



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Olli Timonen

Pesu- ja kuivauslaitteiston soveltuvuuden selvittäminen piensalaateille

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Bio- ja kemiantekniikka

Insinöörityö

25.9.2019

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Olli Timonen Pesu- ja kuivauslaitteiston soveltuvuuden selvittäminen piensalaateille 45 sivua + 2 liitettä 25.9.2019
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Bio- ja kemiantekniikka
Ammatillinen pääaine	Bio- ja elintarviketekniikka
Ohjaajat	Lehtori Pia-Tuulia Laine Laatu- ja tutkimuspäällikkö Anssi Vuorinen
<p>Insinööritöä tehtiin Suomessa toimivalle Apetit-yritykselle. Työssä selvitettiin Apetitin pesu- ja kuivauslaitteiston soveltuvuutta käsittelyherkille pikkusalaateille. Tutkimus suoritettiin ajamalla babypinaattia pesurin ja lingon läpi ja vertaamalla sitä käsittelemättömiin näytteisiin.</p> <p>Työhön valittiin tutkittavaksi materiaaliksi babypinaatti, koska sen oletettiin vahingoittuvan herkemmin käsittelyissä muihin piensalaateihin verrattuna. Näytteitä pestiin ja kuivattiin Apetitin tiloissa. Lingottuja näytteitä verrattiin myös käsittelemättömiin ja vain pestyihin näytteisiin. Linkous suoritettiin eri nopeuksilla (200–800 rpm). Analysointimenetelmäksi valikoitui vahingoittuneita kudoksia värjäävä Evans Blue -värjäys sekä silmämääräinen tarkastelu. Värjätyt lehdet valokuvattiin digitaalisella järjestelmäkameralla. Väriaineella värjäätynyttä pinta-alaa mitattiin ImageJ- sekä Ilastik-kuvankäsittelysovelluksilla. Työssä myös tutustuttiin markkinoilla oleviin laitteistoihin, joita voisi käyttää piensalaattien pesussa ja kuivauksessa.</p> <p>Lingottuihin lehtiin syntyi kokeissa silmämääräisesti havaittavia repeämiä ja taitoksia enemmän verrattuna linkoamattomiin näytteisiin. Värjäyksessä oli havaittavissa vastaavasti vahingoittuneita alueita enemmän lingotuissa kuin linkoamattomissa näytteissä. Myös pesemättömissä näytteissä oli havaittavissa vahingoittuneita alueita. Lehden sijainti ja asento linkouskorissa voisi vaikuttaa lehden kuntoon, mikä selittäisi hieman vaihtelevia tuloksia.</p> <p>Nykyisellä pesu- ja kuivauslaitteistolla aiheutuu vahinkoa herkemmillä piensalaateille. Lehdet repeytyvät ja taituvat pesussa ja linkouksessa. Tulosten perusteella olisi syytä harkita uuden laitteiston hankkimista, jos tavoitteena on tuottaa piensalaatteja. Lehdistä voisi irrottaa ylimääräisen pesuveden ilmavirralla, mikä onnistuu tunnelikuivaimella. Jatkotutkimuksissa voisi selvittää, miten tunnelikuivaus vaikuttaa lehtien laatuun, ja verrata tuloksia lingottuihin lehtiin.</p>	
Avainsanat	Ruokatuotanto, salaattit, pinaatti, pesu, värjäys, linko, kuivaus

Author Title	Olli Timonen Determining the Suitability of Washing and Drying Equipment for Baby Leaves
Number of Pages Date	45 pages + 2 appendices 25 September 2019
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Biotechnology and Food Engineering
Professional Major	Biotechnology and Chemical Engineering
Instructors	Pia-Tuulia Laine, Lecturer Anssi Vuorinen, Quality and Research Manager
<p>This thesis was done for Apetit company located in Finland. The suitability of Apetit's washing and drying equipment for handling sensitive salads was examined. The research was carried out by running baby spinach through a washer and a centrifuge and comparing them with untreated samples.</p> <p>The examined material, baby spinach, was chosen because it was expected to be more easily damaged during processing. The samples were washed and spin-dried on Apetit's premises. The spun samples were compared to untreated and only washed samples. The spin-drying was done at various speeds (200–800 rpm). Staining of damaged tissues with Evans Blue was selected as one of the analysis methods. The dyed leaves were photographed with a digital SLR camera. The dye-stained area was measured with Imagej and Ilastik imaging software.</p> <p>The test revealed that spun leaves gained more visually detectable tears and folds than unspun samples. Similarly, staining showed most affected areas in the centrifuged samples than in the non-centrifuged samples. Also, unwashed samples had damaged areas. The position and orientation of the leaf in the spin-dry basket could affect the amount of damage to the leaf, which would slightly explain the variation of the results.</p> <p>The existing washing and drying equipment cause damage to more sensitive baby leaf vegetables. The leaves become torn and folded during washing and centrifuging. Based on the results, new equipment should be considered if the goal is to produce baby leaf vegetable products. Excessive wash water could be removed from the leaves with air flow, which is achieved with a tunnel dryer. Further studies could investigate how tunnel drying affects leaf quality and compare the results with centrifuged leaves.</p>	
Keywords	Food production, salad, spinach, washing, staining, spin-drying, drying.

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Teoriaa	2
2.1	Pinaatin tuotantoprosessi	2
2.2	Salaattien ominaisuudet	3
2.3	Veden aktiivisuus	3
2.4	Vaurioituminen	4
2.4.1	Mekaaninen rasitus	4
2.4.2	Näkyvät vahingot	5
2.5	Pinaatti	6
2.6	Babykasvikset	7
2.7	Käsittelymenetelmiä	7
2.8	Salaatin käsittely tuotannossa	7
3	Materiaalit ja menetelmät	8
3.1	Pinaattinäytteet	8
3.2	Tuotantotilat	10
3.3	Käytettävät laitteet	10
3.4	Evans Blue -värjäys	14
3.5	Kuvaus	16
3.6	Sovellukset	17
3.7	Vaurioiden silmämääräinen tarkastelu	18
3.8	Lehtien puhtaus ja kuivauksen onnistuminen	19
4	Tulokset ja tulosten tarkastelu	20
4.1	Lehtien kunnan silmämääräinen tarkastelu	20
4.2	Analysoitujen lehtien valokuvat	21
4.3	Värjättyjen lehtien analysoinnin tulokset	32
4.4	Pesutuloksen puhtaus ja lehtiin jäävä pesuveden määrä	35
4.5	Jatkotutkimukset	36

4.6	Markkinoilla olevien salaattien pesu- ja kuivauslaitteiden tarjonta	37
4.6.1	Yleistä pesu- ja kuivauslaitteista	37
4.6.2	Lingot	37
4.6.3	Rei'itetty kuljetinhihna	38
4.6.4	Tunnelikuivain	39
4.6.5	Uusi linjasto	41
5	Yhteenveto ja johtopäätökset	42
	Lähteet	43
	Liitteet	
	Liite 1. Ilastik:n ja Imagej:n käyttöohjeet	
	Liite 2. Kuva-analyysin tulokset	

Lyhenteet

A_w Veden aktiivisuus.

DI-vesi Ioninvaihdettu vesi.

EB Evans Blue-väriaine $C_{34}H_{24}N_6Na_4O_{14}S_4$

1 Johdanto

Suomalaiset kuluttajat ovat jo 1990-luvulta lähtien kasvattaneet salaattien ja yrttien kulutusta ruokaostoksissaan [1]. Viime vuosina valmiiksi pilkottujen ja suojakaasuun pakattujen salaattien ja kasvien suosio on ollut kasvussa. Kuluttajat suosivat entistä terveellisempiä raaka-aineita, mutta haluavat käyttää mahdollisimman vähän aikaa ruoanvalmistukseen [2]. On siis hyvin perusteltua etsiä kysyntää vastaavia tuotteita ja selvittää Apetitin tuoreiden vihannesten tuotannon laitteiston kykyä käsitellä herkempiä vihannelajeja riittävän hellävaraisesti.

Piensalaatit ovat herkkiä mekaanisille vaurioille. Liian suuri mekaaninen rasitus aiheuttaa solurakenteiden rikkoutumista. Yleensä kasvin vaurioituttua pilaantuminen nopeutuu joko entsyymaattisen tai mikrobien toiminnan seurauksena. Lievempi mekaaninen rasitus saattaa näkyä salaatin pinnalla vasta muutaman vuorokauden kuluttua. Vaurioita syntyy esimerkiksi sadonkorjuussa, kuljetuksessa, prosessoinnissa sekä kaupan ja kuluttajan käsittelyssä. [3, s. 391.]

Apetit valmistaa kasviksista pakasteita ja tuoretuotteita. Lisäksi konsernin liiketoimintalueisiin kuuluu öljykasvituotteet ja viljakauppa. Vuonna 2018 Apetitin liikevaihto oli 283,1 miljoonaa euroa [4]. Tutkimuksen koenäytteiden käsittelypaikkana on Helsingin Kivikossa sijaitseva tuotantotila. Muita Apetitin toimipisteitä ovat Säskylä, Kirkkonummi ja Pudasjärvi.

Tämän työn tavoitteena oli selvittää, ovatko yrityksen nykyiset tuotantolaitteet sopivia piensalaattien pesemisessä ja kuivauksessa. Työn testaus rajoitettiin yhteen salaattilajiin. Lajiksi valikoitui käsittelylle herkkä babypinaatti, sillä muiden mahdollisten lajien ajateltiin olevan kestävämpiä. Babypinaatti on ohut ja pehmeä salaatti, joka taittuu ja mekaanisen vaurion myötä pilaantuu nopeammin [5]. Työn tavoitteena oli myös tutustua markkinoilla oleviin laitteistoihin, joita voisi käyttää piensalaattien pesussa ja kuivauksessa.

2 Teoriaa

2.1 Pinaatin tuotantoprosessi

Pinaatit korjataan pelloilta yleensä katkaisemalla lehdet juurien yläpuolelta ja kuljettamalla lehdet nostohihnalla kärryyn. Jättämällä juuret kasvualustaan vältytään turhalta lialta ja varret voivat kasvattaa vielä seuraavan sadon. Korjuun jälkeen suositellaan pinaatin pesua sekä nopeaa jäähdyttämistä säilyvyyden parantamiseksi. [6.]

Pinaattia kasvatetaan myös kasvihuoneissa. Kasvihuoneessa voidaan kasvattaa ympäri vuoden optimaalisissa olosuhteissa. Kasvuolosuhteiden optimoinnin lisäksi rikkakasvien, tuholaisten ja tautien torjunta on helpompaa. [7.]

Pinaatin kasvatusta suomalaisessa kasvihuoneesta kestää kylvöstä sadonkorjuuseen noin 21–28 vuorokautta. Kasvit voidaan leikata koneellisesti ja jättää juuret multa kasvatamaan uudet lehdet. Korjuun jälkeen pinaatit jäähdytetään ja pakataan. [8.]

Lähitulevaisuudessa voi yleistyä vesiviljely, joka voisi olla tehokasta ja säästää tilassa sekä ravinteissa. Sadon korjuu voisi olla helpompaa automaation ansiosta. Tuotteet voisi olla tasalaatuisempaa ja puhtaampaa. [9.]

Pinaatin pehmeä ja herkkä rakenne altistaa tuotteen vaurioitumaan helposti. Tämän vuoksi mekaanisessa käsittelyssä on minimoitava käsittelyssä ja säilytyksessä syntyvä rasitus. Myös pakkaus on suunniteltava niin, että pinaatin lehdet eivät pääse taittumaan tai murskaantumaan. Pahasti vahingoittuneilla tai puoliksi haljenneilla lehdillä säilyvyysaika on noin 8 vuorokautta, kun taas ehjillä ja lievästi vahingoittuneilla se on noin 14 vuorokautta. [5.]

Prosessoidessa ja säilöessä pinaatti säilyy parhaiten juuri 0 °C:n yläpuolella ja korkeassa ilmankosteudessa. Jäätyminen voi vahingoittaa pinaattia. Lisäksi pinaatti on herkkä etyleenille, joten on syytä pitää pinaatit erillään etyleeniä tuottavista kasviksista. [10.]

2.2 Salaattien ominaisuudet

Salaatit ovat varsin herkkä erilaisille käsittelyille. Salaattien vesipitoisuus on usein noin 90 %. Koostumuksensa vuoksi salaatit ovat hyvä alusta mikrobikasvulle, niin homeelle, hiivalle kuin bakteereille. Kasvisten kuori toimii hyvin suojana mikrobeja vastaan. Kuoren rikkoutuessa kasvis altistuu mikrobitoiminnalle. Kasviksen prosessointi voi vahingoittaa rakenteita ja täten heikentää niiden laatua. Myös kasviksen vanheneminen altistaa pilaantumiselle. [11.]

Elintarvikkeen makroskooppisten rakenteiden kunto korreloi voimakkaasti säilyvyyden kanssa. Rikkinäiset rakenteet voivat olla mikrobeille hyviä kasvualustoja. Rikkoutuneiden alueiden koosta ja muodoista voidaan päätellä lehden kuntoa. [12, s. 259.]

Mikrobit voivat päätyä kasviin jo pellolla. Tyypillisiä maaperästä löytyviä bakteereja ovat *Erwinia carotovora*, *Pseudomonas spp.*, *Klebsiella spp.*, *Enterobacter spp* ja *Serratia sp/p*. Myös maitohappobakteerit ovat yleisiä. [11.]

Vahingoittuneeseen kasviin tunkeutuneet mikrobit voivat tuottaa entsyymejä, jotka muokkaavat kasviksen rakennetta pehmeämmäksi, vetiseksi tai limaiseksi. Paha haju ja maku syntyy hiilihidraattien metaboliasta. [11.]

Jos kasvikset ovat kontaminoituneet patogeenisillä bakteereilla, nämä ovat usein peräisin ulosteperäisestä lannoitteesta, saastuneesta pesu- tai kasteluvedestä tai huonosta käsittelyhygieniasta. [11.]

2.3 Veden aktiivisuus

Veden aktiivisuus (a_w) kuvaa ruoassa olevan vapaan veden määrää. Korkea a_w kertoo helposti pilaantuvasta ruoasta. Veden aktiivisuutta voidaan laskea erilaisin metodein, kuten kuivattamalla, suolaamalla, sokeroimalla tai sekoittamalla muita aineksia ruokaan. [13.]

Tuoreissa kasviksissa veden aktiivisuus on varsin korkea, mutta kasvia suojaava pintakerros pitää mikrobeja poissa kosteilta alueilta. Esimerkiksi pinaatilla veden aktiivisuus on arvoltaan noin 0,996. Toisaalta, vaurioituneessa kohdassa mikrobit pääsevät käsiksi kasvin sisäosaan ja voivat pilata tuotteen nopeasti sisältäpäin. [14.]

2.4 Vaurioituminen

Syötävillä kasviskudoksilla on kolme erilaista pöärakenneposaa, jotka määrittävät niiden mekaanisen rasituksen sietokyvyn. Niitä ovat peruskudos eli parenkyymi, solujen välinen sitoutumisen määrä ja solujen ympäröivän tilan suuruus. Solujen sisällä on nestejännitys. Soluista kulkee sisään ja ulos vettä soluseinämän läpi. Kun solua kuormitetaan esim. painamalla, solu muuttaa muotoaan riippuen kuormituksen suunnasta ja määrästä. Pienet ja lyhytaikaiset kuormitukset eivät juurikaan aiheuta pystyvää muutosta soluihin. Suuremmat ja pidempiaikaiset kuormitukset nostavat solun sisäistä painetta, jolloin solu tasapainottaa tilannetta poistamalla vettä sisästään. Riittävän suuren voiman seurauksena solun seinämä tuhoutuu täysin. [3, s. 391–392.]

Solujen välinen pektiinisidos on yksi elementti kasvin kudosten mekaanisessa sietokyvissä. Sidos muistuttaa muovia, joka sallii solujen liikkumisen ja paikkojen vaihtumisen. Tarpeeksi suurella voimalla solujen välinen sidos katkeaa, mutta ei välttämättä tuhoa soluja. [3, s. 392.]

Solujen välisessä tilassa voi olla pektiinin lisäksi ilmaa tai nestettä. Jos solujen välillä on paljon tilaa, rasitustilanteessa solujen ulkopuoliset alueet voivat joustaa ja absorboida rasitusenergiaa. Tiiviimmissä kasviksissa, kuten perunassa, on vähemmän tilaa, jolloin rasitus kohdistuu enemmän soluihin. [3, s. 392.]

2.4.1 Mekaaninen rasitus

Terminä mekaanista rasitusta tarkoitetaan lievempää vahinkoa, joka ei välttämättä näy paljaalla silmällä. Rasituksen aikana kasvin kudokse ei hajoa, mutta kasvi voi reagoida ärsykkeeseen eri tavoin. Kasvin kasvu voi hidastua tai etyleenin erityis kasvaa. Etyleeni

nopeuttaa lehtien vanhenemista sekä käynnistää hedelmien kypsymisen. [3, s. 387–388.]

Kasviksiin voi kohdistua paljon erilaista mekaanista rasitusta elinkaarensa aikana. Rasituksesta syntyvät vahingot tuottavat hävikkiä ja laskevat tuotteiden laatua ja säilyvyysaikaa. Mekaanisia vahinkoja syntyy mm. iskuista, taivutuksesta, venytyksestä, tärinästä, ravistelusta tai hankauksesta. Mekaanisen rasituksen sietokyky vaihtelee eri kasvien välillä. [3, s. 387–388.]

2.4.2 Näkyvät vahingot

Vaikka mekaanisia vaurioita voi syntyä jo viljelyn aikana, huomattava osa myyntiin päätyvien kasvien vahingoista syntyy kuljetuksen, käsittelyn ja kaupan hyllylle asettelusta. Haavaumista, iskuista ja puristuksista aiheutuneet vahingot aiheuttavat tuotteiden osien menetystä, painohäviötä, mikrobien kasvua ja laadullista menetystä. [3, s. 388.]

Hankauksen seurauksena kasviksen pinnalle voi syntyä näkyviä ruhjeita. Nämä usein jäävät kasvin pintakerrokseen tai kuoreen. Hankauksesta vahingoittunut alue voi tummua muita osia nopeammin entsyymaattisen hapettumisen myötä. Nämä alueet myös tarjoavat mikro-organismeille pääsyn solurakenteisiin. Useimmiten hankaus ei pilaa tuotteita täysin. [3, s. 388.]

Iskuista, kuten pudottamisesta tai lyönnistä, voi syntyä vakavimpia vaurioita kasviksen rakenteeseen. Vauriot voivat syntyä joko näkyvästi kasviksen pinnalle tai kuoren alle. Kuoriessa iskun kärsineestä kasvista voi löytyä vetisiä alueita. Ajan kuluessa alueet yleensä ruskettuvat ja lopulta kuivuvat. Joissain tapauksissa iskusta voi syntyä näkyviä halkeamia. Jos esimerkiksi salaatin lehti halkeaa kahtia iskun voimasta, lehti voi säilyä muuten varsin hyväkuntoisena. [3, s. 388–390.]

Puristusvahingot syntyvät usein tuotetta käsitellessä, kuljettaessa ja pakatessa. Yleisin syy puristuksen aiheuttamiin vahinkoihin on pakkaaminen liian korkeisiin pinoihin. [3, s.390.]

2.5 Pinaatti

Pinaatti on ollut jo pitkään suosittu lehtisalaatti ympäri maailmaa. Pinaatin alkuperäiseksi kasvialueeksi on arvailtu Persian aluetta, mutta mahdolliset viljelyt on aloitettu Kreikan ja Rooman valtakunnan aikoihin. Aikojen saatossa pinaatteja on jalostettu erilaisiksi lajikkeiksi. [15, s. 195-198.]

Eri lajikkeita voidaan viljellä erilaisissa olosuhteissa ja eri vuodenaikoihin. Toiset lajikkeet voivat sopia voimakkaamman makunsa ja runsaamman sadon ansiosta paremmin pidemmälle prosessoituihin elintarvikkeisiin, kuten pakasteisiin tai keittoihin. Nuorempana korjattu pinaattisato sopii hyvin salaatteihin kypsentämättömänä pehmeämmän maun ja rakenteensa ansiosta. Pinaatin vihreä sävy voi vaihdella tummuusasteeltaan ja lehden profiili voi olla tasainen tai ryppyinen. Pinaattia (kuva 1) viljellään peltojen lisäksi myös kasvihuoneissa. [15, s.205–214.]



Kuva 1. Pinaattiviljelmä. [16.]

Pinaatin lehdillä elävistä mikrobeista on tehty tutkimuksia. Yleisimpiä bakteereja on ollut mm. *Pseudomonas* spp., *Spartobacteria* spp., *Deinococcus* spo. ja *Rhizobium* spp. Pinaatin mikrobiomi muuttuu, kun sitä säilytetään kylmemmissä lämpötiloissa, jolloin mm. *Enterobacteriaceae* menestyy *Pseudomonas* spp:n ohella. [17.]

2.6 Babykasvikset

Babykasviksilla tarkoitetaan varhain korjattua salaatinlehteä. Viljeltävien kasvien ei anneta kasvaa tavanomaista pitkää kasvukauttaan kokonaan, vaan ne korjataan aikaisemmin. Tällä tavoitellaan kasviksen erilaisia ominaisuuksia, kuten makua, jotka voivat muuttua kasvun edetessä. [18.]

Babypinaatti korjataan tyypillisesti 2–3 viikon jälkeen istutuksesta. Babypinaatti sopii täysikasvuista vastinettaan paremmin kypsentämättömänä ravinnoksi pehmeämmän maun ja rakenteen vuoksi. [19.]

2.7 Käsittelymenetelmiä

UV-C-säteilyllä on osoitettu olevan bakteereita vähentävä vaikutus babypinaatissa. Säteilyyannokset voivat kasvattaa soluhengityksen nopeutta, mikä viittaisi babypinaatin heikkenevään kuntoon [20]. Suomessa säteilytys on sallittua vain mausteille [21].

2.8 Salaatin käsittely tuotannossa

Tuoreita kasvisvalmisteita ei haluta kuumentaa, eikä niiden kanssa haluta käyttää säilöntäaineita. Tuoreutta halutaan ylläpitää pienellä työvaiheiden määrällä ja nopealla toimituksella kuluttajien käytettäväksi. Tuotteiden säilyvyyttä voidaan parantaa pesuilla, kylmäsäilytyksellä ja pakkauksilla. Tyhjiöpakatut ja kylmässä säilytetyt kasvikset voivat sisältää pesun jälkeen bakteereja, kuten *L. monocytogenes*, *E. coli* ja *Salmonella* [11].

Suojakaasuja käytetään usein tuorepakatuissa elintarvikkeissa. Hiilidioksidia yleensä 5—10 %, Happea 5—10 %, typpeä 80—90 %. Kasvikset voivat tuottaa kaasuun hormoneja, jotka edistävät tummumista ja pilaantumista. [22, s. 183–184.]

Suojakaasussa käytettävien komponenttien määrä optimoidaan jokaiselle tuotteelle erikseen.

3 Materiaalit ja menetelmät

3.1 Pinaattinäytteet

Apetit tilasi kokeita varten kasvihuoneessa kasvatettua babypinaattia 125 g:n pakkauksissa kasvitukusta Alankomaista (kuva 3). Pinaatit olivat Italiasta ja ne olivat pesemättömiä. Pinaattia tilattiin 8 kg, jotka jaettiin 8 eri ajon kesken, noin 1 kg pinaattia ajoa kohden. Jokaisesta ajosta otettiin referenssinäytteeksi muutama pesemätön lehti. Jokaisesta ajosta valittiin lehtiä näytteeksi pesukorista eri paikoista (kuva 2). Tarkoituksena oli kerätä näytteitä sekä reunoilta, pohjasta ja päällä olevista lehdistä. Työhön valittiin tutkittavaksi materiaaliksi babypinaatti, koska sen oletettiin vahingoittuvan herkemmin käsiteltyissä muihin piensalaatteihin verrattuna.



Kuva 2. Kokeessa käytettyjä babypinaatteja pesun ja 200 rpm nopeuden linkouksen jälkeen.



Kuva 3. Kokeessa käytettyjen pinaattien pakkaus. Näytteet ovat italialaisia babypinaattia.

3.2 Tuotantotilat

Apetitilla on useita tuotantotiloja. Tutkimus suoritettiin tiloissa, joissa pakataan tuoreita valmiiksi pilkottuja kasviksia. Tämä tuotanto koostuu tuotteiden purkupaikasta, pesusta, kuivauslingosta, kuljettimista, tuotteiden annostelijasta sekä pakkauslaitteesta. Tuotantotilat ovat kylmiä korkean hygienian tiloja, jossa on toimittava noudattaen yrityksen ohjeita.

Tuoreiden kasvien tuotanto alkaa, kun tuotteet tuodaan varastosta esivalmistelulinjalle. Esivalmistelulinjalla poistetaan käsin mahdolliset lopputuotteeseen kuulumattomat osat, kuten siemenkodat. Tämän jälkeen kasvikset ohjataan leikkuriin, joka pilkkoo tuotteet haluttuun kokoon. Babypinaattia ei leikattaisi. Seuraavaksi kasvikset ohjataan pesuriin, josta nostetaan tuotteet käsin koreihin, jotka lingotaan kuivaksi lingolla. Lingotut tuotteet kipataan takaisin tuotantolinjalle, jossa seuraavaksi sekoitetaan sekoittajalla kasvikset. Kasvissekoitus nostetaan monipäävaa'alle, joka punnitsee tuotetta määrätyn verran ja laskee sen pakkaukseen linjastolle, jossa pakkaus suljetaan. Valmis pakkaus siirretään varastoon ja lopulta lähetetään asiakkaille. Tuotannon vuokaavio kuvassa 4.



Kuva 4. Tuotannon vuokaavio. Tuotteiden työistö alkaa varastosta ja päättyy pakkaukseen.

Tuotantotilassa on käytössä pienemmille erille 40 litran koreille sopivia pesulaitteita sekä kuivauslinkoja. Nämä osoittautuivat sopiviksi tutkimusta varten.

3.3 Käytettävät laitteet

Apetit käyttää tuotantotiloissa tuotteiden pesemiseen 40 litran reikäisiä koreja, jotka asetetaan pesulaitteeseen ja kuivauslinkoon. Pienten pinaatinlehtien kanssa päätettiin käyttää korin kanssa verkkokoria, joka estää lehtien karkaamisen korista. Pesussa laite on täytetty vedellä ja syöttämällä ilmaa pohjasta saadaan raaka-ainetta sekoittava virtaus aikaiseksi (kuva 5).



Kuva 5. Pesukone. Laite täytetään vedellä, pestävät tuotteet asetetaan pesukoriin koneeseen ja korin alta puhallettavalla ilmalla liikutetaan pestäviä kasviksia.

Apetitilla on käytössä kahta erilaista pienempää linkoa, joissa on omat etukäteen ohjelmoidut ajonopeudet (kuva 6). Lingot ovat toimintaperiaatteiltaan samanlaisia, mutta tuoretuotteiden pakkaamossa on enemmän nopeusvaihtoehtoja. Linkojen kierrosnopeudet on mitattu kierrosnopeusmittarilla. Testaus on suoritettu tuoretuotteiden pakkaamon laitteella.



Kuva 6. Yksi tuotannossa käytettävistä lingoista.

Kierrosnopeudet määritettiin käyttämällä kierrosnopeutta mittaavaa mittaria (kuva 7). Takometrillä mitataan asettamalla mittapää pyörivää laitetta vasten. Mittari laskee mittapään nopeuden ja antaa nopeuden halutussa yksikössä, tässä tapauksessa kierrosta minuutissa. Kun tiedetään sekä mittapään, että laitteen pyörivän osan piiri, voidaan laskea pyörimisnopeudet seuraavasti:

$$\frac{201 \text{ mm}}{2513 \text{ mm}} * 4000 \text{ rpm} = 320 \text{ rpm}$$

Yhtälössä jaetaan mittarin pään piiri lingon piirillä, josta saadaan suhdeluku. Kertomalla tällä suhdeluvulla mittarin kierrosnopeus, saadaan laitteen kierrosnopeus. Taulukkoon 1 on listattu linkojen mitatut kierrosnopeudet eri ohjelmilla.



Kuva 7. Takometri ja mittaamisessa käytetty mittapää. CEM DT6236B Digital Tachometer.

Taulukko 1. Taulukkoon on merkitty Apetitin tuotannon kahden eri linkotyypin kierrosnopeudet eri ajonopeusohjelmilla. Hedelmä- ja vihannesosaston kierrosnopeudet ylempänä ja tutkimuksessa käytetyn lingon kierrosnopeudet alapuolella. Lingon halkaisija on 400 mm.

	Asetus nro.	Lingon kierrosnopeus rpm
Hedelmä- ja vihannes-osasto	1	640
	2	436
	3	904
	4	320
	5	784
	6	552
	7	960
Tuorekset -osasto	1	108
	2	140
	3	200
	4	256
	5	320
	6	400
	7	480
	8	576
	9	672
	10	800

Työssä päätettiin tutkia, aiheuttaako linkoaminen pinaatin lehdille mekaanisia vaurioita ja onko kierrosnopeuksilla vaikutusta lopputulokseen. Lisäksi tutkittavaksi otettiin pesemättömät ja linkoamattomat pestyt pinaatit. Pinaatti pestiin ja kuivattiin edellä esitellyillä laitteilla. Tuoreksien osastolla olevat linko ja vaaka soveltuivat työhön paremmin, joten työ suoritettiin siellä. Puretuista pakkauksista siirrettiin kilo babypinaattia pesukoriin, aseteltiin pesuun, kuivattiin lingolla ja pakataan. Käsitellyt näytteet pakattiin ilmatiiviisiin muovipusseihin ja säilöttiin vuorokauden verran jääkaapissa ennen seuraavaa työvaihetta.

3.4 Evans Blue -värjäys

Linkouksessa ja pesussa kasviksiin syntyy erilaisia mekaanisia vaurioita. Työtä varten oli etsittävä sopiva tutkimusmenetelmä näiden vaurioiden tutkimiseen. Kuluttajille myytäviä pinaatinlehtiä myydään tuoreina, jolloin tutkittavia näytteitä olisi hyvä käsitellä mahdollisimman vähän. Lehtien analysoimiseen haluttiin löytää tekniikka, jolla näkisi myös piileviä vaurioita lehdessä, kuten puristuksessa tai taittuessa syntyvää vauriota. Mittauksen olisi hyvä olla luotettava ja toistettavissa.

Lehtiä päätettiin tutkia käyttämällä Evans Blue-väriainetta (EB) ($C_{34}H_{24}N_6Na_4O_{14}S_4$), jota on käytetty erilaisissa tutkimuskohteissa jo vuosikymmenien ajan. EB:tä on käytetty esimerkiksi vuonna 1974 julkaistussa artikkelissa, jossa EB:tä käytettiin planktonnäytteiden värjäämisessä [23], ja vuonna 2004 julkaistussa tutkimuksessa, jossa värjäämällä tupakan lehteä tutkittiin erään geenin vaikutusta rasituksen sietokykyyn [24]. Väriaineen käyttö on yksinkertaista, eikä värjäys vaadi liuoksessa liottamisen ja huuhtelun lisäksi mitään lehteä kuluttavaa työvaihetta, kuten kuumentamista. Väriaine on haitallista etenkin hengitettynä, joten jauhetta annostellessa on oltava varovainen. [25.]

EB on ollut käytössä vuodesta 1914 lähtien käytössä. Väriaineen suosio perustuu erinomaisiin ominaisuuksiin. EB on hyvin vesiliukoinen sekä sitoutuu voimakkaasti albumiiniin. EB:n käyttökohteita on ollut kasvien rikkoontuneiden solujen tutkimuksen lisäksi mm. eläinten ja ihmisten tutkimukset. [26.]

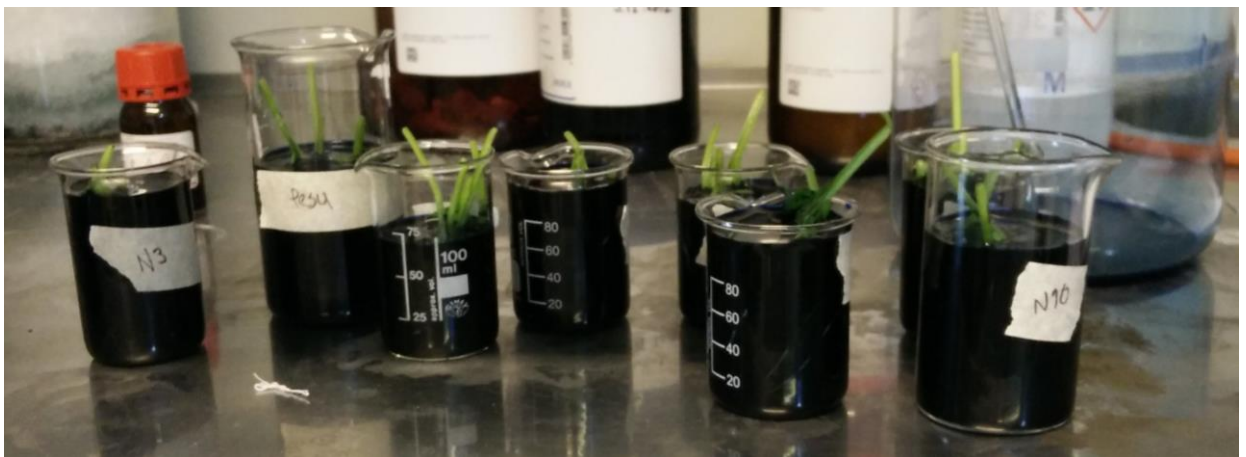
Lehden kunnon tutkiminen aktiivisen aineenvaihdunnan tai entsyymaattisen toiminnan perusteella ei anna aina tarkinta mahdollista kuvaa lehden vaurioiden määrästä. Joissain

tapauksissa entsyymaattinen toiminta ei ala heti vaurion synnyttyä, vaan saattaa aktivoitua myöhemmin. Siksi vaurioituneita soluja värjäämällä voidaan saada nopeammin näkyviä tuloksia. EB-väriaineen värjäämiä alueita on analysoitu spektrofotometrillä, mikroskoopilla tai tietokoneavusteisilla kuva-analyyseilla. [27.]

EB-jauhetta sekoitettiin ionivaihdettuun veteen niin, että liuoksen massaprosentti oli 0,25 %. Värjäystä harjoiteltiin aluksi testinäytteillä (vähittäiskaupasta ostetuilla pinaatin lehdistä), jotka näkyvät kuvassa 9.

Näytepinaatit aseteltiin omiin dekantterilaseihin, jossa niitä liotettiin EB-liuoksessa noin kaksi tuntia (kuva 8). Dekantterilaseihin annostellun liuoksen määrä oli noin 75–100 ml. Näytteet pestiin liotuksen jälkeen huolellisesti ja hellävaroen siivilää apuna käyttäen. EB-väriaine värjää rikkoutuneen solukon siniseksi ja jättää terveet solut värjäämättä. Tällä tavoin on helpompi analysoida lehtien kuntoa visuaalisesti.

Näytteitä oli 7 kpl referenssejä ja pelkästään pestyjä. Lingottuja näytteitä oli 6 kpl jokaista linkousnopeutta kohden.



Kuva 8. Väriaineessa likoavat näytteet. Pinaatin lehdet aseteltiin 0,25-prosenttiseen EB-liuokseen, jossa niitä liotettiin kaksi tuntia. Vaurioitunut solurakenne värjäytyy ja ehjä pysyy värjäytymättömänä.



Kuva 9. Testikappaleet kaupasta ostetuista baby pinaateista värjäyksen ja huuhtelun jälkeen. Vasemmalla puolella käsin rikottuja lehtiä, oikealla varovaisesti käsiteltyjä lehtiä. Värjäytynyt alue kertoo vaurioituneesta solukosta.

3.5 Kuvaus

Kuvauksessa käytettiin valaistua alustaa ja makrolinssillä varustettua digikameraa (D70, Nikon, Thaimaa). Jokaisesta värjätystä näytteestä otettiin kuva ja se tallennettiin verkkolevylle myöhemmin analysoitavaksi. Kuvassa näkyy koko lehti, joissain tapauksissa pitkä varsi jäi kuvan ulkopuolelle. Kaikkien lehtien ruodit eivät olleet värjäävässä liuoksessa, joten lopulta ruodit leikattiin kuvankäsittelyohjelmalla pois. Kokeessa huomattiin lehtien alapintojen olevan herkempiä vaurioille, jolloin värjäytyneet alueet näkyivät selkeämmin. Siksi kuvat otettiin lehdestä alapuoli ylöspäin. Kuvassa 10 näkyy kuvausjärjestelyt.

Työn aloitusvaiheessa kokeiltiin käyttää koulun mikroskooppeja lehtien kuvaamisessa. Mikroskoopilla kuvatessa ei saatu kokonaista lehteä näkymään, joten oli löydettävä

toisenlainen kuvausmenetelmä. Digikameran makrolinssi soveltui hyvin työn tarkoitukseen, koska lehti näkyi kuvassa hyvin ja kuvat olivat tarkkoja. Työssä huomattiin, että laadukas kuvausteline helpottaa pitämään kuvakulmat ja kuvausetäisyydet vakioina.



Kuva 10. Lehtien kuvaamisessa käytetty valaistu alusta, digikamera ja kamerateline.

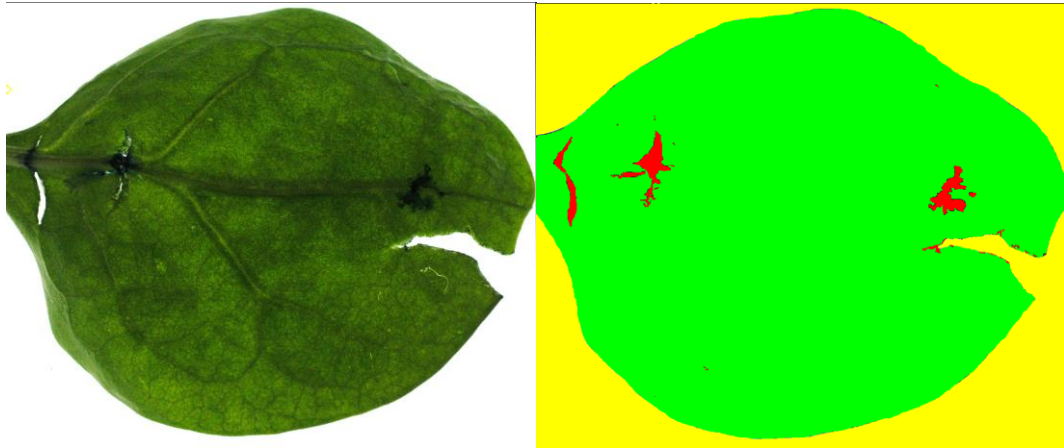
3.6 Sovellukset

Kuvia analysoitiin käyttämällä ImageJ- ja Ilastik-sovelluksia. Molemmat ovat avoimen lähdekoodin ilmaisia sovelluksia, joita voidaan hyödyntää tieteellisessä tutkimuksessa. [28, 29.]

ImageJin kehitys on alkanut jo 1980-luvulla, jolloin ensimmäisiä versioita käytettiin mm. sairaaloissa tietokoneilla kuvien analysoimisessa. Etenkin biologisissa tutkimuksissa on tarvittu useita erilaisia ominaisuuksia, joita on voitu liittää sovellukseen liitännäisten avulla vuosien saatossa. Liitännäisten lataamista on helpotettu Fiji-nimisellä paketilla,

jonka mukana tulee sekä ImageJ-sovellus että liitännäisten lataamista helpottava työkalu. [30.]

Ilastik on sovellus, jolla voidaan luoda kuvia eri alueisiin jakavaa automatiikkaa. Käytännössä sovelluksella määritellään ”maalaamalla” kuvasta luokiteltavat alueet (kuva 11). Tässä tapauksessa erotellaan lehden vaurioituneet ja vaurioitumattomat alueet, joiden perusteella sovellus automaattisesti ”maalaa” muiden kuvien alueet (kuva 24). [29.]



Kuva 11. Ilastik-sovelluksen opetus. Tumman siniset ja haljenneet alueet on maalattu punaiseksi, ehjät alueet vihreäksi ja tausta keltaiseksi.

Ensin on Fijin avulla muutettava kuvien tiedostotyyppi Ilastikille sopivaksi. Tämän jälkeen opetetaan Ilastik-sovellukselle esimerkkilehdestä, että siniseksi värjäytyneet alueet värjätään eriväriseksi kuin vaurioitumaton lehti ja tausta. Nämä väritetyt kuvat tallennetaan Fijillä tutkittavaksi, jolla saadaan näkyviin eri väriellä merkittyjen alueiden suhteelliset koot. Tulokset kertovat vahingoittuneen alueen osuuden koko lehdestä.

3.7 Vaurioiden silmämääräinen tarkastelu

Värjäämättömiä lehtiä käytettiin silmämääräisessä tarkastelussa. Näistä jaettiin lehdet selkeästi ehjiin ja rikkinäisiin lehtiin (kuva 12). Laskemalla ehjien ja rikkinäisten lukumäärät eri linkoamisnopeuksilla ja vertailemalla niitä lukuja linkoamattomiin lehtiin saatiin lisää tukea värjättyjen lehtien analysointituloksille.



Kuva 12. Pinaatinlehtien silmämääräistä tarkastelua ja laskemista. Vasemmalla selkeästi rikkoutuneita lehtiä ja oikealla ehjiä.

3.8 Lehtien puhtaus ja kuivauksen onnistuminen

Lehtien pesu- ja kuivaustulos tarkastettiin pääsääntöisesti silmämääräisesti katsomalla suojakaasupakattuja lehtiä. Pakkauksessa oli noin 200 g pinaattia ja pakkaus oli muodoltaan rasia. Pesun ja linkouksen jälkeen lehtiä otettiin sivuun suojakaasulla pakattavaan astiaan, joista saatiin jääkaappiin säilytettävä näyte. Näytettä katseltiin päivittäin parin viikon ajan.

Samalla mitattiin vaa'alla pesukorin paino ennen pesua ja pesun jälkeen, jotta pystyttiin vertailemaan lingotun veden määrää. Tuotannon vaaka näytti painon 50 g tarkkuudella, joten tulokset ovat suuntaa antavia.

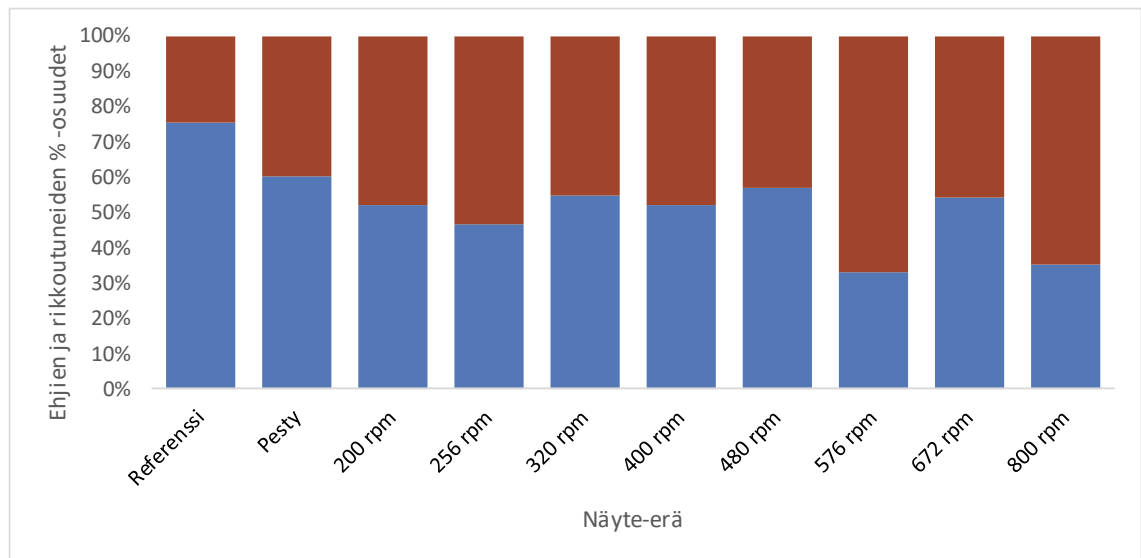
4 Tulokset ja tulosten tarkastelu

4.1 Lehtien kunnan silmämääräinen tarkastelu

Tässä tarkastelussa pyrittiin havaitsemaan vain selkeästi haljenneet tai repeytyneet lehdet. Tarkastelussa ei voitu havaita piileviä vaurioita, kuten painaumia tai halkeamattomia taitoksia. Mukana oli myös värjäämättömiä lehtiä, keskimäärin 50 kpl jokaisesta käsittelymenetelmästä.

Näytteistä voidaan päätellä, että lingon käyttäminen ja pyörimisnopeuden kasvattaminen lisää lehtien näkyvien vaurioiden määrää lehdessä (kuva 13). Myös lehtien pesussa saattaa syntyä hieman vaurioita lehtiin.

Lehtiä käsitellessä havaittiin, että monet käsittelemättömät lehdet olivat jo valmiiksi haljonneita tai repeytyneitä. Tilattujen lehtien laatuun voi olla syytä kiinnittää huomiota.



Kuva 13. Ehjiä ja silmin nähden haljenneiden tai repeytyneiden lehtien osuudet näytteissä. Siniset palkit kuvaavat ehjiä lehtien osuutta ja punaiset rikkoutuneiden lehtien osuutta. Referenssiä ei ole pesty tai lingottu. Pesty kuvaa pestyä mutta linkoamattomia lehtiä.

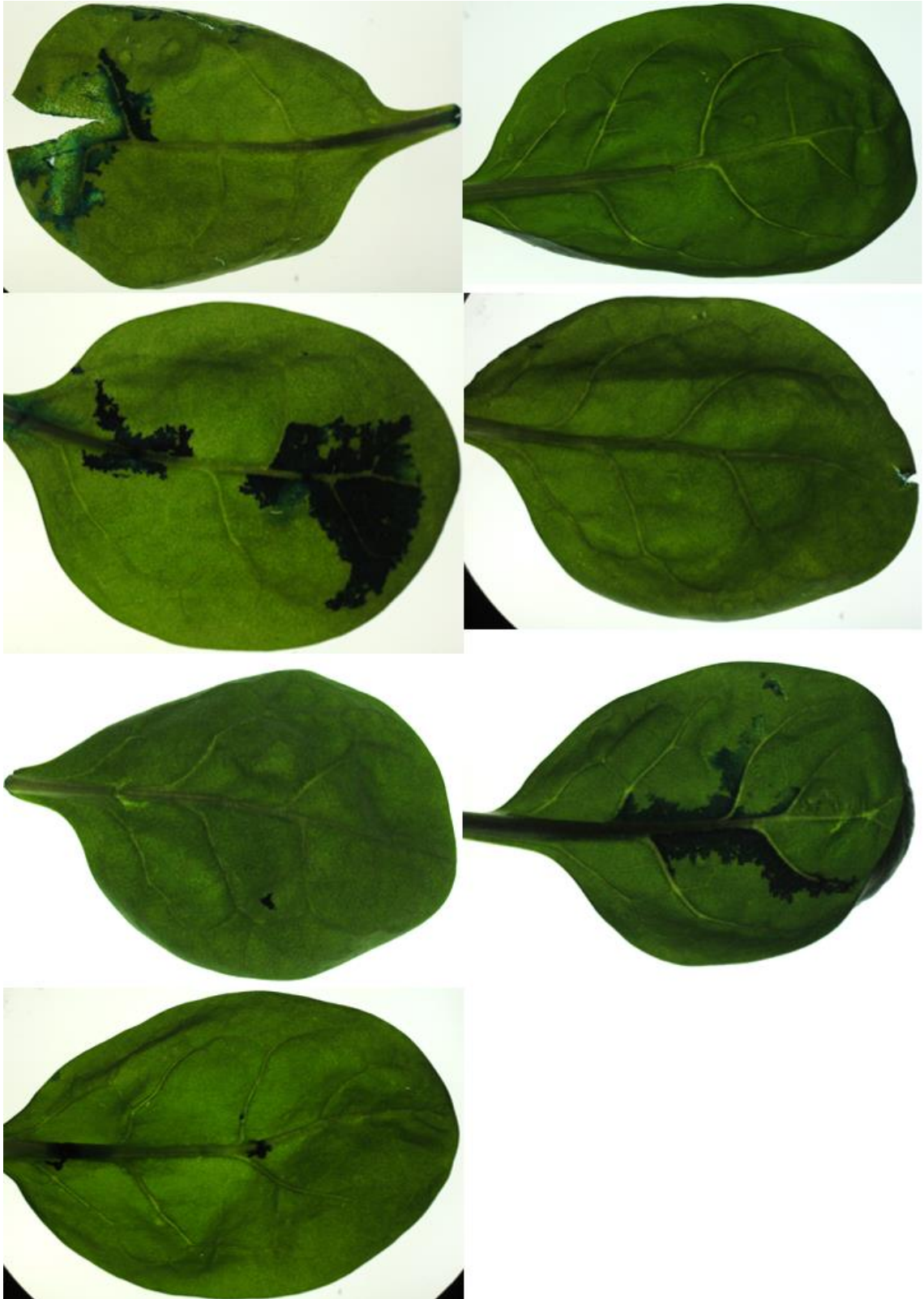
4.2 Analysoitujen lehtien valokuvat

Kuvista 14–23 voidaan nähdä, miten paljon lehtien kunto vaihtelee eri yksilöiden välillä. Referensseinä toimineet näytekappaleet osoittavat myös sen, että tehtaalle tilattujen bapypinaattien joukossa on myös heikkolaatuisia yksilöitä muiden joukossa. Tämä koe vahvistaa jo Apetitilla tiedossa olleen ilmiön.

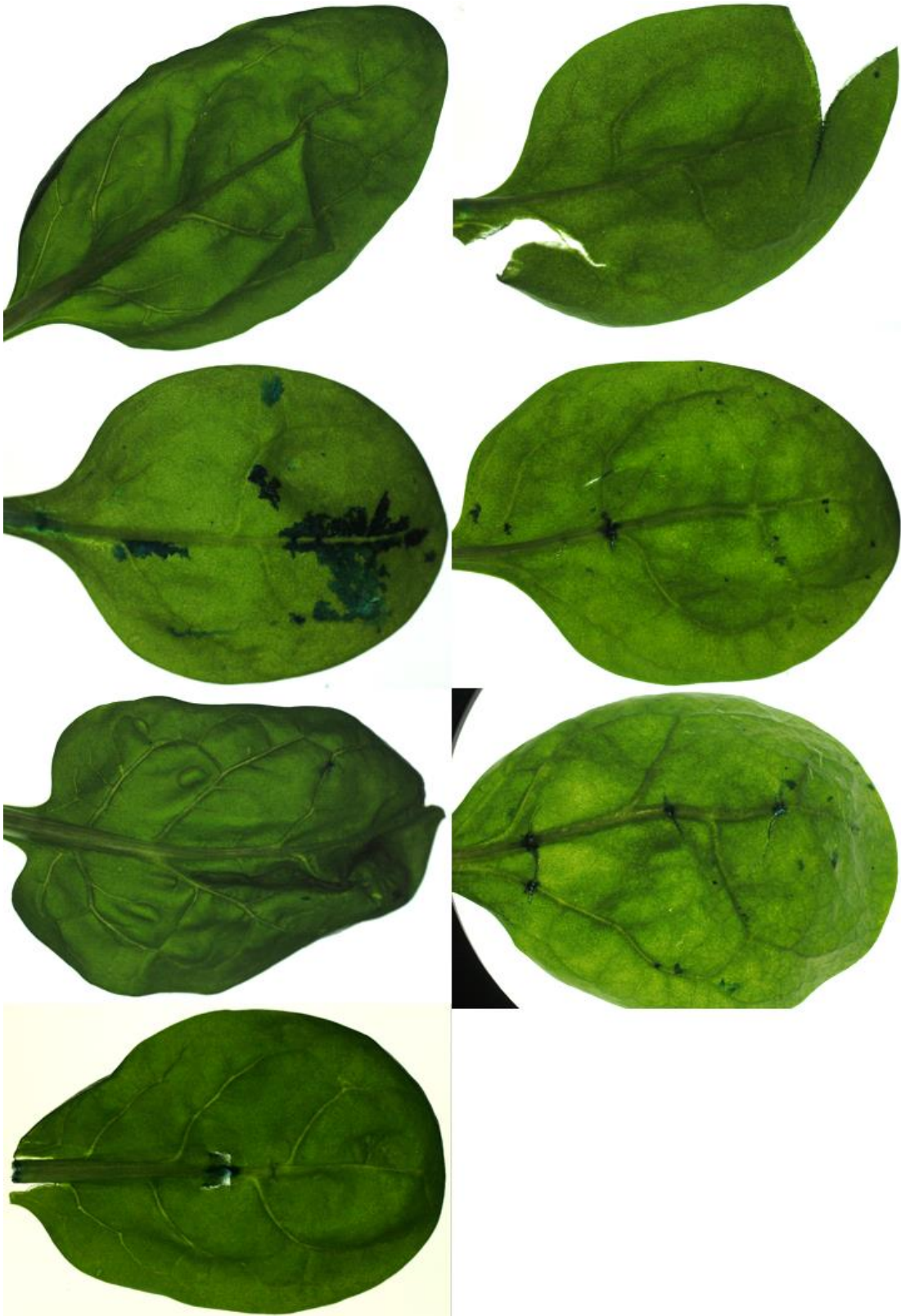
Lingotut lehdet vaikuttaisivat olevan linkoamattomia näytteitä enemmän halkeilleita (kuva 29). Halkeamat ja repeämät rikkovat lehden kapealta alueelta, mikä ei huomattavasti lisää värjäytyneen lehden osan pinta-alaa. Tämän vuoksi pelkästään värjäys on epäluotettava tapa tutkia lehtien vahingoittumista. Lingottujen lehtien joukossa on myös paljon hyvässä kunnossa olevia lehtiä. Värjäystä voisi kokeilla myös säilyttämällä koenäytteitä linkouksen jälkeen muutamia päiviä suojavaasupakkauksissa. Jos vahingoittuneet alueet kasvaisivat entsymaattisten tai mikrobiologisten reaktioiden seurauksesta, voisi värjäyksellä erottua paremmin vaurioituneet ja ehjät lehdet.

Lehtien asento ja sijainti linkousskorissa saattoi vaikuttaa lehtien vahinkojen määrään. Korin pyöriessä alimpana olevat lehdet ovat päällä olevien lehtien puristuksissa. Lehdet voivat taittua tai kärsiä painautumisesta. Linkous vaikuttaa aiheuttavan tuotteissa laadun vaihtelua.

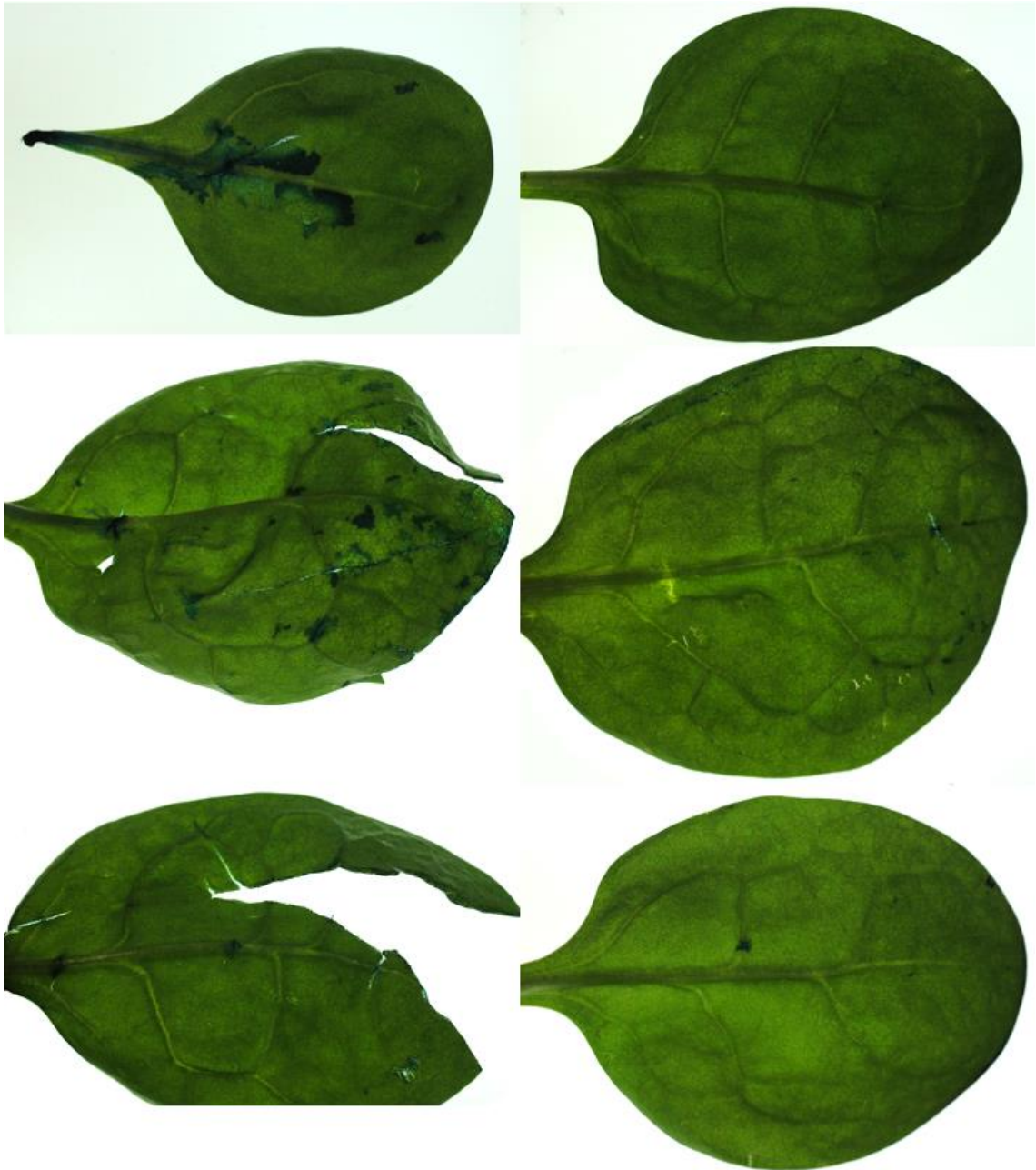
Värjääminen sopisi varmasti myös kuljetuksesta ja muusta mahdollisesta käsittelystä syntyvän vahingon mittaamiseen.



Kuva 14. Referenssinäytteet. Makrolinssillä kuvattuja EB-värjättyjä babypinaatinlehtiä.



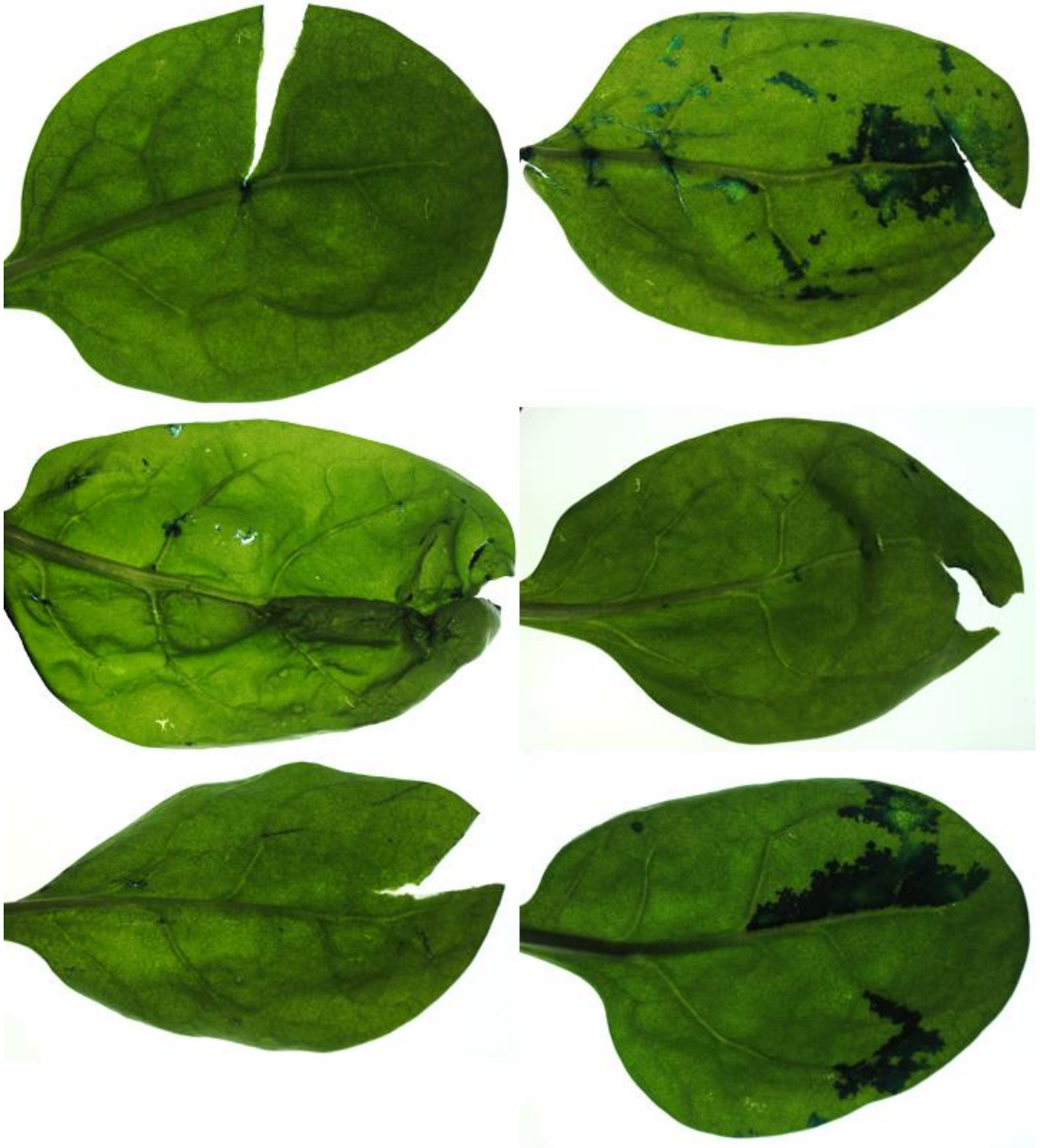
Kuva 15. Pestyt linkoamattomat näytteet. Makrolinssillä kuvattuja EB-värjättyjä babypinaatinlehtiä.



Kuva 16. Nopeudella 200 rpm lingotut näytteet. Makrolinssillä kuvattuja EB-värjättyjä baby pinaattinlehtiä.



Kuva 17. Nopeudella 256 rpm lingotut näytteet. Makrolinssillä kuvattuja EB-värjättyjä baby-pinaatinlehtiä.



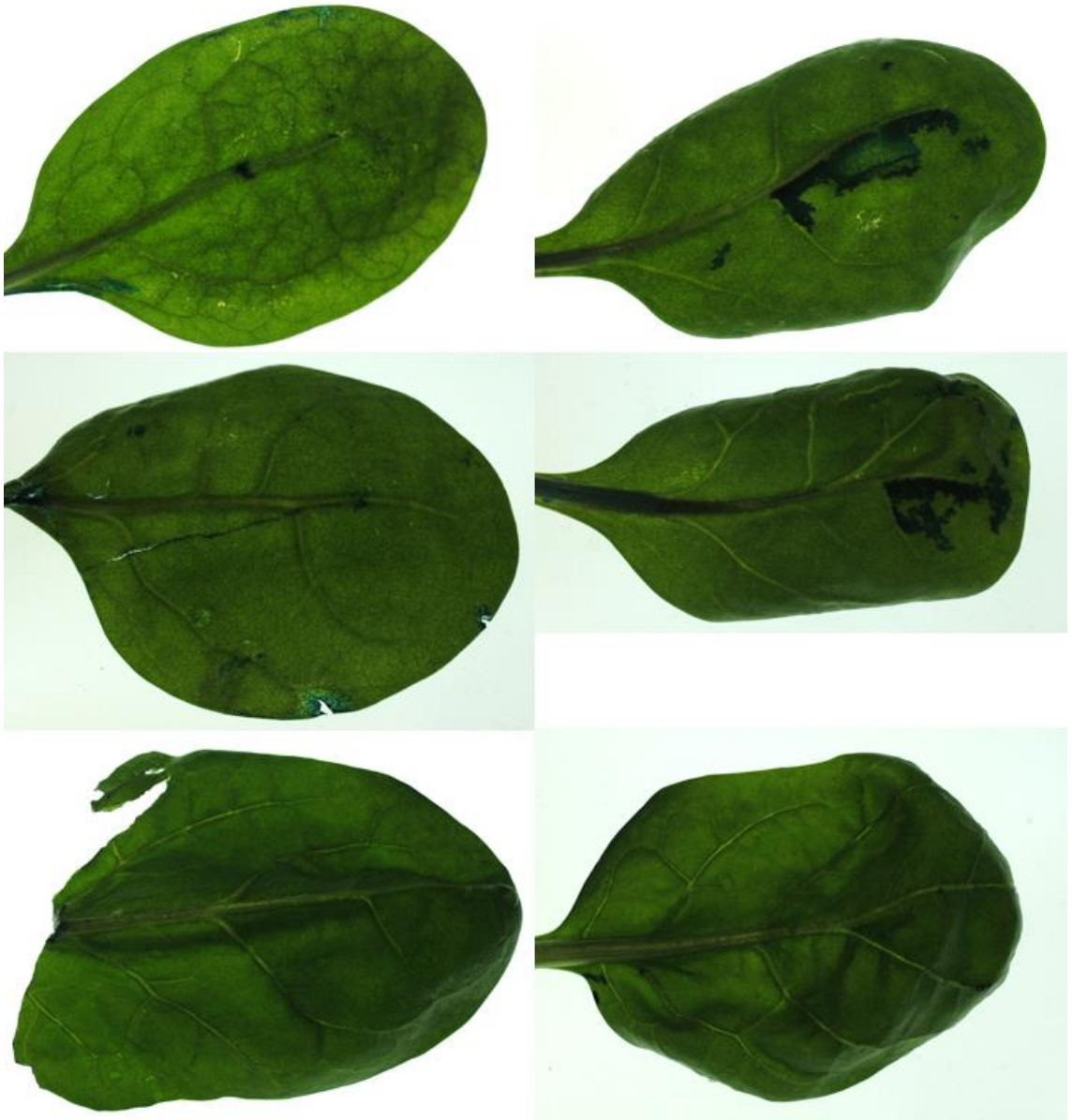
Kuva 18. Nopeudella 320 rpm lingotut näytteet. Makrolinssillä kuvattuja EB-värjättyjä baby pinaatinlehtiä.



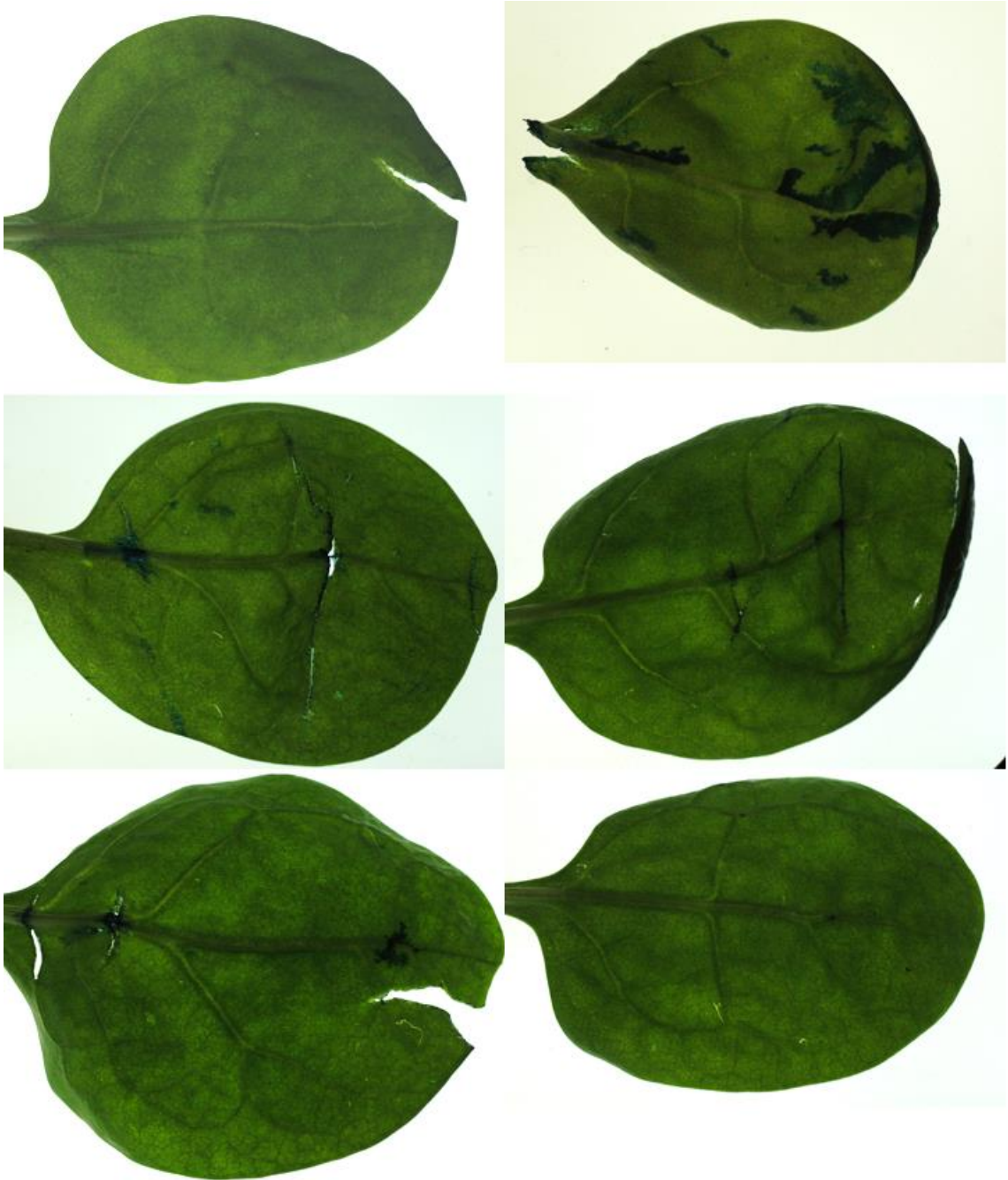
Kuva 19. Nopeudella 400 rpm lingotut näytteet. Makrolinssillä kuvattuja EB-värjättyjä baby pinaatinlehtiä.



Kuva 20. Nopeudella 480 rpm lingotut näytteet. Makrolinssillä kuvattuja EB-värjättyjä baby pinaattinlehtiä.



Kuva 21. Nopeudella 576 rpm lingotut näytteet. Makrolinssillä kuvattuja EB-värjättyjä baby pinaattinlehtiä.



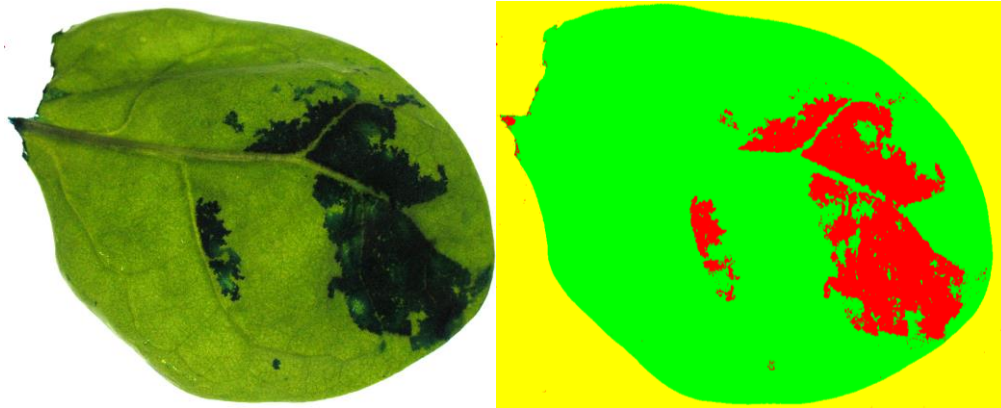
Kuva 22. Nopeudella 672 rpm lingotut näytteet. Makrolinssillä kuvattuja EB-värjättyjä babypinalehtiä.



Kuva 23. Nopeudella 800 rpm lingotut näytteet. Makrolinssillä kuvattuja EB-värjättyjä baby pinaatinlehtiä.

4.3 Värjättyjen lehtien analysoinnin tulokset

Lehtien tarkempaa analyysitekniikkaa haluttiin kokeilla värjäämällä. Väriaineeksi valikoitui Evans Blue niminen kemikaali helppokäyttöisyyden ja pitkän käyttöhistorian vuoksi.

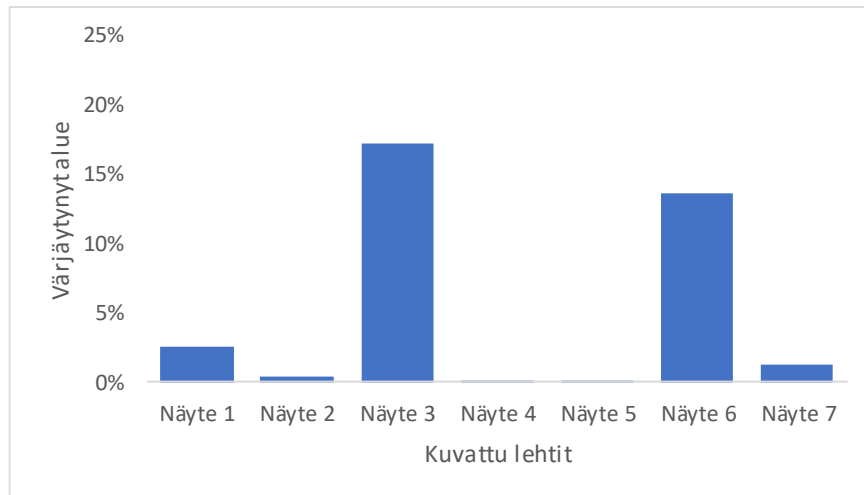


Kuva 24. Lehden automaattinen analysointi. Vasemmassa kuvassa tummat alueet ovat vaurioitunutta solukkoa. Oikeassa kuvassa Ilastik on tunnistanut vaurioituneet alueet.

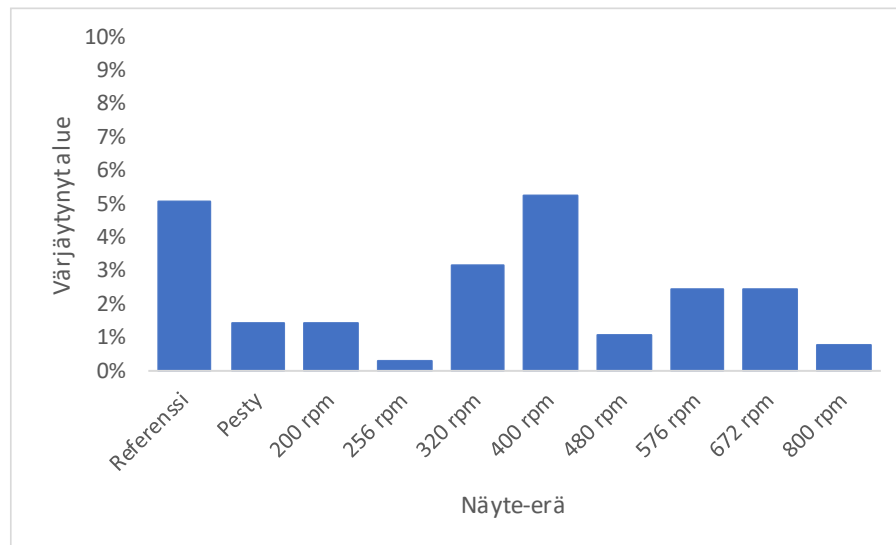
Lehtien värjäämisessä huomiota herätti referenssiksi valikoituneista näytteistä kaksi yksilöä, jotka olivat yllättävän huonossa kunnossa (kuvat 25 ja 26). Nämä nostivat referenssien vahingoittuneiden alueen keskiarvoa selvästi. Hyvin harva linkouksessa olleista lehdistä oli yhtä huonokuntoisia. Kuvassa 27 näkyy, kuinka poikkeukselliset tulokset vaikeuttavat kuvaajan tulkintaa.



Kuva 25. Kaksi referenssinäytettä, jotka olivat poikkeuksellisen huonokuntoisia.



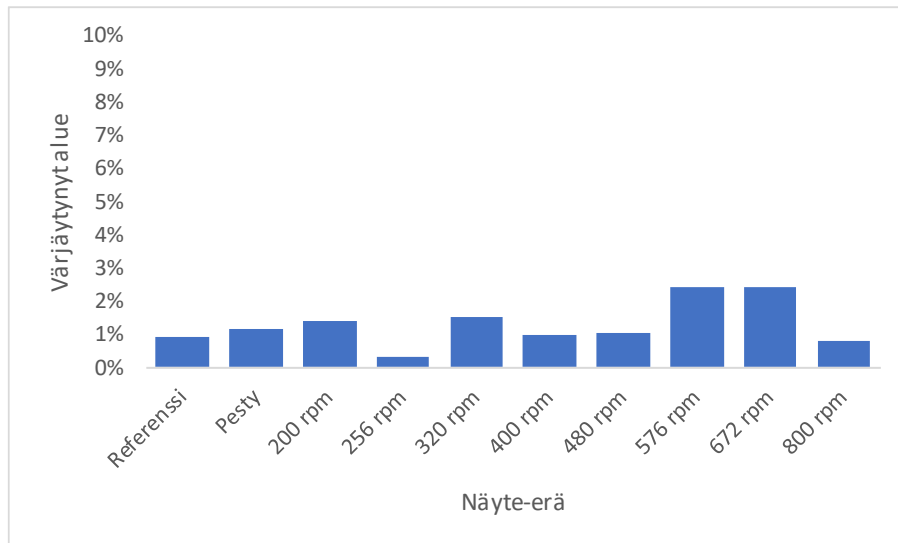
Kuva 26. Referenssinäytteiden analyysitulokset. Näytteet 1–7 on käsitelty EB-värjäyksellä. Pylväs kuvastaa lehden värjäätynneen alueen pinta-alan osuutta. Kaksi näytettä olivat poikkeuksellisen värjäytyneitä.



Kuva 27. Imagej-analyysin tulokset. Kuinka monta prosenttia pinaatinlehden pinta-alasta oli värjäytynyt. Kuvaajassa näkyy selvästi keskiarvoa nostavia poikkeuksellisen vahingoittuneita yksilöitä referenssien sekä 320 rpm ja 400 rpm ajo-ohjelmassa. Referenssejä ei ole pesty tai lingottu. Pesty kuvaa pestyjä mutta lingoamattomia lehtiä.

Jos nämä poikkeukselliset yksilöt jätetään huomioimatta tilastoinnissa, voidaan nähdä selkeämpää eroa lingottujen ja lingoamattomien lehtien välillä. Poikkeavan referenssinäytteen lisäksi vain yhdellä lingotulla näytteellä oli yhtä suuret osuudet värjäätynneissä

alueissa. On myös vaikeaa sanoa, ovatko lehdet vahingoittuneet linkoamisen vuoksi vai ovatko ne olleet referenssien tavoin jo valmiiksi ennen käsittelyä huonossa kunnossa. Tuloksista tulee selkeämpiä, kun mitätöi myös muut yli 10 % värjäytyneet lehdet (kuva 28). Näitä löytyi ajoista 400 rpm 2 kpl ja 320 rpm 1 kpl.

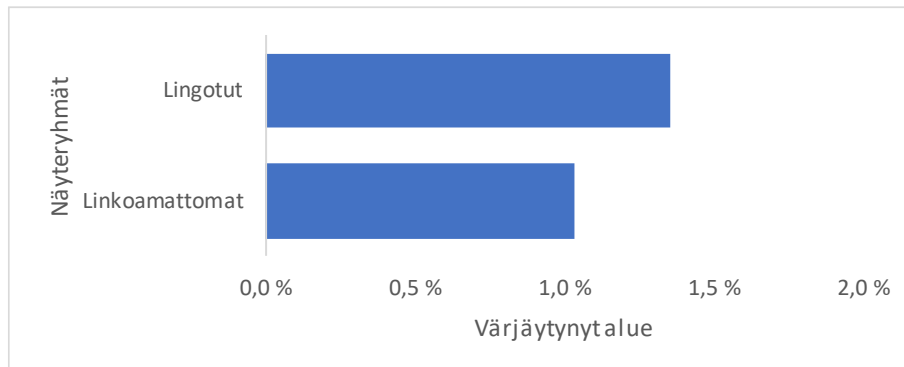


Kuva 28. Tulokset taulukoituna ilman poikkeuksellisen suuria tuloksia. Tuloksista poistettiin keskiarvoa reilusti nostavia lehtyksilöitä. Pesty kuvaa pestyjä mutta linkoamattomia lehtiä.

Lingottujen ja linkoamattomien välillä näyttäisi olevan jonkin verran eroa (Kuva 29). Imagej -kuva-analyysin perusteella linkoamalla lehtiä nousee EB-värjäyksessä värjäytynyt alue keskimäärin 1 %:sta 1,4 %:iin. Kun ottaa huomioon, kuinka vähän pinta-alaa värjäytyy repeytyneen tai halkeilleen alueen kohdalla, eroa voidaan pitää huomattavana.

Kuvasta 28 nähdään, että vaurioituneen alueen määrän vaihteli varsin paljon eri linkousnopeuksien välillä. Jopa nopeimmalla kierrosnopeudella 800 rpm lingottujen lehtien värjäytyneen alueen määrä on jäänyt yllättävän pieneksi (0,8 %). Myös sillä on ollut merkitystä, mistä kohtaa pesuämpäriä nämä näytteet on poimittu. Tässä työssä lehtiä poimittiin vaihtelevasti eri kohdista pesuämpäriä. Jotta tuloksista olisi saatu vielä luotettavampia, olisi ollut hyvä kuvata suurempi määrä näytteitä valituille nopeuksille.

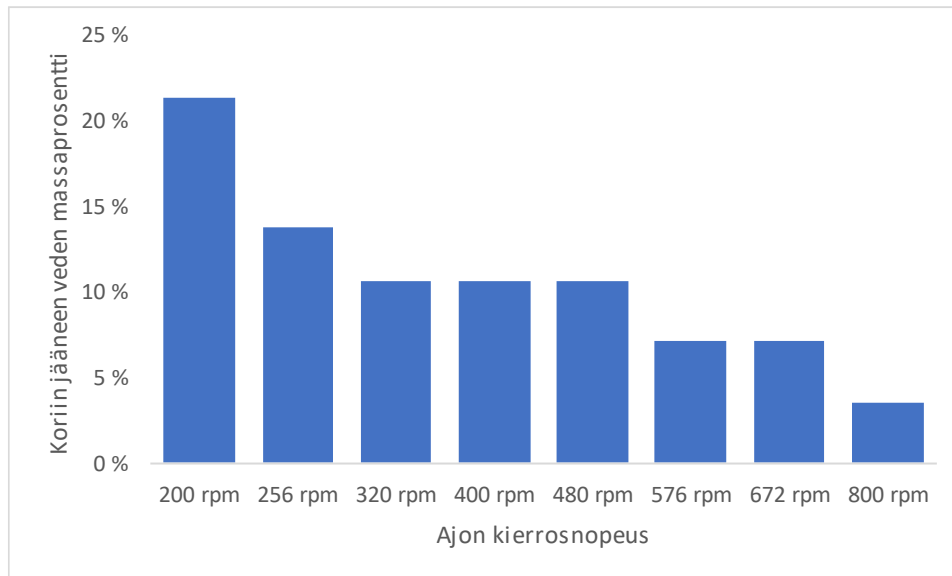
Haljenneissa lehdissä halkeamissa ollut värjäytynyt alue on hyvin kapea. Lisäksi sovelluksen on vaikea erottaa täydellisesti kaikkia värjäytyneitä alueita, varsinkin jos kuvausympäristö ei ole ollut täydellinen. Ryppyiset lehdet tuovat tummempia alueita lehden pinnalle, jonka sovellus on voinut tulkita tummaksi värjäytyneeksi alueeksi.



Kuva 29. Lingottujen ja linkoamattomien pinaatinlehtien keskimääräinen analyytitulos värjäytyneistä alueista. Vahingoittunut alue värjäytyy käsittelyssä. Kuvasta nähdään, että lingotuilla lehdillä oli värjäytynyttä aluetta hieman linkoamattomia enemmän.

4.4 Pesutuloksen puhtaus ja lehtiin jäävä pesuveden määrä

Koe-eriä punnittiin pesukorissa ennen ja jälkeen pesu- ja linkouskäsittelyä. Punnitus suoritettiin vaa'alla, jonka tarkkuus oli ± 50 g. Tulokset ovat suuntaa-antavia. Kuvasta 30 voidaan huomata linkousnopeuden vaikuttavan selkeästi lehtiin jäävän ylimääräisen veden määrään. Hitaimmilla nopeuksilla lehdet jäävät turhan märäksi, mutta jo 320 rpm (N5) nopeudella saadaan tyydyttävää tulosta aikaiseksi (vettä 10 %). Lehtien ei tarvitse olla täysin kuivia pakattaessa, sillä pieni kosteus imeytyy lehtiin pakkaamisen jälkeenkin.



Kuva 30. Pinaattikoriin punnittiin ennen ja jälkeen pesua ja linkousta. Taulukossa pinaattikoriin jäänyt veden määrä massaprosentteina. Kierrosnopeuksien kasvaessa jäljelle jääneen veden osuus laski.

Lehdet vaikuttivat silmämääräisesti olevan jokaisessa ajossa puhtaita. Ylimääräistä irto-roskaa ei ollut havaittavissa koeajoja suorittaessa.

Jääkaappisäilytyksessä suojakaasuun pakatuissa näytteissä ei havaittu silmämääräisesti suuria eroja kahden viikon säilytyksen aikana. Näytteiden määrä oli toisaalta hyvin vähäinen, joten nämä tulokset ovat lähinnä suuntaa antavia.

4.5 Jatkotutkimukset

Selvitystä voisi jatkaa. Lingottuihin lehtiin voi syntyä pienempiä vaurioita, jotka saattavat nopeuttaa lehtien mikrobiologista pilaantumista. Olisi hyvä nähdä, eroaisivatko lingottujen ja linkoamattomien lehtien värjäystulokset säilytyksen jälkeen toisistaan entistä enemmän.

Olisi myös hyvä ottaa lingotuista lehdistä näytteitä niin, että pyrkisi jakamaan näytteitä sijainnin mukaan. Pohjalla, reunalla ja keskellä päällimmäisenä voivat vaurioiden suuruudet vaihdella suuresti.

Harkittaessa uuden laitteen hankkimista voisi vastaavanlaisia kokeita suorittaa uudella kuivausmenetelmällä ja verrata tuloksia vanhaan linkousmenetelmään.

4.6 Markkinoilla olevien salaattien pesu- ja kuivauslaitteiden tarjonta

4.6.1 Yleistä pesu- ja kuivauslaitteista

Työssä tuli ilmi, että linkoamisessa syntyy jonkin verran vaurioita lehtiin. Lingossa käytettävässä linkokorissa lehdet asettautuvat päällekkäin, jolloin pohjimmaisiksi jäävät lehdet jäävät hieman päällä olevia lehtiä suuremman puristusvoiman alle. Tuloksena on vaihtelevaa laatua.

Kuivauslaitteiden etsinnässä haluttiin selvittää babypinaatille sopivaa kuivauslaitetta, joka poistaisi ylimääräisen pesuveden tarpeeksi hellävaraisesti. Forsfood-laitetoimittajaan lähestyttiin sähköpostitse ja puhelimitse, jonka kanssa käytiin läpi mahdollisia tuotantoon sopivia laitteistoja.

4.6.2 Lingot

Tutkimuksessa tuli ilmi, että linkoamisessa syntyy jonkin verran vaurioita lehtiin. Lingossa käytettävässä ämpärissä lehdet asettautuvat päällekkäin, jolloin pohjimmaisiksi jäävät lehdet jäävät hieman päällä olevia lehtiä suuremman puristusvoiman alle. Tuloksena on vaihtelevaa laatua.

Lingon toimintaperiaate on yksinkertainen ja tuttu. Laitteen käyttö on jo tuttua, ja nämä laitteet ovat jo olemassa. Kuivausprosessi on varsin nopea ja tehokas, varsinkin isomilla lingoilla.

Tässä työssä käytetyn lingon nopeus oli noin 1 kg pinaattia puolessa minuutissa. Suuriin usean sadan kg:n eriin pienen lingon käyttö voi olla hyvinkin hidasta ja tehotonta. Jos suurempi kapasiteettisia linkoja harkitaan käyttöön, on syytä varmistaa niiden vaikutus lehtien laatuun.

4.6.3 Rei'itetty kuljetinhihna

Kasviksia voidaan kuivattaa myös lehtiä tärisyttävällä kuljetinhihnalla (kuva 31). Rei'itetty hihna päästää lehdistä irtoavan veden valumaan pois kasviksista.



Kuva 31. Eillertin kuljetushihna. Hihnan rei'istä putoaa tärinällä irrotettu ylimääräinen pesuvesi.

Tärinä voi aiheuttaa lehdille lievää mekaanista rasitusta. Annostelemalla hihnalle lehtiä tasaisesti ohuena kerroksena saadaan vähennettyä lehtien painosta aiheutuvat vahingot, sekä varmistettua kuivauksen onnistumisen.

Tärinään perustuvan kuljetinhihnan tehoa on syytä kokeilla ennen käyttöä. Voi olla, että tuotteet jäävät liian kosteiksi. Tärisevän kuljetushihnan hyväksi puoleksi voisi laskea laitteen yksinkertaisuuden sekä edullisemman hinnan.

Jos käsiteltävät kasvikset ovat kasvihuoneessa kasvatettuja, rei'itetty kuljetinhihna voi olla hyödytön linjaston alkupäässä. Kyseinen kuljetushihna on tarkoitettu isompien

epäpuhtauksien, kuten mullan ja hyönteisten irrottamiseen. Kasvihuoneessa kasvatetut kasvikset ovat yleensä sen verran puhtaita, että vesipesu ja kuivaus riittävät.

4.6.4 Tunnelikuivain

Tunnelikuivaimessa vastapestyt tuotteet asetetaan liukuhihnalle ohuena kerroksena kuljettavaksi tunneliin, jossa puhaltimella ja tärinällä kuivataan tuotetta. Menetelmässä tuotteeseen kohdistuvat rasitukset ovat huomattavasti pienempiä linkoukseen verrattuna. [31.]

Tunnelikuivaimessa käytetään lämmintä ilmavirtaa tuotteiden kuivaamisessa. Liukuhihnan alta puhalletaan suuttimista 25–30-asteista ilmaa. Lyhyen kuivausprosessin aikana lehdet eivät ehdi juurikaan lämmetä, sillä haihtuva vesi sitoo lämpöenergiaa lehden pinnalta. [31.]

Yksi esimerkki tunnelikuivaimesta on Eillertin laitteisto (kuva 32 ja 33). Kuivaimessa on ennen jokaista prosessivaihetta tuotteita kääntelevä ja tasaisesti asetteleva laitteisto, joka varmistaa tasapuolisen kuivauksen. Kuivausilman suuttimet on sijoitettu rei'itetyn kuljetinhihnan alle, jossa lämmin kuivausilma kerää kosteutta lehtien pinnalta. Tunnelin seinämät ja katto pitävät huolen, ettei lehtiä lennä ulos laitteistosta. Kosteaa lämmin ilma kuljetetaan kylmempään tilaan, jossa ilmasta kondensoituva vesi kerätään talteen. Laitteen ulostulossa puhalletaan hihnaan tarttuneet tuotteet pois paineilman avulla, jolla vähennetään hävikin määrää. [32.]



Kuva 32. Havainnekuva Eillertin tunnelikuivaimesta.



Kuva 33. Eillertin tunnelikuivain tuotantotiloissa.

4.6.5 Uusi linjasto

Laitteistoa suunnitellessa voi harkita uuden pesu- ja kuivauslaitteiston sijoittamista vanhan laitteiston tilalle, jolloin on mahdollisuus säästää rahaa. On selvitetävä, sopiiko tunnelikuivain kaikille tuotteille.

Toinen mahdollisuus on rakentaa kokonaan uusi linjasto, jossa voidaan käsitellä pienlehtisiä salaatteja. Tätä varten on hankittava myös monipäävaaka ja pakkauslaitteisto.

Jos käsiteltävät tuotteet ovat kasvihuoneessa kasvatettuja, rei'itettyä kuljetinhihnaa ei tarvita. Tällöin linjaston vuokaavio näyttäisi kuvan 34 mukaiselta.



Kuva 34. Linjaston vuokaavio tunnelikuivaimen kanssa.

Forsfood tarjoaa linjastoa, johon lasketaan kuuluvaksi rei'itetty kuljetinhihna, nostohihna, kaksi pesuria ja tunnelikuivain. Kyseisen linjaston pesukapasiteetti on arviolta 500–700 kg tunnissa. Laitehankintojen lisäksi lisäkustannuksia kertyisi pakkaus-, kuljetus-, asennus- ja koulutuskuluista.

5 Yhteenveto ja johtopäätökset

Lingolla saadaan tuotteet kuivaksi suhteellisen nopeasti, ja laitteistot ovat edullisia. Linkouksessa kuitenkin syntyy vahinkoja, jotka vaikuttavat herkemmissä tuotteissa myytävän tuotteen laatuun. Tutkimuksessa selvisi, että lingotuissa lehdissä esiintyy enemmän silmin nähtäviä rikkoutumia ja taitoksia. Tämä viittaisi siihen, että Apetitin laitteisto ei tällä hetkellä sovi piensalaattien käsittelyyn.

Evans Blue-väriaine toimi toivotulla tavalla. Värjämällä voidaan korostaa lehtiin syntyviä vahinkoja, vaikka analyysissä käytetyissä sovelluksissa vahinkojen suuruudet vaikuttivat pieniltä. Siksi tutkimuksessa on hyvä käyttää muita analyysimenetelmiä varmistukseksi, kuten silmämääräisen tarkastelun tuloksia. Silmämääräisessä tarkastelussa laskettiin rikkiäisten lehtien osuutta näytteistä. Lingotut lehdet olivat silminnähten enemmän rikkiäisiä linkoamattomiin verrattuna.

Työn tuloksia voi hyödyntää uuden laitteiston hankinnan perusteena ja pohjana jatkotutkimuksille. Vastaavilla kokeilla voisi verrata lingottuja ja tunnelikuivattuja lehtiä, jotta voidaan varmistua laitteiston hankkimisen hyödyistä. Samalla olisi hyvä kehittää kuvausprosessia suoraviivaisemmaksi, jotta jokaisesta ajosta saisi ainakin 30 värjättyä näytettä. Suuremmalla otannalla tuloksista tulisi luotettavampia.

Apetitilla on käytössään eri kokoisia linkoja, joista hellävaraisempi linko on suuriin tuotantomääriin liian hidas. Suuremmassa laitteessa voi suurempi lehtien määrä vahingoittaa lingossa seinämien ja lehtimassan alla olevia lehtiä, jolloin tuotteen laatu ei ole tasaista. Kokeet suoritettiin pienellä lingoilla.

Elintarviketeollisuuden laitteistoja valmistavalta ja maahantuovalta yritys Forsfood suosittelee tutustumaan tunnelikuivaimen. Tunnelikuivain on linkousta hellävaraisempi kuivausprosessi, jossa ilmavirralla ja tärinällä voidaan kuivata tuotteita pienemmällä rasituksella. Laitte voi olla kustannuksiltaan korkea hankinta ja saattaa vaatia täysin uuden linjaston pakkauslaitteineen tai nykyisten linjastojen laajentamista. Tunnelikuivaimen käyttöä voisi myös harkita muidenkin kuin pikkulehtisten salaattien pesuun.

Lähteet

- 1 Pekkarinen, Susanna. 2014. Yrttien ja salaattien kysyntä kasvaa – Joroisissa har-
kitaan kasvihuoneiden laajennusta. Verkkoaineisto. Yle. <<https://yle.fi/uutiset/3-7254153>>. 22.5.2014. Luettu 15.4.2019
- 2 Niskanen, Mika. 2016. Valmista salaattia ja pilkottuja kasviksia ostetaan vimma-
tusti – voi vähentää ruokahävikkiä. Verkkoaineisto. Yle. <<https://yle.fi/uutiset/3-9181954>>. 23.9.2016. Luettu 15.4.2019
- 3 Kays Stanley J. & Paull, Robert E. 2004. Postharvest Biology. Boca Raton. CRC
Press.
- 4 Apetit lyhyesti. Verkkoaineisto. Apetit. <<https://apetit.fi/yritys/>>. Luettu 15.4.2019
- 5 H.Ariffin, Siti; Gkatzionis, Kostas & Bakalis, Serafim. 2017. Leaf injury and its ef-
fect towards shelf-life and quality of ready-to-eat (RTE) spinach. Verkkoaineisto.
<[https://www-sciencedirect-com.ezproxy.metropolia.fi/science/arti-
cle/pii/S1876610217328394](https://www-sciencedirect-com.ezproxy.metropolia.fi/science/article/pii/S1876610217328394)>. Huhtikuu 2017. Luettu 26.4.2019
- 6 Mahr, Susan. 2012. Spinach, Spinacia oleracea. Verkkoaineisto. <[https://wimas-
tergarener.org/article/spinach-spinacia-oleracea/](https://wimas-tergarener.org/article/spinach-spinacia-oleracea/)>. 21.5.2012. Luettu 23.5.2019.
- 7 Koike, Steven T.; Cahn, Michael & Cantwell, Marita. 2011. Spinach Production in
California. Verkkoaineisto. <<https://anrcatalog.ucanr.edu/pdf/7212.pdf>>. 2011.
Luettu 30.7.2019.
- 8 Korkela, Hannu. 2007. Elintarvikehygieniä: ympäristöhygieniä, elintarvike- ja ym-
päristötoksikologia. Helsinki. WSOY Oppimateriaalit.
- 9 Campbell-Platt, Geoffrey. 2009. Food science and technology. New York. Wiley-
Blackwell.
- 10 Why measure water activity? Verkkoaineisto. Syntilab. <[https://www.synti-
lab.fr/language/en/why-measure-water-activity/](https://www.synti-
lab.fr/language/en/why-measure-water-activity/)>. Luettu 10.6.2019.
- 11 Chirife, Jorge & Ferro Fontan, Constantine. 1982. Water activity of fresh food.
Journal of food science Vol. 47. Verkkoaineisto. <[http://congythien-
quang.com/data/news/Chi-
rife1982%20aw%20of%20Fresh%20Foods%20Fruits%20Vegetables.pdf](http://congythien-
quang.com/data/news/Chi-
rife1982%20aw%20of%20Fresh%20Foods%20Fruits%20Vegetables.pdf)>. Lu-
ettu 22.4.2019.
- 12 Ryder, Edward J. 1979. Leafy Salad Vegetables. California. The AVI Publishing
Company.

- 13 Devanath. Valokuva pinaattiviljelmästä. Verkkoaineisto. Pixabay. <<https://pixabay.com/fi/photos/vihre%C3%A4-suunnitelman-ruoka-vegaani-2565925/>>. Luettu 23.5.2019.
- 14 Lopez-Velasco, G.; Welbaum, G.E.; Boyer, R.R.; Mane, S.P. & Ponder, M.A. 2010. Changes in spinach phylloepiphytic bacteria communities following minimal processing and refrigerated storage described using pyrosequencing of 16S rRNA amplicons. Verkkoaineisto. <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1365-2672.2011.04969.x>>. 28.10.2010. Luettu 24.4.2019.
- 15 Sowder, Amy. 2019. What Is the Difference Between Vegetables and Baby Vegetables (Besides Age)? Verkkoaineisto. <<https://www.chowhound.com/food-news/182266/what-is-the-difference-between-vegetables-and-baby-vegetables-besides-age/>>. 26.4.2019. Luettu 5.8.2019
- 16 Jeremy. Simple Keys on How to Harvest Spinach | Pick at the Right Time. Verkkoaineisto. Green thumb gardener. <<https://gardenerthumb.com/how-to-harvest-spinach/>>. Luettu 5.8.2019
- 17 H. Escalona, Víctor; Aguayo, Encarna; Martínez-Hernández, Ginés B. & Artés, Francisco. 2010. UV-C doses to reduce pathogen and spoilage bacterial growth in vitro and in baby spinach. Verkkoaineisto. <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925521410000220>>. Kesäkuu 2010. Luettu 18.4.2019.
- 18 Elintarvikkeiden säteilytys. Verkkoaineisto <<https://www.ruokavirasto.fi/henkioloasiakkaat/tietoa-elintarvikkeista/kasittely-ja-sailyttaminen/sailyvyyden-parantaminen/sateilyttaminen/>>. Luettu 18.4.2019.
- 19 Tucker, Gary S. 2008. Food biodeterioration and preservation. Gloucester. Wiley-Blackwell.
- 20 Crippen, Robert W. & Perrier, Jose Luis. 1974. The use of neutral red and Evans blue for live-dead determinations of marine plankton (with comments on the use of rotenone for inhibition of grazing). Verkkoaineisto. <<https://www.semanticscholar.org/paper/The-use-of-neutral-red-and-Evans-blue-for-live-dead-Crippen-Perrier/a9c8fe4658d363d60ae6ffe9ced282b977d9ac31>>. 1974. Luettu 22.8.2019.
- 21 Chen, Shaorong; Vaghchhipawala, Zarir; Li, Wei; Asard, Han & Dickman, Martin B. 2004. Tomato Phospholipid Hydroperoxide Glutathione Peroxidase Inhibits Cell Death Induced by Bax and Oxidative Stresses in Yeast and Plants. Verkkoaineisto. <<http://www.plantphysiol.org/content/135/3/1630>>. Heinäkuu 2004. Luettu 25.8.2019

- 22 Vijayaraghavareddy, Preethi; Adhinarayanreddy, Vanitha; Vemanna, Ramu S; Sreeman, Sheshshayee & Makarla, Udayakumar. 2017. Quantification of Membrane Damage/Cell Death Using Evan's Blue Staining Technique. Verkkoaineisto. <<https://bio-protocol.org/e2519>>. 20.8.2017. Luettu 19.4.2019.
- 23 Linpeng, Yao; Xing, Xue; Peipei, Yu; Yicheng, Ni & Feng Chen. 2017. Evans Blue Dye: A Revisit of Its Applications in Biomedicine. Verkkoaineisto. <<https://www.hindawi.com/journals/cmmi/2018/7628037/>>. 6.11.2017. Luettu 19.4.2019
- 24 Baker, Jacyn & Mock, Norton M. 1993. An improved method for monitoring cell death in cell suspension and leaf disc assays using evans blue. Verkkoaineisto <<https://link.springer.com/article/10.1007/BF00037585>>. 3.9.1993. Luettu 19.4.2019
- 25 Fiji, Imagej with "batteries included". Verkkosivusto. <<https://fiji.sc/>> Luettu 29.8.2019.
- 26 Ilastik. Verkkosivusto. <<https://www.ilastik.org/index.html>>. Luettu 23.4.2019
- 27 Schneider, Caroline A.; Rasband, Wayne S. & Eliceiri, Kevin W. 2012. NIH Image to ImageJ: 25 years of Image Analysis. Verkkoaineisto. <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5554542/>>. Heinäkuu 2012. Luettu 23.4.2019.
- 28 2018. Modern processing with a new air-drying tunnel. Fresh plaza. Verkkoaineisto. <<https://www.freshplaza.com/article/2199868/modern-processing-with-a-new-air-drying-tunnel/>>. 22.8.2018. Luettu 21.5.2019.
- 29 Eillert -esite. Yrityksen sisäinen dokumentti. Forsfood. Luettu 23.5.2019.

Ilastikin ja Imagejin käyttöohjeet

Tässä liitteessä neuvotaan kuvien analysoimisessa käytettävien sovellusten käytössä. Imagej on avoimen lähdekoodin kuvankäsittelysovellus, jolla voidaan analysoida kuvia. Sovellukseen on olemassa iso määrä erilaisia liitännäisiä, joita voidaan käyttää erilaisissa tutkimuskohteissa. Oikotieksi liitännäisten löytämiseen on kehitetty Fiji -niminen paketti. Fiji sisältää Imagej-sovelluksen sekä suurimman osan tarvittavista liitännäisistä. Ilastik on myös avoimenlähdekoodin sovellus, jolla voidaan opettaa sovellusta tulkitsemaan kuvia automaattisesti.

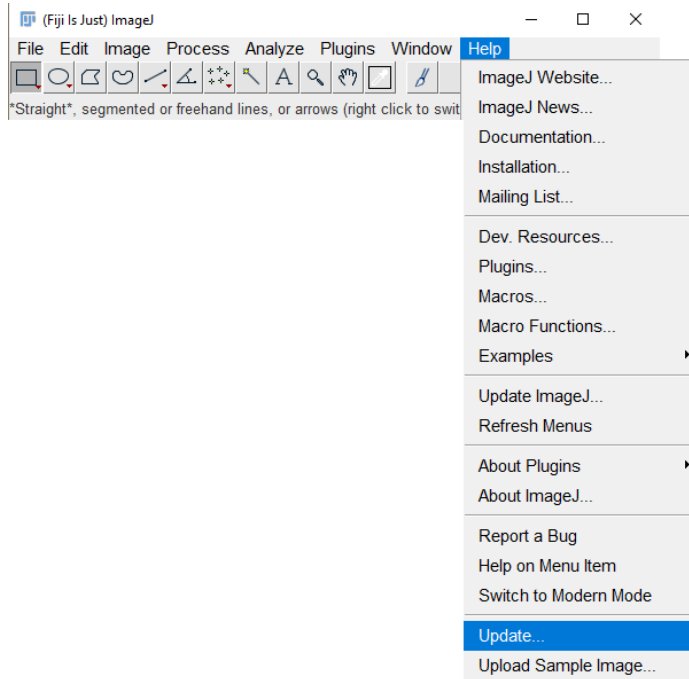
Sovellukset voi ladata seuraavista osoitteista:

Fiji: <<https://fiji.sc/>>.

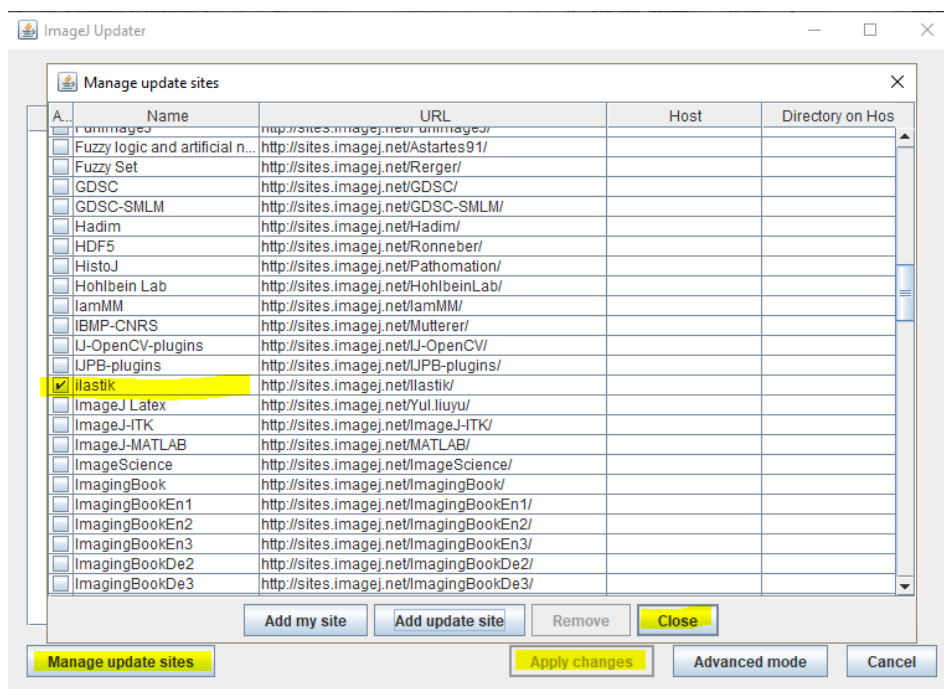
Ilastik: Versio 1.3.0 <<https://www.ilastik.org/download.html>>.

Tiedostotyyppien muuttaminen Fijillä

Jotta tiedostoja voi avata Ilastik-sovelluksella, on kuvien tiedostotyyppin oltava oikeanlainen. Fiji (ImageJ-win64.exe) käynnistetään ja valitaan Help ja Update.

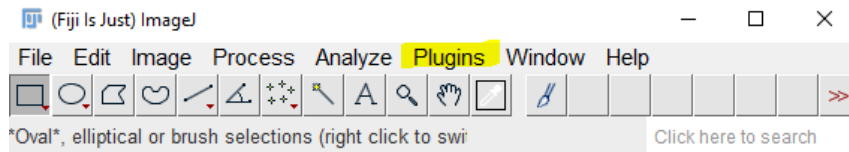


Päivityksen latauksen jälkeen klikataan alhaalta vasemmalta Manage update sites. Etsitään ja valitaan Ilastik ja suljetaan ikkuna. Tämän jälkeen painetaan Apply changes ja Fiji tulisi nyt päivittää itsensä. Sovellus käynnistetään uudestaan.

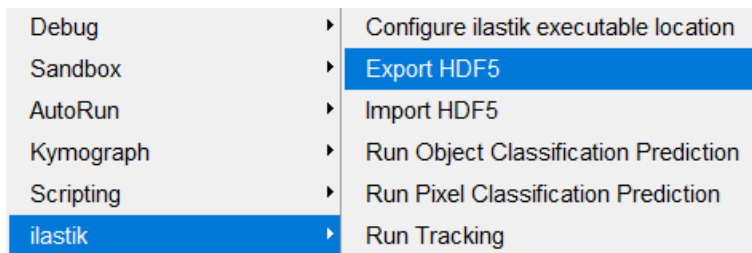


Jos sovellus on jo päivitetty, edelliset vaiheet voi ohittaa.

Avataan kuva Fijillä. Valitaan Plugins.



Valitaan Ilastik ja klikataan Export HDF5. Tallennetaan tiedostot halutulla nimellä. Huomioi, ettei käytettävässä tiedostopolussa tai tiedostonimessä saa olla ä-, ö- tai å-kirjaimia.

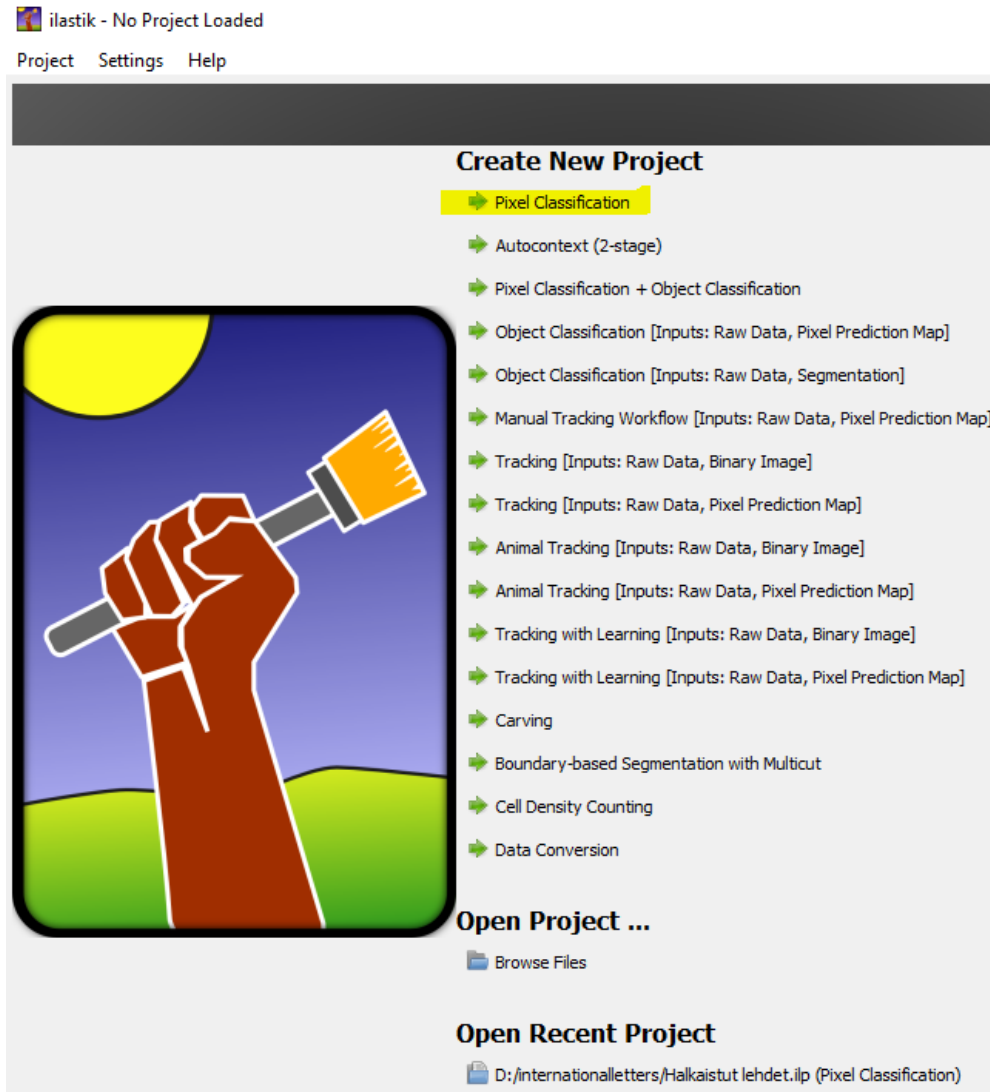


Tämä toistetaan jokaisella analysoitavalla kuvalla. Kuvia voi myös rajata sekä poistaa taustalta mahdollisia häiritseviä asioita. Kuvan taustan olisi hyvä olla mahdollisimman tasalaatuinen.

Ilastikin käyttö

Avataan sovellus (ilastik.exe). Valitaan Pixel Classification tai valmiiksi tallennettu projekti. Uuden projektin alkaessa tallennetaan projektitiedosto halutulla nimellä.

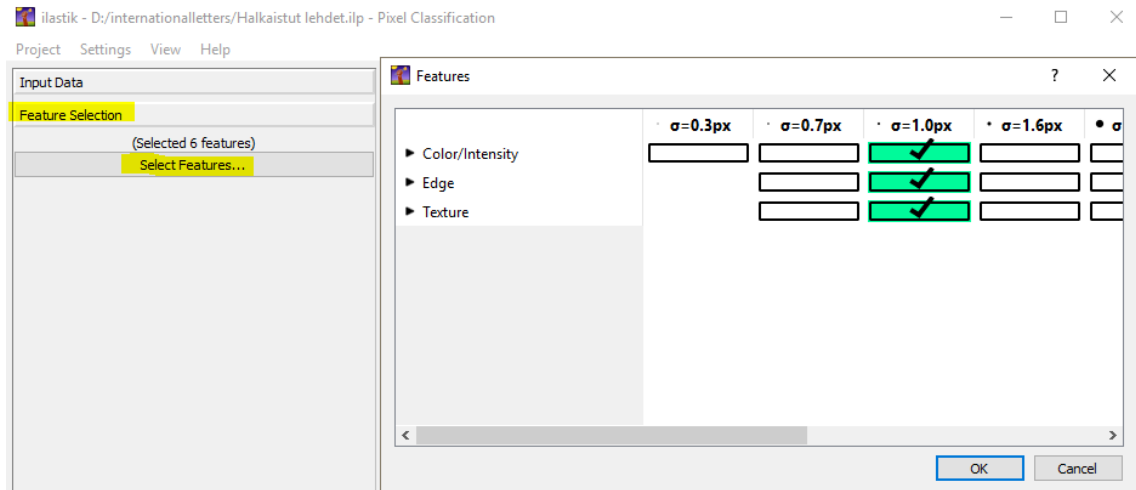
Huomioithan, että sovelluksen käyttö voi olla raskasta tietokoneelle. Prosessointiaikojen pituudet voivat vaihdella tietokoneen suorituskyvyn mukaan.



Ohjelman vasempaan reunaan tulisi ilmestyä sarakkeita. Työskentely aloitetaan lataamalla ainakin yksi kuva Input Data sarakkeeseen Raw Data välilehdelle. Valitaan tiedostoiksi Fijillä muokatut .h5 -tiedostopäätteiset kuvat. Nämä voidaan lisätä raahaamalla ja pudottamalla tai etsimällä kuvat Add New ja Add separate images -toiminnolla.

Seuraavaksi on valittava hyvä esimerkkikuva. Kuvassa olisi hyvä olla paljon erilaisia alueita, joita sovelluksella halutaan tunnistaa. Kuvassa olisi hyvä näkyä virheellisiä alueita sekä paljon ehjää aluetta. Jos verrattavissa olevat kuvat eroavat toisistaan paljon, on luotava uusia projektitiedostoja, joissa opetetaan eri tyyppisille kuville omat säännöt alueiden tunnistukseen.

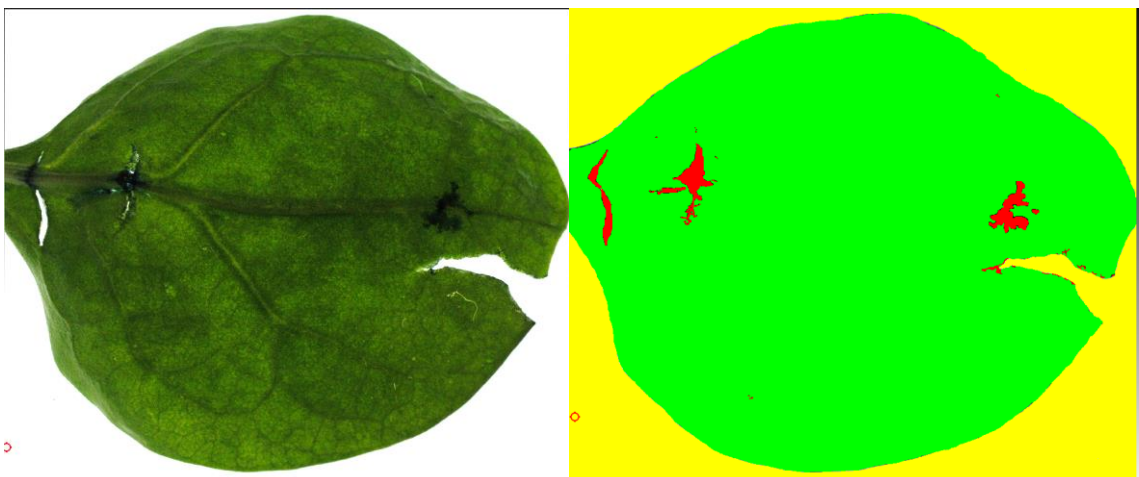
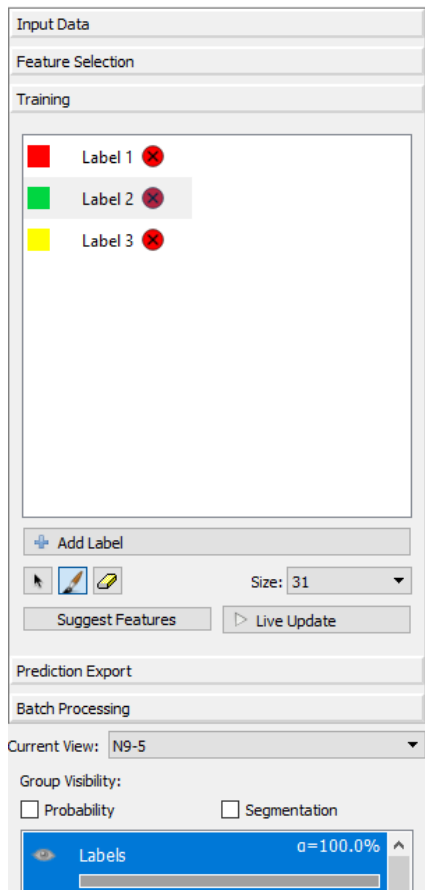
Valitaan vasemmalta sarakkeelta Feature Selection ja Select Features. Valitaan kuvan mukaiset asetukset ja klikataan OK.



Valitaan vasemmalta sarakkeelta Training. Vasemmalla sarakkeella näkyy Label valikko. Klikataan Add Label, kunnes näkyy kolme eri väristä etikettiä. Tässä esimerkissä käytetään punaista väriä virheiden, vihreää ehjän lehden ja keltaista taustaan kuuluvan alueen merkitsemiseen.

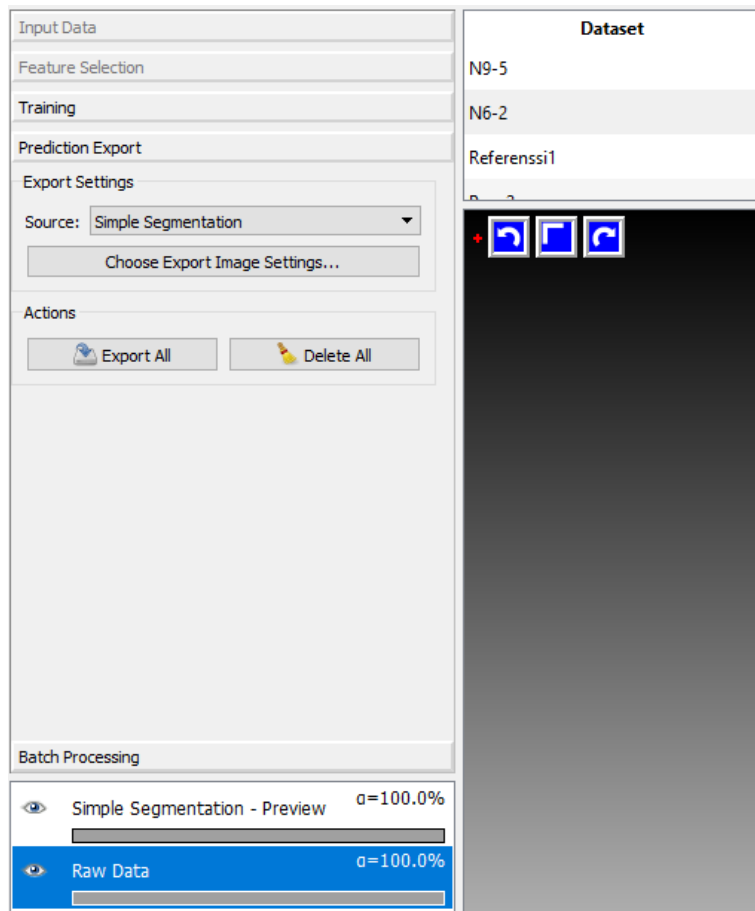
Maalaamalla väreillä kuvan päälle opetetaan sovellusta merkitsemään automaattisesti kuvista virheitä.

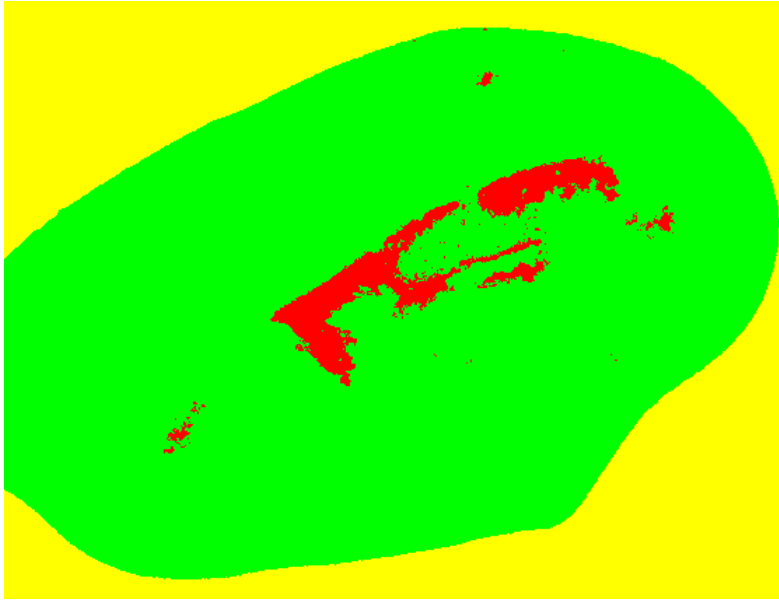
Vasemmassa reunassa olevaa Labels ja silmän kuvaa klikkaamalla voi valita maalaukset näkyville ja pois näkyvistä.



Kun kuvasta on maalattu kaikki alueet, painetaan Live Update päälle. Live Updaten ollessa päällä, ei voi lisätä tiedostoja Input data -alueelle. Jos halutaan lisätä lisää kuvia, laitetaan Live Update pois päältä.

Valitaan vasemmalta sarakkeesta Prediction Export. Valitaan Export Settings alapuolelta Source: Simple Segmentation. Alhaalla silmäikonien vierestä voi valita kuvan analyysin ja alkuperäisen kuvan välillä, joiden kanssa on helppo varmistaa kuvan toimivuus. Kuvan lataamisessa voi kestää varsin kauan, riippuen tietokoneen prosessorin tehokkuudesta.

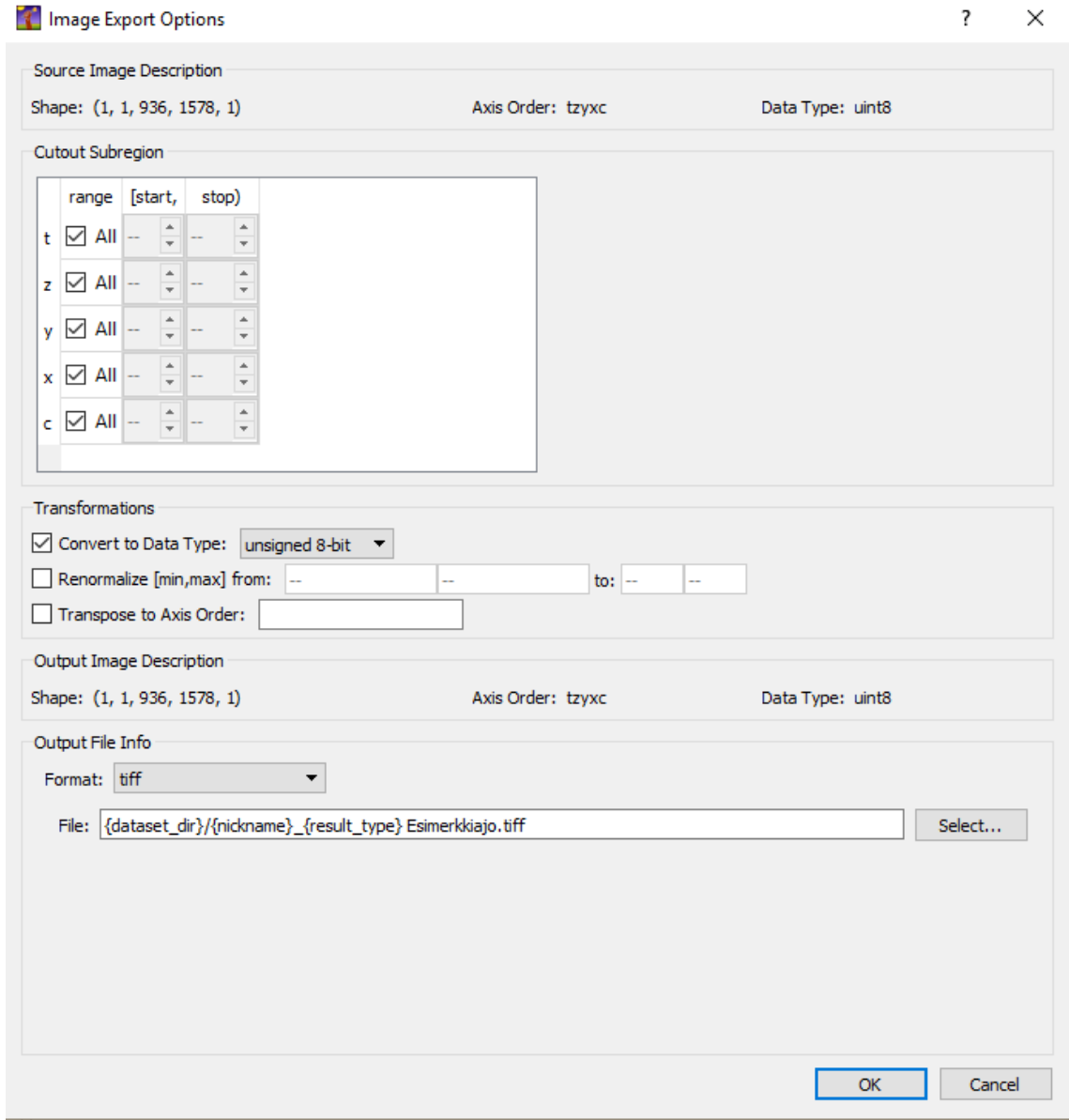




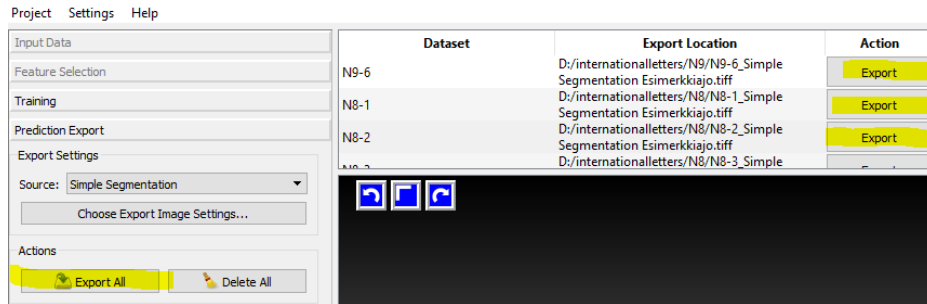
Jos sovellus on tulkinnut kuvaa oikein, painetaan vasemmalta Choose Export Image Settings. Valitaan kuvan osoittamalla tavalla asetukset. Näillä asetuksilla sovellus tallentaa kuvatiedoston alkuperäisen kuvan kansioon. Voidaan lisätä esimerkin mukaisesti tiedostonimeen sanoja, kuten esimerkkiajo, jotta voit erottaa helpommin tiedostot toisistaan.

Kirjoitetaan File:-kenttään seuraavasti:

{dataset_dir}/{nickname}_{result_type} Esimerkkiajo.tiff



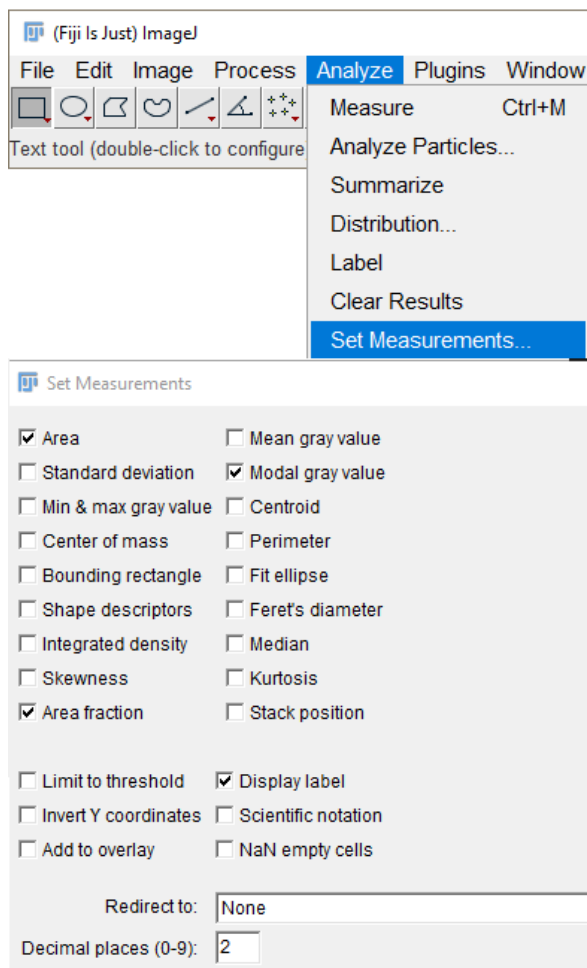
Seuraavaksi voidaan tallentaa joko kaikki kuvat kerrallaan painamalla vasemmalla olevaa Export All tai kuvan yläpuolelta tallennettavan kuvan kohdalta Export.



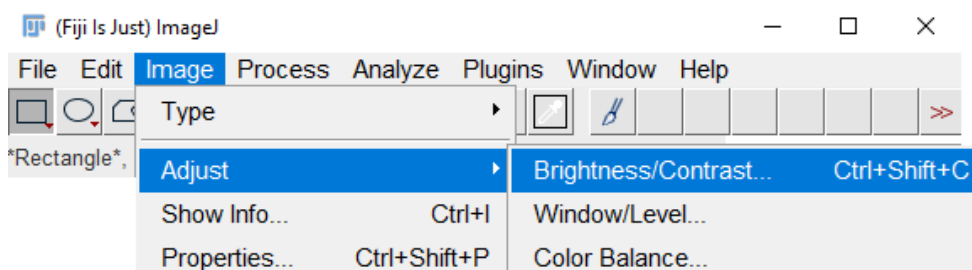
Tulosten analysointi

Ilmastikin tallentamat tiedostot näyttävät mustilta kuivilta. Nämä voidaan avata Fijillä tai ImageJ:llä analyysiä varten.

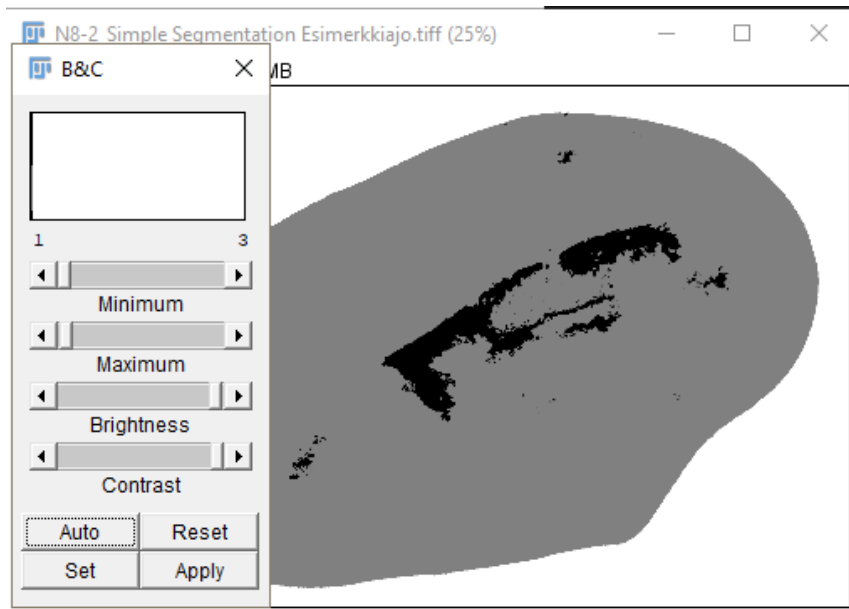
Tarkistetaan ensin, että mittausasetukset ovat oikeanlaiset. Analyze, Set Measurements. Valitaan Area, Modal gray value, Display label ja Area fraction. Vodaan valita haluttu määrä desimaaleja tulokselle.



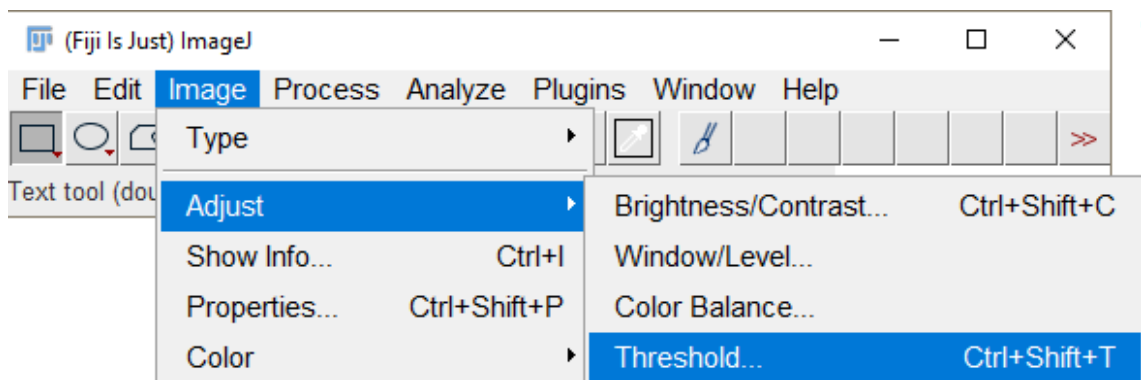
Kun avataan mustalta näyttävä kuva, klikataan Image, Adjust ja Brightness/Contrast.



Säädetään Minimum arvolle 1 ja Maximum arvolle 3. Painetaan Apply. Näin kuvassa näkyy selkeästi kolme eri tummuusastetta, jotka ovat jaoteltuna taustaan, terveeseen lehteen ja vaurioituneeseen lehteen.



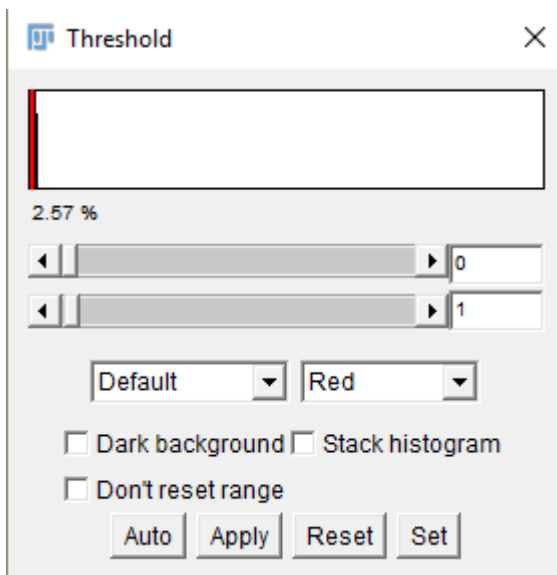
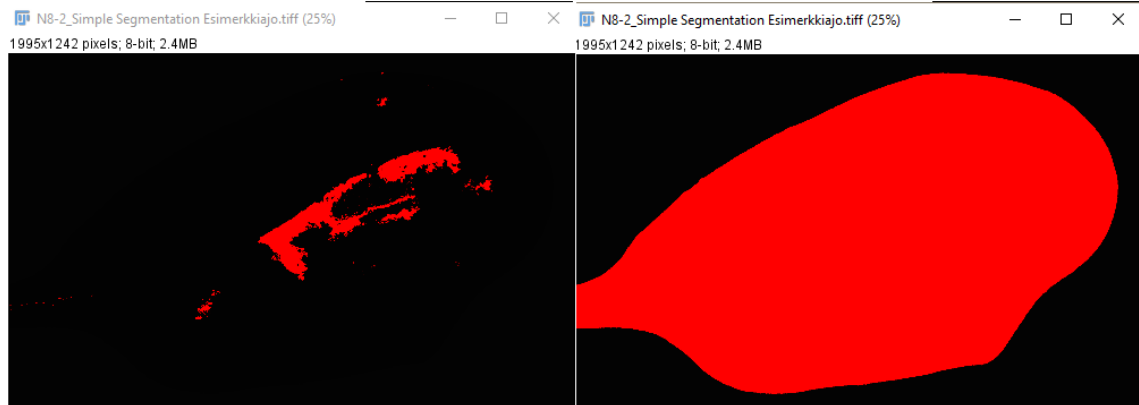
Seuraavaksi avataan Image, Adjust ja Threshold.



Asetetaan ylemmäksi arvoksi 0.

Asetetaan alemmaksi arvoksi 1 ja klikataan Analyze ja Measure.

Asetetaan alemmaksi arvoksi 2 ja klikataan Analyze ja Measure.



Results -ikkunasta voi nyt tarkistaa kuvan tulokset. Tuloksissa näkyy kuvassa olevien pikseleiden määrän ja punaisen alueen suhteellisen osuuden koko kuvan koosta. Tässä esimerkissä pienempi arvo on vaurioituneen osan osuus ja suurempi ehjän lehden osuus.

Label	Area	Mode	%Area
1 N8-2_Simple Segmentation Esimerkkiajo.tiff	2477790	2	2.570274
2 N8-2_Simple Segmentation Esimerkkiajo.tiff	2477790	2	57.719137

Näistä arvoista voidaan laskea lehden vaurioituneen alueen osuus. Tässä tapauksessa jaetaan vaurioituneen lehden osuus koko lehden osuudella.

$$\frac{0,0257}{0,5772} * 100 \% = 4,45 \%$$

Liite 2. Kuva-analyysin tulokset.

Lehti	% värjäätynyt
Referenssi 1	2,59710 %
Referenssi 2	0,44928 %
Referenssi 3	17,31610 %
Referenssi 4	0,05756 %
Referenssi 5	0,15830 %
Referenssi 6	13,61415 %
Referenssi 7	1,22827 %
Pesu 1	0,23674 %
Pesu 2	0,27931 %
Pesu 3	5,52132 %
Pesu 4	0,36983 %
Pesu 5	0,09906 %
Pesu 6	0,51960 %
Pesu 7	0,91086 %
N3-1	4,81183 %
N3-2	0,03115 %
N3-3	1,79547 %
N3-4	0,10488 %
N3-5	1,42222 %
N3-6	0,19545 %
N4-1	0,02339 %
N4-2	0,14536 %
N4-3	0,26637 %
N4-4	0,79528 %
N4-5	0,03118 %
N4-6	0,44393 %
N5-1	0,19537 %
N5-2	5,75285 %
N5-3	1,06163 %
N5-4	0,23141 %
N5-5	0,29327 %

N5-6	11,47744 %
N6-1	0,20859 %
N6-2	11,08865 %
N6-3	16,27963 %
N6-4	0,60472 %
N6-5	2,28759 %
N6-6	0,89965 %
N7-1	2,61776 %
N7-2	1,17742 %
N7-3	0,64751 %
N7-4	0,63246 %
N7-5	1,15108 %
N7-6	0,12936 %
N8-1	0,26067 %
N8-2	4,44841 %
N8-3	1,86163 %
N8-4	6,86289 %
N8-5	0,41993 %
N8-6	0,67764 %
N9-1	0,08362 %
N9-2	9,09232 %
N9-3	1,38545 %
N9-4	2,50706 %
N9-5	1,39533 %
N9-6	0,04200 %
N10-1	0,27648 %
N10-2	0,92288 %
N10-3	0,33813 %
N10-4	2,17884 %
N10-5	0,07047 %
N10-6	0,94895 %