



Mariam Omarieh

# Itutuotteen kasvatusolosuhteiden optimointi

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Bio- ja kemiantekniikka

Insinöörityö

25.11.2021

# Tiivistelmä

Tekijä: Mariam Omarieh  
Otsikko: Itutuotteen kasvatusolosuhteiden optimointi  
Sivumäärä: 42 sivua + 2 liitettä  
Aika: 25.11.2021

Tutkinto: Insinööri (AMK)  
Tutkinto-ohjelma: Bio- ja kemiantekniikka  
Ammatillinen pääaine: Bio- ja elintarviketekniikka  
Ohjaajat: Yrittäjä ja luomuviljelijä Samuli Laurikainen  
Lehtori Carola Fortelius-Sarén

---

Opinnäytetyön tavoitteena oli laatia laaja teoriakatsaus ituihin ja niiden kasvatukseen käytettyihin siemeniin liittyen sekä toteuttaa kokeellinen osuus, jonka tavoitteena oli selvittää Snafu Oy:lle *Vigna radiata* -palkokasvilajin iduille optimaaliset kasvatusolosuhteet. Teoriaosassa käsitellään pavunituihin liittyvää historiaa, niiden ravitsemuksellisia ominaisuuksia, lainsäädäntöä ja mikrobiologisia vaatimuksia sekä elintarviketurvallisuutta yleisesti.

Idut ovat jo satojen vuosien ajan olleet olennainen osa aasialaista ruokakulttuuria, mutta niiden lääkinällisellä käyttötarkoituksella on sitäkin pidempi historia. Viimeisten vuosikymmenien aikana iduista on kiinnostuttu myös muualla maailmassa ja etenkin Euroopassa. Syy kiinnostuksen nousuun on luultavasti ihmisten kasvava tietoisuus terveellisen ja ravitsevan ruokavalion tärkeydestä. Iduilla on hyvät ravitsemukselliset ominaisuudet, joiden imeytyminen elimistöön tehostuu idätyksen aikana.

Itutuotantoa ohjaa tarkasti määritelty lainsäädäntö ja vaatimukset, joiden tarkoituksena on taata itutuotteiden turvallisuus kuluttajille. Suomessa vuonna 1995 ja Euroopassa vuonna 2011 tapahtuneiden taudinpurkausten jälkeen ituihin liittyvää lainsäädäntöä tiukennettiin, sillä taudinpurkausten alkuperäksi paljastui idättämiseen käytettyjen siementen saastuminen bakteeripatogeeneilla. Lakien uudistamisessa keskityttiin etenkin jäljitettävyy-, hygienia- ja mikrobiologisiin vaatimuksiin.

Työn kokeellisessa osassa suoritettiin kaikkiaan 14 kasvatustestiä, joiden tekemiseen käytettiin itujen kasvatukseen tarkoitettua laitetta. Testeissä tutkittiin, millaisia vaikutuksia erilaisilla laiteasetuksilla oli itujen kasvuun. Kasvatusten tuloksia analysoitiin pääasiassa itujen pituuden, paksuuden ja ohuen juuren pituuden osalta. Kolmessa kasvatustestissä apuaineena käytettiin eteenikaasua, jolle idut altistettiin kasvun alkuvaiheessa. Eteenin pitoisuus oli 50 ppm.

Parhaimmat tulokset saatiin seuraavilla kasvatusolosuhteilla: kaapin lämpötila 20 °C, veden lämpötila 17 °C, kasteluväli 150 minuuttia ja kastelu-aika 40 sekuntia. Testitulosten perusteella voidaan kuitenkin todeta, että ilman eteenikaasun käyttöä haluttuja tuloksia ei olisi saavutettu.

Avainsanat: idut, lainsäädäntö, kasvatustestit, kasvatusolosuhteet

## Abstract

Author: Mariam Omarieh  
Title: Optimization of Sprout Growing Conditions  
Number of Pages: 42 pages + 2 appendices  
Date: 25 November 2021

Degree: Bachelor of Engineering  
Degree Programme: Biotechnology and Chemical Engineering  
Professional Major: Biotechnology and Food Engineering  
Supervisors: Samuli Laurikainen, Entrepreneur and Organic Farmer  
Carola Fortelius-Sarén, Lecturer

---

The aim of the thesis was to write an extensive theoretical report about sprouts and seeds used for sprouting. The theoretical part examines the history of bean sprouts, their nutritional properties as well as legislation, microbiological requirements, and food safety in general. An experimental part was also included in the thesis. Its aim was to determine the optimal growing conditions for the sprouts of the *Vigna radiata* legume. This thesis was done in collaboration with Snafu Oy.

For hundreds of years bean sprouts have been an important part of Asian food culture, but the history of their medical use is even longer. In recent decades sprouts have also attracted interest in other parts of the world, especially in Europe. The reason behind the increase of interest is probably due to growing awareness of the importance of healthy and nutritious diet. Sprouts contain good nutritional values and their absorption into the body is enhanced during sprouting.

Sprout production is guided by strict legislation and requirements aimed to ensure the safety of sprouted products. Following the bacterial outbreaks in Finland in 1995 and in Europe in 2011, legislation on sprouting was tightened, as the origin of the outbreaks was the contamination of seeds with bacterial pathogens. The reform of the legislation focused especially on traceability, hygiene, and microbiological requirements.

In the experimental part of the thesis, a total of 14 growth tests were performed using a device designed for sprouting. The tests were performed to examine the effects of different growing conditions on sprout growth. The results were mainly analysed by measuring sprout length, thickness, and the length of the thin root. In the last three tests the sprouts were exposed to ethylene gas in the early stages of growth. The content of ethylene gas was 50 ppm.

The best sprouting results were obtained under the following conditions: cabinet temperature 20 °C, water temperature 17 °C, watering interval 150 minutes and watering time 40 seconds. However, all the test results show that without the use of ethylene gas, the desired results would not have been achieved.

Keywords: bean sprouts, legislation, growth tests, growing conditions

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Idut ja idätys	2
2.1	Historia	2
2.2	Ruokakulttuurillinen käyttö	4
2.3	Ravitsemukselliset ominaisuudet	4
2.3.1	Proteiinit	5
2.3.2	Rasvat, hiilihydraatit ja kuidut	6
2.3.3	Suoja-aineet	7
2.3.4	Vitamiinit	8
2.3.5	Mineraalit	9
3	Elintarviketurvallisuus ja lainsäädäntö	9
3.1	Elintarviketurvallisuus yleisesti	9
3.2	Lainsäädäntö	11
3.3	Elintarvikehygieniä	12
3.4	Mikrobiologiset vaatimukset	13
4	<i>Vigna radiata</i>	16
4.1	Ravintoarvot	16
4.2	Kasvuprosessi ja -olosuhteet	19
4.3	Etyleenin käyttö kasvatuksessa	20
5	Materiaalit ja menetelmät	22
5.1	Kasvatuslaite ja sen toiminta	22
5.2	Tuotteen laatukriteerit	24
5.3	Kasvatustestit	25
5.3.1	Kasvatusolosuhteiden validointi	26
5.3.2	Etyleenin lisäys	27
5.4	Mittausmenetelmät	28
6	Tulokset	29
6.1	Siemenmäärän vaikutus kasvatustuloksiin	31

6.2 Eteenikaasun vaikutus kasvatustuloksiin	32
7 Tulosten tarkastelu ja johtopäätökset	34
8 Yhteenveto	36
Lähteet	39
Liitteet	
Liite 1: Taulukko kasvatustestien laiteasetuksista ja tuloksista	
Liite 2: Kasteluveden lämpötilamittauksen data	

## Lyhenteet

ESSA	<i>European Sprouted Seed Association</i> . Euroopan iduntuottajien järjestö.
NTP	<i>Normal temperature and pressure</i> . Normaali lämpötila ja paine.
pmy	Pesäkkeen muodostava yksikkö.
ppm	<i>Parts per million</i> . Miljoonasosa.
STEC	Shigatoksiinia tuottava <i>Escherichia coli</i> -bakteeri.
WHO	<i>World Health Organization</i> . Maailman terveysjärjestö.

# 1 Johdanto

Idut ovat jo vuosisatojen ajan olleet olennainen osa aasialaista ruokakulttuuria, mutta vasta viime vuosikymmeninä niiden suosio on kasvanut myös Euroopassa. Itujen kasvava kysyntä Euroopassa on todennäköisesti seurausta siitä, että nykyaikana kuluttajat ovat hyvin tietoisia terveellisen ja ravitsevan ruokavaliion tärkeydestä. Myös lisääntynyt kasvipainotteisen tai vegaanisen ruokavaliion noudattaminen luultavasti on yksi kysynnän kasvuun vaikuttavista tekijöistä. Nykyään terveellistä, kasvispainotteista ja tasapainoista ruokavaliota mainostetaan niin sosiaalisessa mediassa kuin valtamediassakin. [1.]

Tämä insinööri työ toteutettiin yhteistyössä Snafu Oy:n kanssa. Yritys valmistaa Silmusalaatti-tuotemerkillä luomusertifioituja itu- ja versosalaatteja hyödyntäen vertikaaliviljelytekniikkaa. Vertikaaliviljely mahdollistaa tuotteiden viljelyn päällekkäin parhaimmillaan jopa kymmenessä kerroksessa. Tällä hetkellä tuotemerkillä on olemassa kolme erilaista versosalaattia (Alfa, Tulinen ja Parsakaali) ja yksi itusalaatti (Rouskuva), joiden valmistukseen käytetään erilaisten siemenlajien sekoituksia. Yrityksen tuotantotilat ovat Espoossa Keran alueella sijaitsevassa Inexin vanhassa logistiikkakeskuksessa.

Työ koostuu laajasta teoriaosasta ja kokeellisesta osasta. Teoriaosassa käsitellään muun muassa sitä, mistä idut ovat lähtöisin ja millainen historia niillä on, miten itäminen vaikuttaa idätettävien siementen ravitsemuksellisiin ominaisuuksiin sekä millainen lainsäädäntö ja määräykset ohjaavat itutuotannon toimintaa. Kokeellisen osan tarkoituksena oli selvittää Snafu Oy:lle uuden itutuotteen kasvatukseen vaikuttavat kasvuolosuhteet kasvatustestien avulla. Kasvatustestit toteutettiin *Vigna radiata* -palkokasvilajin itujen kasvatukseen tarkoitettulla kasvatuslaitteella. Tuloksia analysoitiin pääasiassa kasvaneiden itujen pituuden, paksuuden ja ulkonäön perusteella.

## 2 Idut ja idätys

Itu-nimityksellä tarkoitetaan eri kasvien siementen kasvun ensimmäistä kehitysvaihetta eikä iduilla tästä syystä ole olemassa yhtä tiettyä tieteellistä nimeä tai kasvisukua. [2.] Euroopan komission täytäntöönpanoasetuksen N:o 208/2013 mukaan idut määritellään seuraavasti:

Iduilla tarkoitetaan tuotteita, jotka saadaan idättämällä siemeniä ja antamalla niiden kehittyä vedessä tai muussa liuoksessa ja joiden sato korjataan ennen varsinaisten lehtien kehittymistä ja jotka on tarkoitettu syötäväiksi kokonaisina siemen mukaan luettuna. [3.]

Versot eroavat iduista siten, että versoja kasvatettaessa idätettyjen siementen annetaan ituvaiheen jälkeen kasvaa ja kehittyä niin kauan, että niihin kasvaa verso, jossa on alkeislehtiä. Versot korjataan tuotantoprosessin lopussa, eikä lopputuotteeseen sisälly siemenaiheiden kalvot ja juuret, kun taas itutuotteisiin nämä kuuluvat. [4.]

Itäminen on siemenille luonnollinen prosessi, joka käynnistää kasvamisprosessin. Idätyksellä tarkoitetaan sitä, että siemenille luodaan kasvun alkamiselle optimaaliset olosuhteet, esimerkiksi liottamisen ja lämmön avulla. [5.] Idätystä hyödynnetään muun muassa perunan kasvatuksessa ja oluen valmistuksessa. Siemenperunoita yleensä idätetään kasvua nopeuttamaan, mikä tarkoittaa myös sitä, että satoa voidaan saada aikaisemmin. Siemenperunoiden idätys kestää niin pitkään, että niihin alkaa kasvaa alkeisjuuria. [6.] Oluen valmistuksessa idätystä käytetään ohran mallastusprosessissa, jossa ohran itämisen aikana muodostuu oluen valmistusprosessin kannalta tärkeitä entsyymejä [7].

### 2.1 Historia

Iduilla on pitkä historia sekä lääkinnällisessä että ravinnollisessa käyttötarkoituksessa. Soijanitujen käytöstä lääkinnällisiin tarkoituksiin mainitaan ensimmäisen kerran 100-luvulla jälkeen ajanlaskun alun kirjoitetussa kiinalaisessa dokumentissa. Tällöin ituja kasvatettiin ainoastaan lääkkeeksi eikä niiden ravinnollisista ominaisuuksista vielä tiedetty. [8, s. 5.] 1500-luvun lopulla julkaistussa



lääketieteellisessä teoksessaan kiinalainen lääkäri Li Sheh-chen on kirjoittanut iduilla olevan muun muassa tulehduksia lievittäviä ja laksatiivisia vaikutuksia, niiden auttavan reumatismiin sekä kohentavan elimistön toimintaa. [9, s. 13.]

Ensimmäiset dokumentoinnit itujen kasvatuksesta ja käytöstä ravinnollisiin tarkoituksiin on 1200-luvulta, ja siitä saakka idut ovat olleet osa aasialaista ruokakulttuuria [8, s. 5]. 1900-luvun alusta lähtien on tuotettu runsaasti materiaalia itujen myynnistä markkinoilla. Itujen tärkeys korostui etenkin talvisin, jolloin muita vihanneksia oli saatavilla niukasti tai ei ollenkaan. Erityisesti ilmastoltaan kylmässä Pohjois-Kiinassa idut olivat merkittävä osa ruokavaliota. [9, s. 13.]

Länsimaissa itujen ravitsevuksellinen arvo huomattiin vasta vuosisatoja sen jälkeen, kun aasialaiset olivat ottaneet ne osaksi ravitsemustaan. Itujen ravinnollinen potentiaali huomattiin länsimaissa 1700-luvun lopulla, jolloin merenkävijät usein sairastuivat keripukkiin C-vitamiinin puutteen vuoksi. Jopa puolilla aluksen merimiehistä saattoi olla jonkinlaisia keripukin aiheuttamia oireita, kuten hampaiden lähtöä tai lihasten surkastumista, ja joidenkin kohdalla sairaus johti jopa kuolemaan. Tunnettu englantilainen löytöretkeilijä James Cook yritti löytää parannusta sairauteen erilaisten ruokien avulla ja lopulta onnistuikin siinä. Hän huomasi idätetyllä vehnällä olevan keripukkia ehkäisevä vaikutus etenkin sairauden varhaisessa vaiheessa. Nämä vaikutukset perustuivat siihen, että vehnään muodostui idätysprosessin aikana C-vitamiinia, jonka puute oli suurin syy keripukin syntyyn. [9, s. 13.]

Yhdysvalloissa mielenkiinto ituja kohtaan kasvoi toisen maailmansodan aikana, jolloin pelättiin sodan myötä aiheutuvan pulaa liha- ja meijerituotteista, kuten Euroopassa oli käynyt. Tämä johti siihen, että aloitettiin laaja tutkimustyön tekeminen vaihtoehtoisten proteiiniä lähteiden löytämiseksi, ja vaihtoehtoja löytyikin idätetyistä siemenistä, suurimoista ja pavuista. Proteiinipulaa ei kuitenkaan Yhdysvalloissa tullut ja kaikki sen varalle koottu aineisto jäi käyttämättömäksi. 1960-luvulla iduista kiinnostuttiin kuitenkin uudestaan; suosioon vaikuttivat etenkin vihreä aalto, kasvanut ympäristötietoisuus ja kiinnostus kasvisruokaa kohtaan. Tällöin myös raakaruokan pioneerina pidetty Ann Wigmore kehitti ”elävän

ravinnon” filosofian, johon idut ja verson liittyivät vahvasti. Viime vuosien aikana kiinnostus ituja ja versoja kohtaan on lisääntynyt, mikä on todennäköisesti seurausta raakaruokatrendien, vegaanisuuden ja kasvipohjaisen ruokavalion yleistymisestä. [9, s. 13–14.]

## 2.2 Ruokakulttuurillinen käyttö

Pavunidut ovat yleisesti käytetty raaka-aine aasialaisessa ruokakulttuurissa, ja suurin osa itujen maailmanlaajuisista markkinoista sijoittuu Aasiaan. Pääasiallisia tuottaja- ja kuluttajamaita ovat Kiina, Japani ja Korea, mutta näistä maista suurimmat kuluttajamarkkinat ovat Kiinassa. Kiinan markkinaosuus koko Aasian itumarkkinoista on noin 90 %, minkä on mahdollistanut muun muassa se, että perinteinen manuaalinen valmistusprosessi on pystytty muuttamaan automatisoiduksi kehittyneiden laitteistojen avulla. Säilytys- ja varastointiongelmien vuoksi Aasiassa tuotettuja ituja kulutetaan pääasiassa paikallisesti. [10.]

Mungopavun ja soijapavun idut ovat eniten tuotettuja ja käytettyjä pavunituja. Yleensä niitä käytetään ruoanlaitossa joko raakana tai kevyesti kypsennettynä. [10.] Itujen käyttötarkoitus ruoissa vaihtelee ruoka-annoksen mukaan, ja eri maissa niitä käytetään erilaisiin tarkoituksiin. Aasiassa monella maalla on myös niiden kulttuurille ominaisia ruokia, joissa idut ovat yksi pääraaka-aineista. Thaimaassa, Laosissa ja Vietnamin ituja käytetään usein erilaisten nuudeliruokien koristeina. Koreassa ryöpättyjä ituja tarjoillaan sivuannoksena tai täytettyjen pannukakkujen sisällä ja Indonesiassa niitä käytetään wokeissa, kanakeitossa sekä ryöpättyinä maapähkinäkastikkeen kanssa salaatisissa. [11, s. 2.]

## 2.3 Ravitsemukselliset ominaisuudet

Palkokasvit ja niiden siemenet eli pavut ovat hyvin ravintoainerikkaita elintarvikkeita ja sisältävät runsaasti proteiineja, kuituja, vitamiineja sekä mineraaleja. Ravintoaineet ovat sitoutuneet siemeniin erilaisten biologisten mekanismien avulla, joiden tarkoitus on auttaa siementä itämään ja kasvamaan kasviksi. Tällä on suuri vaikutus siementen imeytymiseen elimistössä, mikä tarkoittaa

sitä, että ihmisen on vaikea saada kaikki itämättömien siementen ravintoaineet käyttöönsä. Itäminen saa aikaan siemenen avautumisen ja kasvun alkamisen, jolloin sisälle varastoituneet ravintoaineet vapautuvat ituun. Itämisen aikana iduissa jo olemassa olevat ravintoaineet muuttavat yleensä muotoaan, minkä lisäksi niihin voi muodostua lajista riippuen myös uusia ravintoaineita. Esimerkiksi siementen sisältämät suoja-aineet, joiden tarkoitus on torjua muun muassa hyönteisiä ja jotka saattavat olla ihmisille haitallisia, pilkkoutuvat muiksi aineiksi. [9, s. 15.]

### 2.3.1 Proteiinit

Palkokasvien siemenet ovat useimmiten ravintosisällöltään hyvin proteiinipitoisia ja sisältävät lajista riippuen 20–30 % proteiinia. Siemenistä saatavien proteiinien ongelmana on kuitenkin niiden huono imeytyminen elimistöön. Tämä johtuu siitä, että siemenissä olevat proteiinit ovat varastoituneet siemenen soluihin ja toimivat sitä kautta niiden energiavarastona sekä tarjoavat tarvittavan energian uudistumis- ja kasvuprosesseihin. Proteiinien huono sulaminen elimistöön johtuu muun muassa siementen sisältämien proteiinien rakenteesta ja toiminnallisuudesta, kuten suhteellisesta liukoisuudesta, sekä soluseinien läpäisevyydestä ja suojaavasta siemenkuoresta. Lisäksi proteiinien imeytymiseen vaikuttavia tekijöitä ovat siementen sisältämät proteaasi-inhibiittorit, jotka estävät ihmisen ruoansulatuksessa proteiinien hajottamiseen osallistuvien trypsiini- ja kymotrypsiini-entsyymien toimintaa. [12, s. 214–215.]

Idätyksen aikana siemen käy läpi useita biokemiallisia prosesseja, jotka aktivoivat ja aiheuttavat muutoksia siementen ravintoaineissa. Näillä prosesseilla on suuri vaikutus proteiinien imeytymiseen ihmiselimistössä. Yksi merkittävimmistä prosesseista on itämisen aikaansaama hydrolyysi, jonka aikana yhdiste, tässä tapauksessa proteiini, hajoaa veden vaikutuksesta lähtöaineiksi eli vapaiksi aminohapoiksi. Aminohappojen vapautuminen mahdollistaa itämisen edetessä toisen tärkeän prosessin eli proteiinisynteesin aktivoitumisen, minkä aikana solu muodostaa aminohapoista uusia proteiineja. Proteiinisynteesin aikana muodostuneiden proteiinien on todettu olevan rakenteeltaan yksinkertaisempia kuin

siementen aikaisemmin sisältämät proteiinit, mikä mahdollistaa niiden paremman imeytymisen ruoansulatuksessa. [12, s. 216.]

Idätyksen vaikutus siementen imeytymiseen on myös yhteydessä siementen sisältämien proteaasi-inhibiittorien deaktivoitumiseen. Siementen itämisen aikana syntyvien bioprosessien on todettu vaikuttavan proteaasi-entsyymien estäjien toimintaan tai poistamalla ne kokonaan käytöstä. Itäminen on paljon energiaa vaativa prosessi, jonka aikana varastoenergian käyttö suuntautuu itämisprosessiin lakkauttamalla samalla muita vähemmän tärkeitä prosesseja, kuten proteaasi-entsyymien inhibitoimisen. [12, s. 216, 219.]

### 2.3.2 Rasvat, hiilihydraatit ja kuidut

Palkokasvien siemenet, kuten herneet, linssit ja mungopavut, sisältävät vähän rasvaa ja niiden rasvapitoisuus on vain noin prosenttia. Itäessä siementen rasvapitoisuus laskee entisestään eli hyvin vähärasvaisista siemenistä kasvatetut idut voivat olla lähes rasvattomia. [9, s. 15.]

Hiilihydraatteja palkokasvien siemenissä on sen sijaan runsaasti. Itämisprosessin aikana siementen sisältämät hiilihydraatit pilkkoutuvat yksinkertaisimmiksi sokereiksi, minkä vuoksi ne imeytyvät nopeammin verenkiertoon. Nopeasti imeytyvät sokerit vaikuttavat normaalisti elimistöön nostamalla verensokerivastetta ja verensokeripitoisuutta nopeasti. Joidenkin tutkimusten mukaan itujen kohdalla tämä ei kuitenkaan pidä paikkaansa, vaan päinvastoin niiden on todettu vaikuttavan myönteisesti verensokerivasteeseen. Tämän arvellaan johtuvan siitä, että idättämisen aikana erilaisten suoja-aineiden, kuten fenolien, ja liukenevien kuitujen määrä iduissa kasvaa. [9, s. 15.]

Kuidut voidaan yleisesti jakaa liukeneviin ja liukenemattomiin kuituihin. Liukenevilla kuiduilla tarkoitetaan sitä, että kuidut liukenevat nesteeseen muodostaen geelimäistä ainetta. Hyvä esimerkki tästä on muun muassa runsaskuituiset kau-rahiutaleet, jotka veteen sekoitettaessa muodostavat geelimäistä puuroa. Myös hedelmien ja marjojen sisältämä pektiini kuuluu liukeneviin kuituihin.

Liukenemattomia kuituja puolestaan löytyy useimmiten siementen kuorista. Idättäminen saa siementen sisältämien kuitujen määrän kokonaisuudessaan kasvaamaan; liukenevien kuitujen pitoisuus lisääntyy, kun taas liukenemattomien pitoisuus vähenee. Liukenevat kuidut antavat hyvän kylläisyydentunteen, mikä johtuu siitä, että ravinto otetaan elimistössä käyttöön hitaammin ja verensokerivaste pysyy alhaisena. Liukenemattomat kuidut puolestaan vaikuttavat myöhemmin ruoansulatuksen aikana ja edistävät suoliston toimintaa. [9, s. 16.]

### 2.3.3 Suoja-aineet

Itujen tiedetään olevan hyviä bioaktiivisten yhdisteiden, kuten antioksidanttien ja fenolien, lähteitä [13, s. 2]. Antioksidanteiksi kutsutaan aineita, joiden tehtävä on suojata elimistöä soluvaurioilta ja rasvojen härskiintymiseltä. Idättämisen aikana siementen antioksidanttipitoisuus voi kasvaa jopa 2 000 prosenttia. Pitoisuuksien kasvaminen johtuu osittain vitamiinipitoisuuksien kasvamisesta, sillä esimerkiksi C- ja E-vitamiini sekä karoteeni eli A-vitamiinin esiaste luokitellaan antioksidanteiksi. Myös fenolipitoisuuden lisääntymisellä on vaikutusta antioksidanttipitoisuuden kasvuun. Fenolit ovat kasvien sisältämiä aineita, jotka antavat niille makua, tuoksua sekä väriä ja joiden varsinainen tarkoitus on suojata kasvia. Fenoleilla on katsottu olevan myönteisiä vaikutuksia terveyteen johtuen siitä, että niillä on muun muassa hapettumista ja tulehdusta ehkäiseviä sekä kolesterolia ja verensokeria alentavia ominaisuuksia. [9, s. 19.]

Siementen sisältämiin suoja-aineisiin kuuluu antioksidanttien ja fenolien lisäksi myös lektiinit, joiden tehtävä siemenissä on suojata niitä esimerkiksi patogeeneilta ja hyönteisiltä. Lektiniä löytyy erityisesti raaosta pavuista, ja se saattaa vaikeuttaa muun muassa proteiinien imeytymistä elimistöön. Suurina annoksina lektiini voi aiheuttaa ihmisille pahoinvointia, vatsaoireita tai pahimmillaan jopa ruokamyrkytyksen. Lektinin pitoisuutta pavuissa ja siemenissä voidaan vähentää kypsentämällä tuote, jolloin lektiini lämpöherkkänä aineena tuhoutuu. Myös itämisen aikana lektiinin määrä vähenee idun hännän kasvaessa, ja tästä syystä vähän lektiiniä sisältävistä pavuista ja siemenistä kasvatetut idut voidaan

syödä kuumentamatta. Tällaisia ituja ovat muun muassa linssit, keltaiset ja vihreät herneet sekä mungo- ja adsukipavut. [9, s. 19.]

Joissakin siemenissä on myös saponiini-nimistä suoja-ainetta, jota on etenkin siemenkuoren uloimmissa kerroksissa. Saponiini on maultaan karvas, mutta lähtökohtaisesti vaaraton aine ihmisille. Saponiinin saa helposti poistettua siemenistä ja iduista huuhtelemalla ne huolellisesti vedellä. Huuhteluveden vaahoutuminen on merkki saponiinin poistumisesta. Saponiinia käytetään normaalisti saippuan ja pesuaineiden raaka-aineena, ja siitä syystä huuhteluvesi vaahoutuu. [9, s. 19.]

#### 2.3.4 Vitamiinit

Vitamiinit ovat ryhmä orgaanisia yhdisteitä, joita löytyy laajasti kasvikunnasta ja joilla on tärkeä tehtävä ihmisten terveyden ylläpitämisessä. Yleisesti vitamiinit voidaan jakaa vesiliukoisiin ja rasvaliukoisiin vitamiineihin. B- ja C-vitamiinit ovat vesiliukoisia, kun taas A-, D-, E- ja K-vitamiini ovat rasvaliukoisia. Tutkimusten mukaan itämisen aikana siementen vitamiinipitoisuudet voivat lisääntyä merkittäviä määriä siementen lajista riippuen. Nousua on todettu etenkin joidenkin B-vitamiinien ja C-vitamiinin pitoisuuksissa. [14, s. 2.]

B-vitamiinien ryhmä koostuu kahdeksasta eri B-vitamiinista (B1, B2, B3, B5, B6, B7, B9 ja B12), joita kaikkia tarvitaan elimistön toimintaan. Idättämättömiin siemeniin verrattuna idätetyissä siemenissä etenkin folaatin eli B9-vitamiinin pitoisuuden on havaittu voivan kasvaa runsaasti, ja joissakin lajeissa jopa moninkertaistua. [14, s. 2.] Folaatti on ihmisille tärkeä vitamiini, sillä se auttaa elimistöä rakentamaan uusia soluja ja veren punasoluja. [9, s. 16.] Folaatin lisäksi myös B1- ja B6-vitamiinien määrien on havaittu nousevan itämisen aikana. [14, s. 2.]

C-vitamiinia, joka tunnetaan myös askorbiinihappona, ihmiset saavat pääasiassa hedelmistä ja vihanneksista. Itämisen aikana siementen C-vitamiinipitoisuus voi kasvaa jopa kymmenkertaiseksi. C-vitamiinipitoisuuksien nousemista on havaittu myös sellaisissa siemenissä, joissa sitä ei ole ennen idättämistä

ollut lainkaan. C-vitamiinin syntyminen ja pitoisuuksien nouseminen on seurausta askorbiinihapon biosynteesistä, jossa siementen sisältämät entsyymit katalysoivat biosynteesiin osallistuvien molekyylien hapettumisreaktioita muodostaen samalla askorbiinihappoa. Askorbiinihappopitoisuuden nousemisen uskotaan olevan seurausta siitä, että itämisprosessin aikana askorbiinihapon biosynteesi uudelleenaktivoituu. [14, s. 4.] C-vitamiinin tehtävä elimistössä on toimia antioksidanttina sekä edistää rusto- ja luukudoksen rakentumista. [9, s. 16.]

### 2.3.5 Mineraalit

Mineraalit ovat välttämättömiä normaalin metabolisen toiminnan kannalta ja elimistö tarvitsee niitä kaikkiin ihmiskehon prosesseihin. Tällaisia mineraaleja ovat muun muassa rauta, magnesium, kalsium ja sinkki. [13, s. 2.]

Idättämättömissä siemenissä mineraalit ovat sitoutuneet siemenen rakentamiseen fytiinihapon avulla, minkä vuoksi elimistön on hyvin vaikea saada niitä käyttöönsä. Erityisesti viljojen ja palkokasvien siemenissä fytiinihappo toimii fosforivarastona. Itämisen aikana fytiinihappomolekyylit vapauttaa kasvun kannalta tärkeää varastoitua fosforia edistään tällä tavoin siemenen kasvua. Mitä enemmän fosforia vapautuu itämisen aikana, sitä vähemmän fytiinihappo sitoo siementen mineraaleja, jolloin ne vapautuvat kasvavan idun ja syötäessä myös elimistön käyttöön. [9, s. 16.]

## 3 Elintarviketurvallisuus ja lainsäädäntö

### 3.1 Elintarviketurvallisuus yleisesti

Elintarviketurvallisuus on tärkeä osa elintarviketeollisuutta, ja siitä huolehtiminen on perusedellytys alan yritysten toiminnalle. Elintarviketeollisuudessa turvallisuus on mukana koko elintarvikkeen elinkaaren ajan eli aina raaka-aineiden alkutuotannosta ja valmistuksesta siihen saakka, kunnes tuote päätyy kuluttajalle. Elintarviketurvallisuuteen sisältyy muun muassa seuraavat osa-alueet:

- valmistusmenetelmät
- tuotantohygienia, puhtaus ja laatu
- raaka-aineiden ja tuotteen jäljitettävyys
- pakkausmateriaalit ja -merkinnät
- lannoitteiden, rehujen ja kasvinsuojeluaineiden käyttö
- työntekijöiden työturvallisuus
- riski- ja vaaratilanteisiin varautuminen. [15.]

Elintarviketurvallisuuden päällimmäinen tarkoitus on taata kuluttajille turvallisia elintarvikkeita ja ravinnonlähteitä, joiden alkuperästä he ovat tietoisia. Jokaisella kuluttajalla on oikeus tietää, miten heidän kuluttamansa ravinto on tuotettu, prosessoitu, pakattu ja merkitty. [16.] Elintarviketeollisuuden läpinäkyvyys takaa sen, että jokaisella kuluttajalla on mahdollisuus saada tarvitsemansa ja haluamansa informaatio elintarvikkeisiin liittyen ja tehdä ostopäätöksiä niiden perusteella. Kattava tiedon tuottaminen on tärkeää myös siksi, että kuluttajilla on oikeus olla tietoisia elintarvikkeisiin ja elintarviketurvallisuuteen liittyvistä mahdollisista riskeistä. [17.] Elintarviketurvallisuuden käytäntöjä ohjaa erittäin tarkat määräykset ja vaatimukset, jotka perustuvat Suomen lakeihin, Euroopan komission täytäntöönpanoasetuksiin sekä Euroopan parlamentin ja neuvoston laatiin asetuksiin [18].

Suomessa elintarviketurvallisuutta valvoo jatkuvasti useat eri tahot. Elintarvikevalvonnan päällimmäinen tarkoitus on varmistaa elintarvikkeiden turvallisuus ja laatu sekä huolehtia siitä, ettei kuluttajia johdeta harhaan elintarvikkeisiin liittyvissä asioissa. Viranomaisvalvonnalla pyritään siihen, että elintarvikealan yritykset ja toimijat sekä elintarvikkeet täyttävät elintarvikelainsäädännön asettamat vaatimukset. Myös elintarvikkeiden kanssa kosketuksiin joutuvia materiaaleja, kuten pakkausmateriaaleja, valvotaan osana elintarvikevalvontaa. [18.]

Elintarvikevalvonta koostuu yritysten ja toimijoiden ylläpitämästä omavalvonnasta sekä viranomaisten suorittamasta valvonnasta. Päävastuu elintarvikkeiden turvallisuuteen liittyvien määräysten noudattamisesta kuuluu yrityksille ja toimijoille, minkä vuoksi näillä tulee olla toimintaansa sopiva



omavalvontajärjestelmä. Viranomaiset valvovat pääasiassa yritysten omavalvonnan toimivuutta sekä tarjoavat tukea turvallisuuteen liittyvissä kysymyksissä. [18.]

Suurin osa viranomaisvalvonnasta tapahtuu kunnissa. Kunnallisiin elintarvikevalvontaviranomaisiin kuuluvat eläinlääkäri, terveystarkastaja sekä muu kunnallinen elintarvikevalvoja. Kaiken kaikkiaan elintarvikevalvonnan viranomaisvalvonta toteuttaa useat eri viranomaistahot. Tällaisia tahoja ja niiden vastuualueita on lueteltu seuraavassa:

- Aluehallintovirastot ohjaavat kuntien toteuttamaa elintarvikevalvontaa, johon kuuluu muun muassa elintarvikevalvonnan vaatimuksen mukaisuuden arvioinnit kunnallisissa elintarvikevalvontayksiköissä.
- Ruokavirasto toimii koko Suomen alueella ja johtaa sekä kehittää elintarvikevalvontaa.
- Tulli valvoo EU-jäsenmaista sekä kolmansista maista tulevia sellaisia elintarvikkeita, jotka eivät ole peräisin eläimistä.
- Puolustusvoimat osallistuvat elintarvikevalvontaan valvomalla puolustusvoimien alueella elintarviketurvallisuuden toteutumista. [19.]

Ruokavirasto on maa- ja metsätalousministeriön hallinnonalaan kuuluva, toiminnallaan koko maan kattava virasto, jonka tehtäviin kuuluu muun muassa elintarvikkeiden turvallisuuden ja laadun, eläinten terveyden ja hyvinvoinnin sekä kasviterveyden edistäminen, tutkiminen ja valvominen. Ruokavirasto vastaa myös Euroopan unionin myöntämien tukien ja rahastovarojen käytöstä Suomessa, toimii EU:n maksajavirastona ja huolehtii tukien toimeenpanosta. [20.]

### 3.2 Lainsäädäntö

Tässä työssä lainsäädäntöä tarkastellaan ituihin ja itutuotantoon liittyen. Suomessa noudatettava lainsäädäntö perustuu Euroopan komission laatimiin täytäntöönpanoasetuksiin, Euroopan parlamentin ja neuvoston laatimiin asetuksiin sekä Suomen elintarvikelakiin ja alkutuotantoasetukseen. Kyseiset lait ja asetukset käsittelevät muun muassa jäljitettävyyteen, elintarvikehygieniaan, siementen tuontiin ja mikrobiologiaan liittyviä vaatimuksia. [21.]

Vuonna 1995 Suomessa todettiin yli 200 *Salmonella*-bakteerin aiheuttamaa tartuntatapausta, joissa tartunta oli lähtöisin bakteerilla saastuneista iduista. [22.] Toinen ituihin liittyvä taudinpurkaus tapahtui Euroopassa toukokuussa 2011, kun shigatoksiinia tuottava *Escherichia coli* -bakteeri aiheutti tuhansien ihmisten sairastumisen useissa maissa ja jopa noin 50 ihmisen kuoleman Saksassa. Tartunnan alkuperän tunnistamiseen kului useita viikkoja, mutta lopulta todennäköisimmäksi tartuntalähteeksi pystyttiin toteamaan itujen kasvatukseen käytettyjen siementen saastuminen bakteeripatogeeneilla. Tämän viimeisimmän tapauksen jälkeen ituihin liittyvää lainsäädäntöä tiukennettiin ja tarkennettiin sellaiseksi, että mahdollisilta uusilta taudinpurkauksilta voitaisiin välttyä. Uusissa säädöksissä kiinnitettiin erityisesti huomiota elintarvikkeiden jäljitettävyyteen, tuotannon hygieenisyyteen sekä tuotteen mikrobiologiseen laatuun. [3.]

Elintarvikkeiden jäljitettävyyksivaatimukset olivat yksi osa-alue, jolla koettiin olevan merkittävä vaikutus uusien taudinpurkausten ennaltaehkäisemiseen. Jäljitettävyydellä tarkoitetaan sitä, että elintarvike pystytään jäljittämään kaikissa tuotanto-, jalostus- ja jakeluvaiheissa, jolloin elintarvikeperäisiin taudinpurkauksiin voidaan reagoida nopeasti. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että elintarvikealan toimijoilla tulee olla listaus siitä, mistä idut tai itujen tuotantoon tarkoitetut siemenet ovat peräisin sekä mihin niistä valmistetut tuotteet päätyvät seuraavaksi. Vaatimus perustuu ”askel taaksepäin – askel eteenpäin” -toimintamalliin, minkä edellytyksenä elintarvikealan toimijoilla on oltava käytössään järjestelmä, jonka avulla voidaan tunnistaa tuotteiden välittömät toimittajat sekä välittömät asiakkaat. [3.]

### 3.3 Elintarvikehygieniä

Maailman terveysjärjestö WHO on määritellyt elintarvikehygienian tarkoittavan kaikkia elintarvikkeiden turvallisuuteen, terveellisyyteen ja puhtauteen liittyviä toimenpiteitä, joiden avulla ihmisille voidaan tuottaa turvallista ja ravitsevaa ruokaa. Elintarvikehygieniaan kuuluu myös sellaiset toimenpiteet ja edellytykset, jotka ovat välttämättömiä elintarvikkeisiin liittyvien vaarojen ja haittojen hallinnassa. Elintarvikehygienian päällimmäisinä tavoitteina pidetään pyrkimystä

suojella kuluttajia elintarvikkeiden aiheuttamilta terveyteen ja talouteen liittyviltä riskeiltä, ennaltaehkäistä elintarvikkeiden pilaantumista ja sen aiheuttamia taloudellisia tappioita valmistajille ja kuluttajille sekä estää hävikin syntymistä. Hygieniaosaaminen elintarviketuotannossa on hyvin olennaista, sillä suurin osa elintarvikkeista peräisin olevista ruokamyrkytystapauksista on seurausta hygieenisten työskentelytapojen puutteellisuudesta tai laiminlyönnistä. [23.]

Euroopan iduntuottajien järjestö, ESSA, on laatinut Euroopan komission täytäntöönpanoasetusten vaatimusten mukaiset kattavat hygieniaohjeet itujen ja niiden tuotantoon tarkoitettujen siementen tuotantoa varten. Elintarvikehygieniakäytännöt otetaan huomioon jo siinä vaiheessa, kun uutta tuotantolaitosta ja sen sijoittelua suunnitellaan. Tuotantolaitoksen suunnittelussa on erityisesti kiinnitettävä huomiota siihen, että pintamateriaalit, työvälineet ja laitteet pystytään jatkuvasti pitämään puhtaana, jotta saastumisvaarat ja -riskit jäävät mahdollisimman pieniksi. Yrityksen täytyy varautua myös mahdollisten tuholaisien torjuntaa varten ja luoda sen varalle oma toimintasuunnitelma. [4.]

Hyvän hygieniatason ylläpitämiseen vaikuttaa tuotantotilojen puhtauden lisäksi myös työntekijöiden hygieniakäyttäytyminen. Tämän vuoksi yrityksillä on velvollisuus kouluttaa henkilökuntansa noudattamaan tarkkoja määräyksiä hygieenisen työskentelyn toteuttamiseksi. Hygieeniseen työskentelyyn kuuluu esimerkiksi henkilökohtaisesta hygieniasta huolehtiminen, puhtaiden työvaatteiden pitäminen, huolellinen käsihygienia, hiusten peittäminen sekä työskentelyn välttäminen sairaana etenkin, jos kyseessä on jokin idätettäviin siemeniin mahdollisesti tarttuva bakteeri tai virus. [4.]

### 3.4 Mikrobiologiset vaatimukset

Hyväksytyissä alkutuotantopaikoissa, joissa ituja kasvatetaan, itujen mikrobiologista laatua tulee tarkkailla ja seurata säännöllisesti. Vaatimukset koskevat sellaisia alkutuotantopaikkoja, joissa siemenistä idätetään ituja sellaisenaan syötäväksi ja joista ituja myydään suoraan kuluttajille tai toimitetaan vähittäismyyntiin yli 5 000 kiloa vuodessa. [24.] Itujen mikrobiologiselle laadulle on määritelty

tarkat vaatimukset, jotka auttavat takaamaan elintarvikkeen mikrobiologisen turvallisuuden. Kyseiset vaatimukset koskevat kolmea taudinaiheuttajamikrobia eli patogeeniä: *Salmonella*-, *Listeria monocytogenes*- sekä shigatoksiinia tuottava *Escherichia coli* -bakteeri (STEC). [25.]

Ituja tuottavat yritykset laativat toiminnalleen omaavalvontaan kuuluvan näytteenottosuunnitelman, jonka tarkoituksena on seurata tuotteiden mikrobiologista laatua. Iduille ja niiden kasvatukseen tarkoitetuille siemenille on laadittu turvallisuusvaatimukset, jotka pohjautuvat voimassa olevaan lainsäädäntöön. Turvallisuusvaatimukset koskevat muun muassa edellä mainittujen patogeenien sallittuja raja-arvoja eli niiden pitoisuutta tuotteessa sekä suositeltua näytteenottohäytettä. [24.]

Jokaisesta uudesta tuotantoon käytettävästä siemenerästä tulee esi-idättää pieni osa tuote-erää ja tutkia siitä STEC- sekä *Salmonella* -bakteerit ennen erän tuotantoon ottamista. Koska siementen tutkimista sellaisenaan ei pidetä riittävänä, tulee näytteet erästä ottaa ajankohtana, jolloin salmonellan löytyminen on todennäköisintä eli aikaisintaan 48 tunnin kuluttua idätyksen alkamisesta. Esi-idätys toteutetaan aina samoissa olosuhteissa, joissa siementen loppuerä tullaan idättämään. Esi-idätyksestä otettavien näytteiden lisäksi edellä mainitut bakteerit tulee tutkia myös siemenerästä tuotetuista iduista vähintään kerran kuukaudessa. *Salmonella*- ja STEC-bakteerien kohdalla sallittua raja-arvoa ei oikeastaan ole, sillä mikäli kyseisiä patogeeneja esiintyy yhdessäkään näytteessä, tulee koko siemen- tai tuote-erä hävittää tai käsitellä elintarvikeviranomaisten antamien ohjeiden mukaan. Kyseistä tuote-erää ei enää tämän jälkeen voida todeta puhtaaksi uusilla näytteenotoilla. [24.]

*Listeria monocytogenes* -bakteeria tutkitaan sellaisenaan syötäväksi tarkoitetuista iduista, joiden myyntiaika on viisi vuorokautta tai pidempi. Kyseisten tuotteiden lisäksi bakteeria tutkitaan myös tuotantoympäristöstä tuotteen kanssa kosketuksissa olevilta pinnoilta. Luotettavimman tuloksen saamiseksi näytteenotto suositellaan tehtäväksi idätyksen ja tuotteiden pakkaamisen aikana tai heti niiden jälkeen ennen siivousta. *Listeria monocytogenes* -bakteerin esiintymisen

enimmäisraja-arvo on 100 pmy/g eli enintään 100 pesäkettä muodostavaa yksikköä grammassa tuotetta. Raja-arvo koskee sellaisia tuotteita, joiden myyntiaika on viisi vuorokautta tai enemmän, eikä kyseinen arvo saa myyntiaikana ylittyä. [24.]

Itujen tuotantoon käytetylle vedelle on myös säädetty laissa tietyt vaatimukset, joita yrityksen täytyy omavalvontasuunnitelmassaan tarkkailla. Veden laadun tulee täyttää Euroopan parlamentin ja neuvoston säätämän direktiivin asettamat kriteerit ihmisten käyttöön tarkoitetun veden laadusta. Kyseiset vaatimukset koskevat pääasiassa veden laatuun vaikuttavia mikrobiologisia muuttujia, jotka saattavat aiheuttaa riskin ihmisen terveydellä ja hyvinvoinnille. Tämä tarkoittaa siis sitä, että yrityksen on tarkistettava tuotantoon käytetyn veden mikrobiologinen laatu vähintään kerran vuodessa ja huolehdittava siitä, ettei tuotteen kanssa kosketuksiin joutuva vesi pääse missään tuotannon vaiheessa kontaminoitumaan. [4.] Direktiivissä mainittuja vedestä tarkkailtavia mikrobiologisia muuttujia ovat muun muassa *Escherichia coli*- ja muut koliformiset bakteerit, suolistoperäiset enterokokit sekä *Clostridium perfringens* -bakteeri ja sen itiömuodot. [26.]

Euroopan iduntuottajien järjestön laatimassa ohjeistuksessa suositellaan, että kasvatukseen käytetyille siemenille tehdään ennen kasvatusta jonkinlainen mikrobiologista laatua parantava käsittely. [4.] Yksi esimerkki tällaisesta käsittelystä on lämpökäsittely eli pastörinti. Pastörinti on tehokas menetelmä tuhota olemassa olevia bakteereita, sillä suurin osa elintarvikkeissa esiintyvistä pilaaja- ja patogeenibakteereista tuhoutuu 60–70 °C:n lämpötilassa. Pastörinti tapahtuu tyypillisesti 60–95 °C:n lämpötilassa ja sen avulla pyritään pääasiassa tuhoamaan ei-itiöllisiä patogeenibakteereja. Pastörintikäsittelyn aikana kuitenkin myös suurin osa vegetatiivisista bakteereista tuhoutuu. Vegetatiivisilla bakteereilla tarkoitetaan joidenkin bakteerisukujen tuottamia kestromuotoja eli itiöitä, jotka kykenevät säilymään pitkiä aikoja lepotilassa, sietämään poikkeavia ympäristöolosuhteita sekä ovat resistenssejä useille eri tekijöille. [27, s. 23.] Pastöroidut tuotteet säilyvät parhaiten jääkaappilämpötilassa, jolla pystytään estämään vegetatiivisten bakteeri-itiöiden itäminen ja kasvu. [27, s. 299–300.]

## 4 *Vigna radiata*

*Vigna radiata* on palkokasvilaji, jonka pavut ovat tärkeä ravinnonlähde etenkin Aasiassa. Kasvi voidaan jakaa kolmeen alaryhmään, joista yhtä viljellään ravinnoksi ja kahta kasvaa villinä luonnossa. *Vigna radiata* on nopeasti kasvava, yksivuotinen lämpimien kausien kasvi, joka kasvaa parhaiten trooppisissa ja subtrooppisissa olosuhteissa. Kasvi voi kasvaa yli metrin korkeiseksi ja kypsyyden saavuttaessaan kasvattaa palkoja, jotka sisältävät 10–20 siementä. Syötäväksi tarkoitetut siemenet ovat väriltään pääosin vihreitä tai kullankeltaisia (kuva 1). [28.]



Kuva 1. *Vigna radiata* -palkokasvilajin siemenet ovat väriltään useimmiten vihreitä tai kullankeltaisia.

*Vigna radiata* -lajin uskotaan olevan peräisin Intian niemimaalta, josta sen arvelaan löytyneen jo 1500-luvulta ennen ajanlaskun alkua. Nykyään lajin papuja kulutetaan ravintona ympäri maailmaa. Suurin osa papujen tuotannosta sijoittuu Aasian maihin ja jopa 90 % lajin pavuista tuotetaan näissä maissa. [28.]

### 4.1 Ravintoarvot

Idätyksen aikana siementen ravintosisältö sekä makroravintoaineiden eli proteiinien, rasvojen ja hiilihydraattien osuudet muuttuvat. Ravintoarvojen

muuttuminen on seurausta itämisen aikana tapahtuvasta veden imeytymisestä ituun eli vesipitoisuuden noususta. Itämättömän siemenen vesipitoisuus on normaalisti noin 9 %, kun taas iduilla pitoisuus on 91 %. Alla olevassa taulukossa 1 esitetään sekä kuivien siementen että niistä kasvatettujen itujen ravintoarvot 100 grammassa tuotetta. [29, 30.]

Taulukko 1. *Vigna radiata* -palkokasvilajikkeen kuivien siementen sekä niistä kasvatettujen itujen ravintoarvot kohti 100 grammaa tuotetta [29; 30].

	<b>Siemenet</b>	<b>Idut</b>
vesi	9,05 g	90,4 g
kuiva-aine	90,95 g	9,6 g
energia	347 kcal	30 kcal
rasva	1,15 g	0,18 g
hiilihydraatti	62,6 g	5,94 g
-josta kuitua	16,3 g	1,8 g
-josta sokeri	6,6 g	4,13 g
proteiini	23,9 g	3,04 g
C-vitamiini	4,8 mg	13,2 mg

Yläpuolella olevassa taulukossa 1 esitetyjä ravintoarvoja tarkasteltaessa saat-  
taa ensivaikutelma olla se, että siementen ravintoainepitoisuus on huomatta-  
vasti parempi kuin itujen. Kuitenkin tarkastelussa yksi merkittävimmistä asioista,  
johon tulisi kiinnittää huomiota, on tuotteen vesi- ja kuiva-ainepitoisuus. Sieme-  
nissä kuivan aineen osuus on noin 90 %, minkä vuoksi myös ravintoaineiden  
määrät näyttävät taulukoituina suuremmilta kuin itujen samat arvot. Jos kuiten-  
kin tarkastellaan ravintoaineiden määrää suhteessa kuivan aineen määrään,  
ovat itujen ravintoarvot suuremmat. Taulukossa 2 on esitettynä kuivien siemen-  
ten sekä itujen ravintoarvojen pitoisuus suhteessa kuiva-aineen pitoisuuteen.

Taulukko 2. Kuivien siementen sekä itujen sisältämien ravintoarvojen pitoisuus laskettuna suhteessa tuotteessa olevan kuiva-aineen pitoisuuteen. Ravintoarvojen määrät laskettu 100 grammaa tuotetta kohti [29; 30].

	<b>Siemenet</b>	<b>Idut</b>
rasva	1,3 %	1,9 %
hiilihydraatti	68,9 %	61,9 %
-josta kuitua	18 %	18,7 %
-josta sokeria	7,3 %	43 %
proteiini	26,3 %	31,7 %
C-vitamiini	0,01 %	0,14 %

Merkittävimmin itämisen aiheuttamat ravintoainemuutokset tapahtuvat sokeri-, proteiini- ja C-vitamiinipitoisuuksissa. Kaikkien näiden kyseisten ravintoaineiden kohdalla pitoisuudet kasvavat, ja etenkin sokerin määrä kasvaa huomattavasti. Itämisen aikana osa siementen sisältämistä hiilihydraateista pilkkoutuu yksinkertaisimmiksi sokereiksi, minkä vuoksi sokeripitoisuus iduissa on korkeampi kuin siemenissä. Kyseinen asia on tarkemmin selitetty työn kohdassa 2.2.2. Rasvat, hiilihydraatit ja kuidut.

Myös syy proteiinipitoisuuden ja C-vitamiinipitoisuuden kasvuun on tarkemmin selitetty työn kohdissa 2.2.1. Proteiinit ja 2.2.4. Vitamiinit. Itämisen aikana tapahtuu useita biokemiallisia prosesseja ja reaktioita, joiden aikana olemassa olevat proteiinit hajoavat aminohapoiksi. Aminohappojen vapautuminen mahdollistaa proteiinisynteesin, jonka aikana muodostuu uusia proteiineja. C-vitamiinia puolestaan syntyy itämisen aikana tapahtuvan askorbiinihapon biosynteesin aikana.



## 4.2 Kasvuprosessi ja -olosuhteet

*Vigna radiata* -pavun kasvuprosessi alkaa siemenestä. Jokainen siemen pitää sisällään alkiona tunnetun pienen osan, johon on varastoituneena kasvin geneettistä materiaalia. Siemenen alkio on se kohta, josta kasvi alkaa kasvaa. Alkion lisäksi siemeniin on varastoitunut ravintoa tärkkelyksen muodossa ja sisältöä suojaava koko siemenen pinnan peittävä kova kuori. [31.]

Siemenet alkavat itää keskimäärin 2–5 päivän kuluttua siitä, kun kasvatus on aloitettu. Itäminen alkaa kosteuden ja veden vaikutuksesta; siemen imee vettä itseensä, jolloin alkio aloittaa kasvun ja siemenen kuori pehmenee sekä halkeaa. [31.] Itäminen on monimutkainen prosessi, joka toteutuu yleensä kolmessa eri vaiheessa riippuen siemenen vedenottokyvystä ja mikrorakenteesta. Ensimmäinen vaihe on niin sanottu imeytymisvaihe, jonka aikana siemen imee runsaasti vettä itseensä. Toisessa vaiheessa vedenotto vähenee, kunnes taas kolmannessa vaiheessa vedenotto lisääntyy alkujuuren alkaessa kasvaa siemenen sisältä. Veden imeytyminen siemeneseen on välttämätöntä itämisen kannalta, sillä se aktivoi toisessa vaiheessa tapahtuvat biokemialliset prosessit ja kolmannessa vaiheessa alkujuuren syntymisen. [10, s. 216]

Itäminen näkyy ensimmäisenä valkoisen juuren pään eli alkeisjuuren ilmestyessä siementen sisältä. Tässä vaiheessa myös siementä peittänyt ulkokuori putoaa pois. [32.] Itujen kasvatuksessa tuote korjataan ruoaksi yleensä siinä vaiheessa, kun alkeisjuuri on kasvanut muutamien senttien mittaiseksi. [31.] Kasvun jatkuessa siemen halkeaa ja sen keskeltä alkaa kasvaa alkeissilmu, joka koostuu kahdesta pienestä lehdestä. Alkeissilmu kasvaa juuren kanssa päinvastaiseen suuntaan ja on se osa, josta varsinainen kasvi lopulta kehittyy. Tässä vaiheessa juuret alkavat myös kehittää juurikarvoja, joiden avulla kasvi saa kosteutta ja ravinteita maaperästä. [32.]

*Vigna radiata* -kasvi kuuluu niin sanottuihin itsepölyttäviin kasveihin, jotka pystyvät pölyttämään itse omat kukkansa eivätkä tarvitse siihen ulkoisia tekijöitä, kuten hyönteisiä. Itsepölytys tapahtuu siten, että kasvin heteessä sijaitseva

urososa (ponsi) tuottaa siitepölyä, minkä jälkeen se hakeutuu kosketuksiin emissä olevan naarasosan (luotti) kanssa siittäen sen. Emin alaosassa sijaitsee sikiäin, jonne siitos kulkeutuu ja jossa hedelmöitys tapahtuu. Hedelmöityksen jälkeen kasvi alkaa tuottaa palkoja, joissa siemenet eli pavut kehittyvät. Täysikasvuisen kasvin kasvukausi kestää 90–120 päivää. [31.]

### 4.3 Etyleenin käyttö kasvatuksessa

Etyleeni, toiselta nimeltään eteeni, on kasvien hengityksestä syntyvä kasvihormoni, joka vaikuttaa useisiin erilaisiin prosesseihin liittyen kasvien kasvuun, kehitykseen ja stressireaktioihin. Etyleeni on orgaaninen yhdiste, joka esiintyy kaasuna, on ominaisuuksiltaan väritön, helposti haihtuva ja makean hajuinen sekä rakenteeltaan yksinkertainen hiilivetymolekyyli ( $C_2H_4$ ). Olomuotonsa vuoksi etyleenikaasu pystyy liikkumaan kasvin rakenteiden sisällä diffuusion avulla. Koska etyleeni pystyy diffusoitumaan solukalvojen läpi läheisiin soluihin, kasvit eivät tarvitse sen liikuttamiseen erillisiä kuljettajaproteiineja. Etyleenikaasu käyttää diffuusiota myös kasvin rakenteista poistumiseen, eikä sen uskota konjugoituvan tai hajoavan varastointia ja deaktivointia varten kasvin sisällä. [33.]

Etyleenikaasu osallistuu kasvien kehitykseen koko niiden elämänkaaren ajan ja on mukana muun muassa siementen itämisessä, juurien muodostumisessa ja kehittämisessä, lehtien ja hedelmien muodostumisessa, kukinnassa sekä kasvin vanhenemisessa. Yksi etyleenin olennaisista tehtävistä on myös auttaa kasvia sopeutumaan stressitilanteisiin, kuten kuivuuteen, tulvimiseen tai patogeenien hyökkäykseen. Esimerkiksi tulvan aikana etyleenin vaikutuksesta kasvi pystyy muodostamaan uutta ilmalla täyttyneistä onteloista koostuvaa kudosta, jonka avulla hengitys vaikeissa olosuhteissa pystyy jatkumaan. [33.]

Parhaiten etyleeni kuitenkin tunnetaan sen osallistumisesta hedelmien, kuten banaanien, tomaattien ja omenoiden, kypsymiseen. Hedelmien kypsyminen on seurausta siitä, että solunsisäinen etyleenikaasupitoisuus tavoittaa lajille ominaisen pitoisuusrajan, jonka seurauksena alkaa tapahtua fysiologisia

muutoksia, kuten rakenteen pehmenemistä ja värin muuttumista. Hedelmistä omenat ja päärynät ovat lajeja, jotka tuottavat luonnostaan runsaasti etyleenikaasua, mikä saattaa vaikuttaa merkittävästi niiden säilyvyysaikaan. Hedelmien etyleenin tuottavuus kasvaa usein siinä vaiheessa, kun hedelmä vaurioituu jollain tavalla. Tästä syystä esimerkiksi omena, jonka kuoreessa on reikä, pilaantuu nopeammin kuin ehjä omena, ja siitä vapautuva etyleeni voi huonoimmassa tapauksessa pilata myös sen lähettyvillä olevat hedelmät. [34.]

Etyleenikaasun vaikutukset kasveihin ja hedelmiin huomattiin ensimmäisen kerran noin 100 vuotta sitten, ja siitä saakka sitä on pystytty hyödyntämään maataloudessa ja kaupallisten hedelmien kypsyttämisessä [33]. Tästä hyvänä esimerkkinä toimii ulkomailta tuleviin banaaneihin liittyvä kypsytyso prosessi, jonka ne käyvät läpi ennen kauppoihin päätymistä. Banaanit kerätään ja kuljetetaan kohdemaahan raakoina ja väriltään vihreinä ennen kuin niiden värinkehitys on kerennyt alkaa. Kohdemaassa banaanit altistetaan niille tarkoitetuissa kypsyttämöissä etyleenikaasulle, jolloin niiden väri alkaa muuttua keltaiseksi ja maku karvaasta makeaksi. Ilman etyleenikaasun aloittamaa kypsytyso prosessia ra'at banaanit eivät koskaan kypsyisi sellaisiksi kuin niitä kaupoissa myydään. [35.]

Joidenkin tutkimusten mukaan etyleenillä on todettu olevan myös positiivisia vaikutuksia *Vigna radiata* -papulajin itujen kasvussa. Siementen ja itujen altistamisen kasvun aikana etyleenille on huomattu vaikuttavan merkittävästi esimerkiksi alkujuuren pituuteen ja paksuuteen sekä vähentävän sivuttaisjuurien muodostumista. Vaikutusten arvellaan johtuvan siitä, että etyleeni toimii vuorovaikutuksessa toisen kasvihormonin, auksiinin, kanssa. [36, s. 412, 414.] Auksiinin tehtävä siemenessä ja kasvissa on vaikuttaa juuren kasvuun säätelämällä solunjakautumisen nopeutta sekä solun erilaistumista ja pituuskasvua. [37.] Syyn kasvavan idun juuren pituuteen ja paksuuteen uskotaan siis olevan seurausta auksiinin ja etyleenin yhteisvaikutuksesta, jossa etyleeni auttaa auksiinia kasvattamaan juuren sisäisistä soluista pidempiä ja paksumpia. [36, s. 414–415.]

## 5 Materiaalit ja menetelmät

### 5.1 Kasvatuslaite ja sen toiminta

Työn kokeellisessa osassa itujen kasvatusolosuhteita selvitettiin kasvatustestien avulla. Kasvatustestien toteuttamiseen käytettiin Kiinassa suunniteltua ja valmistettua itujen kasvatukseen tarkoitettua laitetta (kuva 2). Laitte koostuu kahdesta kasvatuskaapista, joissa idut kasvatetaan tilavuudeltaan 72 litran laatikoissa, sekä ohjauspaneelikaapista, jossa kasteluvesisäiliö sijaitsee. Kasvatuslaite on kooltaan 2,6 x 0,8 x 1,7 metriä ja painaa tyhjänä noin 300 kiloa.



Kuva 2. Itujen kasvatukseen tarkoitettu laite, joka koostuu kahdesta kasvatuskaapista ja niiden keskellä olevasta ohjauspaneelikaapista. Ohjauspaneelikaapin yläosassa on ohjauspaneelinäyttö, josta laiteasetuksia pystyy seuraamaan ja muuttamaan.

Molempiin kasvatuskaappeihin mahtuu kerrallaan kahdeksan laatikkoa, eli koko laitteessa voi yhtäaikaaisesti olla kasvatuksia 16 laatikossa. Tyhjän laatikon

pohjalla on reikiä (kuva 3A), jotta ylimääräinen kasteluvesi pääsee valumaan pois laatikosta.



A



B

Kuva 3. Kasvatuslaatikko (A), jonka pohjalle siemenet laitetaan tasaisesti kasvamaan (B). Laatikon pohjassa on reikiä, jotta ylimääräinen kasteluvesi ei kerääntynyt laatikkoon vaan pääsee valumaan pois.

Kasvatuskaapeille on mahdollista asettaa toisistaan poikkeavat laiteasetukset, eli toisin sanoen molempien kaappien ollessa käytössä voidaan samanaikaisesti suorittaa kaksi testiä. Laitteen maksimituotantovolyymi yhdellä kasvatuskerralla on jopa 400 kiloa ituja.

Laitteen ohjauspaneelikaapin oven yläosassa on ohjauspaneelinäyttö (kuva 4), josta laitteen asetuksia pystytään muuttamaan sekä seuraamaan reaaliajassa kasvatuksen ajan. Ohjauspaneelikaapissa sijaitsevassa vesisäiliössä on pohjalla kaksi pumppua, jotka pumppaavat veden molempien kasvatuskaappien kastelujärjestelmiin. Sekä kasvatuskaappien että vesisäiliön sisällä on lämpövastukset, joiden avulla kasteluvettä ja kaapin sisäistä lämpötilaa voidaan tarvittaessa lämmittää. Laitteen toiminta vaatii sähkölähteen sekä vesilähteen, jonka kautta vesisäiliö pääsee täyttymään. Kastelutiheydestä ja yhtäjaksoisesta kasteluajasta riippuen laite kuluttaa noin 1–2 m<sup>3</sup> eli 1 000–2 000 litraa vettä vuorokaudessa.



Kuva 4. Kasvatusalaitteessa oleva ohjauspaneelinäyttö, josta laiteasetuksia muutetaan. Näytöltä pystyy seuraamaan reaaliajassa esimerkiksi kaappien ja kasteluveden lämpötilaa sekä näkee, milloin seuraava kastelu alkaa. Laite ei tallenna dataa kasvatuksen aikana.

Kasvatusalaitteen säädettäviä asetuksia ovat kaapin ja veden lämpötila, kasteluväli ja kastelu-aika sekä veden syöttöviive. Kasvatustestien 3 ja 4 jälkeen laitteen asennettiin etyleenin poistoputki ja tuuletin, joka ohjasi itujen kasvun aikana syntyvän etyleenin pois tuotantotilasta. Tämä jouduttiin tekemään sen vuoksi, että kasvatustestit suoritettiin samoissa tuotantotiloissa, joissa yrityksen muukin tuotanto toimii, ja tuotantotiloihin joutunut etyleeni olisi voinut aiheuttaa muiden tuotteiden ennenaikaisen pilaantumisen.

## 5.2 Tuotteen laatukriteerit

Ennen työn aloittamista tuotteille laadittiin alustavat laatukriteerit, joita aloitusvaiheessa olivat itujen pituus, paksuus, väri ja kasvatuksen kokonaispaino. Mittojen puolesta itujen haluttiin olevan noin 50–70 mm pitkiä ja vähintään 5 mm paksuja. Itujen juurten toivottiin olevan väriltään lähes valkoisia tai hyvin vaalean kellertäviä. Kasvatuksen kokonaispainoksi yhtä kasvatuslaatikkoa kohti toivottiin noin 20 kiloa, mutta tätä oli vaikea arvioida ennen kuin varsinaisia kasvatustestejä oli tehty. Työn aikana ituja ei vielä arvioitu maun perusteella, sillä niiden mikrobiologisesta laadusta ei ollut varmuutta. Laatukriteerit muokkaantuivat jonkin verran työn aikana, ja lopulta tulosten analysoinnissa keskityttiin lähinnä

itujen mittoihin ja ulkonäköön. Vasta kasvatustestien aikana huomiota ruvettiin kiinnittämään myös itujen päihin kasvaneisiin lehtiin ja niiden todettiin olevan ei-toivottuja.

### 5.3 Kasvatustestit

Kasvatustestien tavoitteena oli selvittää millaisilla kasvuolosuhteilla olisi mahdollista kasvattaa laatukriteerien mukaisia ituja. Kasvatustestit aloitettiin käyttämällä molempia kasvatuslaitteessa olevia kaappeja, joista kumpaankin tuli kaksi laatikollista kasvatusta. Yhden kaapin kasvatuslaatikoissa oli lähes poikkeuksetta keskenään eri määrä siemeniä, esimerkiksi 2 kg ja 3 kg. Myöhemmin testejä jatkettiin vain toista kaappia käyttäen laitteessa ilmenneen häiriön vuoksi.

Kasvatustestit aloitettiin punnitsemalla siemenet. Punnitsemisen jälkeen siemeniä huuhdeltiin parin minuutin ajan noin 50–60 °C:ssa vedessä käyttäen apuna isoa kangassiivilää. Huuhtelun jälkeen siemenet levitettiin tasaisesti kasvatuslaatikon pohjalle ja siirrettiin kasvatuslaitteeseen. Ennen kasvatuslaitteen käynnistystä tarkastettiin vesisäiliössä olevan kasteluveden määrä, asetettiin laitteeseen halutut kasvatusasetukset ja kirjattiin käytetyt asetukset ylös. Kasvatuksen alettua kasvun edistymistä ja olosuhteita, kuten kaapin ja kasteluveden lämpötilaa, seurattiin lähes päivittäin. Kasvatuksen päätyttyä kasvatuksessa olleet idut punnittiin laatikoineen ja punnitsemisen jälkeen laatikon paino vähennettiin kokonaispainosta. Kasvaneista iduista otettiin tarkempaa analyysiä varten satunnaisotoksia, joista mitattiin muutamien eri kokoisten itujen pituus ja paksuus. Tulokset kirjattiin ylös ja kasvaneista iduista otettiin myös tuloksia havainnollistavat kuvat.

Mittaamisen jälkeen arvioitiin, mitkä tekijät mahdollisesti vaikuttivat kasvuun ja pohdittiin, millaisia laiteasetuksia seuraavassa testissä käytetään. Asioita, joita tulosten perusteella pohdittiin, oli esimerkiksi se, onko kasteluväli ollut liian pitkä tai kasteluaika liian lyhyt, onko kaapin lämpötila liian korkea ottaen huomioon itujen tuottama lisälämpö tai onko kasteluvesi tarpeeksi viileää alentamaan itujen tuottamaa lämpöä.

Yhden kasvatuksen kesto oli keskimäärin noin viisi vuorokautta eli testejä saatiin tehtyä yksi viikossa. Kuitenkin sellaisissa kasvatustesteissä, joissa laitteen molemmat kaapit olivat käytössä, saatiin samanaikaisesti suoritettua kaksi testiä viikossa. Testit 1–8 toteutettiin siten, että esimerkiksi kasvatuslaitteen vasemmanpuoleisessa kaapissa oli kasvamassa testi 1 ja oikeanpuoleisessa kaapissa testi 2. Eli toisin sanoen neljän kasvatuskerran aikana saatiin yhteensä suoritettua 8 testiä, joissa kasvatusolosuhteet poikkesivat jollain tavalla toisistaan.

### 5.3.1 Kasvatusolosuhteiden validointi

Ensimmäiset testit toteutettiin hyödyntäen laitteen valmistajan laatimassa käyttöohjeessa olleita laiteasetuksia. Tästä eteenpäin testejä pyrittiin tekemään siten, että seuraavaa kasvatusta varten vain yhtä asetusta muutettiin kerrallaan esimerkiksi siten, että kaikki muut laiteasetukset pidettiin ennallaan, mutta kaapin tai kasteluveden lämpötilaa muutettiin. Muutamien testausten jälkeen kuitenkin todettiin, että muuttamalla vain yhtä asetusta kerrallaan muutokset kasvatustuloksissa eivät olleet tarpeeksi merkittäviä. Testejä päätettiin jatkaa siten, että useampaa asetusta muutettiin kerrallaan esimerkiksi siten, että sekä kaapin että kasteluveden lämpötilaa tai kasteluväliä ja kasteluaikaa muutettiin. Tällä tavoin oli mahdollista toteuttaa useampia testejä, joissa kasvatustulokset poikkesivat toisistaan. Laiteasetuksia, joita kasvatustesteissä muutettiin, olivat veden ja kaapin lämpötila sekä kasteluväli ja kasteluaika. Suurin osa kasvatustesteistä suoritettiin yrityksen tuotantotiloissa, mutta viimeiset testit, joissa käytettiin etyleeniä kasvatuksen apuaineena, suoritettiin toisessa erillisessä tilassa.

Kasvatusolosuhteiden lisäksi haluttiin testata, miten siementen määrä laatikossa vaikuttaa itujen kasvuun. Tämä toteutettiin siten, että yhden testin aikana ituja kasvoi kahdessa laatikossa, joissa oli eri määrä siemeniä. Useimmissa testeissä siementen määrät ovat joko kaksi tai kolme kiloa, mutta joissakin testeissä siementen määrää lisättiin, jolloin niitä oli joko neljä tai viisi kiloa.



### 5.3.2 Etyleenin lisäys

Viimeisissä kasvatustesteissä kasvatuksen apuaineeksi otettiin käyttöön eteenikaasu. Näitä testejä varten kasvatuslaitteen sijaintia muutettiin ja se sijoitettiin tilaan, joka on aikaisemmin toiminut banaanikypsyttämönä. Tilan katsottiin soveltuvan hyvin haluttuun käyttötarkoitukseen, sillä entisenä banaanikypsyttämönä se on suunniteltu ilmatiiviksi ja turvalliseksi eteenikaasun käytön kannalta. Näiden kasvatusten ajaksi laitteesta poistettiin etyleenin poistoputki ja tuuletin, jotta ne eivät häiritsisi kaasun toimintaa.

Eteenikaasun käytöllä haluttiin selvittää, onko sillä vaikutusta itujen juuren kasvuun ja kehittymiseen. Teoriaosan kohdassa 4.3. Etyleenin käyttö kasvatuksessa selitetään tarkemmin, millaisia mahdollisia vaikutuksia apuaineella voisi olla kasvatustuloksiin. Testeissä käytetty eteenikaasu oli seoskaasua, josta 5 % oli eteeniä ja 95 % typpeä. Tällaisella eteenipitoisuudella seoskaasu oli turvallista eikä sen käyttöön liittynyt suurempia riskejä.

Banaanikypsyttämö on tilavuudeltaan noin 240 m<sup>3</sup>:n kokoinen tila eli noin 240 000 litraa. Eteenipitoisuudeksi tilassa haluttiin saada 50 ppm (kaava 1). Tarvittava kokonaiskaasun määrä laskettiin kaavoissa 1, 2 ja 3 näkyvillä laskutoimituksilla.

$$50 \text{ ppm} = \frac{50}{1000000} = 0,00005 \quad (1)$$

Jotta voitiin selvittää, kuinka paljon seoskaasua tilaan täytyy laittaa 50 ppm:n saavuttamiseksi, ensin täytyi laskea, kuinka paljon puhdasta eteeniä tilaan tarvitaan (kaava 2).

$$\begin{aligned} \text{Puhtaan eteenin määrä} &= \text{Banaanikypsyttämön tilavuus} \times 0,00005 \\ &= 240000 \text{ l} \times 0,00005 = 12 \text{ l} \end{aligned}$$

(2)

Kun oli selvitetty puhtaan eteenin määrä, pystyttiin selvittämään, kuinka paljon seoskaasua tilaan täytyy laittaa halutun pitoisuuden saavuttamiseksi. Koska

seoskaasussa eteeniä oli 5 %, pystyttiin tarvittava seoskaasun määrä laske-  
maan kaavalla 3.

$$\text{Tarvittava seoskaasun määrä} = \frac{12 \text{ l}}{0,05} = 240 \text{ l} \quad (3)$$

Laskutoimitusten avulla saatiin siis selville, että tilaan täytyy päästää 240 litraa seoskaasua (NTP olosuhteessa), jotta eteenin määräksi saataisiin 50 ppm. Kaasupullon yhteydessä oli lisälaite, jolla pystyttiin kontrolloimaan kaasun vapautumisnopeutta. Jotta tilaan saatiin 240 litraa kaasua, sitä täytyi vapauttaa tunnin ajan. Kasvatukset altistettiin eteenikaasulle joko 2. tai 3. kasvuvuorokauden aikana. Altistusajankohtaa muutettiin sen vuoksi, että haluttiin selvittää, vaikuttaako eteenin lisäyksen ajankohta kasvatustuloksiin. Eteenikaasun annettiin vaikuttaa parin vuorokauden ajan, jonka jälkeen tila tuuletettiin jäljellä olevan kaasun poistamiseksi. Eteenin pitoisuutta tilassa mitattiin kyseiseen tarkoitukseen valmistetulla mittarilla.

#### 5.4 Mittausmenetelmät

Siementen punnitsemiseen käytettiin tarkkaa digitaalista vaakaa, joka näytti punnitsemistulokset kolmen desimaalin tarkkuudella (esim. 3,005 kg). Selkeyden vuoksi tieto- ja tulostaulukkoon siementen määrä kuitenkin merkittiin täysinä kiloina (esim. 3 kg). Kasvaneiden itujen paino punnittiin käyttämällä suurempien määrien punnitsemiseen tarkoitettua tasovaa'alla, joka antoi tuloksen kahden desimaalin tarkkuudella (esim. 19,55 kg). Itujen paino kuitenkin pyöritettiin lähimpään yhteen desimaaliin (esim. 19,6 kg), koska itujen tarkalla grammamäärällä ei ollut niin paljoa merkitystä.

Itujen kokojen mittaamisessa apuna käytettiin sekä mittanauhaa että millimetripaperia, jonka päällä pystyttiin samanaikaisesti mittaamaan sekä pituutta että paksuutta. Pituutta mitattiin kymmenien millimetrien tarkkuudella (esim. 50–70 mm) ja paksuutta millimetrien tarkkuudella (esim. 3–4 mm).

## 6 Tulokset

Onnistuneita kasvatustestejä tehtiin yhteensä 14 kappaletta. Näiden lisäksi toteutettiin joitakin testejä, joista saatujen tulosten analysointi jätettiin tekemättä erilaisten epävarmuustekijöiden, kuten laitehäiriöiden, takia. Koska monien testien kasvatustulokset olivat keskenään hyvin samankaltaisia, käsitellään tässä kohdassa vain sellaisia testejä, joissa tulokset ovat olleet merkittävästi muista eroavia. Liitteessä 1 on kaikista tehdyistä kasvatustesteistä koottu tulostaulukko, jossa esitetään muun muassa itujen kokonaispaino, itujen pituus ja paksuus sekä ituihin kasvaneen ohuen juuren pituus. Taulukkoon 3 on koottuna tarkasteluun valikoitujen kasvatustestien tiedot ja tulokset.

Taulukko 3. Tarkasteluun valituista kasvatustesteistä koottu taulukko, jossa esitetään kasvatusolosuhteiden eli laiteasetusten lisäksi kasvu-aika, kasvaneiden itujen kokonaispaino ja mitat sekä ajankohta, jolloin etyleenilisäys on tapahtunut.

			Laiteasetukset							Itujen mitat		
		Kasvatus-aika (vrk)	Kaapin lämpötila (°C)	Veden lämpötila (°C)	Kasteluväli (min)	Kastelu-aika (s)	Siementen paino (kg)	Itujen paino (kg)	Eteenin lisäys 50 ppm	Pituus (mm)	Paksuus (mm)	Ohut juuri (mm)
Testi 2	Laatikko 1	5	24	22	240	80	2	12,4		70–100	3	20–40
	Laatikko 2						3	14,5		60–80	3	30–50
Testi 4	Laatikko 1	5	24	22	90	20	2	-		100–190	2–3	50–70
	Laatikko 2						3	-				
Testi 8	Laatikko 1	5	20	20	120	20	2	14,2		110–140	3	50–90
	Laatikko 2						3	21,0		110–160	3–4	50–100
Testi 14	Laatikko 1	5	20	17	150	40	3	18,8		50–100	3–4	20–60
	Laatikko 2						5	25,0		40–130	2–4	0–80
Testi 15	Laatikko 1	6	20	17	150	40	3	16,2	2. vrk	40–50	5–7	0
	Laatikko 2						5	25,5		30–40	4–6	0
Testi 16	Laatikko 1	6	20	17	150	40	3	16,5	3. vrk	40–90	2–7	0–40
Testi 17	Laatikko 1	5	20	17	150	40	3	11,7	2. vrk	40–50	4–5	0

Eteenin lisäys -kohdan merkinnällä tarkoitetaan sitä, minkä ajan kuluttua kasvatuksen aloituksesta eteeni on lisätty. Esimerkiksi testissä 15 eteenikaasu on lisätty tilaan toisen kasvuvuorokauden aikana. Itujen pituudet ja paksuudet on mitattu kasvuserien satunnaisista otoksista, joista mitat on otettu sekä eniten että vähiten kasvaneista iduista. Itujen paksuus on mitattu idun juuren paksuimmasta kohdasta.

Kuvassa 5 on kasvatustesteistä 2 (5A) ja 4 (5B) saadut kasvatustulokset. Molemmissa kasvatustesteissä kaapin lämpötila oli 24 °C ja kasteluvien lämpötila oli 22 °C, mutta kasteluväli ja kasteluaika erosivat toisistaan. Kasvatustestissä 2 kasteluväli oli 240 minuuttia ja kasteluaika 80 sekuntia, kun taas testissä 4 kasteluväli oli 90 minuuttia ja kasteluaika 20 sekuntia. Molemmissa testeissä siemeniä oli kasvamassa 3 kiloa.

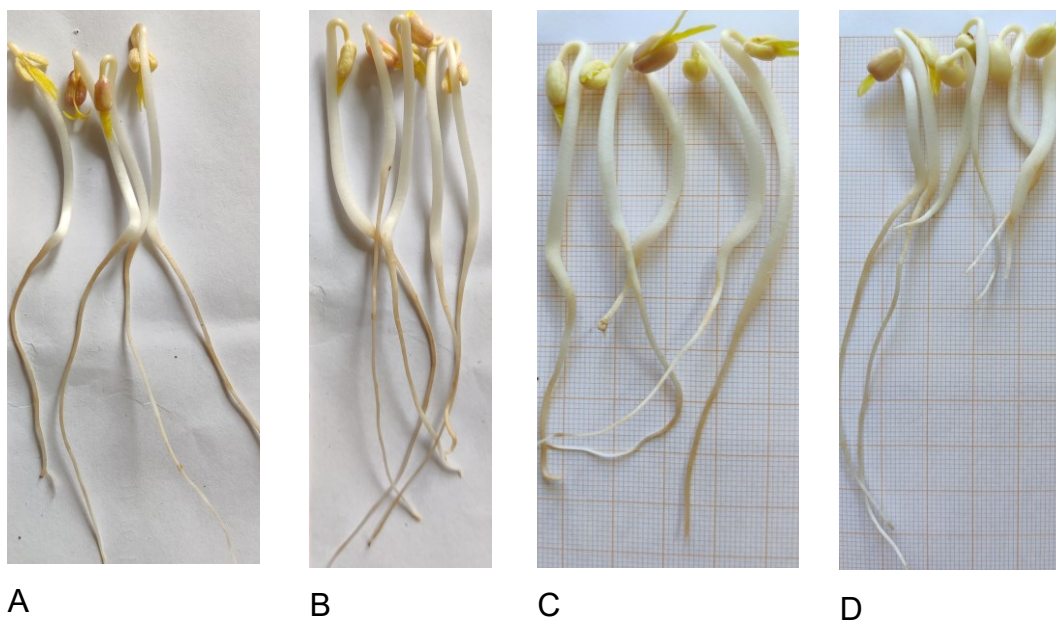


Kuva 5. Kasvatustesteistä 2 (A) ja 4 (B) saadut tulokset. Kasvatustestin 2 itujen juuriin oli kehittynyt jonkin verran pieniä sivujuuria. Testin 4 idut poikkesivat kaikista muista testeistä saaduista iduista pituutensa vuoksi. Molemmissa kasvatustesteissä siementen määrä oli 3 kiloa.

Testin 2 itujen pituus oli noin 60–100 mm, josta ohuen juuren pituus oli 20–50 mm. Itujen paksuus oli lähes poikkeuksetta noin 3 mm. Itujen juuriin oli myös jonkin verran kasvanut pieniä sivuttaisjuuria. Testin 4 idut puolestaan poikkesivat pituudeltaan kaikkien muiden kasvatustestien tuloksista. Pisimmät idut olivat jopa 190 mm pitkiä ja lyhimmilläänkin niiden pituus oli 100 mm. Paksuudeltaan kyseiset idut olivat noin 2–3 mm.

### 6.1 Siemenmäärän vaikutus kasvatustuloksiin

Kuvissa 6A ja 6B näkyvät kasvatustestistä 8 saadut kasvatustulokset. Testissä 8 sekä kaapin että kasteluveden lämpötila oli 20 °C, kasteluväli 120 minuuttia ja kasteluaika 20 sekuntia. Kuvassa 6A on idut kasvatuslaatikosta, jossa oli 2 kiloa siemeniä ja kuvassa 6B idut laatikosta, jossa siemeniä oli 3 kiloa. Molempien laatikoiden idut olivat mitoiltaan hyvin samankaltaisia eli pituus oli 110–160 mm, josta ohuen juuren pituus oli noin 50–100 mm. Paksuudeltaan idut olivat noin 3–4 mm.



Kuva 6. Kasvatustesteistä 8 (A, B) ja 14 (C, D) saadut tulokset. Kasvatustesteissä tarkkailtiin, vaikuttaako siementen määrä laatikossa itujen kasvuun. Testien 8 ja 14 kasvuolosuhteen poikkesivat jonkin verran toisistaan. Merkittäviä eroja tuloksissa näkyi ainoastaan sen laatikon kasvatuksissa, jossa oli 5 kiloa siemeniä (D). Suurin osa kyseisen kasvatuksen iduista jäi pituudeltaan hyvin

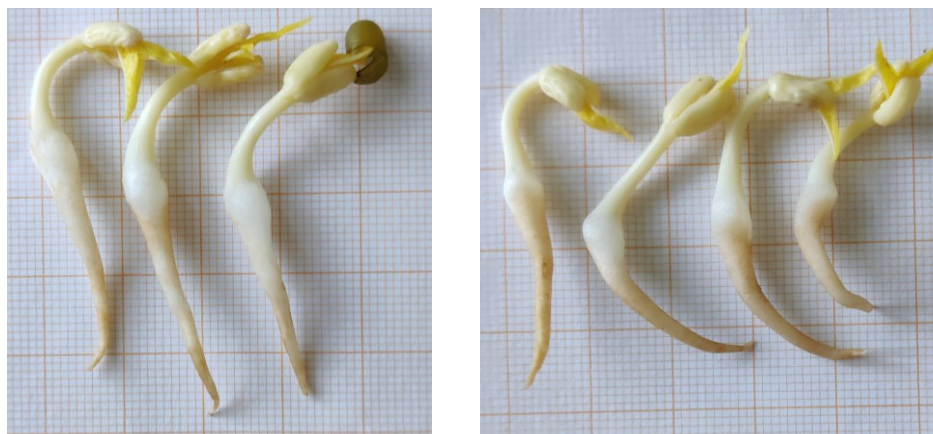
pieniksi, ja laatikossa oli paljon myös kokonaan itämättömiä tai hyvin vähän itäneitä siemeniä.

Kuvissa 6C ja 6D näkyvät kasvatustestistä 14 saadut tulokset. Kaikki muut laiteasetukset erosivat testin 8 asetuksista, mutta kaapin lämpötila oli sama 20 °C. Testissä veden lämpötila oli 17 °C, kasteluväli 150 minuuttia ja kasteluaika 40 sekuntia. Myös toisessa laatikossa olleiden siementen määrä erosi aikaisemmin tarkastelluista kasvatuksista. Kuvassa 6C on idut laatikosta, jossa siemeniä oli 3 kilo ja kuvassa 6D idut laatikosta, jossa siemeniä oli 5 kiloa. Aikaisemmissa testeissä siementen määrä on aina ollut joko 2 tai 3 kiloa.

Testissä 14 kasvaneiden itujen mitat olivat hyvin vaihtelevia. Laatikossa, jossa siemeniä oli 3 kiloa (kuva 6C), itujen pituus oli 50–100 mm ja paksuus 3–4 mm. Ohuen juuren pituus oli noin 20–60 mm. Toisessa laatikossa, jossa siemeniä oli 5 kiloa (kuva 6D), itujen pituuden vaihtelu oli vieläkin suurempaa: 40–130 mm. Lähes kaikki kyseisessä laatikossa kasvaneet idut olivat kooltaan hyvin pieniä eikä suurimpaan osaan ohutta juurta kasvanut ollenkaan. Kuitenkin osaan iduista ohut juuri oli kasvanut ja pisimmillään sen mitattiin olevan noin 80 mm. Itujen paksuus oli 2–4 mm. Laatikossa, jossa siemeniä oli 5 kiloa, oli myös paljon kokonaan itämättömiä tai hyvin vähän itäneitä siemeniä.

## 6.2 Eteenikaasun vaikutus kasvatustuloksiin

Kuvissa 7A ja 7B ovat kasvatustestin 15 kasvatustulokset. Testissä käytettiin samoja asetuksia kuin testissä 14 (kaapin lämpötila 20 °C, veden lämpötila 17 °C, kasteluväli 150 minuuttia ja kasteluaika 40 sekuntia), mutta tämä oli testeistä ensimmäinen, jossa kasvatuksen apuaineena käytettiin eteenikaasua. Eteenikaasua lisättiin 50 ppm tilaan, jossa kasvatuslaite sijaitsi. Kaasu lisättiin testin toisen kasvatusvuorokauden aikana, ja kokonaisuudessaan kasvatusaika oli kuusi vuorokautta. Laatikoissa oli sama määrä siemeniä kuin testissä 14, eli 3 ja 5 kiloa. Kuvassa 7A on idut laatikosta, jossa siemeniä oli 3 kiloa ja kuvassa 7B idut laatikosta, jossa siemeniä oli 5 kiloa.



A

B

Kuva 7. Kasvatustestistä 15 saadut tulokset. Kuvassa A on idut laatikosta, jossa oli 3 kiloa siemeniä ja kuvassa B idut laatikosta, jossa siemeniä oli 5 kiloa. Testissä käytettiin kasvatuksen apuaineena eteenikaasua, jota lisättiin 50 ppm tilaan, jossa kasvatuslaite sijaitsee.

Eteenikaasun vaikutuksen pystyi helposti huomaamaan testissä 15 saaduista tuloksista. Idut olivat pituudeltaan lyhyempiä kuin monissa aikaisemmissa testeissä ja paksuudeltaan jopa kaksinkertaisia muihin testituloksiin verrattuna. Itujen pituus oli laatikosta riippuen 30–50 mm ja paksuus 4–7 mm. Ohutta juurta ituihin ei kasvanut ollenkaan.

Kuvissa 8A ja 8B ovat kasvatustestien 16 ja 17 tulokset. Molemmissa testeissä käytettiin samoja laiteasetuksia kuin testissä 15, mutta kasvatusaika ja etyleenille altistusajankohta olivat eri. Kuvassa 8A olevien testin 16 itujen kasvatusaika oli kuusi vuorokautta ja ne altistettiin eteenikaasulle vasta kolmannen kasvuvuorokauden aikana. Kuvassa 8B olevat testin 17 idut altistettiin eteenille toisen kasvuvuorokauden aikana ja niiden kasvatusaika oli viisi vuorokautta. Molemmissa testeissä siemeniä oli vain yhdessä laatikossa 3 kiloa.



Kuva 8. Kasvatustesteistä 16 (A) ja 17 (B) saadut tulokset. Kasvatustesteissä apuaineena käytettiin eteenikaasua.

Mitoiltaan testien 16 ja 17 tulokset olivat hyvin lähellä testin 15 tuloksia, mutta ulkonäöltään ne olivat erilaisia. Testin 16 ituihin (kuva 8A) oli jonkin verran kasvanut ohutta juurta, jonka pituus vaihteli muutamasta millimetristä 40 mm:iin. Lisäksi osa kyseisen kasvatuksen iduista näytti hieman kuivilta ja joihinkin ituihin oli kehittynyt pieniä sivujuuria.

## 7 Tulosten tarkastelu ja johtopäätökset

Monien kasvatustestien ongelmaksi koitui ituihin kasvaneen ohuen juuren muodostuminen ja sen pituus. Kyseinen ongelma esiintyi lähes poikkeuksetta kaikissa testeissä, joissa eteenikaasua ei käytetty kasvatuksen apuaineena. Tarkkaa syytä ohuen juuren muodostumiselle ei löydetty, mutta pohdittiin, että yksi mahdollinen vaikuttava tekijä voisi olla kasteluveden sisältämien ravinteiden vähyys. Toiseksi ongelmaksi todettiin itujuurien päihin kasvaneet keltaiset sirkkalehdet, joita oli lähes kaikkien kasvatustestien iduissa. Myöskään syytä lehtien kasvamiseen ei saatu selvitettyä.



Haasteita testien aikana aiheutti kasteluajan ja veden lämpötilan saaminen sopivaksi. Kasteluvedellä on suuri vaikutus itujen kasvuun, sillä kastelun lisäksi sen tehtävä on viilentää itujen lämpötilaa. Itämisen aikana ja kasvaessaan idut vapauttavat lämpöä, ja ilman kasteluveden riittävää viilennystehoä lämpötila kasvatuslaatikossa voi nousta liian korkeaksi. Itujen liiallinen lämpeneminen vaikuttaa negatiivisesti kasvatuserään ja voi jopa pilata sen. Useissa testeissä, joissa kasteluväli oli pitkä ja kasteluaika lyhyt, idut olivat selvästi ylikasvaneet lämpötilan vaikutuksesta. Joissakin testeissä liian vähäinen veden saanti näkyi myös itujen kuivuutena. Myös juuriin kasvaneiden sivujuurten arvellaan olevan seurausta kasvatuslaatikossa tapahtuvasti liiallisesta lämpötilan noususta.

Kokonaisuudessaan haasteita kasvatusolosuhteiden määrittämisessä aiheutti se, että loppujen lopuksi kaikki kasvatusolosuhteisiin vaikuttavat tekijät ovat kytköksissä toisiinsa. Esimerkiksi kaapin lämpötila-asetuksia muutettaessa täytyi huomioon ottaa itujen tuottaman lämmön vaikutus kaapin sisäiseen lämpötilaan sekä kasteluveden riittävä viilennysteho. Toisaalta taas samaan aikaan täytyi kiinnittää huomiota myös siihen, etteivät idut saa liikaa vettä ja lämpötila laske liian alhaiseksi, jolloin kasvatustulokset jäivät mahdollisesti liian pieniksi.

Toimivimmiksi laiteasetuksiksi suoritettujen testien perusteella osoittautuivat seuraavat asetukset: kaapin lämpötila 20 °C, veden lämpötila 17 °C, kasteluväli 150 minuuttia ja kasteluaika 40 sekuntia. Parhaiten idut kasvoivat sellaisissa kasvatuserissä, joissa siemeniä oli 3 kiloa. Tulosten perusteella on kuitenkin melko selvää, että ilman eteenikaasun käyttöä näilläkään asetuksilla ja kyseistä kasvatuslaitetta käyttäen ei haluttuja kasvatustuloksia tulla saavuttamaan.

Eteenikaasun vaikutukset kasvatusten tuloksiin olivat merkittäviä. Jo ensimmäisessä kasvatuksessa itujen koko oli huomattavasti lähempänä työn alussa laadittuja laatukriteerejä kuin missään muussa kasvatuksessa. Kyseisestä kasvatustestistä 15 saadut tulokset olivat mittojen puolesta hyvin lähellä laatukriteereihin asetettuja mittoja. Testin 15 kasvatusolosuhteilla tulisi kuitenkin vielä suorittaa lisätestauksia ennen kuin niiden toimivuudesta voidaan olla täysin varmoja.

Vaikka laiteasetuksia muuttamalla saatiinkin vaihtelevia tuloksia, oli testien toteutuksessa joitakin epävarmuustekijöitä. Viimeisissä kasvatustesteissä epävarmuutta tuloksiin luultavasti aiheutti kasteluveden lämpötila, joka oli kasvatuksen aikana huomattavasti korkeampi kuin laiteasetuksista asetettu 17 °C. Viimeisten kasvatustestien jälkeen veden lämpötilaa mitattiin lähes kahden vuorokauden ajan erillisellä dataa tallentavalla mittarilla, ja tuloksista näkyi, ettei veden lämpötila missään vaiheessa laskenut alle 18,5 °C. Liitteessä 2 on lämpötilamittauksesta saatu tarkempi data, josta selviää, että veden lämpötila on vaihdellut 18,5 °C ja 27,8 °C:n välillä. Kyseinen ongelma alkoi siinä vaiheessa, kun kasvatuslaite jouduttiin siirtämään eteenikaasun käytön vuoksi vanhaan banaanikypsytämöön. On hyvin vaikeaa arvioida, miten paljon veden lämpötila on loppujen lopuksi vaikuttanut tuloksiin. Tämän vuoksi testejä täytyisi jatkaa siten, että aina ennen jokaista kasvatuserää veden lämpötilan vaihtelua monitoroidaan dataa tallentavalla lämpömittarilla ainakin vuorokauden ajan.

Lisähaasteita kasvatukseen aiheuttivat testien 9–11 aikana tapahtuneet laitehäiriöt, joissa tuntemattomasta syystä kastelu jatkui niin kauan, kunnes vesisäiliö oli tyhjä. Vesisäiliön tyhjeneminen aiheutti laitteessa häiriöstä viestivän hälytyksen, joka loppui, kun vesisäiliöön oli jälleen tullut tarpeeksi vettä. Häiriön vuoksi laite kuitenkin käynnisti kastelun aina uudestaan siinä vaiheessa, kun hälytys loppui, jolloin pian vesisäiliö taas tyhjeni ja uusi hälytys alkoi. Häiriö toistui, vaikka molempien kaappien asetukset muutettiin samanlaisiksi ja kasteluajat alkamaan samaan aikaan. Syytä häiriöihin ei saatu selville, minkä vuoksi testejä jatkettiin käyttäen vain toista kaappia.

## 8 Yhteenveto

Työn teoriaosan tavoitteena oli selvittää, millainen historia ja millaiset ravitsemukselliset ominaisuudet iduilla, tutustua elintarviketurvallisuuteen ja siihen, millaisia lakeja ja määräyksiä itutuotantoon liittyy. Lisäksi perehdyttiin *Vigna radiata* -palkokasvilajiin, jonka kasvatusolosuhteita kokeellisessa osassa määritettiin.

Euroopassa vuonna 2011 tapahtuneen taudinpurkauksen jälkeen ituihin, niiden kasvatukseen käytettäviin siemeniin ja itutuotantoon liittyvää lainsäädäntöä säädettiin uudelleen kiinnittäen erityistä huolellisuutta siihen, millaisilla keinoilla itu- tuotteista saadaan kuluttajille turvallisia ja miten mahdollisilta taudinpurkauksilta voidaan välttyä. Näistä syistä otettiin käyttöön uudet tuotteiden jäljitettävyyssvaatimukset, joiden avulla tuotetta pystytään seuraamaan lähes koko sen elinkaaren ajan, tarkennettiin elintarvikehygieniaan liittyviä vaatimuksia sekä laadittiin mikrobiologiset vaatimukset, joita alan toimijoiden tulee osana omavalvontasuunnitelmaansa tarkkailla. Nämä säädökset ja vaatimukset takaavat kuluttajille sen, että nykyään vähittäismyyttäviä itu tuotteita on turvallista käyttää.

Viime vuosina itujen suosiossa on näkynyt kasvua, mikä voi olla seurausta kasvipainotteisen ja vegaanisen ruokavalion yleistymisestä tai siitä, että nykyään ihmiset ovat hyvin tietoisia terveellisen ruoan tärkeydestä. Idut ovat ravintosisällöltään hyviä ravinnonlähteitä ja sisältävät runsaasti esimerkiksi C-vitamiinia. Idut ovat parempi ravinnonlähde kuin niiden kasvatukseen käytetyt siemenet, sillä itämisen aikana ravintoaineet muuttuvat biokemiallisten prosessien ansiosta paremmin elimistöön imeytyviksi.

Kokeellisen osan tarkoituksena oli selvittää, millaisissa kasvuolosuhteissa saadaan kasvatettua laatukriteerien mukaisia *Vigna radiata* -palkokasvilajin ituja. Kasvatusolosuhteita määritettiin kasvatustestien avulla, ja työn aikana onnistuneita testejä saatiin tehtyä 14 kappaletta. Onnistuneiden testitulosten saaminen vaati eteenikaasun käyttöä apuaineena. Eteeni vaikutti itujen juurten kasvuun tehden niistä lyhyempiä ja paksumpia sekä ehkäisten ohuen juuren syntymistä.

Ennen kasvatustestien aloittamista tuotteelle laadittiin laatukriteerit, joiden perusteella tuloksia arvioitiin. Laatukriteereissä itujen mitoiksi valikoitui pituus 50–70 mm ja paksuus noin 5 mm. Parhaiten laatukriteerejä vastasi kasvatustestistä 15 saadut tulokset, joissa itujen pituus oli 30–50 mm ja paksuus 4–7 mm. Vaikka itujen pituus jäikin lyhyemmäksi kuin haluttiin, vastasivat ne ulkonäöltään eniten sitä, mitä tuloksilta toivottiin. Kyseiset kasvatustulokset saatiin käyttämällä seuraavia laiteasetuksia: kaapin lämpötila 20 °C, veden lämpötila 17 °C,

kasteluväli 150 minuuttia ja kasteluaika 40 sekuntia. Kasvatustestin tuloksiin vaikutti myös eteenikaasun käyttö.

Kasvatustestien kaikki tulokset eivät kuitenkaan olleet täysin luotettavia, sillä joissakin kasvatuksissa kasteluveden lämpötilan kanssa oli ongelmia eikä se vastannut laiteasetusten mukaista lämpötilaa. Tästä syystä varmojen tulosten saamiseksi kasvatustestejä tulee vielä jatkaa. Ennen seuraavia kasvatustestejä kasteluveden lämpötila tulee varmistaa epävarmuustekijöiden vähentämiseksi.

## Lähteet

- 1 Exporting dried mung beans to Europe. Verkkoaineisto. CBI Ministry of Foreign Affairs. <<https://www.cbi.eu/market-information/grains-pulses-oil-seeds/dried-mung-beans>>. Luettu 18.10.2021.
- 2 Idut ja miniversot. Verkkoaineisto. Plantagen. <<https://www.plantagen.fi/idut+ja+miniversot.html>>. Luettu 16.5.2021
- 3 Komission täytäntöönpanoasetus (EU) N:o 208/2013 ituihin ja itujen tuotantoon tarkoitettuihin siemeniin sovellettavista jäljitettävyyksivaatimuksista.
- 4 Euroopan iduntuottajien järjestön (ESSA) hygieniaohjeet itujen ja itujen tuotantoon tarkoitettujen siementen tuotantoa varten (2017/C 220/03).
- 5 Sprouting definition. Verkkoaineisto. Biology Online. <<https://www.biology-online.com/dictionary/sprouting>>. Luettu 5.8.2021.
- 6 Peruna. Verkkoaineisto. Plantagen. <<https://www.plantagen.fi/peruna.html>>. Luettu 5.8.2021.
- 7 Ohran mallastus. Verkkoaineisto. Sinebrychoff. <<https://www.sinebrychoff.fi/olut/ohran-mallastus/>>. Luettu 5.8.2021.
- 8 Shurtleff, William & Aoyagi, Akiko. 2013. History of soy sprouts (100 ce to 2013): Extensively annotated bibliography and sourcebook. E-kirja. Soyinfo Center.
- 9 Wallentinson, Lina. 2017. Idut ja versot ruukusta keittiöön. Metsäkustannus Oy.
- 10 Ajay, More. 2021. Global Bean Sprouts Market 2020: Market Growth, Trends, Revenue, Share and Demands Research Report. Verkkoaineisto. WBOC. <<https://www.wboc.com/story/43771858/global-bean-sprouts-market-2020-market-growth-trends-revenue-share-and-demands-research-report>>. 28.8.2021. Luettu 24.9.2021
- 11 Nair, Ramakrishnan & Schreinemachers, Pepijn. 2020. The Mungbean Genome; Global Status and Economic Importance of Mungbean. E-kirja. Springer Nature Switzerland AG.
- 12 Ohanenye, Ikenne; Tsopmo, Apollinaire; Ejike, Chukwunonso & Udenigwe, Chibuike. 2020. Germination as a bioprocess for enhancing the

quality and nutritional prospects of legume proteins. *Trends in Food Science and Technology*. Vol. 101, s. 213–222.

- 13 Mir, Shabir, Farooq, Saqib; Shah, Manzoor; Sofi, Sajad; Dar, B.N; Hamdani, Afshan & Khaneghah, Amin. 2021. An overview of sprouts nutritional properties, pathogens and decontamination technologies. *LWT*. Vol. 141.
- 14 Gan, Ren-You; Lui, Wing-Yee; Wu, Kao; Chan, Chak-Lun; Dai, Shu-Hong; Sui, Zhong-Quan & Corke, Harold. 2017. Bioactive compounds and bioactivities of germinated edible seeds and sprouts: An updated review. *Trends in Food Science and Technology*. Vol. 59, s. 1–14.
- 15 Elintarviketurvallisuus. Verkkoaineisto. Elintarviketeollisuusliitto. <<https://www.etl.fi/elintarviketeollisuus/vastuullisuus/sosiaalinen-vas-tuu/elintarviketurvallisuus.html>>. Luettu: 20.8.2021.
- 16 Food Safety. Verkkoaineisto. European Commission. <[https://ec.europa.eu/food/index\\_en](https://ec.europa.eu/food/index_en)>. Luettu: 20.8.2021.
- 17 Valkoinen kirja elintarvikkeiden turvallisuudesta KOM (1999) 719 lopullinen. 2000. Bryssel: Euroopan yhteisöjen komissio.
- 18 Elintarviketurvallisuus: valvonta. Verkkoaineisto. Ruokavirasto. <<https://www.ruokavirasto.fi/tietoa-meista/mika-on-ruokavirasto/elintarviketurvallisuuden-varmistaminen/valvontajarjestelyt/elintarvikkeet-valvonta/>>. Luettu 21.8.2021
- 19 Elintarvikevalvonta. Verkkoaineisto. Ruokavirasto. <<https://www.ruokavirasto.fi/henkiloasiakkaat/tietoa-elintarvikkeista/valvonta/>>. Luettu 21.8.2021
- 20 Mikä on Ruokavirasto. Verkkoaineisto. Ruokavirasto. <<https://www.ruokavirasto.fi/tietoa-meista/mika-on-ruokavirasto/>>. Luettu 21.8.2021.
- 21 Itujen tuotantoon liittyvä lainsäädäntö. Verkkoaineisto. Ruokavirasto. <<https://www.ruokavirasto.fi/yritykset/elintarvikeala/elintarvikkeiden-alkutuotanto/kasvikset/itutuotanto/itujen-tuotantoon-liittyva-lainsaadanto/>>. Luettu 27.5.2021.
- 22 Mahon, B; Pönkä, A; Hall, W; Komatsu, K; Dietrich, S; Siitonen, A; Cage, G; Hayes, P; Lambert-Fair, M; Bean, N; Griffin, N & Slutsker, L. 1997. An international outbreak of Salmonella infections caused by alfalfa sprouts grown from contaminated seeds. Verkkoaineisto. National Library of Medicine. <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9086144/>>. Luettu 19.10.2021.

- 23 Elintarvikehygienia. Verkkoaineisto. Ruokavirasto. <<https://www.ruokavirasto.fi/yritykset/elintarvikeala/elintarvikealan-yhteiset-vaatimukset/elintarvikehygienia/>>. Luettu 26.8.2021.
- 24 Liite 10. Itujen ja idätettävien siementen tuotanto. 2021. Elintarvikkeiden mikrobiologiset vaatimukset komission asetuksen (EY) No 2073/2005 soveltaminen sekä yleisiä ohjeita elintarvikkeiden mikrobiologisista tutkimuksista – Ohje toimijoille. Ruokavirasto.
- 25 Itujen tuotannon mikrobiologiset vaatimukset. Verkkoaineisto. Ruokavirasto. <<https://www.ruokavirasto.fi/yritykset/elintarvikeala/elintarvikkeiden-alkutuotanto/kasvikset/itutuotanto/itujen-tuotannon-mikrobiologiset-vaatimukset/>>. Luettu 2.9.2021.
- 26 Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (EU) 2020/2184 ihmisten käyttöön tarkoitetun veden laadusta.
- 27 Korkeala, Hannu. 2007. Elintarvikehygienia; ympäristöhygienia, elintarvike- ja ympäristötoksikologia. Helsinki: WSOY Oppimateriaalit Oy.
- 28 Mung Bean (*Vigna radiata*). Verkkoaineisto. Feedipedia. <<https://www.feedipedia.org/node/235>>. Luettu 6.9.2021.
- 29 Mung beans, mature seeds, sprouted, raw. Verkkoaineisto. U.S. Department of Agriculture. <<https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/169957/nutrients>>. Luettu 19.10.2021.
- 30 Mung beans, mature seeds, raw. Verkkoaineisto. U.S. Department of Agriculture. <<https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/174256/nutrients>>. Luettu 19.10.2021.
- 31 Whittemore, Frank. 2017. Life Cycle of the Mung Bean. Verkkoaineisto. Garden Guides. <<https://www.gardenguides.com/98365-life-cycle-mung-bean.html>>. Luettu 10.10.2021.
- 32 Elizabeth, Sarah. 2018. Fastest Growing Plants for a Science Project. Verkko-aineisto. Sciencing. <<https://sciencing.com/fastest-growing-plants-science-project-7859692.html>>. Luettu 10.9.2021.
- 33 Chang, Caren. 2016. Q&A: How do plants respond to ethylene and what is its importance. BMC Biology. <<https://bmcbiol.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12915-016-0230-0>>. Luettu 13.10.2021.
- 34 Grant, Amy. 2021. What is ethylene gas: Information on ethylene gas and fruit ripening. Gardening Know How.

- <<https://www.gardeningknowhow.com/edible/fruits/fegen/ethylene-gas-information.htm>>. Luettu 13.10.2021.
- 35 K-ryhmä. 2011. Kesko: Tuotteen tie – Vierailulla banaanikypsytämöllä. Verkko-aineisto. Youtube. <<https://www.youtube.com/watch?v=aE52Qno-AvI>>. Katsottu 13.10.2021.
- 36 Huang, Wei-Na; Liu, Hong-Kai; Zhang, Hua-Hua; Chen, Zhen; Guo, Yang-Dong & Kang, Yu-Fan. 2013. Ethylene-induced changes in lignification and cell wall-degrading enzymes in the roots of mungbean (*Vigna radiata*) sprouts. *Plant Physiology and Biochemistry*. Vol. 73, s. 412–419.
- 37 Mähönen, Ari Pekka. 2014. Juuren kasvun perusmekanismi selvitetty Helsingin yliopistossa. Verkkoaineisto. Helsingin yliopisto. <<https://www.sttinfo.fi/tiedote/juuren-kasvun-perusmekanismi-selvitetty-helsingin-yliopistossa?publisherId=3747&releaseId=16686160>> Luettu 13.10.2021.



## Taulukko kasvatustestien laiteasetuksista ja tuloksista

			Laiteasetukset							Itujen mitat		
		Kasvatus- aika (vrk)	Kaapin lämpötila (°C)	Veden lämpötila (°C)	Kastelu- väli (min)	Kastelu- aika (s)	Siementen paino (kg)	Itujen paino (kg)	Eteenin lisäys 50 ppm	Pituus (mm)	Pak- suus (mm)	Ohut juuri (mm)
Testi 1	Laatikko 1	5	20	22	240	80	2	8,7		50–70	3–4	20–40
	Laatikko 2						3	12,2		30–60	3–4	20–40
Testi 2	Laatikko 1	5	24	22	240	80	2	12,4		70–100	3	20–40
	Laatikko 2						3	14,5		60–80	3	30–50
Testi 3	Laatikko 1	5	20	22	90	20	2	-		90–170	2–3	50–70
	Laatikko 2						3	-				
Testi 4	Laatikko 1	5	24	22	90	20	2	-		100–190	2–3	50–70
	Laatikko 2						3	-				
Testi 5	Laatikko 1	5	1	20	60	20	2	11,0		90–120	3–4	40–60
	Laatikko 2						3	17,1		80–110	3–4	40–70
Testi 6	Laatikko 1	5	1	20	120	20	2	11,2		100–130	3–4	50–80
	Laatikko 2						3	16,5		70–110	3–4	30–80
Testi 7	Laatikko 1	5	20	20	60	20	2	13,4		100–150	3	40–90
	Laatikko 2						3	19,7		80–120	3–4	30–70
Testi 8	Laatikko 1	5	20	20	120	20	2	14,2		110–140	3	50–90
	Laatikko 2						3	21,0		110–160	3–4	50–100
Testi 9 Testi 10 Testi 11	Häiriö laitteessa											
Testi 12	Laatikko 1	5	20	19	210	20	2	12,4		60–90	3–4	30–50
	Laatikko 2						3	16,2		80–120	2–4	40–60
Testi 13	Laatikko 1	5	20	17	210	20	4	21,4		80–140	3–5	30–60
	Laatikko 2						5	22,6		60–130	3–5	20–70
Testi 14	Laatikko 1	5	20	17	150	40	3	18,8		50–100	3–4	20–60
	Laatikko 2						5	25,0		40–130	2–4	0–80
Testi 15	Laatikko 1	6	20	17	150	40	3	16,2	2. vrk	40–50	5–7	0
	Laatikko 2						5	25,5		30–40	4–6	0
Testi 16	Laatikko 1	6	20	17	150	40	3	16,5	3. vrk	40–90	2–7	0–40
Testi 17	Laatikko 1	5	20	17	150	40	3	11,7	2. vrk	40–50	4–5	0

## Kasteluveden lämpötilamittauksen data

EBI310

**-ebro<sup>®</sup>**

### General information

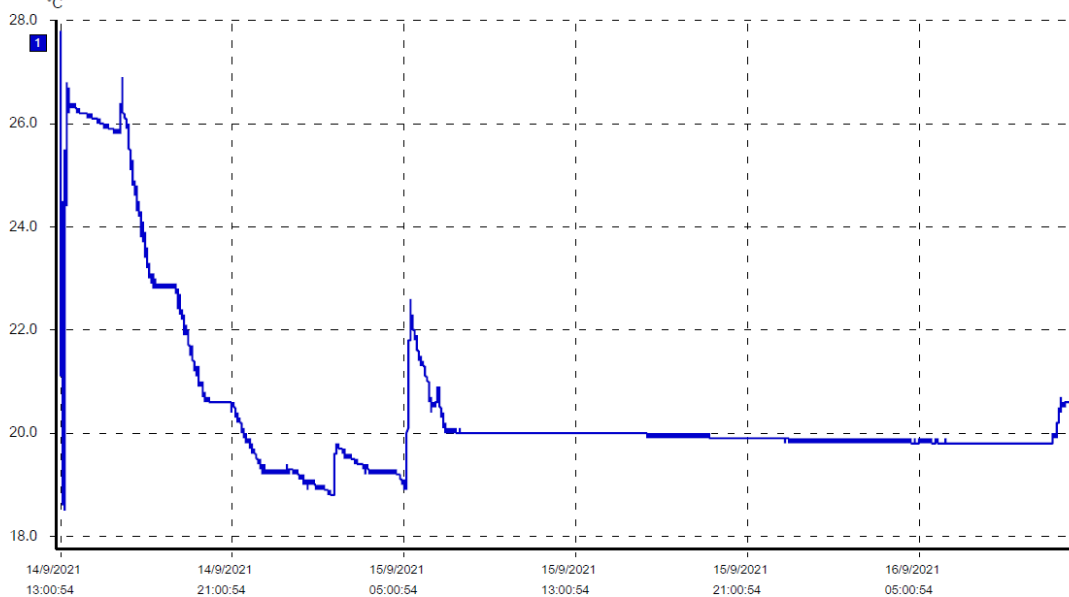


### Device information

Logger type	EBI 310 V2.02.0	Programmed by	Admin
Serial	73116276	Profile ID	0000
Probe type	TPX 220 (#15350718)		

### Logging configuration

Mode	Until memory is full	Start time	14/9/2021 13:00:54
Interval	5 sec.	Stop time	16/9/2021 12:08:54
Duration	1d 23:08:00	Data count	33937
Alarm delay	0 min.		



Channel	Minimum	Maximum	Average	MKT (83.0 kJ/mol)
1 °C	18.5 @ 14/9/2021 13:12:34	27.8 @ 14/9/2021 13:02:44	20.5	20.6

Channel	Low limit	Alarm time	High limit	Alarm time
1 °C	<input checked="" type="checkbox"/> -200.0		<input checked="" type="checkbox"/> 250.0	

-----  
Signature

16/9/2021 13:49:25 UTC+01:00  
73116276-16-9-2021-13-49-13.pdf

**-ebro<sup>®</sup>**  
www.ebro.com