisuutta ovat lämpötilan laskeminen, pakastaminen tai veden poisto esimerkiksi kuivaamalla, suodattamalla tai haihduttamalla. (Jouppila 2006.)

Elintarvikkeessa olevan veden aktiivisuusarvo on sama kuin sen sisältämän vapaan veden suhteellinen höyrynpaine jaettuna sadalla. Monet veden aktiivisuuden mittaamenetelmät perustuvat elintarvikkeen ja sitä ympäröivän ilman höyrynpaineen tasapainotilan määrittämiseen. Tämä tapahtuu mittaamalla ympäröivän ilman suhteellinen kosteus arvo ja jakamalla se sadalla. Vastaavasti ympäröivän ilman korkea suhteellinen kosteus nostaa avoimen tai pakkaamattoman tuotteen veden aktiivisuutta. Mikäli suhteellinen ilmankosteus on yli 80 %, elintarvikkeessa voi alkaa tapahtua sen laatua heikentäviä muutoksia, joiden katsotaan alkavan veden aktiivisuuden ollessa yli 0,8. (Jouppila 2006.)

2.2.4 pH

pH eli happamuus tai emäksisyys vaikuttaa laajasti tuotteen säilyvyyteen ja makuun. Hyvin alhainen tai korkea pH-arvo lisää tuotteen säilyvyyttä. Bakteerien lisääntyminen ja aineenvaihdunta riippuu vahvasti pH-arvosta. Bakteereilla ja entsyymeillä on omat optimit pH-arvonsa. Monet bakteerit, kuten esimerkiksi enterobakteerit (esimerkiksi *Salmonella*) eivät lisäännä happamissa hedelmissä. (M. Abadias et al. 2008: 127.) Entsyymille epäsuotuisassa pH:ssa entsyymit denaturoituvat eli menettävät kolmiulotteisen rakenteensa ja siten aktiivisuutensa. (Taulukko 2, s.7.)

Happamista kasviksista saatavat mehut, joiden pH on alle 4,2, säilyvät ilman lämpökäsittelyäkin valolta suojattuna viileässä useita viikkoja. Pidempään säilytykseen suositellaan pastörintia. (Peusa & Piilo [toim.] 2008: 9.)

2.2.5 Säilyvyyden edistäminen

Vaikka työssä tutkittu kastike on happamuutensa sekä korkean suolapitoisuuden johdosta lähtökohtaisesti mikrobiologisesti hyvin säilyvä, tulee mahdolliset kontaminaatiolähteet kartoittaa ja huomioida. Kontaminaatiolähteitä ovat karkeasti ottaen raaka-aineet, raaka-aineiden pesuvesi, pilkkominen, seoksen valmistus, pakkaus, logistiikka ja säilytys. Tarvittaessa korianteria ja chiliä voidaan desinfektoida esimerkiksi pesemällä sitä otsonoidulla vedellä. (Wang et al. 2004.)

Tuotteen alhainen pH ja matala a_w suojaavat tuotetta mikrobien lisääntymiseltä. Sen sijaan kemiallinen hapettuminen on edelleen mahdollista. Korianteri voi hapettua säilytyksen aikana, mikä johtaa sen tummumiseen. Tummunut korianteri ei näytä eikä maistu tuoreen veroiselle. Hapettumisen estäminen onkin kastikkeen laadun kannalta oleellinen kysymys. Hapettumista voidaan hidastaa tai estää huolehtimalla, ettei tuotteeseen pääse happea sekä hapettumista hillitsevillä lisäaineilla, antioksidanteilla. C-vitamiinin lisäys suojaisi teoriassa korianteria ja muita kastikkeen komponentteja hapettumiselta. C-vitamiinin käytöllä ei ole ylärajaa, mutta antioksidanttisen vaikutuksen aikaansaamiseen riittää 1 ‰ (1 g C-vitamiinia kiloon tuotetta) (Peusa & Piilo [toim.]2008: 17.)

2.2.6 Happi ja hapettuminen

Mikrobiologisen pilaantumisen ohella myös hapettuminen voi pilata elintarvikkeen. Vitamiinit hapettuvat, rasva härskiintyy ja väri tummuu hapettumisen vaikutuksesta. Hapettumisen estäminen on tärkeä tekijä tuotteen tuoreuden säilyttämiseksi.

Tuoreena varastoitavat marjat ja hedelmät tarvitsevat happea ylläpitääkseen soluhengitystä, jonka estyessä ne pilaantuvat nopeasti. Säilyvyyden lisäämiseksi soluhengitys pyritään pitämään mahdollisimman vähäisenä solua tappamatta. Tämä tapahtuu jäädyttämällä ja mahdollisesti muuttamalla ympäröivän kaasun koostumusta. (Peusa & Piilo [toim.] 2006.)

Happi on merkittävin mikrobien kasvuun vaikuttava kaasu. Happi mahdollistaa aerobisten mikrobien kasvun, ja sen läsnä ollessa elintarvikkeessa tapahtuvat kemialliset hapettumisreaktiot nopeutuvat. Toisaalta anaerobisten mikrobien kasvu estyy niiden jouduessa kosketuksiin hapen kanssa. Hapettuminen on lähes poikkeuksetta epäedullinen tapahtuma, jossa elintarvike tummuu tai härskiintyy.

Hedelmät ja vihannekset hapettuvat nopeasti ollessaan kosketuksissa hapen kanssa. Hapettumista edesauttavat kasvien omat entsyymit, kuten polyfenolioksidaasient-syymi. (Gómez-López 2012:105)

Entsyymit tarvitsevat sopivan lämpötilan, suolapitoisuuden, happamuuden ja veden aktiivisuuden toimiakseen hyvin. Optimiolosuhteiden ulkopuolella entsyymien aktiivisuus laskee. Liian korkea lämpötila tai suolapitoisuus sekä liian hapen tai emäksinen ympäristö voi denaturoida entsyymin, jolloin entsyymi menettää kolmiulotteisen muotonsa ja aktiivisuutensa. Toisinaan denaturoituminen on reversiibeliä, eli entsyymi voi vielä palautua toimintakuntoiseksi, mutta muutos voi olla myös pysyvää, irreversiibeliä.

Helposti hapettuvana yhdisteenä C-vitamiinin säilymistä tuotteessa voidaan pitää mitta-rina tuotteen hapettumisesta. Pakastetuille vihanneksille tehtyjen tutkimusten perusteella C-vitamiini säilyy pakastaessa tuoreen veroisena. (Favell 1998.)

2.2.7 Lämpötila

Alhainen lämpötila pidentää yleisesti elintarvikkeiden säilyvyyttä hidastamalla mikrobi-en jakautumista ja aineenvaihduntaa sekä vähentämällä entsyymiaktiivisuutta ja hapet-tumista. Entsyymiaktiivisuus ei silti välttämättä pysähdy edes pakastuksessa. Esimerik-si mustikoihin on pakastettaessa lisättävä sokeria, jottei pakastuksen aikana tapahtuva entsyymiaktiivisuus kuluttaisi kaikkea sokeria.

2.2.8 Lisäaineiden käyttö

Lisäaineiden käyttö on puhuttanut viime vuosina sekä kuluttajia että ruoka-alan ammat-tilaisia. Lisäaineiden terveysvaikutuksista tietoa etsivän on oltava erityisen lähdekriitti-nen, sillä internet pursuaa aiheesta kirjoitettuja epäluuloja lietsovia tekstejä, joista puut-tuvat asialliset lähteet. Tieteellisen tiedon puuttuminen leimaa keskustelua. Asiallisen

tiedon puutteessa yleisimmin lisäaineisiin ja niiden tarpeellisuuteen suhtaudutaan lähinnä epäilevästi. Niillä uskotaan olevan haitallisia terveysvaikutuksia, vaikkei näitä osattaisikaan nimetä tai tunnistaa. Joihinkin lisäaineisiin liitetään negatiivisempia mielikuvia kuin toisiin. Lisäaineisiin yhdistettäviä positiivisia mielikuviaakin löytyy. Näitä ovat ainakin ajatukset tuotteen paremmasta säilyvyydestä ja turvallisuudesta. (Hellman 2012.)

Kuluttaja välttää mielellään tuotteita, jossa on paljon E-koodeja. (Kauppalehti 21.1.2011.) Valmistajien tulisi käyttää tuotteissaan lisäaineita vain, jos ne ovat erityisen tarpeellisia. Mahdollisuuksien mukaan lisäaineiden käyttöä kannattaa välttää jo pelkästään mielikuvasyistä, vaikka lisäaineesta ei tiedettäisi aiheutuvaan mitään haittaa. Päätoksenteossa kuluttajan tunteet ja mielikuvat ovat lopulta ratkaisevassa roolissa. Valmistajan kannattaa kunnioittaa kuluttajan epärationaalisiakin tuntemuksia, mikäli haluaa tuotteensa myyvän hyvin. Elintarvikevalmistaja Snellman jätti vuonna 2010 kaikista valmisteistaan pois aromivahventeena käytettävän natriumglutamaatin perustellen toimintaansa seuraavasti:

”Vaikka se ei olisikaan haitallista, mielestämme oikea maku on parempi kuin maun vahvistaminen keinotekoisesti.” (Snellman.fi.)

Lähes sata vuotta sitten löydetyistä natriumglutamaatista on tehty paljon tutkimuksia, joista toiset ovat löytäneet viitteitä sille, että natriumglutamaatilla voisi olla osalle ihmisistä tilapäisiä haitallisia terveysvaikutuksia. Toiset tutkimukset taas osoittavat, ettei natriumglutamaatti aiheuta plaseboa suurempaa vaikutusta. (Tarasoff & Kelly 1993.)

Negatiivista E-koodi-assosiaatiota voi hieman kiertää kirjoittamalla E-koodin auki. Esimerkiksi hapettumisen estoon käytettävän aineen E300 voi kirjoittaa auki muotoon C-vitamiini tai askorbiinihappo. Tunnistettava nimi ei herätä kuluttajassa lainkaan niin suuria epäluuloja kuin epäilyttävän kuuloinen E-koodi.

Monien lisäaineiden käytölle ei ole mitään ylärajaa, mutta ”quantum satis” -periaatteen mukaisesti säilöntäainetta tulisi lisätä vain vaikutuksen aikaansaamiseksi tarvittava määrä. Yksi tällainen luonnollinen vapaasti käytettävä antioksidanttinen lisäaine on C-vitamiini. (Peusa & Piilo [toim.]2008: 17.)

2.3 Elintarvikelainsäädäntö velvoittaa toimijoita

2.3.1 Omavalvontasuunnitelma

Suomessa ja EU:ssa elintarvikealan toimijoita velvoitetaan tunnistamaan prosessiensa vaarakohdat ja luomaan vaaroille hallintajärjestelmät. Elintarvikelaki 13.1.2006/23 §20 edellyttää elintarvikealan toimijoilta omavalvontasuunnitelman laatimista. Markkinoille ei saa saattaa tuotteita, jotka eivät ole turvallisia. Turvallisuus pitää varmistaa ennen tuotteen saattamista markkinoille ja sitä tulee seurata tuotteen ollessa markkinoilla. Tämä edellyttää Eviran ohjeen 10502/1 mukaista asianmukaisesti suunniteltua näytteenottoa. (Maa- ja metsätalousministeriö 2006.)

Toimijan näytteenotto- ja analyysisuunnitelmaan tulee elintarvikelain (23/2006) mukaisesti sisällyttää elintarviketurvallisuuden kannalta välttämättömät omavalvontatutkimukset, jotka on jaoteltu laboratorioasetuksessa seuraavasti:

1. tutkimukset, jotka elintarvikemääräyksissä on säädetty toimijan tehtäväksi,
2. tutkimukset, jotka toimijan HACCP-pohjaisessa omavalvontasuunnitelmassa todentavat vaarojen hallintaa,
3. tutkimukset, jotka valvontaviranomainen muuten tekemänsä riskien arvioinnin perusteella katsoo välttämättömiksi elintarviketurvallisuuden varmistamiseksi. (elintarvikelaki 23/2006.)

Omavalvontasuunnitelman tulee sisältää näytteenotto- ja analyysisuunnitelma. Tuotteen laadun ja turvallisuuden määrittämiseksi luotettavasti tuote-eristä tulee ottaa riittävän edustava määrä näytteitä, esimerkiksi viisi kappaletta (5 kpl). Jokaisella pakkauksella tulee olla mahdollisuus valikoitua näytteeksi. Objektiiivinen satunnaisotantaan perustuva näytteenotto tuottaa vertailukelpoisia tuloksia, joista voidaan tehdä tilastollisia johtopäätöksiä. (Evira 2009b.)

2.3.2 HACCP

Tuotteiden laadun ja turvallisuuden varmistamiseksi elintarvikelainsäädäntö edellyttää HACCP-menetelmän käyttämistä. Lyhenne tulee sanoista Hazard Analysis & Critical Control Point (vaarojen arviointi ja kriittiset kontrollipisteet). Menetelmässä selvitetään ne vaiheet, jotka voivat altistaa tuotteen laadun heikkenemiselle tai elintarviketurvallisuuden vaarantumiselle. Näille vaiheille määritetään raja-arvot, jotka eivät saa ylittyä.

Kriittisiä kontrollipisteitä ovat esimerkiksi prosessointi- ja varastointilämpötilat, suhteellinen ilmankosteus sekä raaka-aineiden ja lopputuotteen varastointiajat.

Turvallisuuden ja laadun lähtökohtana on toisaalta raaka-aineiden hankinta luotettavilta toimittajilta, joiden tuotteiden alkuperä on jäljitettävissä sekä toisaalta hygieeniset ja tarkoituksenmukaiset tuotantolaitteet ja -menetelmät. (Evira 2009b.) Tuoreiden tai minimaalisesti käsiteltyjen kasvien patogeenein inaktivoinnissa tärkeintä on ennaltaehkäisy. (Gómez-López [toim.] 2012:105.)

Elintarvikkeiden laadulle asetetut viitearvot vaihtelevat. Tuoreita kasviksia ja salaatteja käytettäessä $<10^4$ pmy/g/ml luokitellaan hyväksi arvoksi. Mikäli arvo ylittää $>5 \cdot 10^7$ pmy/g/ml, salaatti katsotaan pilaantuneeksi. (Dheeraj K.Vats et al s.6.) On kuitenkin myös esitetty, etteivät tuoreiden ja minimaalisesti käsiteltyjen kasvien mikrobipitoisuudet suoraan korreloi niiden laadun heikkenemisen tai pilaantumisen kanssa, ellei kyseessä ole hiiva tai maitohappobakteeri. (Gómez-López [toim.] 2012:110.)

2.3.3 Pakkaus ja pakkausmerkinnät

Elintarvikkeiden pakkaaminen on erittäin oleellinen osa elintarviketeollisuutta. Pakkaus ei pelkästään suojaa tuotetta ja mahdollista sen kuljetusta logistiikkaketjun läpi tehtaalta kauppaan, vaan pakkauksen tulee myös tehdä tuotteesta houkutteleva kaupan hyllyllä ja sisältää lakisääteiset pakkausmerkinnät.

Lakisääteisiä pakkausmerkintöjä ovat elintarvikkeen nimi, sisällön määrä, ainesosaluettelo, päiväysmerkintä sekä valmistajan, valmistuttajan, pakkaajan, maahantuojan, markkinoijan tai myyjän nimi ja osoite. Allergiaa tai yliherkkyyttä aiheuttavat aineet tulee merkitä, olipa niitä tuotteessa kuinka vähän tahansa. Tuotteen nimen tulee olla yksilöivä ja elintarvikkeen koostumusta kuvaava tai muutoin vakiintunut nimi, kuten *ranskanleipä*. Joidenkin elintarvikkeiden nimi ja koostumus on määritelty lainsäädännössä, jolloin tätä nimeä on käytettävä, kuten esimerkiksi *hillo*, *mehu*, *suklaa*, *makkarat* ja *maito*. Nimi ei saa olla harhaanjohtava; esimerkiksi *mansikkajogurtin* tulee sisältää mansikkaa, ja mansikan määrä on ilmoitettava pakkauksessa. Jos maku on aikaansaatu vain keinotekoisin aromein, nimen tulee olla *mansikan makuinen jogurtti*. EU:ssa tiettyjen tuotteiden nimet on suojattu maantieteellisen alkuperänsä perusteella, kuten kreikkalainen *feta*-juusto, tai valmistustavan perusteella, kuten *sahti*. (Evira 2009a.)

Ainesosaluettelossa tulee ilmoittaa ainesosat paljousjärjestyksessä suurimmasta ainesosamäärästä pienimpään. Mikäli ainesosa koostuu useammasta ainesosasta, koostumus luetellaan tämän ainesosan kohdalla suluissa. Periaatteessa kaikki ainesosat tulee ilmoittaa, mutta esimerkiksi mausteseoksen sisältämiä ainesosia ei tarvitse erotella, mikäli niitä on korkeintaan kaksi prosenttia (2%) tuotteen määrästä. Ainesosien määrää ei yleensä tarvitse ilmoittaa, ellei ainesosaa mainita tuotteen nimessä, tai erityisesti korosta pakkauksessa. (Evira 2009a.)

Tarvittaessa pakkaukseen on merkittävä myös alkuperämaa, säilytysohje, käyttöohje tai varoitusmerkintä, suolapitoisuus, ravintoarvo sekä tiettyjen ainesosien (esimerkiksi säilykkeen etikkaliemen) määrä.

3 Tutkimuksen tekeminen

3.1 Tutkimuksen lähtökohdat ja kysymyksen asettelu

Kastike perustuu ilman kirjallista ohjetta valmistettuun Thi Hong Tranin alkuperäisreseptiin. Kastike sisältää tuoretta limemehua, soijakastiketta sekä tuoretta korianteria ja chiliä. Raaka-aineiden tarve on kotioloissa arvioitu silmämääräisesti ja resepti on kehittynyt lukuisten yritysten ja erehdyksen kautta. Kastike on jalostunut toimivaksi tuotteeksi, jonka koostumusta ei ole tuotekehittelyssä tarkoitus muuttaa, ellei se osoittaudu säilyvyyden kannalta välttämättömäksi.

Tutkittava kastike on tuoretuote, josta erottuu pilkottu vihreä korianteri ja punainen chili. Väritään kastike on ruskean kellertävä. Tuotteen ulkonäkö on miellyttävä, ja tavoitteena on saada kaupallinen lopputuote esikuvan kaltaiseksi.

Soijakastiketta lukuun ottamatta kastikkeen ainesosat ovat tuoreita. Kastikkeen maussa oleellisia makuja ovat suolaisuus, happamuus ja umami. Lisäksi tuoreen limen ja korianterin yhdistelmä tuo makuun raikkautta ja aromikkuutta. Tuore punainen chili antaa kastikkeelle potkua. Suomalaiseen makuun kastike onkin verraten tulinen. Tuore korianteri tuo kastikkeelle ominaisen aasialaisen maun. Korianteri voi pitkässä säilytyksessä tummua hapettumisen ja happamuuden johdosta.

Tuorepuristettu lime antaa kastikkeen maulle pohjan, tuoden raikkautta ja miedon kirpeähköä happamuutta. Limen happamuus edesauttaa myös kastikkeen säilymistä. Limen sokeripitoisuus pehmentää hieman makua. Soijan suolainen, hapan maku sopii monipuolisesti erilaisten ruokien kanssa tuoden niihin aasialaisen vivahteen. Soijan suolaisuus parantaa kastikkeen säilyvyyttä sen veden aktiivisuutta (a_w) alentavan vaikutuksen johdosta. Soija aikaansaa umamin maun, tehden ruoasta maukkaampaa.

Selvittäessäni kastikkeen soveltuvuutta kaupalliseksi tuotteeksi olennaisia tutkimuskysymyksiä olivat:

1. Millainen on silmämääräisen reseptin ainesosien tarkka suhde?
2. Millaiset ovat kastikkeen säilymisen fysiologiset edellytykset ja raaka-aineista aiheutuva kontaminaatoriski?
3. Kykenevätkö mikrobit lisääntymään kastikkeessa sen happamuudesta ja korkeasta suolapitoisuudesta huolimatta?
4. Vaatiiko kastike pastöroinnin?
5. Millainen olisi kaupallisen tuotteen valmistusprosessi?

3.2 Tutkimuksen suunnittelu ja menetelmien valinta

3.2.1 Silmämääräisen reseptin tarkka määrittäminen

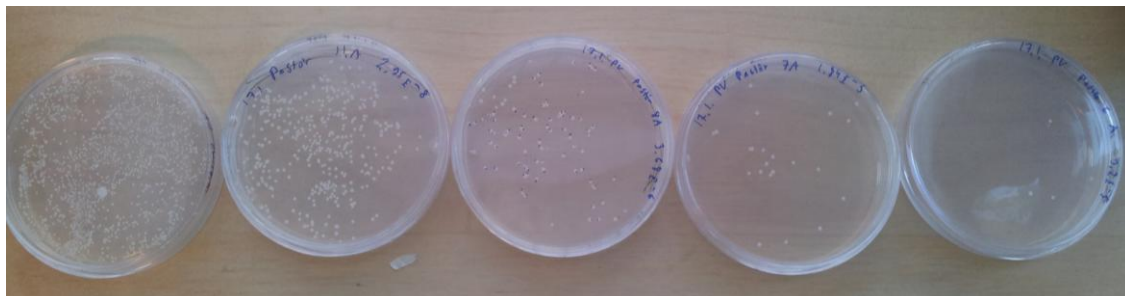
Koska kastikkeen reseptiä ei ole kirjattu ylös, se täytyy selvittää. Kastikkeen ainesosien suhde määritetään punnitsemalla raaka-aineiden kulutus koulun elintarviketekniikan laboratoriossa.

3.2.2 Säilyvyyden edellytysten selvitys

Selvitetään kastikkeen säilyvyyden fysikaaliset edellytykset mittaamalla kastikkeen pH, veden aktiivisuus (a_w) ja NaCl-pitoisuus. pH mitataan elektronisella pH-mittarilla. Veden aktiivisuus määritetään suhteellisen ilmankosteuden tasapainon asettumiseen perustuvalla mittarilla. Suolapitoisuus määritetään mittaamalla kastikkeen johtokyky ja vertaamalla sitä NaCl-standardisuoraan.

3.2.3 Raaka-aineiden kokonaispesäkemäärien selvittäminen

Raaka-aineista suurimman kontaminaatoriskin aiheuttaa tuore korianteri. Korianterin lehdet sisältävät tavallisesti erilaisia bakteereja, jopa patogeenejä kuten salmonellaa. Kirjallisten lähteiden perusteella korianterin mikrobipitoisuus vaihtelee 2×10^7 - 2×10^{10} pesäkettä muodostavaa yksikköä / g (pmy/g). (Dheeraj et al.)



Kuva 4. Yhdeltä petrimaljalta saadaan luotettavasti laskettua korkeintaan 300 pesäketä. Mikrobin kasvun kannalta otollisessa näytteessä mikrobeja voi olla miljoonia tai miljardeja grammassa. Tämän johdosta laimennossarjan on syytä ulottua riittävän suureen laimennokseen.

Tehdään kokonaispesäkemäärien viljelyt kaikille raaka-aineille ravinneagarmaljoille 10^{-7} -laimennokseen asti. Selvitetään, onko Suomessa myytävän kotimaisen ja ulkomaisen korianterin välillä eroa vertaamalla kotimaista ja aasialaisesta kaupasta hankittua kambodzalaista korianteria.

3.2.4 Kasvualustojen valmistus

Valmistetaan ja valetaan ravintoagarkasvualustaa petrimaljoille (170 levyä). 500 ml Erlenmayer-pulloihin lisätään 250ml ravintoalustaa alla olevan taulukon koostumuksen mukaisesti:

Taulukko 3. Ravintoagarkasvualustaresepti (1 L)

3 g	lihauute, beef extract
5 g	peptonia, LAB 105727/318
15 g	agaria
1 L	H ₂ O (ionivaihdettu)

3.2.5 Säilyvyyskokeen suunnittelu

Tutkitaan mikrobien lisääntymistä varastoinnin aikana viljelemällä kastikenäytteiden kokonaispesäkemäärää. (Taulukko 4.)

Taulukko 4. Säilyvyyskoetta varten valmistettavat kastikepakkaukset

avaus vrk (d)	näyte +25 °C	näyte +4 °C	näyte +25 °C pastöroitu	Näyte +4 °C pastöroitu	Laimennet- tu	
					2/3	½
0	viljellään	ei viljellä	vilj. + pH			
3						
7						
14						
21						
28						
35						
42						
49						

Suunnitelman tavoitteena on selvittää tuotteen hyllyikä, sopivin säilytyslämpötila (huoneenlämpö vai jääkaappilämpö) sekä säilyvyys avattuna. Viljellään myös laimennokset 2/3-näytettä ja ½-näytettä. Valmistetaan erä kastiketta ja jaetaan se kymmenen näytepullon eriin. Pastöroidaan kaksi erää, joista toista varastoidaan huoneenlämmössä, toista jääkaapissa. Näytepulloja valmistetaan koko seurantajaksolle riittävä määrä

Pulloja avataan yksi kerrallaan taulukossa 3 (s. 16) esitetyn suunnitelman mukaisesti. Jokaisesta pullosta otetaan yksi näyte avaamisen jälkeen. Näytteestä tehdään laimennossarja steriiliin fysiologiseen suolaliuokseen. Tehdään mikrobiologinen viljelmä laimennossarjasta ravintoagarmaljalle sekä arvioidaan aistinvaraisesti näytepullon sisällön makua, hajua ja ulkonäköä.

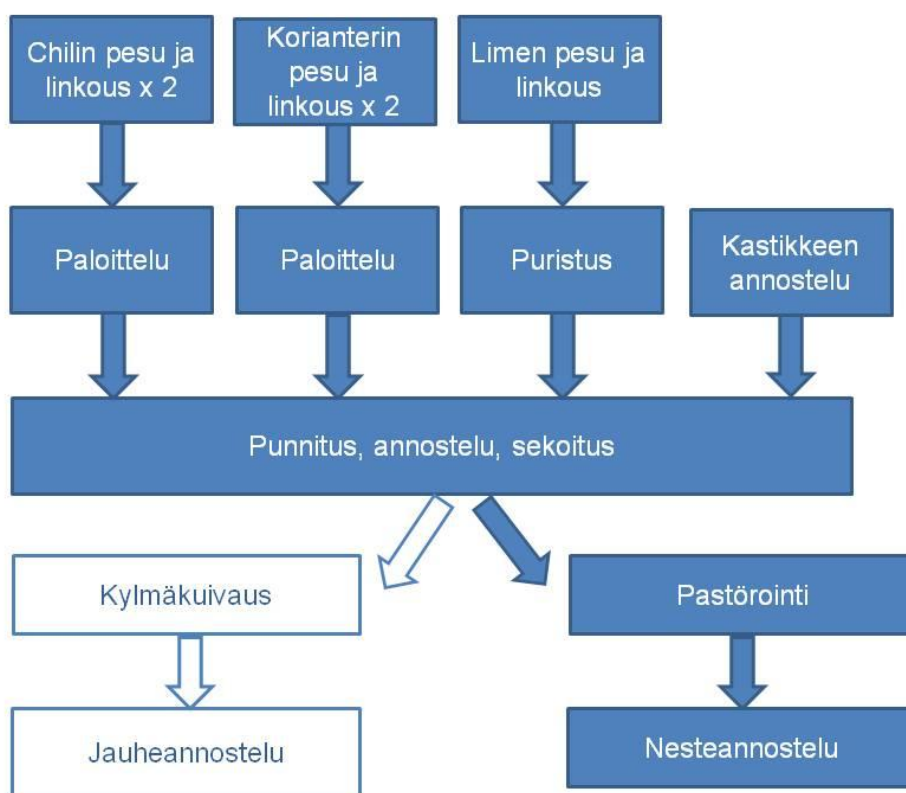
3.2.6 Teollisen valmistusprosessin suunnittelu

Kastikkeen tuotantoprosessin keskeiset vaiheet ovat raaka-aineiden pesu, paloittelu, punnitseminen, sekoitus, pastörointi ja annostelu pakkauksiin. Pienessä mittakaavassa kiintoaineita sisältävän kastikkeen annostelu ei tuota ongelmaa, mutta teollisessa mit-

takaavassa haasteiksi voivat muodostua annostelusuuttimien tukkeutuminen tai kiintoaineiden epähomogeeninen jakautuminen. Annosteluprosessia voisi helpottaa suodattamalla kiintoaineet pois, mutta tämä olisi koostumuksen kannalta epäedullinen ratkaisu; kastike on huomattavasti miellyttävämmän näköinen värikkäine korianteri- ja chilipaloineen kuin tasaisena, sameahkona liuksena.

Kiintoaineiden tasaisen jakautumisen voisi varmistaa annostelemalla raaka-aineet suoraan annospakkauksiin ja hoitamalla sekoituksen vasta pakkauksessa. Menetelmän haittapuolena olisi huomattava määrä tarvittavia punnituksia ja annostelukertoja, mikä voi johtaa kalliisiin laiteinvestointeihin. Järjestely tekisi myös pastöroinnista ongelmallista.

Varteenotettavin vaihtoehto on valmistaa kastike panosprosessina ja punnita raaka-aineet isoina erinä sekoitussäiliöön. Tuote pastöroitaisiin pumppaamalla se lämmönvaihtimen kautta annosteluun tai tarvittaessa erilliseen homogenointisäiliöön. Tekniset vaikeudet ovat voitettavissa esimerkiksi riittävän kookkailla suuttimilla ja kastikkeen jatkuvalla sekoittamisella.



Kuva 5. Tutkittavan kastikkeen valmistusprosessin vaiheet

Tuotteen pakkaus suoritetaan nesteannostelijalla lasipulloon tai muovikulhoon. Muovikulho kannattaa mielestäni sulkea repäistävällä kalvolla, jolloin kulhoa voi käyttää dippikippona samaan tapaan kuin esimerkiksi Hesburger-hampurilaisketjun dippiastioita. Hesburgerin käyttämät dippikulhot on tuottanut Finnvacum Oy syvävetotekniikalla ja kiilautuvalla kalvolla. (Stefan Kämpe, puhelinsoiton perusteella 2012.)

3.3 Tutkimuksen suoritus ja tulokset

3.3.1 Reseptin määrittäminen



Kuva 6. Kastikkeen valmistus reseptin selvittämiseksi. Kastike valmistettiin silmämääräisesti, minkä jälkeen punnittiin raaka-aineiden kulutus.

Reseptin koostumus selvitettiin koulun elintarviketekniikan laboratoriossa. Aluksi punnittiin raaka-aineiden määrät pakkauksissaan. Punnituksen jälkeen tehtiin kaksi erää kastiketta silmämääräisesti maun ja ulkonäön suhteen kotioloissa valmistettua kastiketta vastaavaksi. Raaka-aineet punnittiin uudelleen kunkin erän jälkeen kyseisen erän raaka-ainekulutuksen selvittämiseksi. (Taulukko 5; ks. myös liite 1.)

Taulukko 5. Reseptiin kuluneet raaka-aineet

	Ensimmäinen erä (vahva)	Toinen erä (miedompi)	keski-arvo
Soija	42 g	27 g	34,5 g
Lime	25 g (1kpl)	31 g	28 g
Korianteri	11 g (2 vartta)	16 g	19 g
Chili	2 g	2 g	2 g



Kuva 7. Limen kulutus saatiin punnitsemalla alkutilanne ja lopputilanne.

Chili olisi pitänyt punnita tarkemmalla vaa'alla, koska silmämääräisesti arvioiden sitä oli ensimmäisessä kastikkeessa enemmän. Ensimmäinen erä maistui selkeästi suolaisemmalta. Jälkimmäisen erän suolapitoisuus tuntui sopivammalta. Yleisesti ottaen toinen erä oli onnistuneempi.

3.3.2 pH-mittaaminen

pH mitattiin elektronisella pH-anturilla. Mittaustulosten perusteella (taulukko 6) kastike on hapan, mikä antaa hyvät edellytykset säilymiselle.

Taulukko 6. Kastikkeesta mitatut pH-arvot

	pH
Kastikenäyte 1	3,66
Kastikenäyte 2	3,48

3.3.3 Veden aktiivisuuden (a_w) mittaus

Veden aktiivisuus mitattiin a_w -Wert-Messer-mittarilla. Mittari kalibroitiin aluksi a_w 0,9 - liuoksella. Mittarin kammioon kaadettiin noin 10 ml kastiketta. Suhteellisen ilmankosteuden saavutettua tasapainon mittari näytti lukuarvoa $a_w = 0,94$.

3.3.4 Suolapitoisuuden määrittäminen johtokyvystä

Johtokyvyn ja NaCl-pitoisuuden välisen matemaattisen riippuvuuden selvittämiseksi, valmistettiin NaCl-standardisuora punnitsemalla ruokasuolaa mittapulloihin (liitteen 2 taulukon 11 prosenttiosuuksia vastaavat määrät). Näytteet laimennettiin ionivaihdetulla vedellä, minkä jälkeen johtokyky mitattiin elektoronisella johtokykymittarilla.

Johtokykymittarilla ei saatu lukemia laimentamattomasta kastikenäytteestä, joten siitä tehtiin kolme laimennosta, joiden perusteella kastikkeen johtokyky määritettiin. Kastikkeelle laskettu johtokykyarvo sijoitettiin standardisuoran yhtälöstä suolapitoisuuden suhteen ratkaistun kaavaan 3. (Liite 2.) Tuloksena saatiin kastikkeen suolapitoisuudeksi 8,2 p-%. (Taulukko 7).

$$\text{suolapitoisuus [m - \%]} = \frac{\text{johtokykyarvo} \left[\frac{\text{mS}}{\text{cm}} \right]}{12,288} \quad (\text{kaava 3})$$

Taulukko 7. Kastikkeen NaCl% standardisuoran perusteella

Näytteen johtokyky	101,0 mS / cm
Näytteen NaCl p-%	8,2 %

(Liite 2)

3.3.5 Korianterin ja chilin kokonaispesäkemäärän selvittäminen

Chilistä tehtiin alkulaimennos 10^{-1} punnitsemalla elintarvikkeiden homogenisointiin käytettävän Stomacher 400 Circulator -laitteen pussiin 30 g chiliä. Lisättiin 270 ml 0,9 % NaCl-liuosta. Sekoitettiin laitteella 60 sekunnin ajan nopeudella 230 rpm. Tämän jälkeen laimennossarjan tekemistä jatkettiin koeputkissa pipetoimalla 1 ml näytettä koeputkeen, jossa oli 9 ml 0,9 % NaCl-liuosta. Näin saatiin aikaiseksi 10^{-2} -laimennos. Jatkettiin laimennossarjaa siirtämällä sekoitetusta koeputkesta 500 µl näytettä seuraavaan koeputkeen, jossa oli 4,5 ml 0,9 % NaCl-liuosta. Jatkettiin laimennosta vastaavalla tavalla 10^{-7} -laimennokseen asti.

Korianterinäytteille määritykset tehtiin pesemättömistä näytteistä. Suomalaista korianteria oli ruukussa vain 15 g. Koska Stomacher 400 Circulator vaatii 300 ml näytetilavuuden, lisättiin korianterin kanssa 285 ml 0,9 % NaCl-liuosta. Näin ollen korianterin

alkulaimennos oli poikkeuksellisesti 1/20 normaalin 1/10 sijaan. Myöskään ulkomaalaista korianteria ei pesty. Sitä punnittiin 30 g ja lisättiin 270 ml 0,9 % NaCl-liosta, muuten näyte käsiteltiin kuin edellä.



Kuva 8. Korianterin alkulaimennos Stomacher 400 Circulator pussissa

Varsinainen viljely tehtiin maljaamalla eli kaatamalla petrimaljalle pipetoidun näytteen päälle +55 °C:seen temperoitua ravintoagarkasvualustaa ~25 ml. Jokaisesta laimennoksesta oli pipetoitu petrimaljoille 1ml näytelaimennosta. Maljoja inkuboititiin +32 °C:n lämpötilassa kolme (3) vuorokautta, minkä jälkeen kasvaneet pesäkkeet laskettiin.



Kuva 9. Chililaimennosta Stomacher 400 Circlator -laitteen näytepussissa.

Chilille tehtiin kokonaispesäkeluvun määrittäminen viljelemällä laimennosta ravintoagarkasvualustalle petrimaljalalla laimennoksina 10^{-1} – 10^{-7} , kuten korianterille.

3.3.6 Kokonaispesäkemäärien laskenta

Kokonaispesäkeluvuku lasketaan Eviran ohjeen mukaisesti painotettuna keskiarvona niiden maljojen perusteella, joilla kasvaa enintään 300 pesäkettä (kaava 1). Laimennoksilla kasvaneiden mikrobeiden määrät lasketaan jakamalla pesäkkeiden kokonaislukumäärä tutkitulla kokonaisnäytetilavuudella. (Evira 2011.)

$$N = \frac{C_1 + C_2 + \dots + C_n}{n_1 \times V_1 + n_2 \times V_2 + \dots + n_n \times V_n} \quad (\text{kaava 1})$$

jossa

$C_1 + C_2 + \dots + C_n$ = pesäkkeiden lukumäärä jokaiselta tuloksen laskentaan käytettävältä maljalta

n_1 = ensimmäisen laskentaan käytetyn laimennoksen rinnakkaisten lukumäärä

n_2 = toisen laskentaan käytetyn laimennoksen rinnakkaisten lukumäärä

V_1 = ensimmäistä pesäkelukua vastaava näytetilavuus (alkuperäistä näytettä)

V_2 = toista pesäkelukua vastaava näytetilavuus (alkuperäistä näytettä)

N = pmy (pesäkettä muodostavaa yksikköä)

Laskuesimerkki

$$N \text{ ulkomainen korianteri} = \frac{277+37}{1 \times 0,1 \text{ ml} \times 10^{-5} + 1 \times 0,1 \text{ ml} \times 10^{-6}} = \frac{314}{1,1 \times 10^{-6}} = 285454545 \approx 2,9 \times 10^8$$

pmy/g näytettä

3.3.7 Kastikenäytteen säilyvyyskoe

Taulukko 8. Resepti kastikkeelle

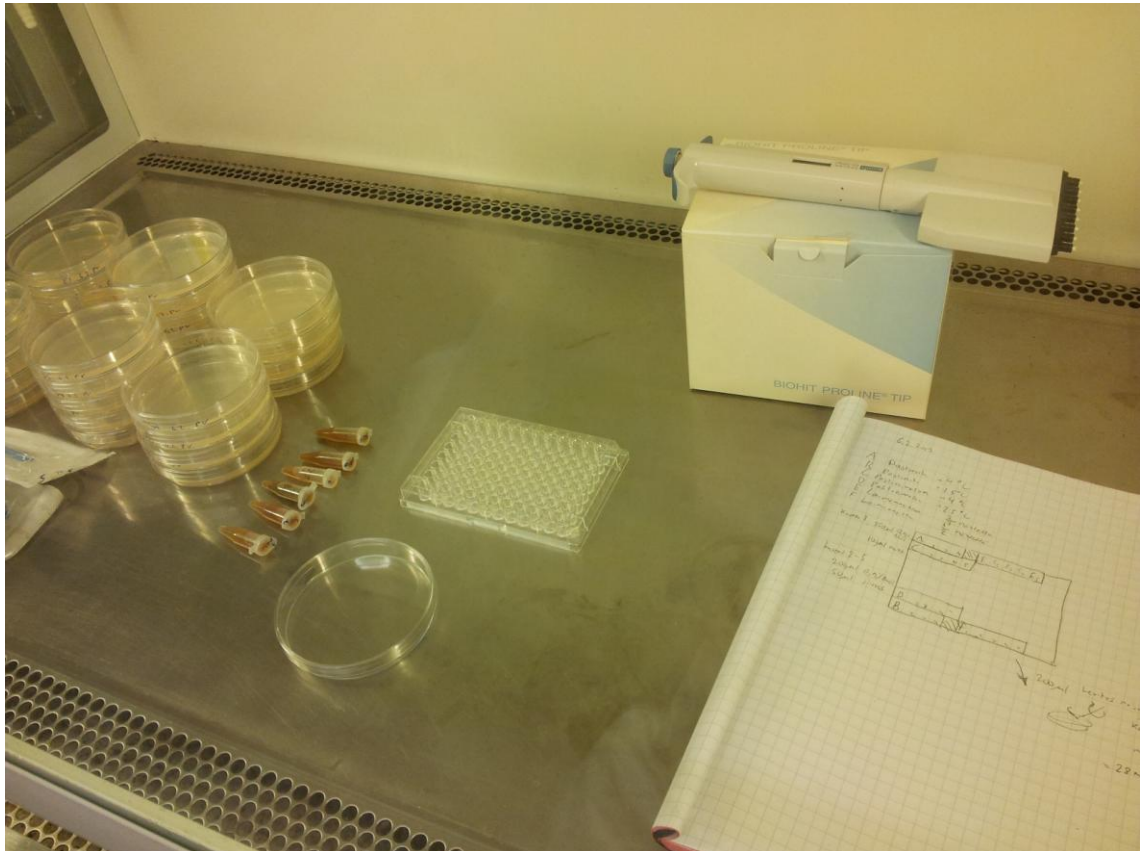
aine	määrä	kokonaispesäkemäärät kirjallisuuslähteissä	Viljelyllä todetut kokonaispesäkemäärät.
Lim	58,8 ml	0	0
Soija	52,7 ml	0	100 pmy / ml
Korianteri (kotimainen)	29 g	$1,7 \times 10^7 / g$	$2 \times 10^7 pmy / g$
Chili	3,06 g	$7 \times 10^6 / g$	$1,0 \times 10^7 pmy / g$

Korianteri pestiin kahdesti vesijohtovedellä upottamalla yrtit muovikulhoon, kuivaten ne lopuksi salaattilingolla. Punnittiin korianteri ja pilkottiin se hyvin hienoksi. Chili pestiin ja paloitetiin hienoksi. Puristettiin limemehu ja mitattiin sekä mehu että soija steriilillä mitalasililla. Sekoitettiin kastike puolen litran erlenmayer-pullossa. Kastike maistui melko vahvalta, joten alkuperäiseen reseptiin lisättiin limemehua.

Annosteltiin kastiketta steriloituihin suljettaviin 1,5 ml eppendorffputkiin. Laimennettavat näytteet laimennettiin fysiologisella suolaliuoksella. Tämän jälkeen putket täytettiin ja suljettiin.

Pastörintia oli tarkoitus nopeuttaa aloittamalla lämmitys kiehuva vesihautessa, mutta jouduin aikataulusyistä jättämään kiehuvan vesihautteen pois. Näytteiden oltua +85 °C:n vesihautessa muutaman minuutin lämpötila oli noussut vain +74 °C:n paikkeille. Tavoitteena oli pastöroida pulloja 15 sekunnin ajan +85 °C lämpötilassa. Pastörintiin riittää myös +71–74 °C:n lämpötila 30 sekunnin ajaksi, joten tyydyin tähän alhaisempaan pastörintilämpöön pidemmällä käsittelyajalla.

Annostellessa näytettä putkiin havaittiin kiintoaineen annosteleminen hyvin vaikeaksi. Pilkottu chili ja korianteri tukkivat helposti annostelussa käytetyt pipetit ja suppilon.



Kuva 10. Laimennossarja tehtiin steriilille 96-kuoppaiselle kuoppalevyille monikanavapipetillä.

Pipetoitiin steriilille 96-kuoppaiselle kuoppalevyille kuhunkin näytekaivoon 200 μ l steriiliä 0,9 % NaCl-liuosta, paitsi rivin ensimmäiseen kaivoon 250 μ l. Pipetoinnit tehtiin kahdeksakanavaisella Biohitin Proline -pipetillä (50-300 μ l).

Näytteille varattiin levyltä oma 12 kuopan rivi laimennossarjaa varten. Ensimmäinen rivi varattiin pastörimattomalle näytteelle ja seuraava rivi toisesta vastaavasta pullostä otetulle rinnakkaisnäytteelle. Seuraavat kaksi riviä oli valittu pastöroidulle näytteelle ja sen rinnakkaisnäytteelle.

Rivin ensimmäiseen kaivoon pipetoitiin puhtaalla kärjellä 100 μ l näytettä, josta seuraa 1/3,5-laimennos. Tämän jälkeen pipettiin asetettiin uudet neljä kärkeä ja aloitettiin laimennossarjan teko siirtämällä 50 μ l näytettä rivin seuraavaan kaivoon ja sekoittamalla pipetillä edestakaisella pipetointiliikkeellä viisi (5) kertaa. Tämän kaivon näytepitoisuus on laimentunut 1/5 edelliseen kaivoon nähden. Sekoituksen jälkeen kyseisestä kaivosta siirrettiin jälleen 50 μ l seuraavaan kaivoon, jälleen pipetillä sekoittaen. Vastaavasti pipetoiden edettiin koko rivi loppuun. Kun laimennossarja oli valmis, pipetoitiin kustakin

kaivosta 100 µl:n näyte valetulle ja merkatulle petrimaljalle ja levitettiin levityssauvalla. Pienemmän näytetilavuuden johdosta tässä viljelyssä ei käytetty maljausta, vaan valmiita levyjä.

Tekemällä laimennossarjan monikanavapipetointina kuoppalevyille pystyttiin pipetointia nopeuttamaan merkittävästi ja selvittiin pienemmällä näytemäärällä kuin koeputkia käytettäessä. Tulokset ovat myös vertailukelpoisempia keskenään, kun ne on tehty täsmälleen samoissa olosuhteissa.

Levityksen jälkeen levyt asetettiin +32 °C lämpökaappiin inkuboitumaan. Seuraavana päivänä kasvua ei ollut vielä havaittavissa. Jätettiin levyt inkuboitumaan yhteensä neljän vuorokauden ajaksi, minkä jälkeen mikrobit laskettiin.

3.3.8 Viljelyn tulosten arviointi

Taulukko 9. Ensimmäisen säilyvyyskokeen kokonaispesäkemäärät laimennoksittain

Laimennos	4,6E-4	9,1E-5	1,8E-5	3,7E-6	7,3E-7	1,5E-7	2,9E-8	5,9E-9
pastöroimaton 1	1 pmy	0	0	0	0	0	0	0
pastöroimaton 2	0	0	0	0	0	0	0	0
pastöroitu 1	0	0	0	0	0	0	0	2 pmy
pastöroitu2	0	0	0	0	0	0	0	0

Raaka-aineiden kokonaispesäkemäärien perusteella kastikkeen oletettiin sisältävän pesäkkeitä muodostavia yksiköitä suuruusluokassa (10^6 – 10^8). Ensimmäisessä viljelyssä viljeltiin 10^{-4} – 10^{-9} -laimennokset, jotka osoittautuivat ylilaimentuneiksi (taulukko 9). Tuloksen perusteella myöhemmissä kokeissa viljeltiin vain väkevämpiä laimennoksia $2,9 \times 10^{-1}$ – 5×10^{-5} .

Kasvun esiintyessä ainoastaan 1/2-osaan laimennetuissa putkissa säilyvyyskokeen jatkaminen kokonaispesäkemäärää viljelemällä ei ollut mielekäästä. Kastike oli mikrobiologisesti katsottuna selkeästi säilyvä pastöroinnista ja säilytyslämpötilasta riippumatta. Vaihtelu eri päivämäärien pmy/ml-arvojen välillä saattaa selittyä eri näyteputkien epätasaisella mikrobijakaumalla. (Säilyvyyskokeen tulokset liitteessä 4)

Viikon kuluttua kastike oli muuttunut hieman raudan makuiseksi. Maun muutoksen syytä ei ole mikrobien toiminta, joten tälle on oltava jokin toinen selitys. Vahvana ehdokkaana selittämään maun muutosta on hapettuminen. Myös muu kemiallinen tai entsyymaattinen reaktio voi olla osasyllisenä maun muutokseen.

Pastöroidun ja pastöroimattoman kastikkeen välillä ei ollut sanottavaa makueroa. Pastöroitu oli jopa hieman paremman makuinen. Maku ei enää ollut raikkaan tuore, joskaan ei epämiellyttävä. Heräsi kysymys, miten maun tuoreus ylipäätään selittyy. Korianterin tummumisen sijaan huomio kääntyi aromien säilymiseen.

Myöhemmät keskustelut ohjaajan kanssa ja kirjalliset lähteet antoivat ymmärtää, että maun muuttumisen taustalla voisivat olla juuri entsyymaattiset muutokset ja hapettuminen. Pastöroitu kastike maistui aavistuksen paremmalta todennäköisesti siksi, että sen entsyymiaktiivisuus oli kuumennuksesta johtuen laskenut.

Korianteri oli menettänyt väriään happamassa kastikkeessa, mutta veteen jättämäni korianterin väri ei muuttunut koko säilyvyyskokeen aikana. Hapettumisen estyminen todennäköisesti suojasi korianteria vedessä. Kastikkeen hapettuminen säilyvyyskokeen aikana viittaisi siihen, että eppendorffputkien muoviseos läpäisee hapetta. Lisäksi kastikenäytteet olisi pitänyt suojata valolta hapettumisen vähentämiseksi. Veteen varastoitu näyte oli valolta suojatussa ympäristössä. Mahdollisesti kastikkeen hapan pH oli osasyynä värin haalistumiseen.

4 Yhteenveto

Tutkimukseni perusteella kastike oli mikrobiologisesti hyvin säilyvää, muttei sellaiseenaan suoraan soveltuva kaupalliseksi tuotteeksi. Tähän vaikutti ennen kaikkea maun todennäköisesti hapettumisesta johtuva muuttuminen varastoitaessa. Huolimatta korianterin ja chilin korkeasta alkuperäisestä mikrobipitoisuudesta kastikenäytteiden mikrobipitoisuudet olivat säilytettäessä laskeneet erittäin alhaisiksi. Kastikkeen suolaisuus ja happamuus vähensivät selkeästi mikrobien määrää.

Reseptiin pitää mahdollisesti lisätä säilöntäaineita, pastöroida kastike voimakkaasti tai kylmäkuivata se. Näistä vaihtoehdoista kylmäkuivaus vaikuttaa varteenotettavimmalle ennen kaikkea lisäaineettomuutensa johdosta.

Tuoretuotteista pääosin koostuva alkuperäisresepti oli luonnonmukainen. Lähtiessäni kehittämään reseptistä kaupallista tuotetta tavoitteena oli säilyttää tämä ajan trendin mukainen luonnonmukaisuus ja lisäaineettomuus. Säilyvyyskokeiden seurauksena tinkimättömyys luonnonmukaisuudesta ja lisäaineettomuudesta joutui osin väistymään. Kaupallisella tuotteella täytyy olla kohtuullinen hyllyikä ja hapettuminen täytyisi jollain keinolla saada estetyksi. Tutkiessani muiden elintarvikkeiden lisäaineita ja niiden käyttötarkoituksia löytyi mahdollisia hapettumista estäviä säilöntäaineita.

5 Kehitysidea – kylmäkuivaus

Nestemäisen kastikkeen entsyymiaktiivisuutta on vaikea pysäyttää ilman makuun vaikuttavaa voimakasta pastörintia. Kastikkeen kylmäkuivaaminen jauheeksi pysäyttäisi entsyymiaktiivisuuden. Tällöin myös mikrobien kasvu sekä muut kemialliset reaktiot hidastuisivat tai pysähtyisivät ja säilyvyys paranisi. Tämä auttaisi tuotteen aromien säilymisessä ja logistiikassa ylipäättäen, sillä jauhe on keveää ja vie nestettä vähemmän tilaa. (Suihkonen 2013.)

Kastikkeesta ei enää olisi mitään syytä suodattaa kiintoaineita pois, sillä kuivattu kastike tulisi olemaan pelkkää jauhetta. Kylmäkuivattuna prosessi muuttuisi nestepakkauksesta jauhepakkaukseen. Ennallistettuun kastikkeeseen, johon on lisätty alkupe-

räistä vesimäärää vastaava vesi, kiinteät chilin ja korianterin kappaleet tuovat vain miellyttävää tekstuuria.

Terhi Suihkonen tutki puolukkamehun kylmä- ja sumukuivausta käyttäen kuivausta helpottamiseen kantaja-aineena maltodekstriiniä (MD), heraproteiini-isolaattia (WPI) ja näiden seosta. Hänen havaintojensa perusteella puolukkamehun kokonaisfenolimäärät säilyivät hyvin WPI:n ansiosta. Prosessissa MD sai aikaan kuitenkin suuremman partikkelikoon, joten WPI ja MD yhdistelmä toi parhaan lopputuloksen. (Suihkonen 2013.)

Marakassi-hankkeessa testattiin eri kuivauslämpötilojen vaikutusta mm. C-vitamiinipitoisuuksiin. Kuivauslämpötilalla havaittiin olevan selkeä vaikutus tyrnirouheen C-vitamiinin määrän. Korkeammassa lämpötilassa C-vitamiinipitoisuus oli pudonnut 1,5mg / 100g, kun alhaisemmassa kuivauslämmössä pitoisuus oli 37mg / 100g. Pakas- tekuvauksessa vitamiinihäviöitä ei juuri syntynyt, joten se on C-vitamiinipitoisuuden säilyttämiseksi paras säilöntämenetelmä. (Peusa, Jussi & Piilo, Tiina [toim.] 2006:58.)

Kylmäkuivaus tarjoaisi tutkimalleni kastikkeelle monipuolisia pakkausmahdollisuuksia. Tuotteen voisi pakata hapettomiin, valoa läpäisemättömiin pusseihin, jotka sopisivat kylkiäisiin monenlaisiin einespakkauksiin, kuten nuudeleihin tai nugetteihin. Maustekastiketta olisi kätevää liuottaa tarpeen mukaan käytettäväksi tai käyttää ruoan maustamiseen. Tuotteen rakenne muistuttaisi pikakahvia, jota valmistetaan kylmäkuivaamalla keitettyä kahvia.

Kastikejauhetta voitaisiin pakata myös kannellisiin dippikulhoihin, joissa olisi suljettava kansi ja selkeä merkintä siitä, mihin rajaan vettä tulisi lisätä. Tämän jälkeen kansi suljettaisiin ja kippoa ravisteltaisiin. Kippo voisi olla myös suunniteltu useampaa käyttöker- taan varten esimerkiksi siten, että kupin pohjalla olisi jauheelle erillinen laakea syvennys, johon jauhetta voisi lisätä oikean määrän erillisestä isommasta pakkauksesta. Tällä tavoin toteutettu kippo olisi erityisen hyödyllinen pikaruoan maustamisessa, grillatessa tai piknikillä. Pienet kulhot olisivat myös hygieenisinä, kun jokaisella ruokailijalla voisi olla oma astiansa. Varjopuolena on einesarjoille tyypillinen epäekologisuus.

6 Pohdintaa tuoreudesta

Tuoreista aineksista valmistetun kastikkeen maun säilöminen sellaisenaan ei osoittautunut mahdolliseksi. Tutkimukseni nostikin esiin kysymyksen ”miksi tuore maistuu tuoreelta?” Kysymykseen ei löytynyt tyydyttävää vastausta. Tuoreutta on todennäköisesti monenlaista, sillä tuoreen leivonnaisen ja tuoreen kasviksen tuoreus on erilaista. Tuoreuden taustalla voidaan olettaa olevan lyhytikäisiä yhdisteitä, sillä varastointi ja prosessointi poistavat tuoreuden. Soluhengityksen pysähtyessä tuoreus alkaa kärsiä. (Peusa & Piilo [toim] 2008.)

Nykyisin tuoreutta voidaan diagoosoida lähinnä aistinvaraisesti. Olisi tärkeää tietää, mikä makua aiheuttava asia muuttuu tuoreuden poistuessa. Ratkaisua voisi etsiä elävien solujen aineenvaihduntatuotteista tai haihtuvista komponenteista. Mahdollisissa jatkotutkimuksissa voisi tutkia tuoreita näytteitä kromatografisesti, tavoitteena saada tuoreutena aistittavat yhdisteet eristettyä..

Mikäli tuoreuden aistimiseen vaikuttavat yhdisteet tunnistettaisiin, löydöllä voisi olla merkittäviä kaupallisia sovelluksia. Kaupallisena sovelluskohteena voisi olla elintarvikkeiden valmistusprosessien optimointi tuoreuden säilyttämiseksi tai mennä vielä askel pidemmälle – tuoreuden säilyttämisestä tuoreuden lisäämiseen.

Ehkäpä tuoreutta voitaisiin jonain päivänä tuottaa juuri ennen elintarvikkeen nauttimista jopa suoraan elintarvikkeessa sopivasta substraatista räätälöidyn entsyymin avulla. Tämä vaatisi perusteellista tutkimusta, jonka ensimmäinen lähtökohta olisi selvittää mitä on tuore? Nykyisellään se on usein ensimmäinen elintarvikkeiden säilyvyyden kustannuksella uhrattava elementti.

Lähteet

- Abadias M. et al. 2008: *Microbiological quality of fresh, minimally-processed fruit and vegetables, and sprouts from retail establishments*. International Journal of Food Microbiology 123 (2008) 121–129
<http://missclasses.com/mp3s/Prize%20CD%202010/Previous%20years/Sprouts/contamination.pdf> (27.4.2013)
- Gómez-López, Vincente M [toim.] 2012: *Decontamination of fresh and minimally processed produce*. julkaisija Willey-Blackwell
- Parthasarathy, V.A., Chempakam, B., Zachariah, T. John: *Chemistry of Spices* 2008
- Peusa, Jussi & Piilo, Tiina (toim.) 2006: *Marjat ja hedelmät prosessissa*
http://www.hbsp.net/viikkifoodcentre/julkaisut/oppaat/fi_FI/oppaat/_files/11736978730003213/default/Marjat%20ja%20hedelmat%20prosessissa.pdf
 (27.4.2013)
- Hellman, Mia 2012: *Epäilyttävät e-koodit - kuluttajien käsityksiä ja mielikuvia ruoan lisäaineista*. Pro gradu -tutkielma. Helsingin yliopisto, taloustieteen laitos
<https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/34978/Gradu%20Mia%20Hellman.pdf?sequence=1> (26.4.2013).
- Jouppila, Kirsi 2006: *Veden aktiivisuus on oleellinen tekijä elintarvikkeiden säilyvyydelle*. Kehittyvä elintarvike 3/2006
<http://kehittyvaelintarvike.fi/teemajutut/38-veden-aktiivisuus-on-oleellinen-tekija-elintarvikkeiden-sailyvyydelle> (31.5.2013)
- MARS FINLAND: *Haluatko sinä syödä lisäaineita*. Kauppalehti 21.1.2011 artikkeli lisäaineista
http://www.kauppalehti.fi/5/i/yritykset/lehdisto/hellink/tiedote.jsp?selected=kaikki&oid=20110101/12956003819370&request_ahaa_info=true (28.4.2013)
- Dheeraj K.Vats et al.: *Enterobacteria and other pathogens in Salads and Spouts*
http://www.onlineijra.com/catogery/english%20research%20paper/Enterobacteria_and_other_pathogens.pdf (28.4.2013)

US patent No. 395,243 Dec 25 1888, *Julius Maggin patententti liittyen kuivattujen elintarvikkeiden pakkaamiseen*. <http://patft.uspto.gov/> (27.4.2013)

Evira 2009a: Mitä kaikkea elintarvikkeen pakkaus kertoo? <http://www.evira.fi/portal/fi/tietoa+evirasta/julkaisut/?a=view&productId=44>

Evira 2009b: *Elintarvikkeiden mikrobiologinen näytteenotto ja analyysit*, ohje 10502/1 <http://www.evira.fi/portal/fi/evira/julkaisut/?a=view&productId=123> (27.4.2013)

Evira 2011: *Mikrobiologisten tulosten laskeminen*. Eviran toimintaohje LAB 703/3 www.evira.fi/files/attachments/fi/evira/lomakkeet_ja_ohjeet/elintarvikkeet/elintarvike_ja_rehututkimus/mibi/lab_703_v3_mikrobiologisten_tulosten_laskeminen.pdf (27.4.2013)

Hallanvuo, Saija & Johanson, Tuula 2010: *Elintarvikkeiden mikrobiologiset vaarat*, Eviran julkaisuja 1/2010

Niskanen Taina, Korhonen Teija, Siitonen Anja, Johansson Tuula, Miettinen Ilkka 2007: *Ruokamyrkytykset Suomessa vuonna 2007*, Elintarviketurvallisuusvirasto Evira

Maa- ja metsätalousministeriö 2006: *Elintarvikelaki 13.1.2006/23* <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2006/20060023> (29.4.2013)

Gary K Beauchamp 2009: *Sensory and receptor responses to umami: an overview of pioneering work*. The American Journal of Clinical Nutrition September 2009 vol. 90 no. 3 723S-727S <http://ajcn.nutrition.org/content/90/3/723S.long>

Rhonda Parkinson 2011, Umami ja natrium glutamaatin historiaa <http://chinesefood.about.com/od/healthconcerns/p/MSG.htm> (27.4.2013)

Kauppalehti 3.3.2013: *Hevosenlihakohu on vähentänyt einesten syömistä* <http://www.kauppalehti.fi/etusivu/hs+hevoskohu+on+vahentany+einsten+syomista/201303372649>

- L Baad-Hansen et al. 2010: *Effect of Systemic Monosodium Glutamate (MSG) on Headache and Pericranial Muscle Sensitivity*. Cephalalgia January 2010 vol. 30 no. 1 68-76 <http://cep.sagepub.com/content/30/1/68.abstract>
- Senese, Frederick A. 2010: General Chemistry online, *Fire and Spice, Capsaicin* Kapsaisiiniin liittyvää kemiaa.
<http://antoine.frostburg.edu/chem/senese/101/features/capsaicin.shtml>
(27.4.2013)
- Suihkonen Terhi 2013: *Säilytyksen vaikutus sumutus- ja pakkaskuivatun puolukkamehun fysikaaliseen tilaan ja bioaktiivisten yhdisteiden määrään*. Helsingin yliopisto, Elintarvike- ja Ympäristötieteiden laitos
<https://helda.helsinki.fi/handle/10138/38312> (28.4.2013)
- Tarasoff, L., Kelly, M.F. 1993: Monosodium L-glutamate: A double-blind study and review, *Food and Chemical Toxicology* Volume 31, Issue 12, December 1993, Pages 1019–1035
- TQM 2003: *HACCP-TOTAL QUALITY MANAGEMENT (TQM) 2003* <http://www.htm.com/mfg-ppsm03/Ch1-Ap1-HACCPTQM.pdf> (28.4.2013)
- Xiaodong Li et al 2002: *Human receptors for sweet and umami taste*
Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS) vol. 99 no. 7 Xiaodong Li, 4692–4696
- Satyanarayana 2006: *Capsaicin and gastric ulcers*, *Crit Rev Food Sci Nutr*, Volume 46 issue 4 pp. 275-328 Pudmed abastrakti
- Loha-unchit 20xx: *Two Recipes Featuring Fish Sauce from Kasma Loha-Unchit*
http://www.templeofthai.com/recipes/fish_sauce.php (29.4.2013)
- E.F.P. Jelliffe et al. *Adverse Effects of Foods* 1982 s.212
- Favell, D.J.: 1998 *A comparison of the vitamin C content of fresh and frozen vegetables*, *Food chemistry* Volume 62, Issue 1, May 1998, Pages 59–64
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814697001659>

Wang, Hua & Feng, Hao & Luo, Yaguang 2004: Microbial reduction and storage quality of fresh-cut cilantro washed with acidic electrolyzed water and aqueous ozone
Food Research International 37 (2004) 949–956

NLM (National Library of Medicine): NCBI Pubchem: *Capsaisin CID 1548943*
<http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/summary/summary.cgi?cid=1548943>
(3.5.2013)

www.chillieworld.com *Scovillen asteikko*
http://www.chillieworld.com/factfile/Measuring_Chilli_Heat.asp (3.5.2013)

Korkeala Hannu, Lindrström Miia 2009: *Ruoan kautta tarttuvat bakteeritaudit*, Lääketieteellinen Aikakauskirja Duodecim 2009; 125(6):674-83
<http://www.terveysportti.fi/xmedia/duo/duo97942.pdf>

Ramaswamy, Raghupathy & Jin, Tony & Balasubramaniam, V.M. & Zhang Howard 2005: *Pulsed Electric Field Processing Fact Sheet for Food Processors*, Ohio State University Extension Fact Sheet
<http://ohioline.osu.edu/fse-fact/0002.html> (3.6.2013)

Shewfelt, Robert L :*Becoming a Food Scientist : To Graduate School and Beyond*

Muut lähteet

Puhelinsoitot:

Stefan Kämpe, Finnvacuum talouspäälikkö, puhelinkeskustelu 2012

Marko Uosukainen, Lihel Oy tuotekehitysvastaava, elintarviketekniikan maisteri
27.5.2013

Liitteet**Liite 1. Raaka-aineiden punnituspöytäkirja reseptin määrittämiseen**

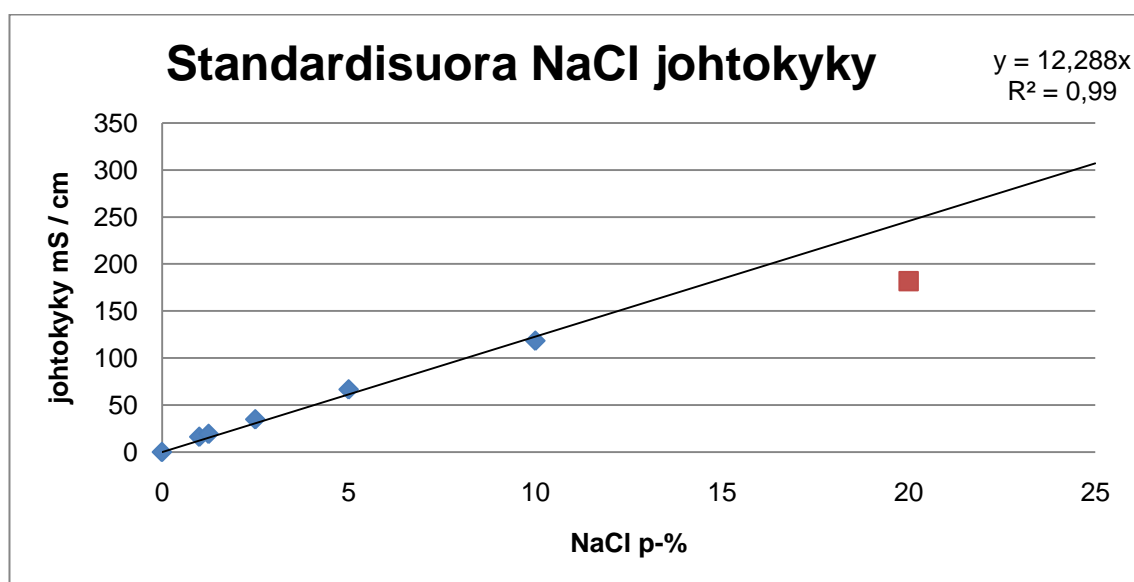
Taulukko 10. Reseptin raaka-aineiden punnitukset

	Raaka-aineiden määrä alussa	Ensimmäisen kastikeerän jälkeen	Toisen kastikeerän jälkeen
Soija	1176 g	1134 g	1107 g
Lime	443 g	417 g	386 g
Korianteri	80 g	69 g	53 g
Chili	100 g	98 g	96 g

Liite 2 Kastikkeen suolapitoisuuden määrittäminen

Taulukko 11. NaCl standardisuoran johtokykyarvot

NaCl p-%	Johtokyky
0	4,4 $\mu\text{S} / \text{cm}$
1	16,2 mS / cm
1,25	19,3 mS / cm
2,5	34,8 mS / cm
5	66,6 mS / cm
10	118,4 mS / cm
20	181,7 mS / cm



Kuva 11. NaCl-liuoksen johtokyvyn standardisuora

Kaava 2. NaCl standardisuoran yhtälö ratkaistuna johtokyvyn suhteen

$$\text{johtokykyarvo} \left[\frac{\text{mS}}{\text{cm}} \right] = 12,288 \cdot \text{suolapitoisuus} [m - \%]$$

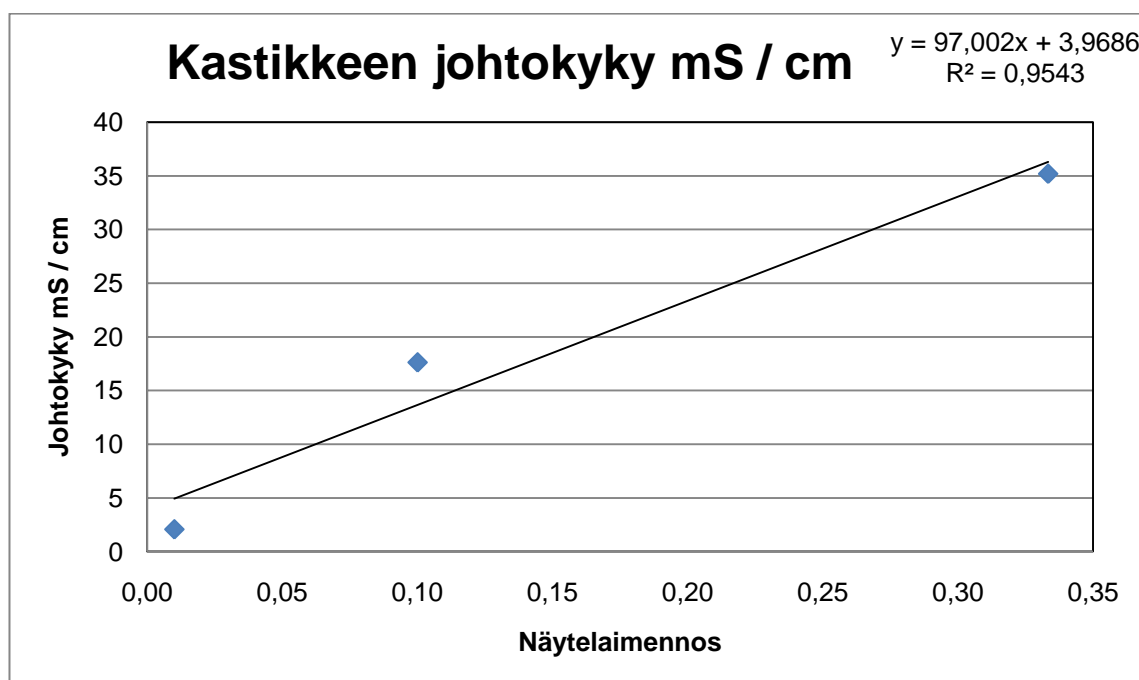
Standardisuora esittää suolapitoisuuden (NaCl) ja johtokyvyn välistä riippuvuutta. Suolapitoisuuden suhteen ratkaistuna riippuvuus noudattaa kaavaa 3.

Kaava 3. NaCl standardisuoran yhtälö ratkaistuna suolapitoisuuden suhteen

$$\text{suolapitoisuus} [m - \%] = \frac{\text{johtokykyarvo} \left[\frac{\text{mS}}{\text{cm}} \right]}{12,288}$$

Taulukko 12. Laimennettujen kastikenäytteiden johtokyky

Kastikkeen näytelaimennos	johtokyky mS / cm
0,01	2,08
0,10	17,63
0,33	35,2



Kuva 12. Kastikenäytelaimennosten mitattu johtokyky

Johtokykymittari ei antanut lukemaa laimentamattomalle näytteelle, joten johtokyky täytyi määrittää näytelaimennoksista. Laimentamaton johtokykyarvo olisi näytelaimennosten perusteella ollut 101,0 mS / cm. Kaavan 3 avulla saadaan ratkaistua kastikkeen suolapitoisuus:

$$\text{suolapitoisuus [m - \%]} = \frac{101,0 \left[\frac{\text{mS}}{\text{cm}} \right]}{12,288} = 8,22 \text{ m - \% NaCl}$$

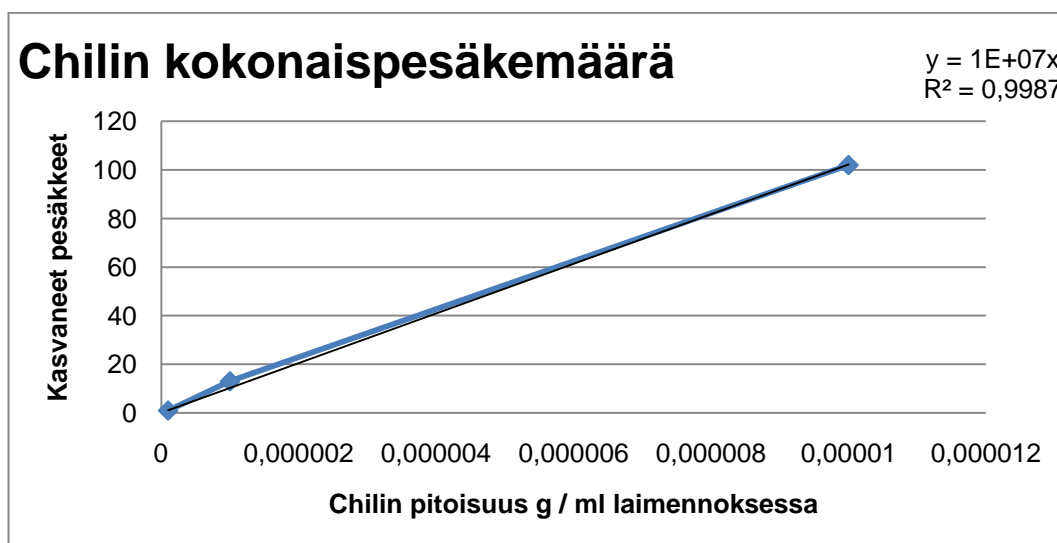
Kastikkeen suolapitoisuus johtokykymittauksen perusteella oli **8,22 m-% NaCl**. Arvo vaikuttaa realistiselle ja mittaustulokset johdonmukaisilta.

Liite 3 Raaka-aineiden kokonaispesäkemäärien selvitys

Taulukko 13. Chilin pesäkemäärät

Chilin laimennos	pesäkkeitä
10^{-1}	levinneet pesäkkeet
10^{-2}	täynnä
10^{-3}	täynnä
10^{-4}	>570
10^{-5}	102
10^{-6}	13
10^{-7}	1

$1,0 \times 10^7$ pmy / g



Kuva 13. Chilin viljelty kokonaispesäkemäärä oli sekä painotetulla keskiarvolla laskettuna että suoran kulmakertoimen perusteella $1,0 \times 10^7$ pmy / g.

Taulukko 14. Soijan pesäkemäärät

Soijan laimennos	pesäkkeitä
10^{-1}	6
10^{-2}	1
10^{-3}	1
10^{-4}	0
10^{-5}	1
10^{-6}	0
10^{-7}	4

~ 100 pmy / ml

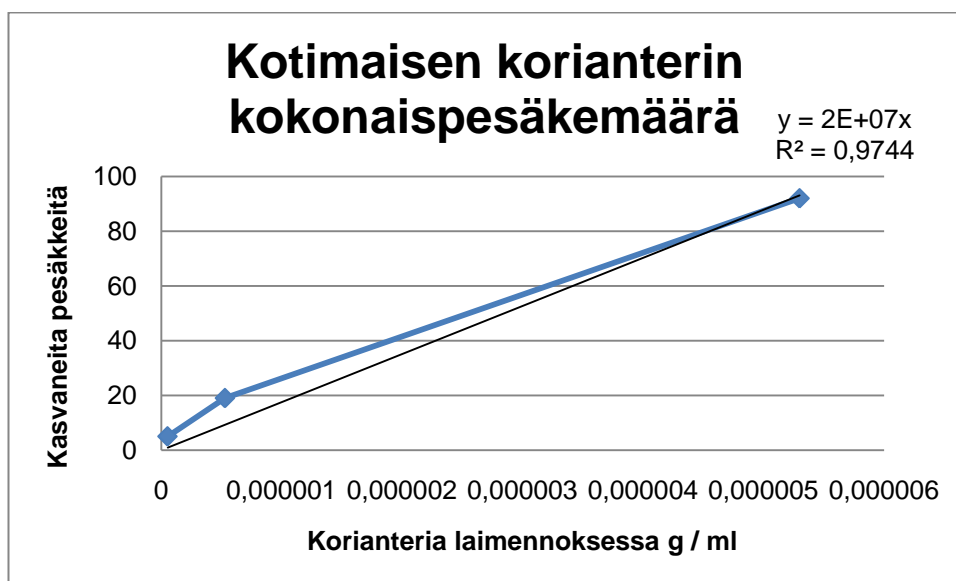
Taulukko 15. Limemehun pesäkemäärät

Lime laimennos	pesäkkeitä
10^{-1}	1
10^{-2}	0
10^{-3}	0
10^{-4}	0
10^{-5}	0
10^{-6}	0

~0 pmy / ml

Taulukko 16. Suomalaisen korianterin pesäkemäärät

suomalainen korianteri laimennos	pesäkkeitä
$0,53 \times 10^{-1}$	täynnä
$0,53 \times 10^{-2}$	täynnä
$0,53 \times 10^{-3}$	täynnä
$0,53 \times 10^{-4}$	853
$0,53 \times 10^{-5}$	92
$0,53 \times 10^{-6}$	19
$0,53 \times 10^{-7}$	5

näytteessä 2×10^7 pmy/g

Kuva 14. Kotimaisen korianterin kokonaispesäkemäärä oli sekä kuvaajan kulmakertoimen, että painotetun keskiarvon perusteella 2×10^7 pmy/g.

Taulukko 17. Ulkomaisen korianterin pesäkemäärät

Ulkomainen korianteri laimennos	Pesäkkeitä
10^{-1}	levinneet pesäkkeet
10^{-2}	levinneet pesäkkeet
10^{-3}	levinneet pesäkkeet
10^{-4}	>2000 arvio
10^{-5}	277
10^{-6}	37

3×10^7 pmy/g



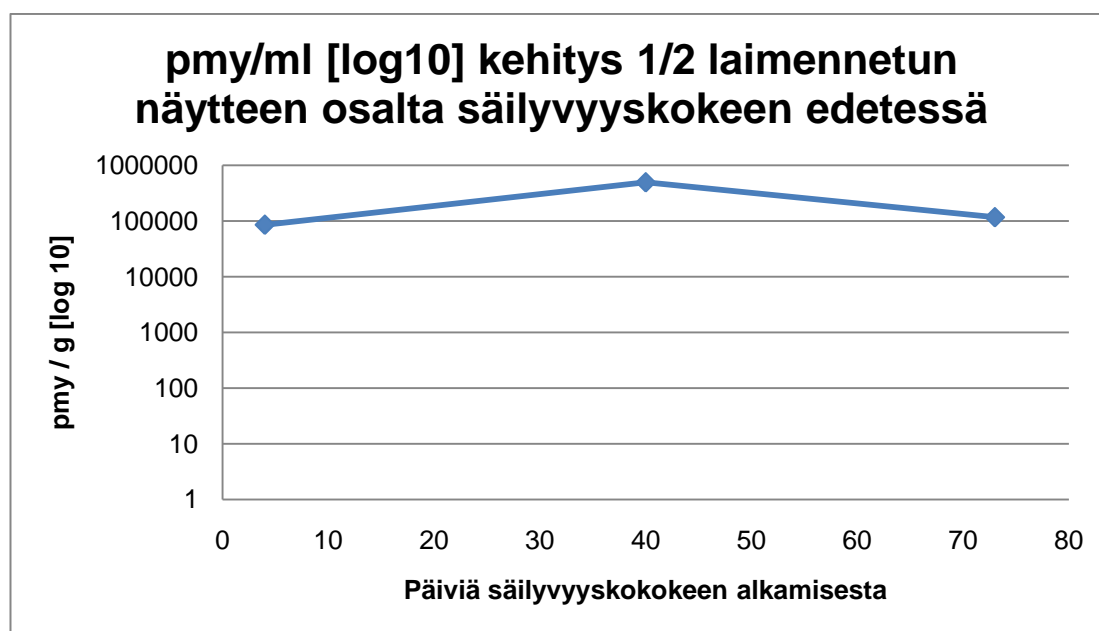
Kuva 15. Ulkomaalaisen korianterin kokonaispesäkemäärä oli kulmakertoimen perusteella $3,0 \times 10^7$ pmy/g, mutta painotetun keskiarvon perusteella $2,9 \times 10^7$ pmy/g. Tulos pyöristetään silti $3,0 \times 10^7$ pmy/g

Liite 4. Säilyvyyskokeen tulokset

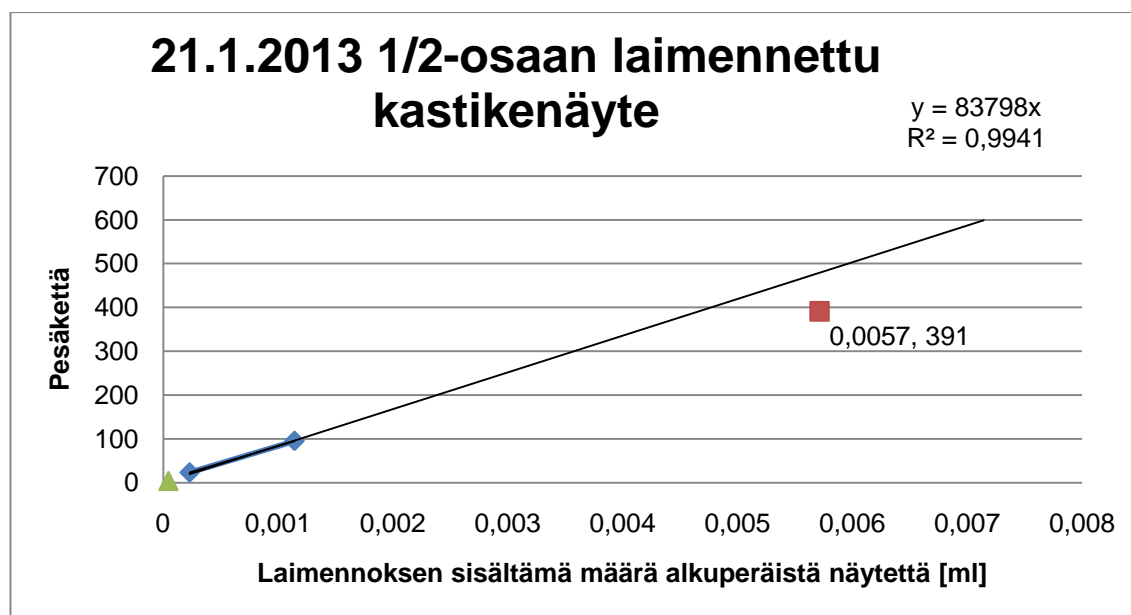
Säilyvyyskokeessa kavustoa esiintyi vain ½-osaan laimennetussa näytteessä. Kaikkien muiden viljeltyjen näytteiden levyt olivat tyhjiä tai lähes tyhjiä. Säilyvyyskokeen jatkaminen suunniteltuna ei ollut mielekästä. (taulukko 18, kuva 16)

Taulukko 18. ½-osaan laimennettujen näytteiden pesäkettä muodostavien yksilöiden määrä / ml

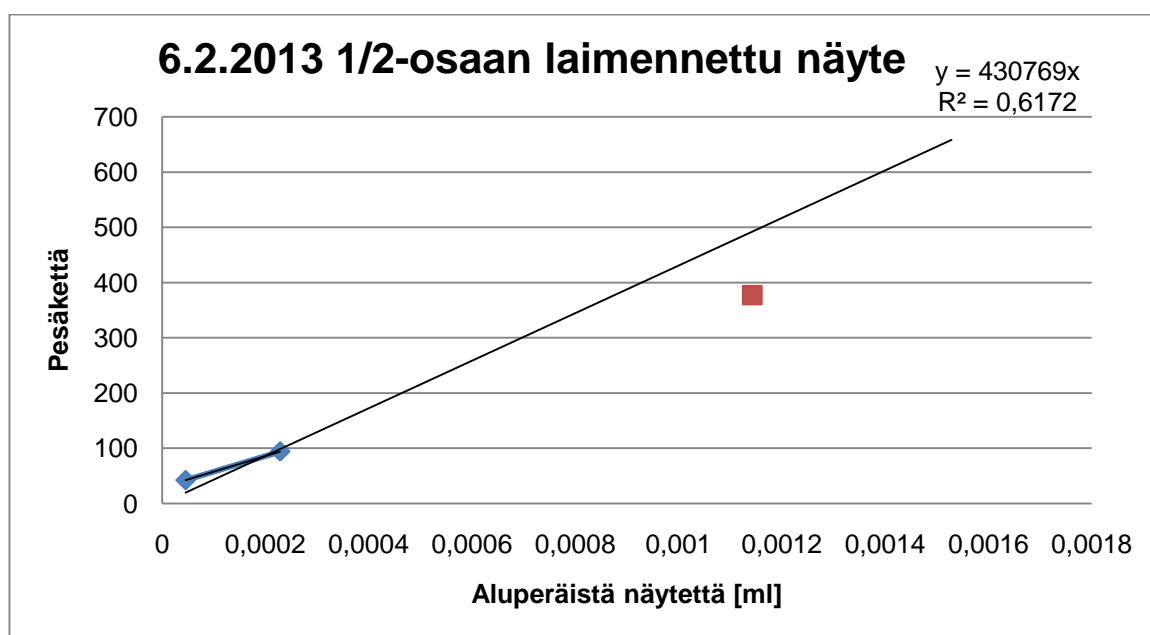
Näytteenotto	pmy / ml
21.1.2013	$8,6 \times 10^4$ pmy / ml
26.2.2013	$5,0 \times 10^5$ pmy / ml
25.3.2013	$1,2 \times 10^5$ pmy / ml



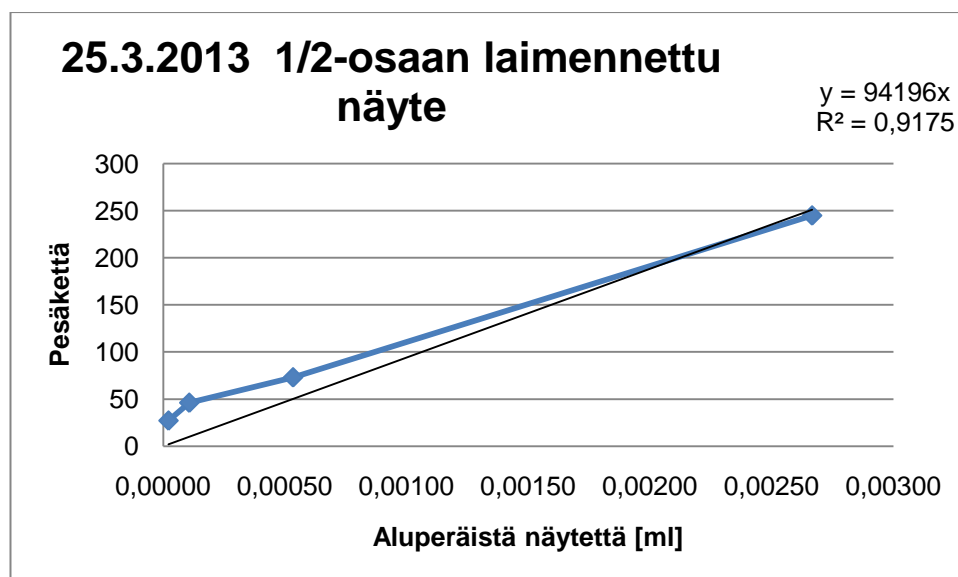
Kuva 16. 1/2-osaan laimennetun näytteen pmy / ml kehitys säilyvyyskokeen edetessä logaritmisella asteikolla esitettynä



Kuva 17. 1/2-Osaan laimennetun näytteen laimennossarja 21.1.2013. Kuvaajan kulmakertoimen perusteella kokonaispesäkemäärä on $8,4 \times 10^4$ pmy / ml, painotetulla keskiarvolla laskettuna $8,6 \times 10^4$ pmy / ml.



Kuva 18. 1/2-Osaan laimennetun näytteen laimennossarja 6.2.2013. Kuvaajan kulmakertoimen perusteella kokonaispesäkemäärä on $4,3 \times 10^5$ pmy / ml, painotetulla keskiarvolla laskettuna $5,0 \times 10^5$ pmy / ml.



Kuva 19. 1/2-osaan laimennetun näytteen laimennossarja 25.3.2013. Kuvaajan kulmakerroimen perusteella kokonaispesäkemäärä on $9,4 \times 10^4$ pmy / ml, painotetun keskiarvon perusteella laskettuna $1,2 \times 10^5$ pmy / ml.