



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Ville Saarela

Kasviproteiinipohjaisen vegemakkaran tuotekehitys

Opinnäytetyö

Kevät 2022

Insinööri (AMK), Bio- ja elintarviketekniikka



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Tutkinto-ohjelma: Insinööri (AMK), Bio- ja elintarviketekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Liha- ja valmisruokateknologia

Tekijä: Ville Saarela

Työn nimi: Kasviproteiinipohjaisen vegemakkaran tuotekehitys

Ohjaaja: Matti-Pekka Pasto

Vuosi: 2022

Sivumäärä: 40

Liitteiden lukumäärä: 5

Opinnäytetyössä kehitettiin kasviproteiinipohjaista makkaran muotoista elintarviketuotetta. Työ oli toimeksiantajayrityksen, Foodwest Oy:n, sisäinen tutkimus- ja kehitystyö, ja sen pääasiallinen tarkoitus oli tuottaa lisäymmärrystä liha-analogien tuotekehityksestä, raaka-aineista ja prosessointimenetelmistä.

Työ tehtiin pienillä koe-erillä, joiden tulosten perusteella tuotteen reseptiikkaa ja valmistusprosessia säädettiin paremman lopputuloksen saamiseksi. Työn haasteina oli mm. lihaperäisen tuotteen rakenteellisiin ominaisuuksiin ja syöntikokemukseen vaikuttavien ratkaisujen toteuttaminen kasviproteiinisilla raaka-aineilla.

Kehitystyössä käytettävät proteiiniraaka-aineet rajattiin herne- ja härkäpapuproteiineihin, mutta useampia eri hydrokolloidi-, kuitu- ja tärkkelysraaka-aineita kokeiltiin halutun rakenteen aikaansaamiseksi.

Kehitystyö alkoi tiedonhauulla vastaavanlaisista markkinoilla olevista tuotteista ja niiden aistittavien ominaisuuksien arvioinnista sekä raaka-ainesisällön tutkimisesta. Ensimmäisen reseptin ja valmistusprosessin kokeilu oli ns. esikoe, jonka jälkeen tehtiin viisi varsinaista koetta.

Kehitystyön lopputuloksena saatiin aikaan tuote, joka on kypsennettynä aistittavilta ominaisuuksiltaan lähellä haluttua konseptinmukaista tuotetta. Lopputuotteen kypsennystä edeltävä rakenne jäi heikoksi ja vaatisi lisäkehitystä.

Opinnäytetyön tuloksena syntyneet reseptit ovat liike- ja ammattisalaisuuksia ja ne on julkaistavasta versiosta salattu.

¹ Asiasanat: kasviproteiinit, tuotekehitys, soija, gluteeni, kookosöljy

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Degree programme: Food Processing and Biotechnology

Specialisation: Meat Processing and Food Technology

Author/s: Ville Saarela

Title of thesis: Product development of a vegan sausage

Supervisor(s): Matti-Pekka Pasto

Year: 2022

Number of pages: 40

Number of appendices: 5

This thesis describes the product development process of a plant based, sausage shaped food product. The product development was performed for Foodwest Oy, as an internal research and development project, aimed to increase knowledge of the development, ingredients and the processing of meat analogues.

The development work was carried out in small test batches. The modifications on the recipe and manufacturing process were based on the results of the tests. Replicating the structure, texture and mouthfeel of the meat based reference product in a plant based version were the main challenges.

Protein ingredients used in the product development were limited to pea and fava bean proteins, but several hydrocolloid, fiber and starch ingredients were used in the pursuit of a suitable structure and texture.

The development began with conducting a market research of existing products in the category and performing sensory evaluation on them. The experiment of the first recipe was a preliminary test, after which five actual tests were made.

The end result of the development was a product whose sensory attributes, after final cooking, were close to the desired concept product. The pre-cooking quality of the structure of the product was not complete, and needs more development. The recipes generated during the thesis process are confidential due to them being trade secrets.

¹ Keywords: plant proteins, product development, soy, gluten, coconut oil

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä	2
Thesis abstract	3
SISÄLTÖ	4
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo	5
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	7
1 JOHDANTO	8
2 TUOTEKEHITYKSEN TARVE JA TOTEUTUS.....	9
2.1 Elintarviketuotannon ja -kulutuksen murros.....	9
2.2 Tuotteiden nimeäminen.....	10
2.3 Makkarasta vegemakkaraksi	10
2.4 Tuotekehitysprosessi.....	11
2.5 Energiaravintoaineet	12
2.6 Kuluttajavalinnat ohjaavat raaka-aineiden käyttöä	14
3 KEHITYSMENETELMÄT JA RAAKA-AINEVALINNAT	16
3.1 Tuotekehityksen tavoite.....	16
3.2 Aistinvarainen arviointi ja dokumentointi	16
3.3 Reseptinluonti, raaka-aineiden valinta ja prosessi.....	17
4 RESEPTIN JA PROSESSIN KEHITYS	22
4.1 Ensimmäinen koe-erä: Toimintatapojen ja prosessiparametrien hakeminen	22
4.2 Toinen koe-erä: Resepti- ja prosessiparametrimuutosten vaikutus prosessiin ja lopputuotteeseen.....	24
4.3 Kolmas koe-erä: Toisen koe-erän reseptin toistaminen pienillä muutoksilla valmistusprosessiin	27
4.4 Neljäs koe-erä: Raaka-ainevalintojen vaikutukset tuoteominaisuuksiin.....	30
4.5 Viides koe-erä: Vegemakkaran kylmärakenteen ongelmiin pureutuminen	32
5 JOHTOPÄÄTÖKSET JA JATKOKEHITYSIDEAT	36
6 POHDINTA.....	38
LÄHTEET	39
LIITTEET	41

Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuva 1. Ensimmäisen koe-erän esikypsennetty ja kuorittu vegemakkara.....	23
Kuva 2. Ensimmäisen koe-erän pannulla paistetun vegemakkaran leikkauspinta.	23
Kuva 3. Toisen koe-erän esikypsennetty ja kuorittu vegemakkara, josta irronnut nestettä.	25
Kuva 4. Toisen koe-erän pannulla paistetun vegemakkaran leikkauspinta.....	26
Kuva 5. Kolmannen koe-erän esikypsennettyjä ja kuorittuja vegemakkaroita.....	28
Kuva 6. Kolmannen koe-erän pannulla paistetun vegemakkaran leikkauspinta.	28
Kuva 7. Neljännen koe-erän esikypsennetty ja kuorittu vegemakkara.....	30
Kuva 8. Neljännen koe-erän pannulla paistetun vegemakkaran leikkauspinta.	31
Kuva 9. Kokeen 5 esikypsennetty vegemakkara.	33
Kuva 10. Viidennen koe-erän pannulla paistetun vegemakkaran leikkauspinta.....	34
Kuvio 1. Koevalmistuksessa liikutaan muutosten ja analyysin välillä.....	12
Kuvio 2. Vegemakkaran valmistuksen vuokaavio.	21
Taulukko 1. Referenssituotteiden raaka-ainesisällöt niin kuin ne pakkauksessa on ilmoitettu.	17
Taulukko 2. Reseptien luontiin käytettävä laskentataulukko.	18
Taulukko 3. Ensimmäisen koe-erän tuloksen aistinvarainen arviointi.	23
Taulukko 4. Toisen koe-erän tuloksen aistinvarainen arviointi.....	26
Taulukko 5. Kolmannen koe-erän tuloksen aistinvarainen arviointi.	28
Taulukko 6. Neljännen koe-erän tuloksen aistinvarainen arviointi.	31

Taulukko 7. Viidennen koe-erän tuloksen aistinvarainen arviointi.....34

Taulukko 8. Viidennen koe-erän tuloksen ravintosisältö.34

Käytetyt termit ja lyhenteet

Liha-analogi Lihaa tai lihavalmistetta jäljittelevä kasviproteiinivalmiste.

Vegaaninen Vain kasvikunnan tuotteita sisältävä.

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö oli toimeksiantajayrityksen sisäinen tutkimus- ja kehitystyöprojekti, jonka tarkoitus oli tuottaa tuotekehityksen toimintamalleja hyödyntäen tuotesuunnittelun mukainen tuote sekä lisätä ymmärrystä liha-analogien tuotekehityksestä, raaka-aineista ja prosessointimenetelmistä. Tuotekehitystyötä rajasi tiettyjen yleisesti käytössä olevien, mutta ongelmalliseksi koettujen, raaka-aineiden käyttämättä jättäminen. Toimeksiantaja oli Foodwest Oy.

Opinnäytetyössä kuvataan vegaanisen ja makkaran muotoisen elintarvikkeen tuotekehitysprosessia. Ensisijaisesti kehitettävän tuotteen tuli olla soijaton, gluteeniton ja kookosrasvaton, sillä näihin raaka-aineisiin liittyy kuluttajien piireissä ongelmalliseksi koettuja teemoja. Lisäksi syvennytään kasviproteiinipohjaisten liha-analogien raaka-aineisiin ja prosessointimenetelmiin, sekä elintarvikkeiden tuotekehityksen toimintatapoihin.

Kehityskohteena makkaraa imitoiva liha-analogi on mielenkiintoinen, koska elintarvikkeena makkara olemukseltaan ja ominaisuuksiltaan on useimmille tuttu, mutta perinteisten eläinperäisten raaka-aineiden ominaisuuksien korvaaminen kasviperäisillä raaka-aineilla aiheuttaa haasteita tuotekehitykselle.

Opinnäytetyön tuloksena syntyneet reseptit ovat liike- ja ammattisalaisuuksia ja ne päätettiin salata julkaistavasta versiosta.

2 TUOTEKEHITYKSEN TARVE JA TOTEUTUS

2.1 Elintarviketuotannon ja -kulutuksen murros

Elintarvikkeiden kulutusta ja syömistottumuksia ohjaavat yksilöllisten preferenssien lisäksi mm. kansalliset ravitsemussuositukset, joilla on suora vaikutus esimerkiksi julkisten ruokapalveluiden ruokalistoihin. Suomalaisten ravitsemussuositusten lisäksi huomionarvoisia ovat pohjoismaiset ravitsemussuositukset, joihin suomalaiset ravitsemussuositukset pohjaavat. Viimeisimmissä suomalaisissa ravitsemussuosituksissa, vuodelta 2014, viikoittainen lihan ja lihavalmisteiden määrä on rajattu 500 grammaan (Valtion ravitsemusneuvottelukunta 2018).

Uudet pohjoismaiset ravitsemussuositukset julkaistaan vuonna 2022, mutta Tanska julkaisi jo vuonna 2021 omat kansalliset ravitsemussuosituksensa. Näissä Tanskan suosituksissa kehoitetaan pitämään lihattomia päiviä ja suositeltu rajaamaan nautittavan lihan ja lihavalmisteiden määrä viikossa 350 grammaan (The Danish Veterinary and Food Administration 2021). Uudet tanskalaiset ravitsemussuositukset saattavat antaa kuvaa tulevista pohjoismaisista ravitsemussuosituksista, ja niiden kautta tulevista Suomen kansallisista ravitsemussuosituksista, jolloin lihankulutusta ohjattaisiin täälläkin huomattavaan laskuun.

Kasviproteiinipohjaisten tuotteiden kulutus maailmanlaajuisesti on kasvussa. Tätä kasvua ohjaa etenkin nk. millenniaalien muodostama kysyntä lihaa jäljitteleville tuotteille. Vuonna 2019 näiden liha-analogien kansainvälinen markkina-arvo oli 1,6 miljardia Yhdysvaltain dollaria, ja sen on ennustettu kasvavan 3,5 miljardiin dollariin vuodelle 2026. (Marketsandmarkets 2020.) Samaan aikaan lihan kulutuksen on ennustettu kasvavan vuoden 2020 kansainvälisestä markkina-arvosta, 2308 miljardista Yhdysvaltain dollarista, 2960 miljardiin Yhdysvaltain dollariin vuoteen 2026 (Businesswire 2021).

Liha-analogeilla on parhaat edellytykset korvata liha, kun ne jäljittelevät onnistuneesti maultaan ja tekstuuriltaan erityisesti prosessoituja lihajalosteita, eivätkä esimerkiksi tuorelihaa tai lihan arvopaloja (Michel, Hartmann & Siegrist 2021). Uudet innovaatiot ja tuotekehitys toimivat liha-analogien hyväksyttävyyden ja kulutuksen ajureina.

2.2 Tuotteiden nimeäminen

Suomessa elintarvikkeista annettujen tietojen oikeellisuutta pitää yllä elintarvikelainsäädäntö. Olennaista tuotetiedoissa on, että ne pitävät paikkaansa, ovat helposti ymmärrettäviä eivätkä ne johda kuluttajaa harhaan. (Ruokavirasto 2021.)

Makkaralla on pitkään tarkoitettu lähinnä eläinperäisistä raaka-aineista valmistettua jalostetta. Ruokavirasto tulkitsee nimeämisen niin, että yksinomaan makkaran nimellä myytävää tuotetta pidetään lihavalmisteenä. Kun osa eläinperäisestä raaka-aineesta korvautuu kasvipärisellä raaka-aineella, nimessä tulee näkyä kasvikset. Myös sana *vegaaninen* tai *vege* voidaan liittää lihajalostetta jäljittelevän tuotteen nimeen jos tuotteen nimi kuvaa elintarvikkeen muotoa, esimerkiksi *vegemakkara*. (Ruokavirasto 2021.)

2.3 Makkarasta vegemakkaraksi

Kuluttajilla on laatuodotukset ja mielikuva siitä, millainen on makkaran ulkonäkö, rakenne ja maku. Makkarat ovat usein sisärakenteeltaan tasaisia, eikä lihan syitä enää prosessoinnin jälkeen lopputuotteesta erota. Tähän poikkeuksen luovat karkeamman sisärakenteen omaavat makkarat, joissa massaa kutteroitessa jätetään osa lihasta karkeammaksi. Kasviproteiiniraaka-aineita käytettäessä sisärakenteen karkeuteen pystytään vaikuttamaan teksturoidun proteiiniraaka-aineen käytöllä ja käsittelyllä.

Makkaramassaan pääasiassa säilyvyssyistä lisättävä natriumnitriitti saa lihan säilyttämään osan punertavasta väristä kypsennyksen läpi (Puolanne 2018, 74). Tätä väriseikkaa voi pitää yhtenä kehitettävän tuotteen halutusta ominaisuudesta. Kasviproteiinipohjaisen tuotteen raaka-aineet eivät välttämättä luo konseptin mukaista väriä, joten värjäävien lisäaineiden käyttö saattaa olla tarpeellista.

Yleensä makkarat myydään kuorensa, joka on perinteisesti ollut sian ohutsuolta (Puolanne 2018, 70). Kuori antaa makkaralle napakan ja sileän ulkorakenteen. Kasvipohjaiseen tuotteeseen täytyy käyttää vaihtoehtoista kuoriratkaisua, tai saada tuote toimimaan rakenteellisesti kokonaan ilman kuorta.

Grillimakkaran makumaailman luovat mausteiden lisäksi massassa käytettävä liha ja maustekoitus sekä kypsennyksen savustusvaiheessa makkaraan saatava savuisuus.

Makuaistimukseen paljon vaikuttava rasva tulee eläinperäiseen tuotteeseen lihan mukana sekä erikseen lisättävänä leikkuulajitelmana. Kasvipohjaiseen tuotteeseen rasvan lähde täytyy tuoda kasviöljynä.

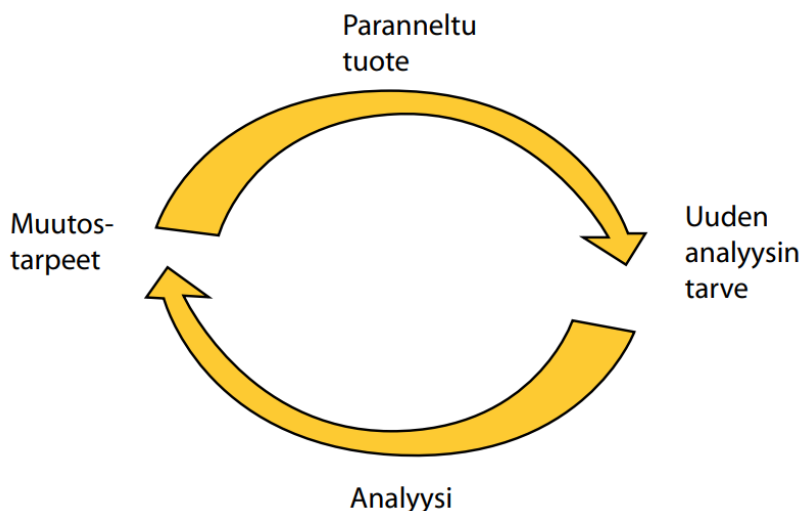
2.4 Tuotekehitysprosessi

Tuotekehityksen yksi tarkoitus voi olla saattaa idea tuotteesta valmiiksi lopputuotteeksi. Välttämättä tarkempaa tuoteideaa ei vielä aloittaessa ole, jos kehitystyön tarkoituksena on luoda käyttötarkoitus uudelle raaka-aineelle. Tuotekehitystä voidaan tehdä myös jo olemassa olevan tuotteen tai valmistusprosessin optimoimiseksi.

Kehitystyön voi ajatella prosessina, jolla on selkeä aloitusvaihe, välivaiheet ja lopetus. Earle, Earle ja Anderson (2001, 113) ovat esittäneet tuotekehitysprosessin vuokaaviona, jossa prosessi aloitetaan tuotesuunnittelulla ja päätetään optimaalisen prototyypin tuotteistamiseen, tuotantoon ja markkinointiin.

Tuotesuunnitteluun vaikuttavat kuluttaja- ja markkinatutkimus sekä teknologiset ja tuotannolliset rajoitteet (Earle ym. 2001, 102). Suunnittelun pohjalta syntynyttä tuoteideaa tai -konseptia kutsutaan tuoteaihioksi.

Hirvonen ja Tuononen (2007, 16) ovat kuvanneet aihion työstön koevalmistusten kautta kohti optimaalista tuotetta kehänä (kuvio 1), jossa liikutaan muutoksia kokeneiden prototyyppien ja näiden analysoinnin välillä joko muutos- tai analyysitarpeen ajamana.



Kuvio 1. Koevalmistuksessa liikutaan muutosten ja analyysin välillä (Hirvonen & Tuononen 2007, 16).

Kehityksen edetessä pyritään tunnistamaan tuotteen raaka-aineiden ja valmistusprosessin muuttujat ja parametrit sekä löytämään niille optimaaliset raja-arvot tarkkailemalla aikaansaatavia lopputuloksia (Earle ym. 2001, 114). Prototyyppejä testataan kuhunkin kehitysvaiheeseen sopivalla testiryhmällä ja parhaiten suoriutuvat prototyypit jatkavat kehitysprosessissa eteenpäin.

2.5 Energiaravintoaineet

Ruoan sisällöstä olennaisimpia ovat ravintoaineet eli hiilihydraatit, rasvat, proteiinit sekä kivennäisaineet ja vitamiinit. Näistä hiilihydraatit, rasvat ja proteiinit ovat ns. energiaravintoaineita, joilla on jouleissa mitattava energiasisältö.

Hiilihydraatit. Hiilihydraatteja syntyy kasvien yhteytyksessä vedestä ja ilman hiilidioksidista. Hiilihydraatteja esiintyykin lähinnä kasveissa. Hiilihydraatit muodostavat laajemman ryhmän, johon kuuluu omina ryhminään monosakkaridit, disakkaridit, oligosakkaridit ja polysakkaridit. Näihin kuuluu erilaisia puhekieleissä mm. sokereina, tärkkelyksinä, kuituina, kumeina ja selluloosina tunnettuja hiilihydraatteja. (Parkkinen & Rautavirta 2007, 60 – 61.)

Tärkkelyksillä, kuiduilla, kumeilla ja selluloosilla on hydrokolloidisia ominaisuuksia, eli vettä sisältävissä applikaatioissa ne muodostavat saostavaa tai geelimäistä rakennetta. Hydrokolloidisessa applikaatiossa vesi järjestäytyy hydrokolloidina toimivan hiilihydraattiketjun

ympärille putkimaisesti. (Hoefler 2004, 1 – 3.) Hydrokolloidisten raaka-aineiden rooli tuotteissa on toimia vedensitojana ja tuoda rakennetta.

Rasvat. Rasvat koostuvat rasvahapoista, joita tunnetaan useita kymmeniä ja joista linolihappo ja alfa-linoleenihappo ovat ihmiselle ns. välttämättömiä. Välttämättömiä rasvahappoja ei ihmiskeho pysty itse tuottamaan, mutta alfa-linoleenihappoa tarvitaan esimerkiksi solunseinämien rakennusaineeksi. (Surette 2008, 177 – 178.)

Rasvahapoilla on eri tyydyttyneisyysasteita: tyydyttyneet, kertatyydyttymättömät ja monityydyttymättömät. Tyydyttyneisyysaste riippuu rasvahapon hiiliatomien sidoksista. Vain yksinkertaisia sidoksia sisältävä rasvahappo on tyydyttynyt, yhden kaksoissidoksen sisältävä rasvahappo on kertatyydyttymätön ja kaksi tai useampia kaksoissidoksia sisältävä rasvahappo on monityydyttymätön. Rasvat ovat niiden sisältämien rasvahappojen tyydyttyneisyysasteen pohjalta enemmän tai vähemmän ns. kovia. Sitä kovempaa rasva on, mitä enemmän siinä on tyydyttyneitä rasvahappoja. Mitä kovempaa rasva on, sitä korkeampi sulamislämpötila sillä yleensä on. (Parkkinen & Rautavirta 2007, 109 – 110.)

Proteiinit. Proteiinit koostuvat aminohapoista, joita voi proteiineissa esiintyä 20 erilaista. Joitain aminohappoja ihmiselimistö pystyy tuottamaan itse, mutta osa täytyy tuoda elimistöön ravinnosta. Näitä, vain ravinnosta saatavia aminohappoja, kutsutaan välttämättömiksi aminohapoiksi. Sekä eläin- että kasvipärisissä raaka-aineissa esiintyy proteiinia, mutta lähtökohteisesti eläinperäisissä sitä on enemmän. Eläinperäisissä tuotteissa on kaikkia ihmiselle välttämättömiä aminohappoja, usein jopa oikeassa suhteessa. (Berkheiser & Brown 2022.)

Kasvipärisissä proteiineissa saattaa aminohappokoostumuksessa olla puutteita. Pelkästään kasvukunnan raaka-aineita käytettäessä tulee yhdistää eri kasvipärisiä proteiininlähteitä kaikkien välttämättömien aminohappojen saamiseksi. (Berkheiser & Brown 2022.)

Vegaanisissa elintarvikeapplikaatioissa proteiiniraaka-ainetta voidaan tuoda tuotteeseen esimerkiksi kasveista eristettynä jauhemaisina proteiinijakeina. Eri raaka-aineista valmistettavilla proteiinijakeilla on hieman toisistaan poikkeavat, proteiinisältöön pohjautuvat, nimeämisstandardit. Esimerkiksi soijasta valmistettua 50 – 65 % proteiinia sisältävää tuotetta kutsutaan soijaproteiinijauhoksi, 65 – 90 % proteiinia sisältävää tuotetta soijaproteiini-konsentraatiksi ja yli 90 % proteiinia sisältävää tuotetta soijaproteiini-isolaatiksi (Phillips & Williams 2009, 416). Proteiinin lisäksi proteiini-isolaateissa, -konsentraateissa ja -jauhoissa on

jäännösrasvaa sekä hiilihydraattiosuus. Teollisten raaka-aineiden ominaisuudet, kuten ravintoainepitoisuudet, ilmoitetaan raaka-aineen tuotetietolomakkeessa.

Proteiini-isolaattien valmistusprosessi riippuu lähdemateriaalista. Esimerkkinä soijaproteiini-isolaatin valmistusprosessi lyhyesti: Soijajauhosta tai -puristeesta, josta öljy erotettu, tehdään veden kanssa 1:10-seos, jonka pH viedään emäksiselle alueelle 6.8 – 10.0, jossa käytetyn raaka-aineen proteiinit ja oligosakkaridit liukenevat nesteeseen. Seos sentrifugoidaan, jolloin proteiinit sisältävä neste (supernatantti) erottuu kuiva-aineesta. Supernatantin pH viedään eristettävän proteiinin isoelektroniseen pisteeseen, joka soijalla on 4.5, jolloin proteiini saostuu ja se voidaan eristää nesteestä ja jatkokäsitellä kuivattuun muotoon. (Garba & Kaur 2014, 39.)

Näiden lisäksi huomionarvoisia ovat teksturoidut proteiinit, jotka ovat joko märkä- tai kuiva-ekstruusion läpikäynyttä proteiiniraaka-ainetta. Ekstruusiassa paineen ja kuumuuden yhteisvaikutuksessa jauhomainen proteiini ja vesi muodostavat puffaantuvaa tai lihassyymäisen rakenteen omaavaa raaka-ainetta (Phillips & Williams 2009, 403).

Proteiinisisällön lisäksi näillä jakeilla voi olla rakennetta muodostavia ja hydrokolloidimaisia ominaisuuksia, esimerkiksi hyvä geelin tai vaahdon muodostus, veden ja rasvan sitomiskyky tai näiden emulsifointi. Näiden ominaisuuksien aktivoiminen edellytyksenä on käytettävän proteiinin riittävä liukeneminen nesteeseen. (Phillips & Williams 2009, 401 – 404.)

2.6 Kuluttajavalinnat ohjaavat raaka-aineiden käyttöä

Vegemakkaroiden tuotekategoriassa on muutamia yleisesti käytössä olevia ja hyviä ominaisuuksia tuotteisiin tuovia raaka-aineita, mutta joiden käyttöön liittyy joitakin kuluttajanäkökulmasta houkuttelevuutta heikentäviä seikkoja, jotka tulee ottaa huomioon myös tuotekehitysvaiheessa.

Soijapapu. Soijapapu on laajasti viljelty palkokasvi, jolla on korkea proteiinipitoisuus ja jonka proteiinien aminohappokoostumusta pidetään erinomaisena (Luonnonvarakeskus, [viitattu 20.1.2022]). Soijapapu on yksi allergeeneista ja jo pelkästään sen käsittelyyn tuotantolaitoksissa liittyy ongelmia (Ruokavirasto 2019). Soijan viljelyyn liittyy myös kestävyysongelma, deforestationio, kun metsiä kaadetaan viljelyalan tieltä (Koistinen 2020). Suuri osa

soijapaputuotannosta koostuu geenimanipuloiduista lajikkeista, joka koetaan negatiiviseksi kulutusvalintoja tehdessä (Luonnonvarakeskus, [viitattu 20.1.2022]).

Soijalle on liha-analogeissa useampia korvaavia vaihtoehtoja proteiininlähteeksi ja uusia kasviproteiininlähteitä kehitetään jatkuvasti lisää. Soijan lisäksi laajasti käytössä ovat mm. herneestä, perunasta, härkäpavusta ja riisistä valmistetut proteiinikonsentraatit ja -isolaatit. Uudempia innovaatioita ovat esimerkiksi lupiini- ja rypsi proteiini.

Kookosöljy. Kookosöljy on huoneenlämmössä kiinteänä pysyvää, johtuen sen rasvahappokoostumuksesta. Kookosöljyn rasvahapoista yli 86 % on tyydyttyneitä. Kiinteänä pysyvänä rasvana kookosöljyllä voidaan vaikuttaa tuotteen rakenteeseen. Kookosöljyn käyttöön sisältyy kuitenkin terveyteen ja kestävään kehitykseen liittyviä haittoja. Johtuen kookosöljyn tyydyttyneistä rasvahapoista, sen käyttöä tulisi ravitsemussuositusten mukaan välttää. Kookosöljyn lähteen, kookospalmun, viljelyyn liitetään nykyään kuluttajille ongelmallinen deforestaatio, kun metsiä kaadetaan viljelysten tieltä (Rochmyaningsih 2020).

Gluteeni. Gluteeni on vehnässä esiintyvä proteiini joka tuottaa vehnä jauhoista tehdyissä taikinoissa ominaisen sitkon. Gluteeni on pääosassa myös lihankorvikkeena tunnetun seitanin valmistuksessa. Myös monissa muissa kasvipohjaisissa, lihatuotteita imitoivissa valmisteissa käytetään gluteenia rakenteen ja proteiinisällön vuoksi

Gluteeni on yksi allergeeneista. Puhekielessä gluteeniksi mielletään myös rukiissa ja ohrassa esiintyvät gluteenia muistuttavat proteiinit jotka eivät tuota sitkoa, mutta aiheuttavat keliakiaa sairastavalle samanlaisia oireita kuin vehnän gluteeni. (Ruokavirasto 2019.)

3 KEHITYSMENETELMÄT JA RAAKA-AINEVALINNAT

Tuotekehitystyöskentelyn ensiaskeleena toimi tuotesuunnittelu. Etsimällä tietoa tästä tuotekategoriasta, benchmarkaamalla kategorian kaupallisia tuotteita ja toimeksiantajan toiveista syntyi tarkempi kuva kehitettävänä olevasta tuotteesta, eli tuotekehityksen tavoitteesta, ja käytettävistä raaka-aineista sekä luotiin alustava resepti ja valmistusprosessi.

3.1 Tuotekehityksen tavoite

Työn tavoitteena oli kehittää vegemakkara, eli täysin kasviperäisistä raaka-aineista valmistettava makkaran muotoinen elintarvike. Tuotekehityksen tulosten perusteella toivottiin saata- van lisätietoa, onko tiettyjä ulosrajattuja raaka-aineita välttämättä mahdollista saada rakenteellisesti ja maullisesti toimiva tuote, sillä esimerkiksi kookosöljyllä on suuri vaikutus tällaisten tuotteiden kylmästruktuuriin ja käsiteltävyyteen.

Useissa markkinoilla olevissa vegemakkaroissa käytetään raaka-aineena soijaa, kookosöljyä tai gluteenia. Näihin kuitenkin liittyy kuluttajien keskuudessa houkuttelevuutta vähentäviä taustatekijöitä tai ominaisuuksia, ja tuotekehitystä lähdettiin tekemään ensisijaisesti näiden raaka-aineiden käyttöä välttämättä.

3.2 Aistinvarainen arviointi ja dokumentointi

Aistinvaraista arviointia käytetään analysoitavan tuotteen ominaisuuksien dokumentoinnissa. Arvioinnissa tarkastellaan objektiivisesti tuotteen ominaisuuksia jotka kirjataan ylös myöhem- pää tarkastelua tai vertailua varten. Tuotteesta voidaan ottaa myös kuvia tukemaan aistinva- raista arviointia ja dokumentaatiota.

Referenssien benchmarkaus. Tuotesuunnitteluvaiheessa viisi kaupallista referenssituotetta arvioitiin aistinvaraisesti ja niiden ominaisuuksia arvosteltiin numeraalisesti asteikolla 1 – 5 sekä sanallisesti kuvaillen. Näissä referenssituotteissa oli keskenään osittain erilaiset raaka- aineet. Aistinvaraisten arvioiden perusteella pyrittiin päättämään, mitkä tuotteiden raaka- aineet (taulukko 1) voisivat olla kiinnostavia ja mahdollisia vaihtoehtoja omassa applikaati- ossa korvaamaan ulosrajattuja raaka-aineita. Olennaista oli löytää tämänkaltaisissa tuot- teissa hyviä ominaisuuksia tuovia raaka-aineita ja välttää ns. pyörän uudelleen keksiminen.

Lisäksi benchmarkauksen tuloksia voitaisiin myöhemmin käyttää tuotekehityksen prototyyppien vertailukohteena.

Taulukko 1. Referenssituotteiden raaka-ainesisällöt niin kuin ne pakkauksessa on ilmoitettu.

Tuote A	Vesi, kasviproteiini 11% (herne, peruna), kasvirasvat (rypsi, kookos), perunatärkkelys, valko-sipuli, mausteet (mm. paprika, inkivääri, piparjuuri), kasvikuikut (bambu, inuliini, psyllium), stabilointiaineet (karrageeni, metyyliiselluloosa, ksantaanikumi), happamuudensäätöaineet (Natriumasetaatit, kaliumlaktaatti), jodioitu suola, muunnettu tärkkelys, pellavansiemenjauhe, väri (punajuurikonsentraatti), aromit (mm. savu, mustapippuri), hapettumisenestoaine (askorbiinihappo).
Tuote B	Vesi, soijaproteiini-isolaatti (8,8%), rapsiöljy, teksturoitu soijaproteiini (6,6%), vehnäproteiini gluteeni (5,2%), riisijauho, paprika, suola, aromit, sakeuttamisaineet (karrageeni, konjak-hartsii), emulgointiaine (metyyliiselluloosa), sokeri.
Tuote C	Vesi, rypsiöljy, herneproteiini (13%), kookosrasva, perunatärkkelys, stabilointiaineet (Selluloosa, metyyliiselluloosa, karrageeni, Konjac), muunnettu perunatärkkelys, maissitärkkelys, merisuola, sakeuttamisaine (ksantaanikumi), suola, sokeri, hiivauute, punajuurijauhe, aromit (mm. savu), sipuli, valkoviinietikka, happamuudensäätöaine (Kalsiumlaktaatti), sokerikulööri, säilöntäaine (Kaliumsorbaatti), valkosipuli.
Tuote D	Vesi, rypsiöljy, herne 10%, perunatärkkelys, herneproteiini, stabilointiaineet (metyyliiselluloosa, Selluloosa), suola, kookosrasva, maissitärkkelys, sakeuttamisaine (ksantaanikumi), hiivauute, punajuurijauhe, kuivattu sipuli, psyllium, dekstroosi, valkoviinietikka, maissimaltodekstriini, happamuudensäätöaine (kalsiumlaktaatti), aromit ja uutteen (mm. paprika, korianteri), ergokalsiferoli, savuaromi.
Tuote E	Vesi, rypsiöljy, soijaproteiini-ainemix, muunnettu perunatärkkelys, happamuudensäätöaine (Kaliumasetaatti), sakkaroosi, stabilointiaineet (karrageeni, konjak), mausteet (mm. kookos, sarviapila, appelsiini), punajuurijauhe, suola, soijakastike, kasviproteiini (maissi), aromit (mm. sitruuna, paprika, savu, korianteri), merisuola, auringonkukkaöljy, hapettumisenestoaine (Natriumerytorbaatti), maltodekstriini, rapsiöljy.

3.3 Reseptinluonti, raaka-aineiden valinta ja prosessi

Ensimmäinen resepti pohjautui saatavilla oleviin raaka-aineisiin sekä löyhästi kaupallisissa tuotteissa käytettäviin raaka-aineisiin ja raaka-ainesuhteisiin. Valmistusprosessi hahmottui pääosin käytettyjen raaka-aineiden tuotespesifikaatioiden mahdollisista applikaatioresepteistä. Resepti luotiin Microsoft Excel-ohjelmassa laskentataulukkoon. Laskentataulukossa (Taulukko 2) reseptimuutosten tekeminen ja massakokojen muuttaminen tehtiin laskentafunktioita käyttämällä nopeasti.

Taulukko 2. Reseptien luontiin käytettävä laskentataulukko.

Esimerkkitaulukko		
Raaka-aine	%	g
Raaka-aine 1	40	400
Raaka-aine 2	20	200
Raaka-aine 3	15	150
Raaka-aine 4	15	150
Raaka-aine 5	5	50
Raaka-aine 6	5	50
	100	1000

Proteiininlähteiksi valittiin, lähinnä saatavuussyistä, härkäpapuproteiini-isolaatti ja teksturoitu herneproteiini. Käytetyn härkäpapuproteiini-isolaatin proteiinipitoisuus oli 88 %, rasvapitoisuus 5 % ja hiilihydraattipitoisuus 2 %. Käytetyn teksturoidun herneproteiinin proteiinipitoisuus oli 66,5 %, rasvapitoisuus 7,6 % ja hiilihydraattipitoisuus 16,9 %.

Kookosöljylle ei käytännössä ole samankaltaisen rakenteellisen funktion tuovaa korvaajaa, jolla ei olisi myös samankaltaisia houkuttelevuutta heikentäviä taustatekijöitä.

Joissain referenssituotteissa oli kookosöljyn sijaan käytetty rypsi- tai rapsiöljyä. Ensimmäiseen reseptiin rasvanlähteeksi valittiin rapsiöljy.

Hydrokolloidina käytettiin metyyliiselluloosaa, sillä se oli raaka-aineena useissa referenssituotteissa eikä sen käyttöä ollut rajattu. Metyyliiselluloosa luo paksun vaahdon sitoessaan nestettä ja pysyy melko pehmeänä kylmänä, mutta saa tuotteen kovettumaan kuumennettaessa. Hydrokolloidin tehtävä tässä applikaatiossa on toimia kaikki raaka-aineet yhteen sitovana elementtinä.

Markkinoilla on verrattain vähän vegaanisia vaihtoehtoja makkaran kuoreksi ja nämäkään eivät yleensä ole tarkoitettu syötäviksi. Erään valmistajan vegaaninen makkara saa kuorensa natriumalginaattipohjaisesta, pinnalle levitettävästä geelistä joka kalsiumille altistuessaan muodostaa kestävän ja syötäväksi kelpaavan kalvon. Tällaista kuoriratkaisua kokeiltiin esiko-keessa. Tässä kuoriapplikaatiossa valmistettava alginaattigeeli tulee valmistaa tislattuun veden hanaveden sijasta, jotta voidaan varmistaa veden olevan vapaa kalsiumista sekä ehkäistä ennenaikainen reaktio.

Tuotteen maustamiseen valittiin maustekombin sijaan yksittäisiä mausteita yksilöllisemmän makuprofiilin luomiseksi ja säätämiseksi. Tuotetta ei savustettaisi, joten savun makua tuotteeseen tuotaisiin savuaromilla.

Valmistusprosessin hakeminen. Massan valmistus alkoi savuaromin ja etikan lisäämisellä veteen. Savuvesi ja teksturoitu herneproteiini yhdistettiin. Sekaan lisättiin härkäpapuproteiiniisolaatti. Raaka-aineet sekoitettiin ja jätettiin jääkaappiin vettymään n. 30 minuutiksi.

Seuraavaksi seos siirrettiin yleiskoneen kulhoon ja sekaan lisättiin metyyliiselluloosa ja öljy. Massaa sekoitettiin hetken ja sekaan lisättiin mausteet. Sekoitusta jatkettiin täydellä teholla noin minuutin ajan. Massa oli tässä vaiheessa ryynimäistä ja lohkeavaa, mutta muotoiltavaa. Massasta muotoiltiin kaksi makkaramaista pötköä, jotka käärittiin muovikelmuun.

Seuraavaksi valmistettiin natriumalginaatista ja tislattua vedestä geeli sekä kalsiumkloridista ja vedestä pinnalle suihkutettava liuos. Alginaattigeelin sively vegemakkaran pintaan oli haasteellista. Käsittely suihkutettavalla kalsiumliuksella ei myöskään muodostanut kestäväää kalvoa. Kalvo oli pehmeä, epätasainen sekä repaleinen ja se irtosi vegemakkaran pinnasta jo kalsiumsuihkeen jälkeisessä huuhtelussa. Vegemakkaroita ei esikypsennetty.

Makkarat kypsennettiin paistinpannulla öljyssä paistaen. Makkarat halkeilivat ja lopulta katkesivat jo paistinpannulla. Makkaroiden rakenne oli ryynimäinen ja hajoava. Rakenne tuntui puuttuvan lähes kokonaan. Maku oli miellyttävä mutta melko voimakas.

Esikokeen perusteella tehtävät muutokset prosessiin ja reseptiin. Lopputuloksen perusteella oli selvää, että metyyliiselluloosa ei ollut aktivoitunut yleiskoneen sekoituksessa ja raaka-aineet sitova rakenne oli jäänyt syntymättä. Metyyliiselluloosan tuotespesifikaatiosta selvisi, että kyseisen metyyliiselluloosan aktivoituminen vaatii voimakasta leikkaavaa voimaa. Valmistusprosessia muutettiin metyyliiselluloosan aktivointia painottavampaan suuntaan, noudattaen nyt valmistajan raaka-aineelle antamia ohjeita. Lisäksi reseptiin (liite 2) lisättiin hernekuitua luomaan lisärakennetta. Mausteiden kokonaismäärää vähennettiin 3,1 %-yksikköä ja osuus jaettiin veden, hernekuidun ja suolan osuuksiin.

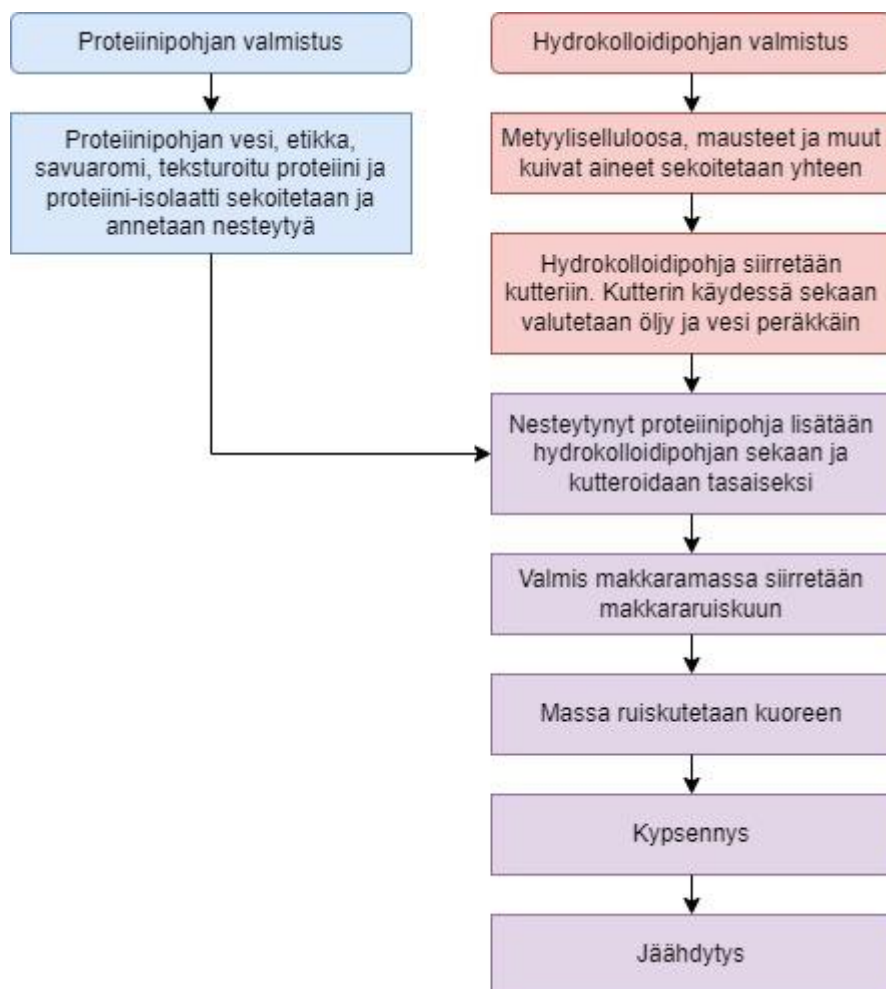
Esikoetta seuraavissa resepteissä oli selkeästi eritelty hydrokolloidipohjan ja proteiinipohjan raaka-aineet valmistusprosessia selkeyttämään.

Hydrokolloidipohjan metyyliiselluloosaan ja muihin kuiviin aineisiin sekoitettaisiin pöytäkutterin käydessä öljy ja vesi. Puolet vedestä tulisi olla jäämurskaa, sillä käytettävä metyyliiselluloosa liukenee paremmin kylmään veteen ja pöytäkutteri käydessään saattaa lämmittää massaa voimakkaastikin.

Proteiinipohja valmistettaisiin edelleen kostuttamalla teksturoitu herneproteiini ja härkäpapuproteiini-isolaatti vesi-etikkaseoksella, johon oli lisätty savuaromi. Proteiinipohja lisättäisiin lopuksi rakenteen muodostaneeseen hydrokolloidipohjaan pöytäkutterissa.

Vegemakkaramassa ruiskutettaisiin käsikäyttöisellä makkaranruiskulla kuoriin. Vegemakkaranlenkki esikypsennettäisiin uunissa höyrytoiminnolla 100 °C, alustavasti 30 minuuttia. Käytössä ei ole makkarankeittoaappia. Esikypsennyksen jälkeen vegemakkarat kuorittaisiin ja pakattaisiin vakuumiin.

Uutta valmistusprosessia luotiin kuvaamaan suurpiirteinen vuokaavio (Kuvio 2), joka toimii tulevien tuotekehityksellisten valmistuserien mallina. Vuokaavio ei sisällä tarkkoja prosessiparametrejä, sillä nämä vaihtelevat koe-erästä toiseen ja tarkentuvat vasta tuotekehityksen edetessä.



Kuvio 2. Vegemakkaran valmistuksen vuokaavio.

Alginaattikuori osoittautui haastavaksi koekeittiömittakaavassa. Kaupallisessa tuotteessa käytettävä natriumalginaattigeeli saattaa sisältää natriumalginaatin lisäksi muita apuaineita jotka helpottavat prosessia ja auttavat muodostamaan kestävämmän kuoren. Lisäksi kuoren applikaatioon on luultavasti jokin automatisoitu prosessi. Alginaattikuorikokeilut veisivät työtä liiaksi sivuraiteille, joten siitä luovuttiin.

4 RESEPTIN JA PROSESSIN KEHITYS

Esikoetta, eli tuntumaa hakevaa koevalmistusta, seurasi varsinaisten koe-erien valmistus, joissa merkityksellistä oli tehdä havaintoja valmistusprosessiin ja reseptiin tehtyjen muutosten vaikutuksesta saatavaan lopputulokseen. Havaintojen perusteella tehtiin johtopäätöksiä reseptin ja valmistusprosessin soveltuvuudesta sekä päätettiin tehtävistä resepti- ja prosessi-muutoksista.

4.1 Ensimmäinen koe-erä: Toimintatapojen ja prosessiparametrien hakeminen

Ensimmäisessä koe-erässä testattiin uutta reseptiä (liite 2) sekä proteiini- ja hydrokolloidipohjien pöytäkutterissa yhdistämiseen kiteytyvää valmistusprosessia. Vegemakkarat esikypsennettiin kuorissaan uunin höyrytoiminnolla. Aistinvaraista arviointia varten vegemakkarat paistettiin pannulla öljyssä.

Prosessikuvaus, parametrit ja resepti.

- Teksturoitua proteiinia ei kutteroitu erikseen pienempään palakokoon.
- Vegemakkaramassa ruiskutettiin käsikäyttöisellä makkararuiskulla kuoreen.
- Vegemakkarat esikypsennettiin uunissa höyrytoiminnolla, lenkiksi sidottuna tangolla.
 - 100 °C, 30 minuuttia.

Koevalmistuksen tulos ja huomiot. Esikypsennettyä ja kuorittua vegemakkaraa (Kuva 1) ei arvioitu, mutta dokumentoitiin kuvana vertailua varten. Pannulla paistettu vegemakkara (Kuva 2) arvioitiin aistinvaraisesti (Taulukko 3).



Kuva 1. Ensimmäisen koe-erän esikypsennetty ja kuorittu vegemakkara.



Kuva 2. Ensimmäisen koe-erän pannulla paistetun vegemakkaran leikkauspinta.

Taulukko 3. Ensimmäisen koe-erän tuloksen aistinvarainen arviointi.

Ulkonäkö	Ryyninen, karkea, kuiva pinta, kellertävän beige väri
Rakenne	Ryyninen, karkea, hyvin muotonsa pitävä, hieman kuivakka
Haju	Miedon mausteinen, savuinen
Maku	Mausteinen, herneproteiini maistuu läpi, savuinen
Suutuntuma	Kuivakka, pureskeltava

- Tangolle ripustettu vegemakkaralengki katkesi 15 minuutin kypsennyksen jälkeen, johon tuen yksittäisten makkaroiden kuoren rikkoutumisesta, eikä 30 minuutin suunniteltu esikypsennys toteutunut.

Toimenpiteet ensimmäisen koe-erän perusteella.

- Vegemakkaran rakenne oli kiinteä, kuivakka, karkea ja ryynimäinen.
 - Säädetään metyyliiselluloosaa ja hernekuitua alaspäin ja kasvatetaan veden osuutta.
- Teksturoitu herneproteiini ei ollut leikkautunut pienempään palakokoon pohjien yhteensekoituksessa.
 - Säädetään teksturoidun herneproteiinin määrää alas ja pidennetään kutterointiaikaa, että teksturoitu proteiini leikkautuisi pienempään palakokoon.
- Vegemakkara ei värjäydy raaka-aineilla ja mausteilla toivotunlaiseksi, vaan jää kelleräväksi. Liian mausteinen maku.
 - Lisätään reseptiin rautaoksidi säätämään väriä punertavammaksi. Säädetään maustetasoa alaspäin.
- Kuoren rikkoutuminen johtui makkaramassan sisällä olleen jäännösilman lämpölaajen- tumisen aiheuttamasta kuoren pullistumisesta ja ”räjähtämisestä”.
 - Jatkossa vegemakkaramassan vakumointi kutteroinnin jälkeen, ennen siirtoa ruiskuun. Seuraavan koe-erän esikypsennys 90 °C, 60 minuuttia kattilassa. Esi- kypsennysaikaa pidennettiin riittävän kypsymisen varmistamiseksi.

4.2 Toinen koe-erä: Resepti- ja prosessiparametrimuutosten vaikutus prosessiin ja lopputuotteeseen

Toisessa koe-erässä havainnoitiin valmistusprosessi- ja reseptimuutosten (liite 3) vaikutusta tuoteominaisuuksiin, kuten väriin ja rakenteeseen sekä yleiseen prosessin toimintavarmuuteen.

Prosessikuvaus, parametrit ja resepti.

- Teksturoitua proteiinia ei kutteroitu erikseen pienempään palakokoon, mutta vegemakkaramassaa kutteroitiin pohjien yhdistämisen yhteydessä pidempään kuin ensimmäisessä koe-erässä.
- Vegemakkaramassa vakumoititiin vakumointilaitteella ennen ruiskutusta.
- Vegemakkaramassa ruiskutettiin käsikäyttöisellä makkararuiskulla kuoreen.
- Vegemakkarat esikypsennettiin lämpösäädettävässä kattilassa.
 - 90 °C, 60 minuuttia.

Koevalmistuksen tulos ja huomiot. Esikypsennettyä ja kuorittua toisen koe-erän vegemakkaraa (Kuva 3) ei arvioitu, mutta dokumentoitiin kuvana vertailua varten. Pannulla paistettu toisen koe-erän vegemakkara (Kuva 4) arvioitiin aistinvaraisesti (Taulukko 4).



Kuva 3. Toisen koe-erän esikypsennetty ja kuorittu vegemakkara, josta irronnut nestettä.



Kuva 4. Toisen koe-erän pannulla paistetun vegemakkaran leikkauspinta.

Taulukko 4. Toisen koe-erän tuloksen aistinvarainen arviointi.

Ulkonäkö	Kuivahko tasainen pinta, punertavan oranssi väri
Rakenne	Pehmeä, hieman ryyninen, karkeahko, muotonsa pitävä
Haju	Miedon mausteinen, savuinen, kasviproteiini ei erotu
Maku	Mausteinen, savuinen, kasviproteiini ei erotu
Suutuntuma	Pehmeä, ilmava purutuntuma

- Vakumoinnista huolimatta vegemakkarat kelluivat kattilassa, eli niihin oli jäänyt ruiskutuksessa ilmaa. Vegemakkarat painettiin siivilällä veden alle esikypsennyksen ajaksi.
- Esikypsennyksessä jäännösilma laajensi kuorta hieman ja tilan valtasi vegemakkarasta irronnut neste.

Toimenpiteet toisen koe-erän perusteella.

- Vegemakkaran rakenne oli liian pehmeä ja ilmava. Esikypsennyksessä vegemakkarasta irtosi nestettä kuoreen. Vegemakkaramassan jäännösilma laajeni esikypsennyksessä pullistaen kuorta. Reseptimuutokset hydrokolloidien, proteiinin ja veden osalta saattoivat olla liian radikaaleja. Epävarmaa oli johtuiko nesteen irtoaminen reseptistä vai jäännösilman pullistamasta kuoresta. Ajatus oli että laajentumaton kuori pitäisi massan mahdollisesti tiiviimpänä pakettina kypsennyksen ajan.
 - Seuraavaan koe-erään ei reseptiä muutettu, vaan varmistetaan valmistusprosessin onnistumisesta vakumoinnin ja esikypsennyksen osalta.

- Rakenne oli vielä liian karkea ja ryynimäinen.
 - Teksturoitu herneproteiini ei ollut jauhautunut juurikaan pienemmäksi. Seuraavan koe-erän proteiinipohjaa kutteroidaan itsenäisesti pienempään palakokoon ennen yhdistämistä hydrokolloidipohjaan.

4.3 Kolmas koe-erä: Toisen koe-erän reseptin toistaminen pienillä muutoksilla valmistusprosessiin

Kolmannessa koe-erässä pyrittiin toistamaan edellinen resepti (liite 3) vain pienin muutoksin valmistusprosessiin. Nesteen irtoamisen syy pyrittiin varmentamaan pitämällä resepti samana. Samalla vegemakkaran rakennetta pyrittiin saamaan karkeasta sileämmäksi proteiinipohjan itsenäisellä kutteroinnilla.

Prosessikuvaus, parametrit ja resepti.

- Proteiinipohjaa, ja sen sisältämää teksturoitua herneproteiinia, kutteroitiin itsenäisesti pienempään palakokoon ennen yhdistämistä hydrokolloidipohjan, veden ja öljyn seokseen.
- Vegemakkaramassa vakumoitettiin vakumointilaitteella ennen ruiskutusta.
- Vegemakkaramassa ruiskutettiin käsikäyttöisellä makkararuiskulla kuoreen.
- Vegemakkarat esikypsennettiin lämpösäädettävässä kattilassa.
 - 90 °C, 60 minuuttia.
- Resepti oli sama kuin edellisessä koe-erässä (liite 3).

Koevalmistuksen tulos ja huomiot. Esikypsennettyä ja kuorittua kolmannen koe-erän vegemakkaraa (Kuva 5) ei arvioitu, mutta dokumentoitiin kuvana tulevaa vertailua varten. Pannulla paistettu kolmannen koe-erän vegemakkara (Kuva 6) arvioitiin aistinvaraisesti (Taulukko 5).



Kuva 5. Kolmannen koe-erän esikypsennettyjä ja kuorittuja vegemakkarointa.



Kuva 6. Kolmannen koe-erän pannulla paistetun vegemakkarin leikkauspinta.

Taulukko 5. Kolmannen koe-erän tuloksen aistinvarainen arviointi.

Ulkonäkö	Kuivahko tasainen pinta, punertavan oranssi väri
Rakenne	Pehmeä, leikkauspinta epätasainen, sileähkö, muotonsa pitävä
Haju	Miedon mausteinen, savuinen, kasviproteiini ei erotu
Maku	Mausteinen, savuinen, kasviproteiini ei erotu
Suutuntuma	Pehmeä, ilmava purutuntuma

- Vegemakkaramassan vakumointi onnistui paremmin kuin edellisessä kokeessa. Lämpölaajentumista ja kuoren pullistumista ei tapahtunut. Joissakin vegemakkaroissa oli kuitenkin havaittavissa pieniä ilmataskuja joihin kertyi irtoavaa nestettä esikypsennyksessä.

Toimenpiteet kolmannen koe-erän perusteella.

- Vegemakkaran rakenne oli vieläkin liian pehmeä ja ilmava. Esikypsennyksessä vegemakkara-irtosi tässäkin kokeessa hieman nestettä kuoreen. Vegemakkaramassaan ei jäänyt niin huomattavaa määrää jäännösilmaa vakumoinnissa että lämpölaajentumista olisi merkittävästi tapahtunut. Aikaisemmat reseptimuutokset (liite 3) hydrokolloidien, proteiinin ja veden osalta saattoivat olla syynä vedenpidätyskyvyn heikkenemiseen.
 - Metyyliselluloosan vaihdettiin saman valmistajan toiseen laatuun ja annostus säädettiin sille tuotespesifikaatiossa vegemakkara-applikaatioon ilmoitettuun suositukseen. Uuden metyyliiselluloosan vegemakkara-applikaatioreseptissä mainittiin 70 °C riittäväksi kypsennyslämpötilaksi, kypsennysajan ollessa 25 minuuttia.
- Rakenne oli hienojakoisempi eikä enää ryynimäinen. Leikkauspinta oli epätasainen.
 - Proteiinipohjan itsenäinen kutterointi ennen yhdistämistä hydrokolloidin, veden ja öljyn seokseen mahdollisesti teksturoidun herneproteiinin palakoon säätämisen.
 - Reseptistä poistettiin hernekuitu ja tuotiin tilalle ksantaanikumi tasaisemman leikkauspinnan saavuttamiseksi.
- Väri oli epäluonnollisen punainen.
 - Rautaoksidin määrää säädettiin alas ja toiseksi väriaineeksi tuotiin sokerikulööri säätämään väriä.

4.4 Neljäs koe-erä: Raaka-ainevalintojen vaikutukset tuoteominaisuuksiin

Neljännessä koe-erässä toteutettiin useampia muutoksia reseptiin (liite 4), mutta valmistusprosessi pysyi esikypsennyslämpötilaa lukuun ottamatta muuttumattomana. Puutteellista vedensidontaa pyrittiin ratkomaan metyyliiselluloosalaatua vaihtamalla ja leikkauspinnan epätasaisuutta vaihtamalla hernekuitu ksantaanikumiin. Värisävyä säädettiin muutoksilla väriaineisiin.

Prosessikuvaus, parametrit ja resepti.

- Proteiinin pohjaa kutteroitiin itsenäisesti pienempään palakokoon ennen yhdistämistä hydrokolloidipohjan, veden ja öljyn seokseen.
- Vegemakkaramassa vakumoitettiin vakumointilaitteella ennen ruiskutusta.
- Vegemakkaramassa ruiskutettiin käsikäyttöisellä makkararuiskulla kuoreen.
- Vegemakkarat esikypsennettiin lämpösäädettävässä kattilassa.
 - 70 °C, 25 minuuttia.

Koevalmistuksen tulos ja huomiot. Esikypsennettyä ja kuorittua neljännen koe-erän vegemakkaraa (Kuva 7) ei arvioitu, mutta dokumentoitiin kuvana tulevaa vertailua varten. Pannulla paistettu neljännen koe-erän vegemakkara (Kuva 8) arvioitiin aistinvaraisesti (Taulukko 6).



Kuva 7. Neljännen koe-erän esikypsennetty ja kuorittu vegemakkara.



Kuva 8. Neljännen koe-erän pannulla paistetun vegemakkaran leikkauspinta.

Taulukko 6. Neljännen koe-erän tuloksen aistinvarainen arviointi.

Ulkonäkö	Kuivahko ja hieman epätasainen kuoripinta, paahtuneen ja grillatun näköinen ulkopinta, muistuttaa jo hieman makkaran väriä
Rakenne	Pehmeä, leikkauspinta tasainen, sileähkö, muotonsa hyvin pitävä, pieniä ilmareikiä rakenteessa
Haju	Miedon mausteinen, miedosti savuinen, kasviproteiini ei erotu
Maku	Miedon mausteinen, miedosti savuinen, kasviproteiini ei erotu
Suutuntuma	Kiinteä ja jämällä kuori, hyvin ilmava purutuntuma

- Vegemakkaramassa oli todella tahmeaa kutteroinnin jälkeen.
- Massan vakumointi ei onnistunut. Vegemakkaroitten kuoret eivät silti laajentuneet.
- Vegemakkarasta ei irronnut nestettä esikypsennyksessä.
- Esikypsennetty vegemakkara oli jäähtytyksen jälkeen kuorittaessa pinnastaan tahmea ja pehmeä. Tuotetta oli hankala käsitellä.
- Pannulla paistettaessa tuotteen sisältämä metyyliiselluloosa jähmettyi lämmön vaikutuksesta. Vegemakkaran pinta muuttui sisäosaa kuivemmaksi ja rapeammaksi, luoden vaikutelman paistetun makkaran kuoresta.

Toimenpiteet neljännen koe-erän perusteella.

- Vegemakkaran rakenne oli esikypsennyksen jälkeen raakamaisen tahmea ja pehmeä. Pannulla paistetun vegemakkaran purutuntuma oli heikko ja ilmava. Vegemakkaran tahmeus ja heikko rakenne saattoi johtua veden annostelusta, puutteellisesta nesteensidonnasta, lisätystä ksantaanikumista tai esikypsennyksen prosessiparametreista. Esikypsennys tapahtui edellisiin koe-eriin verrattuna selvästi matalammassa lämpötilassa ja oli kestoltaan lyhyempi. Massan jäännösilma ei aiheuttanut havaittavaa kuoren lämpölaajentumista. Vegemakkaran leikkauspinta oli nyt todella tasainen ja sileä. Tämä saattoi johtua reseptiin lisätystä ksantaanikumista.
 - Seuraavaan reseptiin tuotiin modifioitua tärkkelystä 5 %-yksikön osuus ja härkäpapuproteiini-isolaatin määrää nostettiin 5 %-yksikköä tuomaan ylimääräistä vedensidontaa ja rakennetta. Veden ja teksturoidun herneproteiinin osuutta laskettiin.
 - Seuraavan koe-erän esikypsennyksen lämpötila säädettiin 85 °C:n ja esikypsennyksen kesto nostettiin 60 minuuttiin.
- Vegemakkaran väri oli selvästi luonnollisempi edellisiin koe-eriin verrattuna, mutta vielä melko tumma. Rapeaksi paistunut ulkopinta oli positiivinen ominaisuus. Ilmiö oli uusi ja johtui mahdollisesti käytetystä metyyli-selluloosasta tai karamellisoidusta soke-rista.
 - Sokerikulöörin määrää säädettiin alaspäin vaaleamman lopputuloksen saamiseksi.

4.5 Viides koe-erä: Vegemakkaran kylmärakenteen ongelmiin pureutuminen

Viidennessä ja viimeisessä koe-erässä toteutettiin useampia muutoksia reseptin rakennetta tuoviin ja vettä sitoviin raaka-aineisiin (liite 5). Valmistusprosessi pysyi esikypsennyksen lämpötilaa ja kestoja lukuun ottamatta muuttumattomana. Vegemakkaran kuorimishetken tahmeaa rakennetta pyrittiin ratkomaan tuomalla reseptiin modifioitu tärkkelys, nostamalla kasvi-proteiini-isolaatin määrää ja laskemalla veden osuutta. Värisävyä vaalennettiin laskemalla sokerikulöörin määrää.

Prosessikuvaus, parametrit ja resepti.

- Proteiinin pohjaa kutteroitiin itsenäisesti pienempään palakokoon ennen yhdistämistä hydrokolloidipohjan, veden ja öljyn seokseen.
- Vegemakkaramassa vakumoitettiin vakumointilaitteella ennen ruiskutusta.
- Vegemakkaramassa ruiskutettiin käsikäyttöisellä makkararuiskulla kuoreen.
- Vegemakkarat esikypsennettiin lämpösäädettävässä kattilassa.
 - 85 °C, 60 minuuttia.

Koevalmistuksen tulos ja huomiot. Esikypsennettyä ja kuorittua viidennen koe-erän vegemakkaraa (Kuva 9) ei arvioitu, mutta dokumentoitiin kuvana tulevaa vertailua varten. Pannulla paistettu viidennen koe-erän vegemakkara (Kuva 10) arvioitiin aistinvaraisesti (Taulukko 7).



Kuva 9. Kokeen 5 esikypsennetty vegemakkara.



Kuva 10. Viidennen koe-erän pannulla paistetun vegemakkaran leikkauspinta.

Taulukko 7. Viidennen koe-erän tuloksen aistinvarainen arviointi.

Ulkonäkö	Kuivahko ja hieman epätasainen kuoripinta, paahtuneen ja grilla- tun näköinen ulkopinta, ruskehtava sekä ulkoa että sisältä, teks- turoidun proteiinin partikkelit erottuvat leikkauspinnassa
Rakenne	Pehmeä, leikkauspinta erittäin tasainen, sileähkö, muotonsa hy- vin pitävä, runsaasti ilmareikiä rakenteessa, jämäkkä ja rapea ul- kokuori
Haju	Miedon mausteinen, miedosti savuinen, kasviproteiini ei erotu
Maku	Miedon mausteinen, miedosti savuinen, kasviproteiini ei erotu
Suutuntuma	Kiinteä ja jämäkkä kuori, ilmava purutuntuma

Taulukko 8. Viidennen koe-erän tuloksen ravintosisältö.

Ravintosisältö (100 g:ssa)	
Energia	785,9 kJ 188,2 kcal
Rasva	11,2 g
josta tyydyttyntä	0,8 g
Hiilihydraatit	7,9 g
Ravintokuitu	2,1 g
Proteiini	13,9 g
Suola	2,3 g

- Vegemakkaramassa oli tälläkin kertaa kutteroinnin jälkeen tahmeaa. Tahmeaa massaa oli haastavaa saada vakumoiduksi manuaalisesti, ja massaan jäi jäännösilmaa. Vegemakkarat kelluivat esikypsennyksessä ja ne täytyi painaa siivilällä veden alle.
- Kuorittaessa esikypsennyksen ja jäähdytyksen jälkeen osa vegemakkaroista oli pinnastaan tarttunut kuoreen. Suurin osa vegemakkaroista kuoriutui kuitenkin helposti, eivätkä ne olleet pinnaltaan tahmeita.
- Vegemakkarasta ei irronnut nestettä esikypsennyksessä.
- Pannulla paistettaessa vegemakkaran pinta muuttui taas sisäosaa kuivemmaksi ja rapeammaksi, luoden vaikutelman paistetun makkaran kuoresta. Vegemakkara myös tummui pannulla paistettaessa.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET JA JATKOKEHITYSIDEAT

Viidennessä koe-erässä vegemakkaran esikypsennyksen ja jäähdetyksen jälkeiseen rakenteeseen oli saatu muutos, eikä rakenne ollut enää kostea ja tahmea. Muutos tapahtui kun raaka-ainesuhteissa nostettiin vettä sitovien raaka-aineiden osuutta suhteessa veteen: veden osuutta laskettiin, härkäpapuproteiini-isolaatin osuutta nostettiin ja reseptiin tuotiin modifioitu tärkkelys.

Osan viidennen koe-erän vegemakkaroista pinta tarttui kuoreen ja irtosi vegemakkarasta kuorittaessa. Nämä yksilölliset erot saattavat johtua esikypsennyksen olosuhteista, kun makkarat on painettu keiton ajaksi siivilällä veden pinnan alle ja osa makkaroista on saattanut saada eritasoisen lämpökäsittelyn.

Lopputuotteen ravintoarvot kestävät vertailun sekä eläinproteiinipohjaiseen makkaraan että kaupallisiin vegemakkarihin, esimerkiksi proteiinisäällön osalta. Tuotteen suolapitoisuus on verrattain korkea, johtuen vasta lopullisessa ravintosisältölaskelmassa huomioon otettujen raaka-aineiden natriumpitoisuuksien vuoksi.

Tässä kehitystyössä testattiin ainoastaan yhtä kasviproteiini-isolaattia ja yhtä teksturoitua kasviproteiinia. Muitakin vaihtoehtoja soijaproteiiniraaka-aineille on, joita voisi jatkokehityksessä kokeilla. Teksturoidun proteiinin itsenäinen kutterointi haluttuun palakokoon osoittautui parhaaksi tavaksi saada sisärakenteesta halutunlainen.

Jatkokehityksessä pitää pyrkiä valmistusprosessin toistettavuuteen. Tuotemassasta tulee poistaa jäännösilma ennen ruiskutusta ja tämä onnistuu helpoimmin automaattista makkaruiskua käyttämällä. Tällöin koe-erien kokoa täytyy kasvattaa merkittävästi. Kun massa saadaan ilman jäännösilmaa kuoreen, esikypsennysprosessi saattaa olla helpompi kun ilman lämpölaajentumista ei tapahdu eikä vegemakkarat kellu keitinvedessä. Esikypsennys olisi mahdollisesti paras suorittaa makkarankeittoaapissa koe-erästä toiseen.

Jatkokehityksessä voisi tutkia neljännen koe-erän vegemakkaroiden tahmeaan pintaan johtanutta tekijää ja selvittää johtuiko tahmeus kevyemmästä esikypsennyksestä vai veden ja vettä sitovien raaka-aineiden suhteen epätasapainosta. Lisäksi voisi selvittää myös mahdollisen tärkkelyksen optimaalista annostelua. Nyt vegemakkarassa kokeiltiin ainoastaan yhtä modifioitua tärkkelystä 5 %-yksikön annostuksella.

Lopputuotteen heikko purutuntuma saattaa ratketa massan kunnollisella vakumoinnilla. Vaihtoehtoisesti jatkokehityksessä proteiinipohjaan voisi kokeilla muita proteiiniraaka-aineita ja erilaista prosessointia. Jokin veden kanssa emulsion luova proteiiniraaka-aine voisi tuoda tiukemman sisärakenteen ja kiinteämmän purutuntuman.

6 POHDINTA

Opinnäytetyön kehityskohde, vegemakkara, oli itselleni täysin uusi tuotekategoria ja tuotekehitys työnkuvana uusi. Opinnäytetyö toimi itselleni harjaannuttavana tehtävänä sekä tuotekehityksen käytännön työskentelytapoihin että tuotekategoriaan ja raaka-aineiden ominaisuuksiin perehdyttämällä.

Työskentelyni eteni pitkälti käytäntö edellä. Laajempi syventyminen taustamateriaaliin, raaka-aineisiin sekä teoriaan ennen työskentelyn aloittamista olisi voinut helpottaa projektin kokonaisuuden hallintaa ja tilannekuvan hahmottamista.

Tuotekehitystyöskentelyn tuloksena ei syntynyt valmista, käyttökelpoista tuotetta, reseptiä tai prosessikuvausta, vaan lähinnä johtopäätöksiä ja jatkokehitysehdotuksia. Myös oma osaamiseni ja ymmärrykseni sekä tuotekehityksestä yleisesti että liha-analogeista kehittyi.

Työn rajauksina ja kehittämistehtävinä toimi kookosöljyn, gluteenin ja soijapavun käyttämättä jättäminen sekä niiden tuoman mahdollisen rakenteellisen funktion korvaaminen muilla raaka-aineilla tai menetelmillä. Ulosrajauksen syynä oli kyseisten raaka-aineiden ongelmallisuus joko mainehaitan tai allergeenisyyden vuoksi. Ulosrajattujen raaka-aineiden käytön mielekkyyden määrää pitkälti kuluttajat, ja raaka-aineiden maineessa voi tapahtua muutoksia ajan mittaan.

Työskentelyn sujuvuutta rajoitti tuotekehityksessä valmistettujen pienten koe-erien ja sujuvaan valmistukseen tarpeellisen laitteiston koon ristiriita. Prosessin onnistuminen ja lopputuloksen ominaisuudet riippuvat pitkälti massan saamisesta kuoreen vakumoituna, joka on erittäin haastavaa käsikäyttöisellä makkaranruiskulla jota näin pienissä koe-erissä jouduttiin käyttämään. Lisäksi tärkeää olisi tuotteen esikypsennyksen toteutus niin, että se voidaan toistaa koe-erästä toiseen samankaltaisena. Opinnäytetyön toteutuksessa jouduttiin improvisoimaan esikypsennyksen toteutuksessa. Näkisin että jatkossa vastaavanlaisia tuotteita kehitettäessä koe-erien koon tulisi olla sellainen, että massa voidaan ruiskuttaa vakumoituna kuoreen automaattimakkaranruiskulla ja kypsennys tehtäisiin makkarankeittoaapissa.

LÄHTEET

- Berkheiser, K. & Brown, M. J. 28.2.2022. Animal vs. Plant Protein – What’s the Difference? [Blogikirjoitus]. Healthline. [Viitattu 13.5.2022]. Saatavana: <https://www.healthline.com/nutrition/animal-vs-plant-protein>
- Businesswire. 2021. Global Meat Markets, 2021-2025 by Product (Chicken, Beef, Mutton, Pork and Others), & Type (Raw and Processed) - ResearchAndMarkets.com. [Verkojulkaisu]. [Viitattu 20.4.2022]. Saatavana: <https://www.businesswire.com/news/home/20210920005477/en/Global-Meat-Markets-2021-2025-by-Product-Chicken-Beef-Mutton-Pork-and-Others-Type-Raw-and-Processed---ResearchAndMarkets.com>
- The Danish Veterinary and Food Administration. 2021. The Official Dietary Guidelines – Good for health and climate. [Verkojulkaisu]. [Viitattu 26.4.2021]. Saatavana: https://altomkost.dk/fileadmin/user_upload/altomkost.dk/Publikationsdatabase/De_officielle_Kostraad_2021/Danish_Official_Dietary_Guidelines_Good_for_Health_and_climate_2021_SCREEN_ENG.pdf
- Earle, M., Earle, R. & Anderson, A. 2001. Food Product Development. Cambridge: Woodhead Publishing Limited.
- Garba, U. & Kaur, S. 2014. Protein isolates: Production, functional properties and application. [Verkojulkaisu]. Phagwara: Lovely Professional University. Department of Food Technology and Nutrition. [Viitattu 27.4.2022]. Saatavana: https://www.researchgate.net/publication/260210570_protein_isolates_production_functional_properties_and_application
- Hirvonen, U. & Tuononen, V. 2007. Ideasta elintarvikkeeksi: Työkirja. Suonenjoki: Sisä-Savon Seutuyhtymä.
- Hoefler, A. 2004. Hydrocolloids: Practical guides for the food industry. Minnesota: American Association of Cereal Chemists.
- Koistinen, M. 14.1.2020. Soija syynissä: Ruuaksi, rehuksi vai boikottiin? [Verkojulkaisu]. Helsinki: WWF. [Viitattu 20.1.2022]. Saatavana: <https://wwf.fi/uutiset/2020/01/soija-syynissa-ruuaksi-rehuksi-vai-boikottiin/>
- Luonnonvarakeskus. Ei päiväystä. Soijapavun viljely. [Verkkosivu]. [Viitattu 20.1.2022]. Saatavana: <https://projects.luke.fi/futurecrops/fi/viljely/soijapavun-viljely/>
- Marketsandmarkets. 2020. Meat Substitutes Market by Source (Soy protein, Wheat protein, Pea protein), Type (Concentrates, Isolates, and Textured), Product (Tofu, Tempeh, Seitan, and Quorn), Form (Solid and Liquid), and Region – Global Forecast to 2026. [Verkojulkaisu]. [Viitattu 26.4.2021]. Saatavana: <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/meat-substitutes-market-979.html>

- Michel, F., Hartmann, C. & Siegrist, M. 2021. Consumers' associations, perceptions and acceptance of meat and plant-based meat alternatives. [Verkkójulkaisu]. Food Quality and Preference. [Viitattu 26.4.2021].
Saatavana: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950329320303323>
- Parkkinen, K. & Rautavirta K. 2007. Aspartaamista öljyhappoon: Elintarvike- ja ravitsemustiedon sanasto. 3. tarkistettu painos. Helsinki: Restamark Oy.
- Phillips, G. O. & Williams, P. A. 2009. Handbook of hydrocolloids. 2. painos. Cambridge: Woodhead Publishing Limited.
- Puolanne, E. 2018. Elintarvikkeet ja niiden prosessit: liha ja lihavalmistet. Helsinki: Helsingin Yliopisto.
- Rochmyaningsih, D. 2020. Claim that coconut oil is worse for biodiversity than palm oil sparks furious debate: Coconut palm threatens more species per ton of oil produced than any other crop, study says. [Verkkolehtiartikkeli]. Science. [Viitattu 20.1.2022]. Saatavana: <https://www.science.org/content/article/claim-coconut-oil-worse-biodiversity-palm-oil-sparks-furious-debate>
- Ruokavirasto. 2.8.2021. Lihavalmistetta jäljittelevien tuotteiden nimeäminen. [Verkkójulkaisu]. [Viitattu 19.4.2022]. Saatavana: <https://www.ruokavirasto.fi/yriytykset/elintarvikeala/valmistus/elintarvikkeista-annettavat-tiedot/pakkausmerkinnat/elintarvikkeiden-nimeaminen/lihavalmistetta-jaljittelevien-tuotteiden-nimeaminen/>
- Ruokavirasto. 4.12.2019. Allergeenit. [Verkkójulkaisu]. [Viitattu 20.1.2022]. Saatavana: <https://www.ruokavirasto.fi/yriytykset/elintarvikeala/valmistus/elintarvikkeista-annettavat-tiedot/allergeenit/>
- Surette, M. E. 2008. The science behind dietary omega-3 fatty acids. [Verkkolehtiartikkeli]. Canadian Medical Association Journal 178 (2), 177-180. [Viitattu 13.5.2022]. Saatavana: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2174995/pdf/20080115s00023p177.pdf>
- Valtion ravitsemusneuvottelukunta. 2018. Terveyttä ruoasta – Suomalaiset ravitsemussuosituksset 2014. [Verkkójulkaisu]. [Viitattu 26.4.2021]. Saatavana: https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/teemat/terveytta-edistava-ruokavalio/kuluttaja-ja-ammattilaismateriaali/julkaisut/ravitsemussuosituksset_2014_fi_web_versio_5.pdf

LIITTEET

Liite 1. Esikokeen resepti

Liite 2. Ensimmäisen koe-erän resepti

Liite 3. Toisen ja kolmannen koe-erän resepti

Liite 4. Neljännen koe-erän resepti

Liite 5. Viidennen koe-erän resepti