

Johanna Rontu

Logistiikkaketjun vaikutus banaanin laatuun

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Bio- ja elintarviketekniikka

Insinöörityö

17.3.2016

Tekijä(t) Otsikko	Johanna Rontu Logistiikkaketjun vaikutus banaanin laatuun
Sivumäärä Aika	48 sivua 17.3.2016
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Bio- ja elintarviketekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	
Ohjaaja(t)	Lehtori Mikko Halsas Terminaalipäällikkö Jorma Niinimäki
<p>Banaanit ovat trooppisia hedelmiä, minkä takia niillä on heikko kylmänkestävyys. Yli kuu- kauden kestävän maahantuontikuljetuksen aikana kuljetuslämpötilan täytyy olla matala, mutta banaaneille tarpeeksi lämmin, jotta ne eivät pilaannu eivätkä toisaalta saa kylmävau- rioita. Kuljetuksen aikana hyödynnetään kontrolloidun ilmankoostumuksen olosuhteita, jolloin banaanien soluhengitys hidastuu.</p> <p>Insinööritöä tehtiin Keslog Oy:lle, joka on Kesko-konsernin logistiikkatoiminnoista vastaava yhtiö. Maahantuontikuljetuksen jälkeen raa'at banaanit kypsytetään keskusvaraston ba- naanikypsyttämössä. Kypsytyksen jälkeen banaanit toimitetaan jakelukuljetuksien mukana kauppoihin.</p> <p>Työssä havainnoitiin eri tavarantoimittajien banaanien laadun vaihtelua, seurattiin maahan- tuonti- ja jakelukuljetusten lämpötiloja, arvioitiin kaupassa syntyvän hävikin määrää sekä arvioitiin banaanien makua ja ulkonäköä aistinvaraisesti.</p> <p>Insinööritöön tuloksena eri tavarantoimittajien banaanien välillä havaittiin laatueroja. Kyp- sistä banaaneista pystyttiin havaitsemaan maahantuontikuljetuksen aikana syntyneitä laa- tuvirheitä. Koejärjestelyn avulla saatiin arvioitua banaanien hävikkiä kaupassa. Aistinvarai- sessa arvioinnissa ilmeni makueroja eri banaanitoimittajien banaanien välillä.</p> <p>Työn tuloksena saatiin selville eri muuttujien vaikutusta kypsien banaanien laatuun. Kriitti- nen tekijä banaanien laadun hallinnassa on se, ettei maahantuontikuljetuksen aikana mahdollisesti syntyneitä vaurioita pystytä korjaamaan myöhemmin logistiikkaketjun aikana.</p>	
Avainsanat	Banaani, laatu, kuljetus, klimakteerisuus

Author(s) Title Number of Pages Date	Johanna Rontu The Effects of the Logistics Supply Chain on the Quality of Bananas 48 pages 17 March 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Biotechnology and Food Engineering
Specialisation option	
Instructor(s)	Mikko Halsas, Senior Lecturer Jorma Niinimäki, Terminal Manager
<p>Bananas are tropical fruits, which makes them sensitive to cold temperatures. To start with, the import transportation takes over a month. In addition, the transportation temperature must be low but warm enough for bananas to prevent chilling injuries. A controlled atmosphere is used under the transportation, which slows down the respiration and deterioration of bananas.</p> <p>This Bachelor's thesis was made for Keslog Ltd, a subsidiary and logistics services provider of the Kesko Group. After the import transportation, the raw bananas are ripened at the banana ripening plant. After the ripening process, the bananas are transported into stores.</p> <p>The aim of this thesis was to observe the quality differences in bananas and also to monitor the transportation temperatures, evaluate the quantity of waste bananas at stores and in addition, to evaluate the taste and the appearance of bananas with sensory evaluation.</p> <p>As a result, the differences in quality between bananas of different suppliers were detected and analyzed. After the ripening, noticeable quality issues were discovered which had developed under the import transportation. With the experimental arrangement, the amount of waste bananas was calculated. Furthermore, differences were found out in banana flavor between different suppliers.</p> <p>The critical point in the quality control of bananas is that the issues which had developed under the import transportation cannot be eliminated later during the logistics supply chain.</p>	
Keywords	Banana, quality, transportation, climacteric

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Banaanit	2
3	Banaanin klimakteerisuus	4
3.1	Banaanin kypsyminen	6
3.1.1	Etyleenin käyttäminen kypsytyksessä	9
3.1.2	Kypsyysasteet	9
4	Banaanien laatuluokitus	10
4.1	Vähimmäisvaatimukset	10
4.2	Luokkakohtaiset vaatimukset	11
4.3	Poikkeamat laatuluokituksesta	11
5	Banaanien laatua heikentäviä tekijöitä	11
5.1	Kylmävauriot	12
5.2	Kasvitaudit	13
5.2.1	Panaman tauti	14
5.2.2	Antracnose-tauti	15
5.2.3	Kruunumätä	15
5.3	Muita häiriöitä	16
6	Banaanin matka kauppaan	16
6.1	Viljely ja kerääminen	16
6.2	Kemiallinen käsittely	17
6.3	Kuljetus	18
	Luvut 6.4–6.6 ovat vain tilaajan käyttöön.	
6.4	Kypsyttämö	19
6.5	Keräyspaikka	20
6.6	Kauppa	20
7	Kuljetusolosuhteet	20
7.1	Kontrolloitu ilmankoostumus	21
7.2	Lämpötilan ja ajan vaikutus	23
7.3	Banaanien kuljetuspakkaukset	24
8	Toiminta keskusvarastolla	25

Luku 8 on vain tilaajan käyttöön.

9 Työn tarkoitus	27
------------------	----

Luvusta 9 on poistettu luottamukselliset tiedot.

9.1 Laaduntarkkailu	27
9.2 Lämpötilaseuranta	28
9.3 Hävikin arviointi	30
9.4 Aistinvarainen arviointi	31
10 Tulokset ja tulosten tarkastelu	32

Luku 10 on vain tilaajan käyttöön.

10.1 Laaduntarkkailu	32
10.2 Lämpötilaseuranta	35
10.2.1 Kuljetukset	35
10.2.2 Lämpötilojen tilastollinen analysointi	38
10.3 Hävikin arviointi	41
10.4 Aistinvarainen arviointi	42
11 Yhteenveto	43

Lähteet	45
---------	----

1 Johdanto

Insinööriyön tavoitteena on selvittää banaanien laatuun vaikuttavia tekijöitä: miten eri tavarantoimittajien banaanien laatu ulkonäön ja maun puolesta eroaa toisistaan, mitkä ovat optimaaliset kuljetus- ja varastointiolosuhteet banaaneille ja miten hyvin ne pystytään toteuttamaan Keslog Oy:ssä (jäljempänä Keslog). Lisäksi arvioidaan, kuinka paljon hävikkiä syntyy kaupassa asiakkaiden toiminnan takia.

Banaanit valittiin opinnäytetyön aiheeksi siksi, että banaanien merkitys ruokakauppojen hedelmä- ja vihannesmyynnille on suhteellisen suuri. Vuonna 2006 on arvioitu, että Suomessa banaanien myynnin osuus on noin 10 % päivittäistavarakauppojen hedelmien ja vihannesten kokonaismyynnistä (Banaani 2006). Suomalaiset syövät vuosittain noin 13 kg banaaneja henkilöä kohden (Pelli 2015).

Työ tehtiin Keslogille, joka on Kesko-konsernin logistiikka-alan yritys. K-kaupoissa myytävät banaanit kypsytetään keskusvaraston banaanikypsyttämössä Vantaalla. Keskon lisäksi Suomeen banaaneja maahantuovia yrityksiä on neljä: Satotukku Oy, Veikko Laine Oy, Tuko Logistics Oy sekä Inex Partners Oy (Banaani 2006).

2 Banaanit

Banaanit ovat *Musa*-kasvisuvun hedelmälajeja. Banaanikasvit ovat yksivuotisia, puumaisia ruohokasveja. (Snowdon 1990: 104.) Banaanit jaotellaan kahteen eri tyyppiin: jauhobanaanisiin ja hedelmäbanaanisiin. Vaikka edellä mainitut banaanit eroavat toisistaan käyttötavan perusteella, niitä ei pidetä eri kasveina. (Rousi 1997: 298.) Luonnossa on noin 140 eri banaanilajia ja -alajia eli taksonia (Riikonen 2015). Tässä insinööritöössä banaanilla tarkoitetaan hedelmä- eli jälkiruokabanaanina.

Banaanit ovat peräisin Kaakkois-Aasiasta, josta ne kuljetettiin Afrikkaan ja Tyynen valtameren saarille (Rousi 1997: 300; Snowdon 1990: 104). 1400-luvulla banaani levisi merenkulkijoiden mukana Länsi-Afrikasta Kanarian saarille (Rousi 1997: 300). Uuteen maailmaan eli trooppiseen Amerikkaan banaanit kulkeutuivat 1500-luvulla, ja myöhemmin sinne muodostui kaupallisen banaaniviljelyn tärkein alue (Rousi 1997: 301).

Viljelty banaanikasvi on alun perin Aasiassa kasvaneen, trooppisessa luonnossa esiintyvän banaanikasvin risteytymä. *Musa acuminata* -laji kasvaa trooppisilla alueilla, ja *Musa balbisiana* on monsuuni-ilmastoon sopeutunut laji. Sekä *M. acuminatan* että *M. balbisianan* hedelmät kehittyvät normaalisti vasta pölytyksen jälkeen. Suvullinen lisääntyminen aiheuttaa sen, ettei hedelmämaltoa muodostu kovinkaan paljon ja banaanihedelmässä on runsaasti siemeniä. (Rousi 1997: 298–302.)

Syötäväksi kelpaavan banaanihedelmän kehittyminen on vaatinut kahta asiaa. Hedelmälihan täytyy muodostua suvuttomasti ilman hedelmöitystä eli partenokarpisesti. Toiseksi banaanikasvin emikukkien tulee olla steriilejä, jolloin hedelmälihaan ei kehity siemeniä. Muutama toisiaan vahvistava geeni johtaa partenokarpiaan, ja emikukkien steriiliys voi johtua joko rakennemuutoksista kromosomeissa tai kolminkertaisesta eli triploidista kromosomistosta. *M. acuminatan* genomi muuntelee luonnollisesti paljon ja siitä löydettiin poikkeavia kasviyksilöitä, jotka tuottivat siemenettömiä, syömäkelpoisia banaanisyksilöitä. Diploidin eli kaksinkertaisen kromosomiston *M. acuminatan* hedelmät olivat ensimmäisiä viljeltyjä banaaniklooneja. Syömäkelpoisia banaaneja tuottavia kasveja suosittiin ja niitä käytettiin viljelyssä. Banaanikasvin maanalainen varsi tekee uusia vesoja koko ajan, jolloin banaanikasveja voidaan lisätä kasvullisesti ja hedelmät ovat perimältään toistensa klooneja. (Rousi 1997: 298–302.)

Nykyään viljelyssä suositaan triploideja eli kolminkertaisen genomin klooneja, joiden genomit ovat joko AAA, AAB tai ABB. Kloonien pariton kromosomisto johtaa emikukkien steriiliyteen. Tetraploidiset eli nelinkertaiset kromosomistot (AAAB, AABB tai ABBB) ovat harvinaisempia, mutta niitäkin tunnetaan. *M. balbisianan* B-genomi antaa hedelmälle paremman kuivuuden kestävyuden ja korkeamman C-vitamiini-, kuiva-ainetta ja happopitoisuuden. *M. acuminatan* A-genomi antaa hedelmille hyvän maun. (Rousi 1997: 298–302.)

Banaanikloonit eli eri lajikkeet ovat geneettisesti muuttumattomia, jos niiden perimässä ei tapahdu mutaatioita. Viljeltyjä lajikkeita on arvioitu olevan yli 500. Suurin osa lajikkeiden kokonaismäärästä on paikallisesti, pienellä alueella viljeltyjä lajikkeita. Laajasti kaupalliseen banaaniviljelyyn tarkoitettuja lajikkeita on vain muutamia. (Rousi 1997: 298–302.)

1800-luvulla trooppisessa Amerikassa alkoi kehittyä laajempaa banaaniviljelyä. Suurin osa sadosta oli jo silloin viety Pohjois-Amerikkaan ja Eurooppaan. Trooppisen Amerikan banaaniviljely on ollut täynnä riskejä biologisessa mielessä, sillä viljelyssä käytettiin vain muutamia banaaniklooneja eli lajikkeita. Maailman parhaana pidettyä banaanilajiketta Gros Micheliä viljeltiin yleisimmin 1900-luvun alussa Latinalaisessa Amerikassa. Vuoteen 1955 mennessä Panaman tauti oli tuhonnut Gros Michelin lähes kokonaan. Panaman taudin leviämistä ei ainakaan toistaiseksi voida torjua. Gros Michel -lajike korvattiin Cavendish-ryhmän klooneilla, jotka kestävät Panaman tautia paremmin kuin Gros Michel. (Rousi 1997: 298–302.)

Kasvinjalostuksella pyritään kehittämään uusia, kaupalliseen viljelyyn sopivia ja erilaisia tauteja sietäviä banaanilajikkeita. Ainoastaan yhden kloonin viljelyn vaarat havaittiin Latinalaisessa Amerikassa, ja monokulttuurin viljelyn vaarat halutaan tulevaisuudessa välttää. Kasvinjalostus on hankalaa, sillä eri lajikkeet eivät tee suvullisia jälkeläisiä steriiliyden takia. Osalla banaanilajikkeilla on kuitenkin hedekukissa siitepölyä, jolloin voidaan saada yksittäisiä siemeniä, kun kloonin pölytetään toisella diploidisella kloonilla. (Rousi 1997: 298–302.)

Markkinatilanne

Maailmanlaajuisesti banaanit ovat yksi suosituimmista hedelmistä, koska niissä on hyvät ravintoarvot ja ne ovat hyvän makuisia, minkä takia banaaneilla on korkea markkina-arvo (Huang ym. 2013).

Jälkiruokabanaanit ovat sekä rahallisesti että määrällisesti maailman tärkein vientihedelmä. Banaanikasvit ovat neljänneksi tärkeimpiä viljelykasveja maailmassa. (Kasvitaudit tekevät pian lopun banaanista 2011.) Banaaneja (jauho- ja hedelmäbanaaneja) viljellään vuosittain yli 100 miljoonaa tonnia (Banaanit saattavat kuolla sukupuuttoon – taas 2015; Global fruit production in 2013, by variety; Panamadisease). Arvioiden mukaan maailman banaanikaupan arvo on 4,5–7 miljardia euroa vuodessa (Banaanit saattavat kuolla sukupuuttoon – taas 2015).

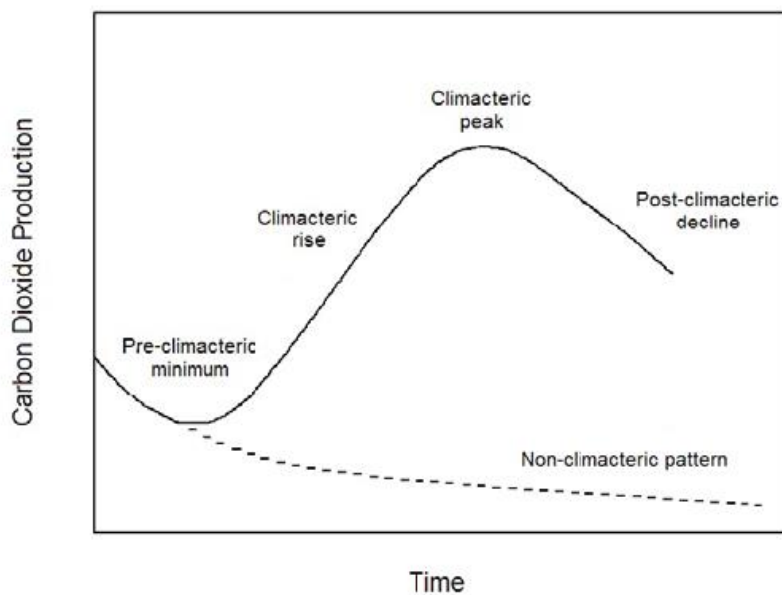
Noin 85 % banaaneista kasvatetaan paikallista kulutusta varten ja vain noin 15 % on tarkoitettu vientiin (Panamadisease). Vuonna 2012 banaaneja tuotettiin vientiin noin 16,5 miljoonaa tonnia (Banana Market Review and Banana Statistics 2012-2013 2014; Banana exports 2015). Eniten vientiin tarkoitettuja banaaneja viljeltiin Latinalaisessa Amerikassa sekä Karibialla ja vuosien 2011–2013 välisenä aikana siellä tuotettiin 80 % maailman vientibanaaneista (Banana exports 2015). Eurooppaan tuotiin vuonna 2012 lähes 4,5 miljoonaa tonnia banaaneja. Saman verran banaaneja kuljetettiin Yhdysvaltoihin. (Banana Market Review and Banana Statistics 2012-2013 2014.)

3 Banaanin klimakteerisuus

Hedelmät voidaan jaotella kahteen luokkaan niiden soluhengitysnopeuden ja -mallin mukaan. Klimakteeriset hedelmät voivat kypsyä joko olleessaan vielä kiinni kasvissa tai poimimisen jälkeen. Ei-klimakteeriset hedelmät kypsyvät ainoastaan ollessaan kiinni kasvissa. (Knee 2002: 3.) Banaanit ovat klimakteerisia hedelmiä, jolloin ne voidaan kerätä raakoina ja kypsyttää esimerkiksi kypsytyshuoneissa tai jo kuljetuksen aikana (Knee 2002: 11). Klimakteeriset hedelmät tuottavat kypsyessään runsaasti hiilidioksidia ja etyleeniä (Kader 1992: 15). Muita klimakteerisia hedelmiä ovat esimerkiksi luumut, mangot, omenat, persikat ja päärynät (Knee 2002: 11, 20).

Hedelmän soluhengitysnopeus riippuu sen kehitysvaiheesta. Hengitysnopeus kasvaa hedelmän kehittyessä ja alkaa hidastua, kun hedelmä kypsyä. (Belitz ym. 2009: 843–844.) Banaanien kypsyessä niiden soluhengitysnopeus kasvaa voimakkaasti. Soluhengityksen voimakasta kasvua kutsutaan klimakteeriseksi nousuksi, jonka aikana banaani kypsyä, pehmenee ja sen kuori muuttuu keltaiseksi. (Kader 1992: 110.) Klimakteerisessa huipussa hedelmä tuottaa eniten hiilidioksidia ja samalla hedelmän sisäinen happipitoisuus laskee (Wills ym. 2007: 31–32). Banaanit ovat täysin kypsiä klimakteerisen nousun jälkeen (Belitz ym. 2009: 843–844). Klimakteerisen huipun jälkeen soluhengitys hidastuu ja hedelmä vanhenee. Klimakteerisilla hedelmillä on parempi varastointikestävyys, jos ne on kerätty ennen klimakteerisen nousun vaihetta kuin jos ne olisi kerätty vasta klimakteerisen nousun jälkeen. (Kader 1992: 110.)

Kuvassa 1 on esitetty klimakteerisen hedelmän soluhengitysmalli jatkuvalla mustalla käyrällä ja ei-klimakteerisen hedelmän soluhengitysmalli katkoviivalla. Kuvasta havaitaan, kuinka soluhengitysmallit eroavat selvästi toisistaan. Samoin nähdään, kuinka klimakteerisen hedelmän tuottaman hiilidioksidin määrä on maksimiarvossaan klimakteerisessa huippuvaiheessa (climacteric peak), minkä jälkeen hiilidioksidin tuotanto alkaa vähentyä.



Kuva 1. Klimakteerisen ja ei-klimakteerisen hedelmän soluhengitysmalli. Kuvassa klimakteerisen hedelmän soluhengitys on kuvattu jatkuvalla viivalla ja ei-klimakteerisen hedelmän katkoviivalla. (Saltveit)

Hedelmät ovat elävää solukkoa, joissa tapahtuu erilaisia muutoksia myös poimimisen jälkeen. Soluhengityksessä hedelmän varastoimat hiilihydraatit, proteiinit ja rasvat pilkotaan yksinkertaisemmiksi lopputuotteiksi, jolloin vapautuu energiaa esimerkiksi aineenvaihduntaa varten. Soluhengityksessä hedelmä kuluttaa happea ja tuottaa hiilidioksidia. (Kader 1992: 15; Saltveit; Wills ym. 2007: 28, 42.) Kun hedelmä on vielä kiinni kasvissa, niin hiilidioksidiksi ja vedeksi hapetetut hiilihydraatit täydennetään banaanikasvin fotosynteesituotteilla joko kasvin lehdistä tai varressa olevista varastoista (Kader 1992: 109). Kasvin kautta hedelmä saa myös vettä ja mineraaleja (Kader 1992: 109; Wills ym. 2007: 28). Kun hedelmä on irrotettu kasvista, niin käytetyt ravinteet täytyy korvata hedelmän omilla hiilihydraattivarastoilla. Soluhengityksen täytyy jatkua, jotta solut saavat energiaa ja aineenvaihdunta pysyy yllä. Hedelmä pilaantuu lopulta, kun se on kuluttanut ravinnevarastot loppuun. (Kader 1992: 109).

3.1 Banaanin kypsyminen

Hedelmien elinkaari voidaan jakaa kolmeen vaiheeseen: kasvuun, kehittymiseen ja vanhenemiseen. Kasvuvaiheessa solut jakautuvat ja kasvavat ja hedelmä saavuttaa lopullisen kokonsa. Kehittyminen alkaa jo ensimmäisen vaiheen lopussa. Kasvu ja kehittyminen tapahtuvat loppuun asti vain, jos hedelmä on kiinni kasvissa. Hedelmän varsinainen kypsyminen aloittaa viimeisen elinkaaren vaiheen. Viimeisessä eli vanhenemisen vaiheessa tapahtuu enemmän katabolisia eli hajottavia reaktioita kuin anabolisia. Katabolia johtaa hedelmän solujen vanhenemiseen ja lopulta kudosten kuolemiseen. (Wills ym. 2007: 29–31.)

Banaanin rakenteeseen vaikuttavat monet biokemialliset osat, mm. lipidien pitoisuus, soluseinän rakenne, partikkelikoko ja vesipitoisuus. Myös mekaaniset tekijät, esimerkiksi iskut tai hankaumat muuttavat hedelmän rakennetta. (Peroni-Okita ym. 2013.)

Kypsyminen muuttaa hedelmän houkuttelevaksi ja maukkaaksi. Kypsymisen aikana tapahtuvia muutoksia ovat esimerkiksi

- värin muutos
- muutokset soluhengityksessä ja etyleenin tuotossa
- hedelmälihan pehmeneminen

- proteiinien, hiilihydraattien ja orgaanisten happojen muutokset
- flavorin muodostuminen. (Wills ym. 2007: 31–32.)

Värin muuttuminen

Hedelmän väri on yleisin ja helpoin tapa havaita, onko hedelmä raaka vai kypsä. Banaanien kuoren vihreä väri muuttuu kypsymisen aikana keltaiseksi, kun klorofylli eli vihreä pigmentti pilkkoutuu. Klorofyllin pilkkoutumiseen vaikuttaa kolme päätekijää: pH:n muutos, oksidatiiviset systeemit ja klorofylliä pilkkovat entsyymit. (Knee 2002: 9; Wills ym. 2007: 47.) Klorofyllin pilkkoutuessa karotenoidien keltaiset ja oranssit pigmentit tulevat esiin, jolloin kuori muuttuu keltaiseksi (Hashim ym. 2013; Kader 1992: 110; Wills ym. 2007: 47–48). Matala happipitoisuus vaikuttaa negatiivisesti kuoren värin muuttumiseen, sillä klorofylli ei pilkkoudu yhtä hyvin matalassa happipitoisuudessa (Knee 2002: 147).

Hiilihydraattien pilkkoutuminen

Hiilihydraattien pilkkoutuminen on yksi suurimmista muutoksista kypsymisen aikana. Erityisesti tärkkelyksen pilkkoutuminen sokereiksi vaikuttaa sekä hedelmän rakentamiseen että makuun. (Wills ym. 2007: 48.) Kypsymisen aikana tärkkelys muuttuu sokereiksi: glukoosiksi, fruktoosiksi ja sakkaroosiksi (Belitz ym. 2009: 845).

Pektiiniyhdisteiden ja hemiselluloosan pilkkoutuminen heikentää soluseinien rakennetta ja soluja yhdessä pitäviä voimia, jolloin hedelmäliha pehmenee ja siitä tulee maukkaampi (Wills ym. 2007: 48). Myös tärkkelyksen pilkkoutuminen vaikuttaa hedelmälihan pehmenemiseen (Paliyath ym. 2008: 30). Hedelmästä tulee ylikypsä, kun kasvisolut pehmenevät ja lopulta irtoavat toisistaan (Vaclavik ym. 2008: 122).

Muutokset aineenvaihduntareiteissä

Kypsymisen aikana hedelmien aineenvaihduntareiteissä voi tapahtua muutoksia. Banaanien kohdalla Embden-Meyerhoffin aineenvaihduntareitistä eli glykolyysistä tulee vallitseva ja pentoosi-fosfaattireitin osuus jää pienemmäksi, koska aldolaasi- ja karboksylaasientsyymien aktiivisuus kasvaa. (Belitz ym. 2009: 844.) Glykolyysissä hapetetaan heksooseja, esimerkiksi glukoosia ja fruktoosia, jotka ovat pilkkoutuneet tärkkelyksestä, jolloin saadaan ATP-energiaa ja kaksi pyruvaattimolekyyliä (Paliyath ym.

2008: 31; Wang ym. 2015). Pentoosi-fosfaattireitti tuottaa NADPH-molekyylejä useita biosynteesireaktioita varten (Paliyath ym. 2008: 35; Wills ym. 2007: 44; Wang ym. 2015). Glykolyysissä ja pentoosifosfaattireitissä käytetään samoja sokerifosfaattien välituotteita (Paliyath ym. 2008: 35).

Etyleenin tuotanto

Hedelmät reagoivat eri tavalla etyleeniin ja niiden tuottaman etyleenin määrä riippuu siitä, ovatko ne klimakteerisia vai ei-klimakteerisia hedelmiä. Kehittymisen aikana kaikki hedelmät tuottavat ainakin pieniä määriä etyleeniä. Klimakteeriset hedelmät tuottavat runsaasti etyleeniä kypsymisen aikana, mutta niiden sisäinen etyleenin määrä vaihtelee runsaasti hedelmästä riippuen. (Wills ym. 2007: 34.)

Muutokset orgaanisten happojen määrässä

Kypsymisen aikana orgaanisten happojen määrä hedelmissä yleensä vähenee, sillä niitä tarvitaan soluhengityksessä tai ne muokataan sokereiksi. Banaanit muodostavat kuitenkin poikkeuksen, sillä happojen määrä on suurimmillaan, kun banaanit ovat täysin kypsiä. Muihin hedelmiin verrattuna orgaanisten happojen määrä on kuitenkin alhainen kaikissa kehitysvaiheissa. (Wills ym. 2007: 49.)

Flavorin muodostuminen

Kypsymisen aikana tapahtuu huomattavia muutoksia pektiiniketjuissa, mikä vaikuttaa hedelmän maun kehittymiseen. Pekiinin molekyylipaino pienenee ja metylaatiota tapahtuu vähemmän. Solun sisällä olevat liukenemattomat protopektiinit muokataan liukoiseksi pektiiniksi, jotka sitovat polyfenoleja, jolloin muodostuu kypsän banaanin mieto maku. (Belitz ym. 2009: 845–846.)

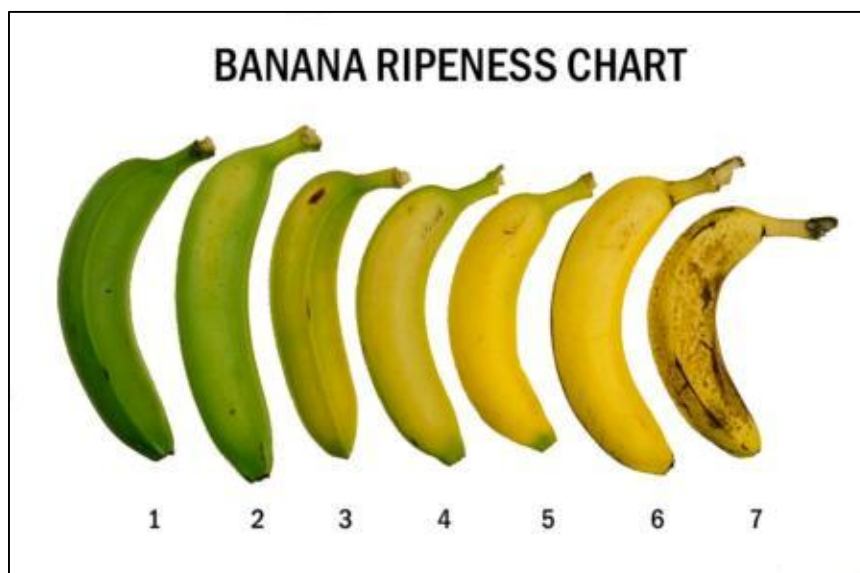
Kypsymisen aikana muodostuu huomattava määrä haihtuvia aromiyhdisteitä, joita muodostuu vain 24 tunnin ajan klimakteerisen vaiheen loputtua (Belitz ym. 2009: 846). Kypsien banaanien aromi muodostuu eugenolista, ja ylikypsän banaanin aromi syntyy isopentanolista (Wills ym. 2007: 27). Jälkiklimakteerisessa vaiheessa banaanien soke-ripitoisuus pienenee (Belitz ym. 2009: 845). Liian matala happipitoisuus vähentää banaanin tuoksuun vaikuttavien yhdisteiden määrää (Knee 2002: 147).

3.1.1 Etyleenin käyttäminen kypsytyksessä

Banaanien klimakteerinen nousu ja kypsyminen voidaan käynnistää keinotekoisesti etyleenin avulla (Kader 1992: 110). Kypsymisen käynnistämiseksi etyleeniä käytetään kypsytyshuoneissa 10–100 ppm (Knee 2002: 11). Etyleeni on kasvihormoni, joka kontrolloi hedelmän kypsymistä yhdessä muiden kasvihormonien kanssa. Kypsytyshuoneessa etyleenin määrää lisäämällä vaikutetaan solujen etyleenireseptoreihin. Etyleenin sitoutuessa reseptoriin reseptori sulkeutuu, mikä käynnistää kypsymiseen johtavan tapahtumasarjan. (Wills ym. 2007: 38.) Etyleeni kiihdyttää hedelmien aineenvaihduntaa ja nopeuttaa kypsymistä, sillä se parantaa solukalvon läpäisevyyttä (Belitz ym. 2009: 847).

3.1.2 Kypsyysasteet

Banaanien kypsyys määritetään niiden kuoren värin perusteella. Kuoren väri jaotellaan ryhmiin 1–7. Ryhmän 1 banaanit ovat täysin raakoja ja kuoren väri on tummanvihreä. Ryhmän 2 banaanit ovat vaaleanvihreitä, ja ryhmässä 3 kuoren väri on enemmän vihreä kuin keltainen. Ryhmän 4 banaanien kuoren väri on enemmän keltainen kuin vihreä, ja ryhmässä viisi banaanit ovat kärjistä vihertäviä. Banaanien kuori on täysin keltainen ryhmässä 6, ja ryhmässä 7 banaanin kuorella on jo tummia pisteitä. (Kerbel.) Kuvassa 2 on kuvattu banaanien kypsyysasteikko.



Kuva 2. Vasemmassa reunassa on raaka banaani ja oikeassa reunassa banaani on täysin kypsä ja siinä on sokerista johtuvaa tummumista. (University of California)

4 Banaanien laatuluokitus

Euroopan komission banaanien laatuluokitusta koskeva asetus (EY) N:o 2257/94 tuli voimaan 1.1.1995. Asetuksen vaatimuksia sovelletaan *Musa AAA* -suvun banaanien alalajeihin *Cavendish* ja *Gros Michel*. Asetuksen laatuvaatimusten tarkoituksena on määrittää kypsyttämättömien, vihreiden banaanien laatu kauppakunnostuksen ja pakkaamisen jälkeen. Banaanit jaetaan kolmeen eri laatuluokkaan: ekstra-, I- ja II-luokkaan. Kaikkia kolmea luokkaa koskevat samat vähimmäisvaatimukset. (Euroopan komission asetus N:o 2257/94.)

4.1 Vähimmäisvaatimukset

Vähimmäisvaatimusten mukaan banaanien tulee olla vihreitä ja kypsyttämättömiä sekä kypsyttämiseen soveltuvassa tyydyttävässä kunnossa. Lisäksi banaanien on vähimmäisvaatimusten mukaan muiden muassa oltava

- eheitä ja kiinteitä
- terveitä ja puhtaita
- lähes vailla tuholaisia tai niiden aiheuttamia vikoja
- lähes vailla vikoja tai matalien lämpötilojen aiheuttamia vikoja
- vailla vierasta hajua tai makua. (Euroopan komission asetus N:o 2257/94.)

Asetuksen mukaan banaanien vähimmäispituus on 14 cm kuperalta puolelta mitattuna ja vähimmäispaksuus on 2,7 cm. 10 % banaanien lukumäärästä saa poiketa tästä kokovaatimuksesta, mutta pituuden on oltava silti vähintään 13 cm. (Euroopan komission asetus N:o 2257/94.)

Jokaisessa pakkauksessa saa olla vain saman laatuaisia sekä samaa alkuperää ja lajietta olevia banaaneja. Kaupoissa banaanit ovat myynnissä vähintään neljän hedelmän käsinä tai terttuina. Yhden pakkauksen terttuissa sallitaan kaksi puuttuvaa banaanin, jotka on leikattu siististi irti. (Euroopan komission asetus N:o 2257/94.)

4.2 Luokkakohtaiset vaatimukset

Ekstra-luokan banaanit ovat erittäin korkealaatuisia. Banaaneissa saa olla vain pieniä, alle 1 cm²:n kokoisia pintavikoja. Pintaviat eivät saa vaikuttaa säilyvyyteen, laatuun tai tertun tai pakkauksen yleisilmeeseen. (Euroopan komission asetus N:o 2257/94.)

I-luokan banaanit ovat hyvälaatuisia. Banaaneissa saa olla pieniä, alle 2 cm²:n kokoisia pintavikoja tai hankautumisesta aiheutuvia pieniä kuorivikoja, jotka eivät saa vaikuttaa hedelmälihaan. Myös pienet muotovirheet ovat sallittuja, toisin kuin ekstra-luokan banaaneissa. (Euroopan komission asetus N:o 2257/94.)

II-luokan banaaneiden virheet eivät saa vaikuttaa hedelmälihaan ja kuorivikoja saa olla enintään 4 cm² kuoren pinta-alasta. Pienet muotovirheet ovat sallittuja. (Euroopan komission asetus N:o 2257/94.)

4.3 Poikkeamat laatuluokituksesta

Banaanien laatu saa tietyissä rajoissa poiketa laatuluokkien vaatimuksista. Ekstra-luokassa sallitaan painosta tai lukumäärästä laskettuna 5 % banaaneja, jotka eivät täytä luokan vaatimuksia, mutta ovat I-luokan banaaneja. I-luokassa 10 % banaaneista saa poiketa laatuluokan vaatimuksista, mutta niiden täytyy täyttää II-luokan vaatimukset. II-luokassa saa olla 10 % banaaneja, jotka eivät täytä tämän luokan vaatimuksia tai vähimmäisvaatimuksia. Banaanit eivät kuitenkaan saa olla pilaantuneita tai mätä, kulu- tukseen kelpaamattomia hedelmiä. (Euroopan komission asetus N:o 2257/94.)

5 Banaanien laatua heikentäviä tekijöitä

Banaanien laatuun alkuperämaassa vaikuttavat ilmasto ja sää, poiminta- ja käsittelytavat sekä pakkaaminen. Banaanien kuljetustapa ja -matkan kesto voivat heikentää niiden laatua. (Jongen 2005: 576.) Banaanit voivat altistua erilaisille kasvitaudeille, tai ne voivat saada kylmävaurioita kuljetuksen aikana.

5.1 Kylmävauriot

Banaanit ovat erittäin herkkiä hedelmiä kylmille lämpötiloille (Snowdon 1990: 120). Kriittinen kuljetus- ja varastointilämpötila banaaneille on 13–14 °C, sitä kylmemmässä lämpötilassa niihin voi syntyä kylmävaurioita (De Vasconcelos Facundo ym. 2015; Kerbel). Herkkyys vaihtelee kypsyysasteen, kasvupaikan ilmaston ja lajikkeen mukaan. Kypsymisen alussa banaanit ovat erityisen herkkiä kylmälle, sillä klimakteerisen nousun aikana soluissa tapahtuu monia biokemiallisia muutoksia. (Snowdon 1990: 120.)

Kylmyys johtaa solujen aineenvaihdunnan epätasapainoon, jolloin tarpeellisia substraatteja ei pystytä tuottamaan. Solut lakkaavat toimimasta normaalisti, ja ne menettävät rakenteensa. Vaurioituneet solut havaitaan kuoren värvirheinä. (Wills ym. 2007: 121.) Vain muutaman tunnin altistuminen liian kylmille olosuhteille voi aiheuttaa vaurioita (Snowdon 1990: 120).

Banaanien kylmävauriot kehittyvät ja ne voidaan havaita pääasiassa vasta, kun banaanit ovat lämpimämmässä tilassa. Vauriot voivat kehittyä heti tai muutaman päivän kuluttua. Myöhemmin kehittyvät kylmävauriot aiheuttavat hävikkiä kuljetuksen, varastoinnin ja myynnin aikana. (Hashim ym. 2013.)

Raaoista, vihreistä banaaneista kylmävauriot voidaan mahdollisesti havaita kuoressa tummina laikkuina, jos banaanit ovat kylmettyneet kunnolla. Yleisemmin kylmävaurion voi havaita banaanin kuoren alta, jolloin kuoren uloimman kerroksen alla on ruskeita juovia (kuva 3). (Snowdon 1990: 120.)



Kuva 3. Banaanin kylmävaurio. Vasemman puoleinen banaani ei ole altistunut liian kylmille lämpötiloille. Oikean puoleinen banaani on saanut kylmävaurioita, mikä näkyy ruskeina juovina kuoren alla. (University of California)

Kylmettyneissä banaanissa tärkkelys ei pilkkoudu sokereiksi, eikä banaani kypsy normaalisti (Snowdon 1990: 120). Kylmävaurioituneen banaanin kuori ei muutu kypsymisen yhteydessä keltaiseksi, vaan ruskeaksi tai mustaksi fenolien polymerisaation ja oksidaation takia (Hashim ym. 2013). Kuoren väri voi jäädä sameaksi ja harmaan sävyiseksi. Vaikka kuori olisi harmahtava, voi hedelmäliha olla vaurioitumaton. Vakavasti kylmettyneissä banaanissa saattaa olla virhemakuja. (Snowdon 1990: 120.) Kuoren tummuminen vaikuttaa myös hedelmälihan rakenteeseen sekä ravitsemuksellisiin arvoihin (Huang ym. 2013). Kylmävaurioituneet banaanit ovat kypsinä herkempiä esimerkiksi käsittelyn aiheuttamille pintavioille ja painaumille (Kerbel).

5.2 Kasvitaudit

Banaaneille yksi tuhoisimmista kasvitaudeista on Panaman tauti (FAO urges countries to step up action against destructive banana disease 2015). Poimimisen jälkeen banaanille tyypillisiä kasvitaukeja ovat esimerkiksi antracnose ja kruunumätä.

5.2.1 Panaman tauti

Panaman taudin eli lakastumistaudin aiheuttajana on sieni *Fusarium oxysporum f.sp. cubense* (Foc). Sieni kasvaa maaperässä, ja sieni-itiöt voivat säilyä elossa maaperässä kymmeniä vuosia. (FAO urges countries to step up action against destructive banana disease 2015.)

Panaman tauti aiheuttaa banaanikasvin lakastumisen ja lopulta tappaa koko kasvin, sillä Foc-sieni estää banaanikasvia saamasta ravinteita ja vettä maaperästä. Jos sieni on päässyt leviämään ja pilaamaan banaaniviljelmien maaperää, on sen leviämisen estäminen ja hävittäminen mahdotonta tämän hetkisillä menetelmillä. Kontaminoitunut maaperä voi olla viljelykelvoton jopa 30 vuoden ajan. Panaman tauti leviää esimerkiksi mullan mukana, joka kulkeutuu kengissä, auton renkaissa ja työvälineiden mukana banaaniviljelmältä toiselle. Sieni leviää myös banaanikasvien ja veden mukana. (FAO and partners call for a global response to deadly banana disease 2015.)

Kasvitieteilijät ovat useiden vuosien ajan varoittaneet, että Cavendish-lajiketta uhkaa uusi Panaman taudin muoto, TR4. 1900-luvulla Foc-sienen ensimmäinen kanta Race 1 tuhosi Gros Michel -lajikkeeseen, kun sieni levisi Latinalaiseen Amerikkaan. Panaman tauti aiheutti silloin yli kahden miljardin dollarin tappiot. Cavendish-lajikkeeseen vaihtaminen pelasti kaupalliset banaanimarkkinat, koska lajike oli vastustuskykyinen Panaman taudin ensimmäiselle kannalle. (FAO and partners call for a global response to deadly banana disease 2015.) Panaman taudin uusin kehittynyt tautikanta TR4 pakottaa löytämään uusia vaihtoehtoja Cavendish-lajikkeelle. Uusi kaupalliseen viljelyyn tarkoitettu banaanilajike voidaan kehittää kahdella tavalla: joko geenimanipuloimalla nykyisten lajikkeiden genomia tai risteyttämällä luonnon banaanilajeja. (Pelli 2015.)

Lisääntyneiden tutkimusten avulla selvitetään, miten luonnossa villinä kasvavien, syömäkelvottomien banaanilajikkeiden monimuotoista, mutta hyödyntämätöntä geeniperimää voitaisiin käyttää vastustuskykyisten banaanilajikkeiden luomiseksi. Taiwan Banana Research Institute on kehittänyt uuden lajikkeen, joka on Cavendish-lajikkeeseen banaanin kaltainen. Pelkästään uuden lajikkeen kehittäminen ei kuitenkaan ole riittävä toimenpide Panaman tautia vastaan. YK:n maatalousjärjestö FAO:n kasviasiantuntijan Fazil Dusuncelin mielestä pitäisi viljellä monipuolisemmin erilaisia paikallisia lajikkeita, jotta banaaniviljelykset olisivat vastustuskykyisempiä Panaman taudille. Paikalliset ba-

naanilajikkeet voivat turvata ravinnon saannin sekä estää suuria taloudellisia tappioita. (FAO and partners call for a global response to deadly banana disease 2015.)

5.2.2 Antracnose-tauti

Antracnose on *Colletotrichum musae* -sienen aiheuttama kasvitauti. Sieni pääsee hedelmän sisälle, jos banaanin kuori on vaurioitunut. Sieni-itiöt leviävät sade- tai kasteluveden, ilman tai hyönteisten välityksellä. Sieni vapauttaa etyleeniä, jolloin se voi aiheuttaa hedelmien ennenaikaista kypsymistä. Vihreissä banaaneissa antracnose-tauti muodostaa kuoreen ruskeita tai mustia painuneita alueita. Painaummat voivat olla halkaisijaltaan useita senttimetrejä. Kypsissä banaaneissa tauti aiheuttaa useita pieniä mustia alueita, jotka laajenevat ja yhdistyvät. Molemmissa tapauksissa alkaa lopulta muodostua punertavia sieni-itiöitä. (Snowdon 1990: 106.) Antracnose voi aiheuttaa kuoren halkeilua. Kuoren tummuminen ei yleensä vaikuta hedelmälihaan asti, mutta tauti tekee banaaneista myyntikelvottomia niiden heikon ulkonäön takia. (Kader 1992: 147.)

Itiöiden leviäminen voidaan estää hyvällä hygienialla viljelmillä ja pakkaamossa. Kuoren vaurioiden estämiseksi hedelmien käsittelyn tulee olla varovaista. Taudin leviämistä voidaan estää hedelmien poiminnan jälkeisellä kemikaalikäsittelyllä, joka on osoittautunut tehokkaammaksi keinoksi kuin ennen poimintaa suoritettu käsittely. (Snowdon 1990: 106.)

5.2.3 Kruunumätä

Kruunumätää aiheuttavat monet eri sienet, kuten *Colletotrichum musae*, *Fusarium pallidum*, *Lasiodiplodia theobromae* ja *Fusarium semitectum* (Kerbel). Kruunumätää aiheuttava sieni vaihtelee esimerkiksi vuodenajan ja alueen mukaan. Banaanit altistuvat taudille, kun banaanitertut leikataan irti kasvista. Leikkauspinnat pehmenevät ja alkavat tummua. Aluksi leikkauspinoille kehittyy valkoista, vaaleanpunaista tai harmahtavaa homea. Pitkälle kehittynyt kruunumätä voi levitä banaanin varteen ja lopulta hedelmälihaan asti. Kruunumätä aiheuttaa myös yksittäisen hedelmän irtoamista ”käsistä”. (Demerutis ym. 2008.)

Kruunumätä kehittyy kuljetuksen ja varastoinnin aikana. Tautia esiintyy enemmän Eurooppaan kuin Pohjois-Amerikkaan tuotavissa hedelmissä, sillä kuljetusaika Pohjois-

Amerikkaan on lyhyempi. Kruunumätää esiintyy erityisesti banaaneissa, joiden kuljetus kestää yli kaksi viikkoa. Kypsytyksen aikana kruunumätä kehittyy erittäin nopeasti. Kruunumädän kehittymistä estetään esimerkiksi Thiabendazol- ja Imazalil-kasvinsuojeluaineilla. (Demerutis ym. 2008.)

5.3 Muita häiriöitä

Muita laatuhaittoja aiheuttavat esimerkiksi korkkimainen rupi (eng. corky scab), joka muuttaa kypsän hedelmän pinnan karheaksi, korkkimaiseksi ja ruskean harmahtavaksi. Hedelmän kuori vaurioituu, kun kuumassa ja kosteassa ilmassa pienet hyönteiset mu-
nivat banaanien pinnalle. (Snowdon 1990: 121.)

Liian kuumat olosuhteet voivat aiheuttavat vaurioita. Banaanien kuori voi haljeta, jos ne kypsyvät liian kuumassa ja kuivassa ilmassa. Yli 30°C:n lämpötila voi aiheuttaa sen, että kuori ei muutu keltaiseksi, mutta hedelmäliha on kypsynyt täysin normaalisti. Hedelmäliha ei välttämättä kypsy normaalisti, jos lämpötilat ovat olleet yli 40 °C useita päiviä, koska banaanin normaali etyleenin tuotanto estyy 35–40°C:ssa (Snowdon 1990: 121).

6 Banaanin matka kauppaan

Banaanien laadun kannalta sopivaksi varastointiajaksi on määritetty 2–4 viikkoa (Knee 2002: 4). Matka Väli-Amerikasta Suomeen on kuitenkin pitkä ja laivamatka kestää 4–5 viikkoa. Jo pelkästään kuljetusmatka-aika ylittää banaanille arvioidun optimaalisen varastointiajan ja kypsytyks Suomessa vielä pidentää sitä, ennen kuin banaanit ovat kaupoissa kuluttajien saatavilla. Tässä luvussa kerrotaan logistiikkaketjun vaiheista, kun banaanit kuljetetaan alkuperämaasta Keskon banaanikypsyttämön ja keskusvaraston kautta K-kauppoihin.

6.1 Viljely ja kerääminen

Banaanikasvin maanalainen osa kehittää puumaisen version maan päälle. Versoon kehittyy parissa kuukaudessa hedelmistö, jossa on 5–15 ”kouraa” päällekkäin. Jokaisessa kourassa on 5–20 banaania. Kourien keräämisen jälkeen banaanikasvin maanpäällinen runko leikataan tyvestä irti, jolloin kasvi voi muodostaa uusia versoja. Sama

banaanikasvi voi tuottaa uusia versoja ja banaanihedelmiä kymmenien vuosien ajan. (Rousi 1997: 302.) Kun banaanit leikattu irti kasvusta, ne kuljetetaan pakkaamolle (Kader 1992: 242).

Hedelmien laadun kannalta niiden oikea-aikainen poimiminen on tärkeä tekijä. Sopiva aika banaanien poimimiselle riippuu esimerkiksi ilmastosta, lajikkeesta ja kasvupaikasta. (Lozano 2006: 6.) Myös hedelmien kuljettaminen vaikuttaa siihen, milloin ne kannattaa poimia. Esimerkiksi paikallista kulutusta varten banaanien voidaan antaa kypsyä kokonaan kasvissa, mutta kauemmaksi kuljetettavat banaanit poimitaan raakoina. (Snowdon 1990: 104.)

Hedelmiä poimiessa täytyy olla varovainen, jotta ne eivät kolhiintuisi tai muuten vaurioituisi. Mekaaniset vauriot kiihdyttävät banaanien soluhengitystä sekä altistavat hedelmät mikrobien aiheuttamille taudeille. (Snowdon 1990: 104.)

6.2 Kemiallinen käsittely

Pakkaamossa banaanien laatu ja koko tarkastetaan. Banaanit leikataan irti hedelmistöstä käsiksi, jolloin leikkauspinnalle kertyy maitiaisnestettä. Maitiaisneste likaa hedelmän pinnan, minkä takia banaanit pestään vesitankeissa. Pesutankit voivat kuitenkin aiheuttaa hedelmien pilaantumista, sillä esimerkiksi kruunumätää aiheuttavat sienitiöt kertyvät pesuveteen ja pääsevät leikkauspinnan kautta kontaminoimaan hedelmän. (Kader 1992: 243.)

Kasvinsuojeluaineet voidaan joko lisätä suoraan pesutankkeihin tai käsittely voidaan tehdä erillisenä vaiheena (Kader 1992: 243). Kemiallinen käsittely tulee suorittaa 24 tunnin sisällä keräämisestä, jotta pilaantumista aiheuttavat mikrobit eivät ehdi levitä banaaneihin (Wills ym. 2007: 136).

Banaanit suihkutetaan kasvinsuojeluaineilla niiden keräämisen jälkeen. Käytettäviä kasvinsuojeluaineita ovat esimerkiksi Azoxystrobin, Thiabendazol ja Imazalil. Azoxystrobin on sienestoaine, joka suojaa kasveja ja hedelmiä sienten aiheuttamilta taudeilta. Thiabendazol on kasvinsuojeluaine, joka estää homeiden ja sienten kasvua. Molemmat aineet suihkutetaan poimimisen jälkeen banaanien pinnalle. (Tavarantoimittajan edustaja 2015.) Imazalilin vaikuttavana aineena on triatsoli. Imazalil estää itiöiden

itämisen tai vähentää sitä. Jotta Imazalil toimii tehokkaasti, sen pitää olla suorassa kosketuksessa pilaajaorganismin kanssa. (Wills ym. 2007: 137.)

Kemiallisen käsittelyn jälkeen banaanit pakataan muovipusseissa tai muovilla suojattuina pahvilaatikoihin (Kader 1992: 244; Snowdon 1990: 104). Pahvilaatikot nostetaan lavojen päälle, jotka on helppo lastata rekkoihin ja kontteihin. Lavakuljetus myös vähentää laatikoiden turhaa nostelua ja kolhiintumista, jolloin banaanit säilyvät parempina perille. (Kader 1992: 244.)

6.3 Kuljetus

Tavallisesti hedelmiä kuljetetaan rekoissa, joiden lämpötilaa saadaan säädettyä. Rekojen lisäksi yhä enemmän käytetään lämpötilasäädettyjä kontteja, reefereitä. Kontit nostetaan kuorma-auton vedettäväksi. (Jongen 2005: 577.)

Mannerten välisessä kuljetuksessa suositaan laivaliikennettä, sillä hedelmillä on pitkä säilyvyys optimaalisissa kuljetusolosuhteissa. Laivakuljetuksessa täytyy huomioida matkan aikana muuttuva lämpötila ja ilman kosteuspitoisuus. Mahdolliset myrskyt voivat aiheuttaa mekaanisia vaurioita ja sitä kautta hävikkiä. (Jongen 2005: 580.)

Banaanit on pakattu pahvilaatikoihin, jolloin täytyy ottaa huomioon ilmankosteuden vaikutus laatikoiden kestävyys. Laatikoiden ilmanvaihdon tulee olla riittävää, mutta se ei saa heikentää laatikon kestävyttä. Liian ahtaasti tai väärin lastatut lavat estävät ilman tasaista kiertoa kuormatilassa. (Jongen 2005: 576–577.) Jos lavojen väliin jätetään erisuuruisia välejä, ei ilmankierto ole tasaista. Ilman täytyy päästä kiertämään sekä kuormatilan lattian- että katonrajassa. (Luoto 2007: 59–60.) Liian heikko tai epätasainen ilmankierto nostaa kuormatilan lämpötilaa, jolloin soluhengittävien tuotteiden hengitysnopeus kasvaa ja tuotteet pilaantuvat herkemmin (Luoto 2007: 27). Väärä lämpötila kuljetuksen alussa ja kuormauksen aikana kuormatilassa on yleisimpiä syitä tuotteille haitallisille lämpötilamuutoksille kuljetuksen aikana (Luoto 2007: 57). Talvisin rekojen kuormatilan ovien avaaminen aiheuttaa helposti erityisesti jakelukuljetuksissa tuotteisiin kylmävaurioita, jos kuormatilan lämmitysjärjestelmä ja ilmankierto eivät ole kunnossa (Luoto 2007: 63).

6.4 Kypsyttäminen

6.5 Keräyspaikka

6.6 Kauppa

Luvut 6.4–6.6 eivät ole julkisia, vaan ne ovat ainoastaan tilaajan käytössä.

7 Kuljetusolosuhteet

Elintarvikkeiden turvallisuus varmistetaan tuotteelle sopivalla lämpötilalla. Katkeamaton kylmäketju varmistaa tuotteen käyttökelpoisuuden ja säilyvyyden. Kylmäketju alkaa tuottajalta ja päättyy kuluttajalle. Logistiikkaketjun kannalta on huomioitava erityisesti tavarankuormaus, kuljetus sekä tavarankuormaus. (Luoto 2007: 12–14.) Perusedellytys onnistuneille lämpötilahallituille kuljetuksille on se, että kuormatila on tarpeen mukaan lämmitetty tai jäähdytetty haluttuun lämpötilaan ennen kuormausa (Luoto 2007: 57).

Kuljetusten lämpötilaa suunniteltaessa täytyy erityisesti huomioida eri hedelmille soveltuvat lämpötilat. Banaanit kuuluvat trooppisten ja subtrooppisten tuotteiden ryhmään, joille sopiva kuljetuslämpötila on 13–15 °C. (Luoto 2007: 23.)

Kuljetuksen aikana rekkojen ja konttien lämpötilaa pitäisi jatkuvasti seurata. Yleensä tallentavat lämpötilamittarit on asetettu ylös lavojen päälle. Hedelmien tuottama lämpö voi kuitenkin vääristää todellista kuljetuslämpötilaa. (Jongen 2005: 579).

Kuljettaminen on yksi tärkeimmistä vaiheista, kun halutaan toimittaa kuluttajille tuoreita tuotteita. Kuljetuksen aikana tuotteiden laatua voidaan ylläpitää, mutta sitä ei pystytä parantamaan. Tuotteiden laadun kannalta toimitusketju koostuu monista eri vaiheista, pakkaamosta, tuotteiden lastaamisesta, kuljetuksesta, kuorman purusta, ja monesti vaiheet tapahtuvat useamman kerran yhden toimitusketjun aikana. Kaikki vaiheet voivat heikentää tuotteiden laatua, koska lämpötilat voivat vaihdella, tuote tai pakkaus saattaa kolhiintua tai tuote voi pilaantua pitkän kuljetusmatkan aikana. Lisäksi kuljetusliikkeen tai kuljettajan ja sataman toiminta ja aikataulut voivat heikentää tuotteiden laa-

tua. Pilaantuvien tuotteiden kuljettamisessa on otettava huomioon tuotteen ominaisuudet, joihin vaikuttavat lämpötila, veden haihtuminen tuotteesta, mekaaniset vauriot ja pilaantumisherkkyys. (Jongen 2005: 575.)

7.1 Kontrolloitu ilmankoostumus

Kontrolloidun ilmakehän (CA, controlled atmosphere) tarkoituksena on hidastaa hedelmän soluhengitysnopeutta ja estää pilaantumista. Olosuhteiden avulla hedelmien laatu säilyy parempana ja niiden kauppakestävyys on pidempi. (De Vasconcelos Facundo ym. 2015; Imahori ym. 2013). Varastoissa käytettäviä kontrolloidun ilmankoostumuksen olosuhteita hyödynnetään myös kuljetusten aikana kuljetuskonttien ja perävaunujen kuormatiloissa (Luoto 2007: 58; Paliyath ym. 2008: 305). Sopivien olosuhteiden avulla banaanien kauppakestävyyttä voidaan pidentää kaksin- tai kolminkertaiseksi (Kerbel). Hallitut olosuhteet hidastavat banaanin kuoren värin muuttumista keltaiseksi sekä vähentävät banaanien altistumista kantamädälle (Imahori ym. 2013; Kerbel). Toisaalta hallitut olosuhteet voivat aiheuttaa laadun heikentymistä esimerkiksi fermentaation takia (Knee 2002: 122).

Sadonkorjuun jälkeisten olosuhteiden tulee olla sellaiset, että hedelmän soluhengitys on mahdollisimman vähäistä, mutta kuitenkin sillä tasolla, että solun tärkeät toiminnot jatkuvat. (Kader 1992: 109.) Soluhengityksen hidastuminen perustuu siihen, että hapen määrää rajoitetaan, sillä happi toimii soluhengityksessä substraattina soluhengityksen loppuvaiheessa eli elektroninsiirtoketjussa (Knee 2002: 123). Matala happipitoisuus vähentää hedelmän etyleenin tuotantoa sekä sen kertymistä klimakteeristen hedelmien soluihin (Knee 2002: 148). Hiilidioksidin avulla estetään etyleenin vaikutusta, jolloin banaanit eivät ala kypsyä ennenaikaisesti (Kader 1992: 107; Kerbel).

Kontrolloidussa ilmakehässä muokataan ilman happi- ja hiilidioksidipitoisuutta sekä asetetaan lämpötila banaaneille sopivaksi (Imahori ym. 2013). Lisäksi varastosta tai kuormatilasta voidaan poistaa etyleenikaasua (Kerbel). Hedelmien kypsymisen käynnistyminen vaatii suurempia etyleenipitoisuuksia, jos hapen ja hiilidioksidin määrää on muutettu (Wills ym. 2007: 93). Ilmassa on tavallisesti happea noin 21 % ja hiilidioksidia noin 0,04 %. Hallituissa olosuhteissa happipitoisuutta vähennetään ja hiilidioksidipitoisuutta nostetaan. (Imahori ym. 2013; Lozano 2006.) Ihmiset eivät saa altistua kontrolloidun ilmakehän olosuhteille turvallisuusvaaran takia. Tajunnan menetys, tukehtuminen ja kuolema saattavat tapahtua ilman oireita, kun happea on alle 11 % (Hapen tur-

vallinen käsittely ja varastointi 2003). Hengitysnopeus kiihtyy ja henkilölle voi aiheutua päänsärkyä hiilidioksidipitoisuuden noustessa yli 2 %:iin (OVA-ohje: hiilidioksidi 2015).

Alle 10 %:n happipitoisuudessa hedelmien soluhengitysnopeus alkaa hidastua (Kerbel; Lozano 2006: 12). Banaaneille sopivat happi- ja hiilidioksidipitoisuudet vaihtelevat kahden ja viiden prosentin välillä (Kerbel; Lozano 2006: 14). Liian matala happipitoisuus muuttaa hedelmien aineenvaihdunnan aerobisesta anaerobiseksi (Kerbel; Lozano 2006: 13; Saltveit; Wills ym. 2007: 45). Alle 1–1,5 %:n happipitoisuus voi hidastaa kypsymistä tai aiheuttaa virhemakuja tai -väriä (Imahori ym. 2013; Kerbel). Virhemakuja syntyy, kun anaerobinen aineenvaihdunta eli fermentaatio tuottaa hedelmän kudoksiin etanolia ja asetaldehydiä (Kader 1992: 114; Wills ym. 2007: 45). Alhaisen happipitoisuuden takia banaanin kuori voi kypsymisen jälkeen muuttua samean keltaiseksi tai ruskeaksi (Imahori ym. 2013; Kerbel). Kuvasta 4 voidaan havaita samean ja keltaisen banaanin väriero. Kontrolloitu ilmakehä voi aiheuttaa hedelmien epätasaista kypsymistä (Kerbel; Wills ym. 2007: 91). On havaittu, että pitkän kuljetuksen jälkeen banaaneita kannattaisi ”tuulettaa” ainakin 18–24 tuntia ennen kypsytyksen aloittamista, sillä muuten kuoren alle voi muodostua kylmävauriolta vaikuttavaa tummumista (Kerbel).



Kuva 4. Oikeanpuoleisten banaanien väri ei ole kehittynyt kunnolla, vaan ne ovat samean keltaisia verrattuna vasemmanpuoleisiin banaaneihin.

Kontrolloitu ilmakehä vaikuttaa myös patogeenien lisääntymiseen ja kasvuun. Monet sienistä ovat aerobisia, jolloin matala happipitoisuus tai korkeampi hiilidioksidin määrä voi estää niiden kasvua. (Kader 1992: 114.) Anaerobisten bakteerien määrä voi sen sijaan kasvaa, koska kontrolloidun ilmakehän olosuhteet ovat otolliset niiden kasvulle (Jongen 2005: 495).

7.2 Lämpötilan ja ajan vaikutus

Lämpötila ja aika ovat suurimmat laatuun vaikuttavat muuttujat lämpötilahallituissa kuljetuksissa. Tuotteet pilaantuvat yleisimmin väärän lämpötilan takia. Hedelmät tuottavat lämpöä kuljetuksen aikana, koska soluhengitys yhä jatkuu. Banaaneja kuljetettaessa täytyy poistaa soluhengityksessä syntyvä lämpö sekä samalla tulee ylläpitää haluttua kuljetuslämpöä. (Luoto 2007: 19–20.)

Lämpötilan hallinnan kannalta tuoreet hedelmät ja vihannekset ovat hankalia tuoteryhmiä, sillä lämpötilamuutokset vaikuttavat tuotteisiin monin eri tavoin. Lämpötilapoikkeamat ja banaanille haitalliset lämpötilat lyhentävät tuotteen kauppakestävyyttä. Aika on ratkaiseva tekijä haitallisten muutosten syntymisessä. Lyhyt altistuminen suuressa lämpötilapoikkeamassa voi aiheuttaa suurempia vaurioita kuin pieni lämpötilapoikkeama pidemmällä aikavälillä. (Luoto 2007: 22–23.) Kylmävaurio voi muodostua kolmessa päivässä, jos lämpötila on +12 °C eli yhden asteen alle optimaalisen lämmön. Jos lämpötila laskee +11 °C:seen, voi kylmävaurio muodostua viidessä tunnissa. (Sensitech Inc.)

7.3 Banaanien kuljetuspakkaukset

Pahvilaatikoiden sisällä on polyetyleenistä valmistettu muovipussi, joka on edullinen pakkausmateriaali. Muovipussit voivat olla joko täysin suljettuja tai rei'itettyjä, avonaisia pusseja. (Wills ym. 2007: 90). Molemmat muovipussit estävät esimerkiksi jäähdytysilman aiheuttamia banaanien paino- ja kosteushäviöitä kuljetuksen aikana, sillä vesihöyry läpäisee polyetyleenikerroksen erittäin huonosti (Wills ym. 2007: 78, 192).

Suljetun pussin sisälle halutaan luoda kontrolloitu ilmakehä. Olosuhteet saavutetaan laskemalla ilmanpaine 50–85 kPa:iin, minkä jälkeen pussit suljetaan. Ilmanpaine palau-

tuu vähitellen normaaliksi, mutta happipitoisuus jää pienemmäksi, eivätkä olosuhteet palaudu alkutilanteeseen. (Wills ym. 2007: 91.)

Suljettujen pussien käyttämisen hankaluus on siinä, että niiden sisällä olevat olosuhteet riippuvat lämpötilasta. Kaasujen (happi, hiilidioksidi ja typpi) läpäisevyys on lähes riippumatonta lämpötilasta, mutta hedelmän soluhengitys sen sijaan riippuu lämpötilasta, jolloin pussin sisälle kertyvä hiilidioksidi voi aiheuttaa vaurioita. (Wills ym. 2007: 90–91.) Hedelmät voivat kuluttaa pussin sisällä olevan hapen loppuun, jolloin niiden aineenvaihdunta muuttuu anaerobiseksi ja banaaneihin saattaa muodostua aiemmin kuvattuja virhemakuja ja -hajuja (Lozano 2006: 13). Lisäksi pussit voivat aiheuttaa banaanien ennenaikaista kypsymistä jo kuljetuksen aikana, jos banaanien tuottama etyleeni ei läpäise muovia tarpeeksi hyvin (Krauss & Johanson 2000). Suljetut muovipussit täytyy avata tai poistaa ennen banaanien kypsyttämistä (Krauss & Johanson 2000; Wills ym. 2007: 91).

8 Toiminta keskusvarastolla

Luku 8 ei ole julkinen, vaan se on ainoastaan tilaajan käytössä.

9 Työn tarkoitus

Kuluttajien mielestä korkealaatuiset hedelmät ovat houkuttelevan näköisiä, niiden rakenne on napakka, ne maistuvat hyvältä ja niillä on hyvät ravintoarvot. Kuluttajat ostavat hedelmiä ensisijaisesti niiden ulkonäön ja koostumuksen perusteella. Hedelmien tuottajia sekä toimittajia kiinnostaa hedelmien hyvän ulkonäön lisäksi varastointi-ajan pituus ja hyvä kauppakestävyys. (Knee 2002: 10.) Työn tarkoituksena oli havainnoida banaanien laatua sekä raaoista että kypsistä banaaneista. Tavoitteena oli selvittää, miten eri toimittajien banaanien laatu vaihtelee. Ulkonäön lisäksi eri tavarantoimittajien banaanien makua arvioitiin ja vertailtiin aistinvaraisella testillä.

Työn toisena tarkoituksena oli seurata banaanien kuljetuslämpötiloja. Lämpötilaseuranta tehtiin maahantuontivaiheessa sekä jakelukuljetuksissa, kun banaanit kuljetettiin keskusvarastolta kauppoihin.

Kolmanneksi arvioitiin kaupassa syntyvän hävikin määrää. Hävikkiä syntyy esimerkiksi, kun asiakkaat valitsevat banaaneita ja repivät yksittäisiä hedelmiä irti tertusta, jolloin banaanien ulkonäkö heikkenee tai hedelmä vaurioituu.

9.1 Laaduntarkkailu

Banaanien laaduntarkkailu aloitettiin banaanikypsyttämöstä. Kypsyttämössä banaanilavat puretaan joko merikonteista tai rekoista. Vastaanoton yhteydessä mitattiin purkulämpötila. Laatua havainnoitiin aistinvaraisesti lähinnä banaanien ulkonäön osalta. Laaduntarkkailussa kirjattiin tuloerittäin lämpötilat ja laatuhuomiot ja havainnoista otettiin valokuvat.

Laaduntarkkailua tehtiin kolmessa eri vaiheessa. Ensimmäinen laaduntarkastus tehtiin heti vastaanoton yhteydessä, jolloin banaanit olivat raakoja ja vihreitä. Toinen tarkastus tehtiin kypsytyksen jälkeen, ennen kuin banaanit siirrettiin keräyspaikalle. Viimeinen laaduntarkastus suoritettiin banaanien keräyspaikalla.

9.2 Lämpötilaseuranta

Maahantuonti

Maahantuontikuljetuksissa sekä konteissa että rekoissa käytetään tallentavia mittareita, jotka mittaavat kuljetuslämpötiloja matkan aikana. Konttikuljetuksista saadaan lämpötilakäyrät koko matkan ajalta. Banaanien lämpötila mitattiin heti kuorman purun yhteydessä ennen kypsytyksen aloittamista.

Jakelukuljetukset

Banaanien kuljetuslämpötiloja jakelukuljetuksissa seurattiin tallentavien lämpömittarien avulla. Mittarit asetettiin kypsyttämöllä tai keskusvarastolla banaanilaatikoiden sisälle kirjekuoressa, jossa oli lisäksi viesti mittarin tarkoituksesta ja mittarin palautusohjeet.

9.3 Hävikin arviointi

Hävikin arvioinnin tarkoituksena oli arvioida kaupassa syntyvää hävikkiä eli niiden banaanien määrää, jotka eivät kelvanneet ostettaviksi.

Banaanien mekaaniset vauriot ovat suurimpia banaanien laatua heikentäviä tekijöitä poimimisen jälkeen. Myös kuluttajat aiheuttavat mekaanisia vaurioita banaaneihin kaupassa. Mekaaniset vauriot aiheuttavat banaanien kuoren mustumista, mikä voidaan havaita muutaman minuutin jälkeen kolhaisusta tai vastaavasta. Kaupassa hedelmien ulkonäöllä on suuri merkitys niiden myynnille, minkä takia kolhiintuneet ja tummuneet banaanit jäävät usein asiakkailta ostamatta. (Bugaud ym. 2014.)

9.4 Aistinvarainen arviointi

Aistinvaraisen arvioinnin tarkoituksena oli selvittää, eroavatko kuoreltaan eriväriset ja -laatuiset banaanit maultaan toisistaan. Testimenetelmäksi valittiin kuvailevan analyysin tyyppinen testi, ja testilomakkeena oli yrityksen käyttämä arviointilomake.

Kuvailevassa analyysissä useiden tuotteiden ominaisuuksia halutaan verrata toisiinsa. Laadunvalvonnassa kuvaileva analyysi on hyvä työkalu, koska sen avulla voidaan arvioida, mitä ominaisuuksia hyväksyttävältä tuotteelta vaaditaan. (Tuorila & Appelbye 2005: 93.)

10 Tulokset ja tulosten tarkastelu

Luku 10 ei ole julkinen, vaan se on ainoastaan tilaajan käytössä.

11 Yhteenveto

Yrityksen luottamuksellisia asioita käsittelevät luvut, myös yhteenveto, ovat vain Keslogin käytössä, eivätkä ne sisälly julkiseen versioon. Työssä kartoitettiin banaanien laadunhallinnan kannalta kriittiset vaiheet. Muiden työstä saatujen tulosten lisäksi työn tilaaja sai kehitysehdotuksia laadunhallinnan kohdentamiseksi.

Lähteet

- Banaani. 2006. Verkkodokumentti. Maa- ja metsätalousministeriö.
<http://www.mmm.fi/fi/index/etusivu/maatalous/maatalouspolitiikka/markkinajarjestelytja_sentehtavat/banaani/luelisaa.html> Luettu 14.7.2015.
- Banana exports. 2015. Verkkodokumentti. FAO. <<http://www.fao.org/economic/est/est-commodities/bananas/banana-exports/en/>> Luettu 20.8.2015.
- Banana Market Review and Banana Statistics 2012-2013. 2014. Verkkodokumentti. FAO. <<http://www.fao.org/docrep/019/i3627e/i3627e.pdf>> Luettu 13.7.2015.
- Banaanit saattavat kuolla sukupuuttoon – taas. 2015. Verkkodokumentti. Yle Uutiset. <http://yle.fi/uutiset/banaanit_saattavat_kuolla_sukupuuttoon__taas/8219163> Luettu 28.9.2015.
- Belitz, H.-D., Grosch, W. & Schieberle, P. 2009. Food Chemistry. Berlin Heidelberg: Springer.
- Bugaud, C., Ocrisse, G., Salmon, F. & Rinaldo, D. 2014. Bruise susceptibility of banana peel in relation to genotype and post-climacteric storage conditions. Postharvest Biology and Technology. Volume 87, s. 113–119.
- Demerutis, C., Quirós, L., Martinuz, A., Alvarado, E., Williams, R.N. & Ellis, M.A. 2008. Evaluation of an organic treatment for post-harvest control of crown rot of banana. Ecological Engineering. Volume 34, Issue 4, Pages 324–327.
- De Vasconcelos Facundo, H. V., Gurak, P., Mercadante, A., Lajolo, F. & Cordenunsi, B. 2015. Storage at low temperature differentially affects the colour and carotenoid composition of two cultivars of banana. Food Chemistry. Volume 170, s. 102–109.
- Euroopan komission asetus N:o 2257/94. Verkkodokumentti. <<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX:31994R2257>> Luettu 17.3.2015.
- FAO and partners call for a global response to deadly banana disease. 2015. Verkkodokumentti. FAO. <<http://www.fao.org/news/story/en/item/271647/icode/>> Luettu 25.8.2015.
- FAO urges countries to step up action against destructive banana disease. 2015. Verkkodokumentti. FAO. <<http://www.fao.org/news/story/en/item/223409/icode/>> Luettu 25.8.2015.
- Global fruit production in 2013, by variety. Verkkodokumentti. Statista. <<http://www.statista.com/statistics/264001/worldwide-production-of-fruit-by-variety/>> Luettu 20.8.2015.

Hapen turvallinen käsittely ja varastointi. 2003. Verkkodokumentti. Turvatekniikan keskus, Tukes.

<http://www.tukes.fi/tiedostot/vaaralliset_aineet/esitteet_ja_oppaat/happiopas.pdf> Luettu 15.3.2016.

Hashim, N., Pflantz, M., Regen, C., Janius, R., Abdul Rahman, R., Osman, A., Shitan, M. & Zude, M. 2013. An approach for monitoring the chilling injury appearance in bananas by means of backscattering imaging. *Journal of Food Engineering*. Volume 116, s. 28–36.

Heikkilä, Tarja. 2008. Tilastollinen tutkimus. 7. painos. Helsinki: Edita.

Holopainen Martti & Pulkkinen Pekka. 2008. Tilastolliset menetelmät. WSOY.

Huang, H., Zhu, Q., Zhang, Z., Yang, B., Duan, X. & Jiang, Y. 2013. Effect of oxalic acid on antibrowning of banana (*Musa* spp., AAA group, cv. 'Brazil') fruit during storage. *Scientia Horticulturae*. Volume 160, s. 208–212.

Imahori, Y., Yamamoto K., Tanaka, H. & Bai, J. 2013. Residual effects of low oxygen storage of mature green fruit on ripening processes and ester biosynthesis during ripening in bananas. *Postharvest Biology and Technology*, Volume 77, s. 19–27.

Jongen, Wim. 2005. Improving the safety of fresh fruit and vegetables. Woodhead Publishing.

Kader, Adel A. 1992. Postharvest Technology of Horticultural Crops. Yhdysvallat: Division of Agriculture and Natural Resources.

Kankainen, Teemu. 2015. Kypsytysmestari, Keslog Oy, Vantaa. Haastattelu 20.4.2015.

Kasvitaudit tekevät pian lopun banaanista. 2011. Turun Sanomat. Verkkodokumentti. <<http://www.ts.fi/uutiset/kotimaa/287711/Kasvitaudit+tekevat+pian+lopun+banaanista>> Luettu 25.9.2015.

Kerbel, Eduardo. Banana and Plantain. Verkkodokumentti. <<http://www.ba.ars.usda.gov/hb66/banana.pdf>> Luettu 19.5.2015.

Knee Michael. 2002. Fruit Quality and its Biological Basis. Sheffield Academic Press.

Krauss, Ulrike & Johanson, Andrea. 2000. Recent advances in the control of crown rot of banana in the Windward Islands. *Crop Protection*. Volume 19, Issue 3, s. 151–159

Lozano, Jorge E. 2006. Fruit Manufacturing. Springer.

Luoto, Leena. 2007. Lämpötilahallittavien elintarvikekuljetusten logistiikkaopas. Helsinki: Yleinen Teollisuusliitto.

Niinimäki, Jorma. 2016. Terminaalipäällikkö, Keslog Oy, Vantaa. Haastattelu 15.1.2016.

OVA-ohje: hiilidioksidi. 2015. Verkkodokumentti. Työterveyslaitos.
<<http://www.ttl.fi/ova/hiilidioksidi.html>> Luettu 15.3.2016.

Paliyath, Gopinadhan., Murr, Dennis P., Handa, Avtar K. & Lurie, Susan. 2008. Post-harvest Biology and Technology of Fruits, Vegetables, and Flowers. Wiley-Balckwell Publishing.

Panama Disease. Verkkodokumentti. <<http://panamadisease.org/>> Luettu 28.9.2015.

Pelli, Petja. Sienitauti uhkaa hävittää banaanin maailmasta. Helsingin Sanomat 8.1.2015.

Peroni-Okita, F., Cardoso, M., Agopian, R., Louro, R., Nascimento, J., Purgatto, E., Tavares, M., Lajolo, F. & Cordenunsi, B. 2013. The cold storage of green bananas affects the starch degradation during ripening at higher temperature. Carbohydrate Polymers. Volume 96, s. 137–147.

Riikonen, Jose. Banaanien pelastaja. Helsingin Sanomat 23.3.2015.

Rontu, Pekka. 2015. Tuoretavaraosaston johtaja (eläkkeellä), Kesko Oyj, Helsinki. Haastattelu 10.9.2015.

Rousi, Arne. 1997. Ravintokasvit. Porvoo: WSOY.

Saltveit, Mikal E. Respiratory Metabolism. Verkkodokumentti.
<<http://www.ba.ars.usda.gov/hb66/respiratoryMetab.pdf>> Luettu 30.6.2015.

Sensitech Inc, What is chilling injury and what are the effects on bananas?

Snowdon, Anna L. 1990. A Colour Atlas of Post-Harvest Diseases & Disorders of Fruits & Vegetables. Wolfe Scientific Ltd.

Taavitsainen, Veli-Matti. 2010. Kurssimoniste. Tilastomatematiikan peruskurssi. Metropolia AMK.

Tavarantoimittajan edustaja. 2015. Sähköposti. 22.4.2015.

Tuorila, Hely & Appelbye, Ulla. 2005. Elintarvikkeiden aistinvaraiset tutkimusmenetelmät. Helsinki: Yliopistopaino.

University of California. Kuva verkkodokumentista.
<<http://postharvest.ucdavis.edu/PFfruits/BananaPhotos/>> Luettu 13.1.2016.

Vaclavik, Vickie A., Christian, Elizabeth W. 2008. *Essentials of Food Science*. Springer.

Wang, Y., Luo, Z., Khan, Z., Mao, L. & Ying, T. 2015. Effect of nitric oxide on energy metabolism in postharvest banana fruit in response to chilling stress. *Postharvest Biology and Technology*. Volume 108, s. 21–27.

Wills, Ron., McGlasson, Barry., Graham, Doug & Joyce, Daryl. 2007. *Postharvest An introduction to the Physiology and Handling of fruit, vegetables & ornamentals*. Fifth edition. CAB INTERNATIONAL.