

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Bio- ja elintarviketekniikka

Saara Salo

**Varastotilan ilmanlaadun parantaminen aktiivihapella
ja sen vaikutus leikkokukkien säilyvyyteen**

Insinööritö 6.5.2009

Ohjaaja: insinööri (AMK) Heikki Ape
Ohjaava opettaja: yliopettaja Riitta Lehtinen

Tekijä	Saara Salo
Otsikko	Varastotilan ilmanlaadun parantaminen aktiivihapella ja sen vaikutus leikkokukkien säilyvyyteen
Sivumäärä	78 sivua
Aika	6.5.2009
Koulutusohjelma	bio- ja elintarviketekniikka
Tutkinto	insinööri (AMK)
Ohjaaja	insinööri (AMK) Heikki Ape
Ohjaava opettaja	yliopettaja Riitta Lehtinen
Insinööri­työn aiheena oli tutkia leikkokukkien varastotilan ilman laadun parantamista aktiivihapen avulla ja sen vaikutuksia leikkokukkien säilyvyyteen. Työn tavoitteena oli soveltaa jo hedelmien ja vihannesten varastoinnissa käytettyä aktiivihappijärjestelmää kuivadesinfiointi­menetelmänä leikkokukkien varastointiin. Varastointi­iän kasvattamisella nähdään olevan merkittäviä taloudellisia vaikutuksia. Mittaukset suoritettiin Helsingin Kukkatoimitus Oy:n ja Oy Biocid Ltd:n yhteistyönä huhti-toukokuussa 2008. Tutkittavasta Helsingin Kukkatoimitus Oy:n leikkokukkakylmiöstä määritettiin ilman kemiallinen ja mikrobiologinen laatu ennen aktiivihapen käyttöä ja sen jälkeen, seurattiin leikkokukkien laatua aistinvaraisesti ja kartoitettiin muut kylmiön olosuhteet. Mittaukset oli jaettavissa kolmeen osaan: esimittauksiin ilman aktiivihappea sekä matalamman ja korkeamman aktiivihappitehon aikana tehtäviin mittauksiin. Esimittausten aikana ilmeni, että leikkokukkakylmiössä suurimman säilyvyysongelman muodostaa ilman mikrobiologinen laatu. Varaston ilman etyleenipitoisuutta ei saatu käytetyillä mittausten menetelmillä mitattua. Tuotteiden aistinvaraista arviointia tehdessä arvioitiin tiettyjen leikkokukkien myyntiaika, jota verrattiin aktiivihapen aikana seurattavien tuotteiden myyntiaikaan. Tuloksista ilmeni aktiivihapen vaikuttavan ilman mikrobiologiseen laatuun. Ilman hiiva- ja homepitoisuudet näyttivät systemaattisesti pienenevän aktiivihappigeneraattorin toiminnan aikana. Myös aistinvaraisen arvioinnin myötä voitiin todeta kukkien laadun parantuneen ja myyntiajan pidentyneen joidenkin tuotteiden kohdalla. Tutkimuksen luonteen takia tulokset ovat suuntaa-antavia. Saatujen tulosten perusteella nähdään, että kyseisessä leikkokukkakylmiössä olisi järkevää suorittaa vielä yksityiskohtaisemmat mittaukset ja tämän jälkeen alkaa suunnitella oikein mitoitettua, rakennuskohtaista hygieniajärjestelmää.	
Hakusanat	aktiivihappi, leikkokukka, ilmanlaatu

Author	Saara Salo
Title	The improvement of warehouse air quality by active oxygen and its effects on the preservation of cut flowers
Number of Pages	78
Date	6 May 2009
Degree Programme	Biotechnology and Food Engineering
Degree	Bachelor of Engineering
Instructor	Heikki Ape, BEng in Biotechnology and Food Engineering
Supervisor	Riitta Lehtinen, Principal Lecturer
The subject of this thesis was to examine the improvement of air quality of a cut flower storage room and its effects on the preservation of cut flowers. Active oxygen was used as the examined air purifier. The objective of the study was to apply the usage of active oxygen as a disinfecting method among fruit and vegetable preservation to cut flower storing. The lengthening of storage age has been believed to have significant financial effects on the business. The measurements were executed between April and May 2008 as a collaboration between Helsingin Kukkatoimitus Oy and Oy Biocid Ltd. The chemical and microbiological quality of Helsingin Kukkatoimitus Oy's chilled cut flower storage room air was determined before and after the presence of the active oxygen. The quality of the stored cut flowers was also determined with sensory evaluation among the determination of other storage room conditions. The measurements could be divided into premeasurements and measurements during lower and higher active oxygen power levels. During the premeasurements, it became clear that the biggest problem in storing was formed by the microbiological quality of the air. The ethylene concentration of the storage air could not be measured with the equipment in use. In the sensory evaluation, the sale time of certain flowers was evaluated and was later compared to the sale times reached during the use of active oxygen. The results show clearly the effect of active oxygen on the microbiological quality of the air. The yeast and mould concentrations seemed to decrease systematically when active oxygen was used. Also the sensory evaluation results showed the improvement on the quality and sale time of certain products. The results are just guidelines because of the nature of the study. Based on them, it can be said that it would be reasonable to perform even more detailed studies and begin the planning of a construction based hygiene system.	
Keywords	active oxygen, cut flowers, air quality

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1. JOHDANTO	7
KIRJALLINEN OSA	8
2. KUKKIEN TOIMITUS SUOMESSA / HELSINGIN KUKKATOIMITUS OY	8
2.1 MARKKINAT, TUONTI JA VIENTI	8
2.2 VARASTOINTI JA SÄILYTYS	9
2.3 TUOTTEET	10
2.4 LEIKKOKUKAT	10
2.4.1 Ruusut	10
2.4.2 Tulppaanit	11
2.4.3 Neilikat	11
3. KUKKIEN SÄILYVYYS JA SIIHEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT	12
3.1 OPTIMAALISET SÄILYTYSOLOSUHTEET	12
3.2 SÄILYVYYTTÄ RAJOITTAVAT TEKIJÄT	12
3.2.1 Kasvin rakenne ja ominaisuudet	12
3.2.2 Kasvihormonit	13
3.3 ETYLEENI	14
3.3.1 Etyleenin biosynteesi ja soluhengitys	15
3.3.2 Mikrobit ja etyleenin muodostus	16
3.4 MIKROBIOLOGISET VAIKUTTAJAT	16
3.4.1 Ilman mikrobit ja niiden elinolosuhteet	16
3.4.2 Kasvitaudit	17
3.5 BAKTEERIT	17
3.5.1 Bakteerit kasveissa	18
3.5.2 Bakteerit rakennuksissa	18
3.6 SIENET	19
3.6.1 Sienet kasveissa	19
3.6.2 Botrytis cinerea	20
3.6.3 Sienet rakennuksissa ja huoneilmassa	21

4. AKTIIVIHAPPI SÄILYVYYDEN PARANTAMISKEINONA.....	23
4.1 AKTIIVIHAPEN MUODOSTUMINEN JA RAKENNE	23
4.2 AKTIIVIHAPEN VAIKUTUKSET JA KÄYTTÖKOhteET	24
4.3. AKTIIVIHAPPI ETYLEENIPITOISUUDEN PIENENTÄJÄNÄ	24
4.3.1 Etyleeni alkeena	24
4.3.2 Alkeena ja etyleenin hapettuminen.....	25
4.4 AKTIIVIHAPPI HYGIENIARATKAISUNA.....	25
4.5 AKTIIVIHAPPIGENERAATTORI BIOCID MX 1800-E9-IC.....	26
4.5.1 Käyttöalue ja toiminta.....	26
KOKEELLINEN OSA	27
5. TYÖN SUORITUS	27
5.1 ALUSTAVA MITTAUSSUUNNITELMA JA TEHDYT MUUTOKSET.....	27
5.2 MIKROBIEN KASVATUSOLOSUhteET	28
5.3 TUTKITTAVA TILA.....	29
5.4 MITTALAITTEET JA MENETELMÄT.....	32
5.4.1 Ilmanäytteenotto ja sen ongelmat	32
5.4.2 Graseby Andersenin kuusivaiheimpaktori.....	33
5.4.3 Biotest HYCON RCS High Flow	34
5.4.4 Mittaaminen etyleenin ja otsonin ilmaisinputkilla	35
5.5 MITTAUSTEN SISÄLTÖ JA TULOSTEN KÄSITTELY	35
5.5.1 Mittaukset kokonaisuudessaan.....	35
5.5.2 Tulosten käsittely ilmanäytteenotossa	36
5.6 ESIMITTAUKSET JA AKTIIVIHAPPIGENERAATTORIN ASENNUS	36
5.5.1 Olosuhteet esimittausten aikana.....	37
5.5.2 Aistinvarainen arviointi esimittausten aikana.....	38
5.5.3 Esimittausten mikrobiologiset tulokset.....	41
5.5.3.1 Andersenin kuusivaiheimpaktorin tulokset.....	42
5.5.3.2 RCS High Flow -ilmakeräimen tulokset.....	43
5.5.4 Aktiivihappigeneraattorin asennus	45
5.6. MITTAUKSET AKTIIVIHAPPIGENERAATTORIN MATALAMMALLA TEHOASTEELLA.....	46
5.6.1 Olosuhteet matalamman tehoasteen aikana.....	46
5.6.2 Aistinvarainen arviointi matalamman tehoasteen aikana.....	48
5.6.3 Matalamman tehoasteen mikrobiologiset tulokset	48
5.6.3.1 Andersenin kuusivaiheimpaktorin tulokset.....	49
5.6.3.2 RCS High Flow -ilmakeräimen tulokset.....	50
5.7 MITTAUKSET AKTIIVIHAPPIGENERAATTORIN KORKEAMMALLA TEHOASTEELLA	52
5.7.1 Olosuhteet korkeamman tehoasteen aikana	52

5.7.2 Aistinvarainen arviointi korkeamman tehoasteen aikana	54
5.7.3 Korkeamman tehoasteen mikrobiologiset tulokset.....	56
5.7.3.1 Andersenin kuusivaiheimpaktorin tulokset.....	56
5.7.3.2 RCS High Flow -ilmakeräimen tulokset.....	58
6. TULOSTEN YHTEENVETO	60
6.1 VARASTOTILAN OLOSUhteiden vaihtelut	60
6.2 AISTINVARAISEN ARVIOINNIN YHTEENVETO.....	60
6.3 MIKROBIOLOGISTEN TULOSTEN YHTEENVETO	61
7. JOHTOPÄÄTÖKSET JA JATKOTOIMENPITEET	65
7.1. JOHTOPÄÄTÖKSET.....	65
7.2. JATKOTOIMENPITEET	66
LÄHTEET.....	68
LIITTEET	70
LIITE A: ANDERSENIN KERÄIMEN KOKONAISBAKTEERITULOKSET (A0)	70
LIITE B: ANDERSENIN KERÄIMEN HIIVA- JA HOMETULOKSET (A0).....	71
LIITE C: RCS HIGH FLOW –KERÄIMEN MIKROBIMÄÄRÄT JA -PITOISUUDET(A0)	72
LIITE D: ANDERSENIN KERÄIMEN KOKONAISBAKTEERITULOKSET (A5)	73
LIITE E: ANDERSENIN KERÄIMEN HIIVA- JA HOMETULOKSET (A5)	74
LIITE F: RCS HIGH FLOW –KERÄIMEN MIKROBIMÄÄRÄT JA -PITOISUUDET(A5)	75
LIITE G: ANDERSENIN KERÄIMEN KOKONAISBAKTEERITULOKSET (A8)	76
LIITE H: ANDERSENIN KERÄIMEN HIIVA- JA HOMETULOKSET (A8)	77
LIITE I: RCS HIGH FLOW –KERÄIMEN MIKROBIMÄÄRÄT JA -PITOISUUDET(A8)	78

1. Johdanto

Tutkimuksen lähtökohtana oli kartoittaa, kuinka leikkokukkien säilyvyyttä voitaisiin parantaa varastotilojen huoneilmaa puhdistamalla. Helsingin Kukkatoimitus Oy on yksi Suomen johtavia koristekasvien viejiä ja tuojia. Vuosittainen liikevaihto yrityksellä on 30 miljoonan euron luokkaa. Helsingin Kukkatoimitus Oy:n toimitusjohtajan mukaan jo kahden myyntipäivän lisäys säilyvyydessä voisi saada aikaan merkittävän parannuksen toiminnan taloudellisuudessa. Näin ollen leikkokukkien säilyvyys on merkittävä tekijä kukkaliiketoiminnan harjoittamisessa.

Tutkimuksessa oli tarkoitus kartoittaa Helsingin Kukkatoimitus Oy:n leikkokukkien kylmävarastointitilan huoneilman laatu ja tarkastella aktiivihapen vaikutusta huoneilmaan ja siten myös kukkien säilyvyyteen. Kukkien säilyvyyttä rajoittavia tekijöitä ovat vääränlaisen lämpötilan ja ilmankosteuden lisäksi ilman etyleenipitoisuus sekä ilman eri mikrobit. Aktiivihapen hedelmien ja kasvien säilyvyyttä parantavasta vaikutuksesta on jo useita sen käyttöä puoltavia tutkimustuloksia. Nyt aktiivihapen käyttökohteita pyritään laajentamaan koristekasvien saralle. Tätä varten suoritettiin kylmävaraston ilmanlaadun esimääritykset sekä aktiivihappigeneraattorin aikaansaamien muutosten määritykset huoneilman laadussa.

KIRJALLINEN OSA

2. Kukkien toimitus Suomessa / Helsingin Kukkatoimitus Oy

Koristekasvien tuotannolla on Suomessa suuret markkinat. Kauppapuutarhaliitto ry:n mukaan Suomen kasvihuonekukkatuotannon tukkuhintainen arvo vuonna 2006 oli noin 96 miljoonaa euroa. Leikkokukkia tuotettiin noin 70 miljoonaa kappaletta ja sipulikukkia 59 miljoonaa kappaletta. Kotimaisuusaste leikkokukilla on noin 50 % ja niistä tärkein kukka leikkoruusu. Sen tuotanto on vuosittain noin 50 miljoonaa kappaletta. Sipulikukista merkittävimpiä ovat hyasintit ja tulppaanit. Kokonaisuudessaan sipulikukkien kotimaisuusaste on huomattavasti leikkokukkia suurempi, noin 90 %. (28)

Kukkien tuonnin ollessa EU:n alueen lisäksi muualtakin maailmasta tullitonta on seurauksena ollut suomalaisten leikkokukkien tuotannon määrän rajoitukset. Muun muassa neilikan ja krysanteemin tuotanto on Suomessa likimain lopetettu. Suurimpia tuontimaita ovat Hollanti (leikkokukkien suurin tuoja), Tanska (ruukkukasvit), Kolumbia (ruusut ja neilikat), Kenia (ruusut) ja Espanja. (28)

Helsingin Kukkatoimitus Oy on koristekasvien tukkumyyntiin, maahantuontiin ja ulkomaan vientiin erikoistunut yritys. Se omistaa myös Oulun, Tampereen ja Seinäjoen Kukkatoimitus Oy:t. Helsingin Kukkatoimitus Oy on Suomen suurimpia koristekasvien tuonti- ja vientiyrityksiä.

2.1 Markkinat, tuonti ja vienti

Helsingin Kukkatoimitus Oy:n liikevaihto on noin 30 miljoonaa euroa kuluvalle tilikaudella. Maahantuoja yrityksen on ollut jo kymmenen vuoden ajan Suomen suurin. Merkittävimmät tuontimaat ovat Saksa, Viro ja Ruotsi. Kukkia tuodaan niinkin kaukaa kuin Ecuadorista, Kolumbiasta ja Thaimaasta asti. Helsingin Kukkatoimitus Oy on ollut yli kymmenen vuoden ajan myös Suomen suurin kukkien viejä. Noin 10 – 15 % yrityksen vuosittaisesta liikevaihdosta muodostuu ulkomaanviennistä. Vientimaita ovat lähinnä Baltian maat ja Venäjä. (14)

2.2 Varastointi ja säilytys

Kukkien varastointi, myynti sekä yrityksen muu toiminta tapahtuu suurissa 2500 m² hallirakennuksen kaltaisissa tiloissa. Edellä mainittujen toimintojen lisäksi Helsingin toimipiste toimii myös yrityksen logistisena keskuksena. Varastolle saapuu päivittäin keskimäärin neljä rekka-autollisia koristekasveja. Tärkeimmät saapumispäivät ovat sunnuntai ja keskiviikko. Sesonkien aikana saapuvien kuljetusten määrä voi jopa kolminkertaistua. (14)

Suurin osa koristekasveista säilytetään huoneenlämmössä hallirakennuksessa josta on suora yhteys ulkoilmaan. Ulko-ovet ovat päivittäin auki vienti- ja tuontiliikenteen ollessa toiminnassa. Ainoastaan leikkokukat säilytetään jäähdytetyssä tilassa. Kylmäsäilytystila on suljettu kiintein ovin, mutta tilassa tapahtuu jatkuvaa liikennettä henkilökunnan ja asiakkaiden toimesta, joten eri varastotilojen huoneilmat ovat yhteydessä toisiinsa.



Kuva 1. Helsingin Kukkatoimitus Oy:n leikkokukkien varastointikylmiö.

2.3 Tuotteet

Helsingin Kukkatoimitus Oy:n tuotteet koostuvat ruukkukasveista, leikkokukista ja -vihreistä sekä monivuotisista kasveista. Yritys myy myös puita, pensaita ja havuja. Edellä mainittujen lisäksi yritys myy myös eri sesonkituotteita.

Leikkokukkia yritys tuo kotimaisten kukkien lisäksi pääasiassa Hollannista, mutta myös ecuadorilaiset ruusut, kolumbialaiset neilikat ja thaimaalaiset orkideat ovat osa valikoimaa. Leikkokukkien valikoima on laaja. Yritys myy muun muassa tulppaneja, kalloja, ruusuja, krysanteemeja ja gerberoita. Myös lajikevalikoima on hyvin monipuolinen. Esimerkiksi ruusuja on myynnissä 18 eri lajiketta, minkä lisäksi asiakkaan on mahdollista tilata erikseen värjättyjä tuotteita.

2.4 Leikkokukat

Leikkokukiksi nimitetään kukkia, jotka leikataan varsineen ja asetetaan esille koristetarkoituksessa maljakkoon tai joita käytetään kukkasidontatöissä. Suosittuja leikkokukkakasveja ovat esimerkiksi ruusut, neilikat ja tulppaanit. Kaupallisesti merkittäviä leikkokukkia viljellään yleisesti kasvihuoneissa. (8)

2.4.1 Ruusut

Ruusut (*Rosa*) on kasvisuku, joka kuuluu ruusukasvien (*Rosaceae*) heimoon. Ruusu on kukkiva piikkivartinen pensas, jonka kukkaa käytetään yleisesti leikkokukkina. (16) Ruusut ovat muiden leikkokukkien tavoin herkkiä tuholaisille ja eri kasvitaudeille. Ruusuja yleisimmin vaivaavia tauteja ovat ruusuhärmä, mustalaikkutauti, ruusuruoste sekä versotauti. (17)



Kuva 2. Ruusukimppu.

Suomessa ruusujen kulutus on suurta. Suomalaiset ostavat vuosittain noin 70 miljoonaa leikkoruusua. Kuluttajahinnoin mitattuna kotimaisen ja ulkomaisen ruusukaupan yhteenlaskettu arvo on noin 50 miljoonaa euroa, mikä kattaa noin kymmenesosan vuotuisen kukkaliiketoiminnan arvosta. Suomessa viljellään noin kaksinkertainen määrä leikkokukkia vuodessa verrattuna muihin pohjoismaihin. Suomessa viljeltävien eri leikkoruusulajikkeiden määrä on noin sata. (28)

2.4.2 Tulppaanit

Tulppaanit (*Tulipa*) ovat sipulikasveja, jotka kuuluvat liljakasvien (*Liliaceae*) heimoon. Tulppaanien tuhansia eri lajikkeita viljellään niiden kauniiden kukkien takia. Tulppaaneja tuodaan Suomeen sekä sipuleina että leikkotulppaaneina. (18)



Kuva 3. Tulppaanikimppu.

Tulppaani on ruusun ohella maailman yleisin leikkokukka. Suomessa viljellään talven aikana noin 40 miljoonaa leikkotulppaania, lajikkeiltaan noin sataa erilaista. Tulppaaneja tuodaan ulkomailta hyvin vähän, vain erikoisempia lajikkeita, joita ei Suomessa ole tarjolla. (28)

2.4.3 Neilikat

Neilikat (*Dianthus*) ovat suku kohokkikasvien (*Caryophyllaceae*) heimossa. Sukuun kuuluu noin 300 lajia, jotka kasvavat luonnonvaraisina pääasiassa Euroopassa ja Aasiassa. (10)



Kuva 4. Neilikoita.

3. Kukkien säilyvyys ja siihen vaikuttavat tekijät

3.1 Optimaaliset säilytysolosuhteet

Helsingin Kukkatoimituksen leikkokukkavaraston olosuhteet vastaavat lämpötilan ja ilman kosteuden osalta leikkokukkien optimaalisia säilytysoloja. Toki eroja eri kukkien välillä löytyy, mutta leikkokukille olot ovat kaikille samankaltaiset. Varaston ilman lämpötila on pidettävä kylmänä, noin 4 – 6 °C:na ja ilmankosteus noin 70 %:na. Viileän lämpötilan avulla hidastetaan kukkien soluhengitystä. Optimaalisella ilman kosteudella ehkäistään kasvien kuivumista mutta toisaalta myös kosteusvaurioiden syntymistä. Optimaaliset säilytysolosuhteet vaihtelevat eri kasveilla. Ilmanlaadultaan varaston tulisi olla raikkaan puhdas; saasteiden, etyleenin ja mikrobien määrien tulisi olla pieniä.

Tuotteiden varastoinnilla on suuri taloudellinen merkitys ruoka- ja kukkateollisuudessa. Varastot sallivat tuottajien, käsittelijöiden ja myyjien tasapainoilun hiljaisten ja kiireisten kausien välillä sekä auttavat ylläpitämään tarjontaa ja rajoittamaan menoja. Alalla on arvioitu, että suoranaisesti etyleenin aiheuttaman hävikin arvo liikkuu vuositasolla miljardeissa. Näin ollen etyleenillä on merkittävä taloudellinen rooli alalla. Etyleenin poisto varasto- ja laivaustiloista vähentäisi pilaantuneisuutta ja siten pienentäisi huomattavasti hävikkiä ja parantaisi yritysten voittoa. (9)

3.2 Säilyvyyttä rajoittavat tekijät

Kukkien säilyvyyteen vaikuttavat ilman lämpötila, suhteellinen kosteus, sekä ilman mikrobiologinen ja kemiallinen puhtaus. Myös valaistuksella on merkitystä kukkien säilyvyyteen. Etyleenin aiheuttaman haitan aste riippuu ilman etyleenipitoisuudesta, kukan altistumisajasta sekä kukan lämpötilasta.

3.2.1 Kasvin rakenne ja ominaisuudet

Kasvit ovat monisoluisia, vihreitä, omavaraisia eliöitä, jotka hankkivat kasvuun ja aineenvaihduntaan tarvitsemansa energian yhteyttämällä. Kasvien rakenne eli morfologia käsittää ulkorakenteen eli organologian ja sisärakenteen eli anatomian. Sopeutuminen

toisistaan huomattavasti poikkeaviin kasvuolosuhteisiin on muokannut kasvien kokoa ja muotoa hyvin vaihtelevaksi. Kuitenkin samankaltaisen rakenteen lisäksi myös kasvien elintoiminnot eli fysiologia on pääpiirteissään samankaltaista ja niiden yksilönkehitys siemenestä lisääntymiskykyiseksi kasviksi noudattaa samaa kaavaa. (6, s.9-10)

Monet ympäristötekijät voivat rasittaa kasveja eli aiheuttaa niille stressiä. Kasvia rasittavat tekijät jaetaan elottomiin eli abioottisiin tekijöihin ja elollisiin eli bioottisiin tekijöihin. Abioottisia stressitekijöitä ovat esimerkiksi epäsuotuisa lämpötila, liian voimakas valo, ravinteiden puutos tai liiallisuus, tulva tai vedenpuute. Merkittävimpiä bioottisia stressitekijöitä ovat kasvitaudit ja tuholaiset. Epäedulliset olosuhteet nopeuttavat usein kasvien yksilönkehitystä. Stressitilanteissa eri kasvihormonien eritys lisääntyy. Kohonnut abskisiinihapon määrä hidastaa kasvua, kun taas etyleenihormonin pitoisuuden kasvu edistää kukkien kehittymistä ja nopeuttaa hedelmien kypsymistä. Etyleenin vaikutuksesta lehdet vanhenevat tavallista nopeammin ja putoavat ennenaikaisesti. (6, s. 90)

3.2.2 Kasvihormonit

Jokaisessa elävässä kasvisolussa on ohje kokonaisen kasvin rakentamiseksi. Ohje on pakattu kromosomeissa sijaitseviin geeneihin, ja sitä toteutetaan vuorovaikutuksessa ympäristötekijöiden kanssa. Ulkoisen ärsykkeen vastaanottaminen käynnistää soluissa reaktioketjun, joka johtaa muutokseen kasvussa tai kehityksessä. Ympäristön ärsykeitä kasveissa välittävät kasvihormonit. (6, s. 97)

Kasvien kehitystä säätelevistä kasvihormoneista tunnetuimpia ovat auksiinit, sytokitiinit, gibberelliinihapot, abskissihappo ja etyleeni. Ne vaikuttavat kasvien kehitykseen hyvin pieninä piko-nanomolaarisina pitoisuuksina. Usein hormonit joko heikentävät tai vahvistavat toistensa vaikutusta. Eri hormoneja valmistuu kasvin eri osissa ja hormonia voidaan kuljettaa kasvin muihin osiin tai käyttää synteesipaikassaan. Kasvi säätelee hormonin määrää synteesin tai hajotuksen avulla. Hormonin toiminnan estämistä kutsutaan inaktivoinniksi. (6, s.98)

Kukkien säilyvyyttä rajoittavia tekijöitä ovat muun muassa lämpötila, ilman kosteus ja ilman kaasukoostumus. Kukat ovat hyvin herkkiä etyleenille, joka aiheuttaa muun muassa niiden värien haalistumista. Etyleeni tuhoaa kasvien klorofylliä, jonka seurauksena kasvien puna- ja keltapigmenttien osuus korostuu, mikä saa aikaan kasvien vanhentuneen ulkonäön.(11)

Kukat eivät itse kuitenkaan tuota suurta määrää etyleeniä, vaan kaasulle altistuminen voi aiheutua yhteisvarastoinnista esimerkiksi hedelmien kanssa. Taulukossa 1 on esitetty eräiden kukkien etyleenin tuottavuutta sekä etyleeniherkkyyttä. Arvoasteikko oli määritelty 1-6, jossa 6 tarkoittaa todella merkittävää ominaisuutta ja 1 ilmaisee sen, ettei ominaisuutta ole. (7)

Taulukko 1. Kukkien tuottavuus ja herkkyys etyleenin suhteen. (7)

Flowers	Ethylene production	Ethylene sensitivity
Roses (*)	2	5 (Buds open sooner)
Carnations (*)	2	5 (Buds do not open, rolling of petals)
Flowery bulbs	2	5 (Less flowers, smaller flowers)

Leikkokukista neilikat, krysanteemit, gladiolit ja ruusut ovat hyvin herkkiä etyleenille. Neilikoilla suuret etyleenipitoisuudet ympäröivässä ilmassa aiheuttavat ns. uneliaisuutta, jolloin kukkien nuput eivät aukene tavalliseen tapaan. Sen sijaan ruusuilla vaikutus on päinvastainen; sen nuput aukeavat ennenaikaisesti tavalliseen kehityskulkuun verrattuna. (9)

3.3 Etyleeni

Etyleenikaasu on hajuton ja väritön kaasu, jota esiintyy luonnossa mutta jota voidaan myös valmistaa synteettisesti. Vaikeasti havaittavana kaasuna sitä esiintyy usein varastointitiloissa, -konteissa tai -halleissa. Etyleeni voi läpäistä kartonkilaatikot, puun ja jopa betoniseinät. Luonnossa etyleenin merkittävimpiä tuottajia ovat kasvit ja kasvituotteet, kuten hedelmät, vihannekset ja kukat. Kasvit ja kasvituotteet tuottavat etyleeniä kudoksissaan ja vapauttavat sitä ympäröivään ilmaan. Ihmisen tuottamana etyleeniä syntyy muun muassa polttoprosessin aikana. Diesel- tai bensiinikäyttöiset moottorit ovat yksi merkittävä etyleenin lähde. (9; 24)

3.3.1 Etyleenin biosynteesi ja soluhengitys

Etyleeni on kaasumainen kasvihormoni, jota voi syntyä kaikissa elävissä kasvisoluissa. Kasvit ja mikro-organismit tuottavat etyleenikaasua. Kasvit syntetisoivat etyleeniä erilaisissa stressitilanteissa. Ne reagoivat myös toisista kasveista ja vanhenevista kasvinjätteistä erittyvään etyleeniin sekä jopa autojen pakokaasun etyleeniin. Kasveilla etyleeni säätelee kehitysprosessia ja vaikuttaa välillisesti kasvin reaktioihin ulkoisia ärsykeitä kohti. (6, s. 103; 2)

Kasvit pystyvät yhteyttämään eli sitomaan auringon energiaa orgaanisiin yhdisteisiin kemialliseksi energiaksi. Kasvit ja muut elävät organismit käyttävät yhteyttämisessä eli fotosynteesissä syntyvää hiilidioksidia ja siitä syntyviä muita yhdisteitä energianlähteenään. Kun yhteyttämistuotteita hajotetaan, niihin sitoutunut energia vapautuu soluhengityksessä, jossa hapen läsnä ollessa hiilihydraatit hajoavat takaisin hiilidioksidiksi. Reaktio on fotosynteesin reaktiolle käänteinen. (6, s. 79 – 80, 86)

Yhteyttävissä soluissa sekä sidotaan että tuotetaan hiilidioksidia. Ilman hiilidioksidimäärä vaikuttaa soluhengityksen säätelyyn. Korkeassa hiilidioksidipitoisuudessa soluhengitys ja samalla muut solun elintoiminnot hidastuvat. (6, s. 86)

Hedelmiä ja koristekasveja, erityisesti leikkokukkia, varastoitaessa pyritään varastotilan ilman etyleenipitoisuutta kontrolloimaan, koska soluhengityksen kiihtyminen ja etyleenintuotanto nopeuttavat vanhenemista. Usein varastotiloissa käytetään erilaisia etyleenisieppareita tai etyleeni-inhibiittoreita estämään hedelmien ja koristekasvien ennenaikaista vanhenemista, jotta välttyttäisiin sadon laadun heikkenemiseltä ja taloudellisilta tappioilta. Jo ilman etyleenipitoisuudet välillä 0,1 – 1 ppm edesauttavat kasvien kypsymistä ja pilaantumista (6, s. 104; 24)

Etyleenillä, joka tunnetaan myös kuoleman tai rappeuttamisen hormonina, on regulatiivinen rooli monissa kasvin kasvuun, kehitykseen ja lopulta kuolemaan liittyvissä prosesseissa. Hedelmissä, kasviksissa ja kukissa on reseptoreita, joiden avulla ne absorboivat vapaita ympäristön etyleenimolekyyliä. Suljetuissa tiloissa esimerkiksi hedelmän

tuottaman etyleenin pitoisuus kasvaa, jolloin korkea etyleenipitoisuus stimuloi hedelmää tuottamaan edelleen lisää etyleeniä ympäristöönsä. Tämä ilmiö kokonaisuudessaan kiihdyttää hedelmän kypsymistä, ikääntymistä ja lopulta pilaantumista. (9)

3.3.2 Mikrobit ja etyleenin muodostus

Etyleeniä vapautuu kasvin infektoituessa patogeenisten sienten toimesta ja on todistettavissa, että sekä kasvi että sieni ottavat osaa etyleenin tuottoon. (27, s. 55–63; 3)

Monet kasvien patogeeniset sienet ja bakteerit tuottavat etyleeniä. Sieniryhmien kuten *Phycomycetes* ja *Ascomycetes* on havaittu tuottavan etyleeniä. Myös yleisesti kasveissa esiintyvän homeen, *Botrytis cinerean*, on tutkittu tuottavan etyleeniä metioniinin läsnä ollessa. (19, s. 85–91)

3.4 Mikrobiologiset vaikuttajat

3.4.1 Ilman mikrobit ja niiden elinolosuhteet

Ilmassa esiintyviä biologisia partikkeleita kutsutaan bioaerosoleiksi. Yleisesti ottaen bioaerosolit ovat muodostuneet polydispertoituneina pisaroina tai erikokoisina, halkaisijaltaan 0,5 – 30 µm kokoisina partikkeleina. Ilma toimii bioaerosolien kuljettimena paikasta toiseen. Eri mikro-organismien koostamien bioaerosolien pitoisuudet ja koostumukset vaihtelevat lähteen ja hajaantumisen mukaan uudelleensijoittumiseen saakka. (13, s.619)

Ilman mikrobien lähteitä on monipuolisesti ympäristössä; vesi, maaperä ja kasvit synnyttävät mikro-organismeja ilmaan. Bioaerosolien kulkeutumiseen ja laskeutumiseen vaikuttavat sekä sen komponenttien fysikaaliset ominaisuudet että ympäristön parametrit. Partikkeli- tai pisaroiden koko, tiheys ja muoto muodostavat tärkeimmät fysikaaliset ominaisuudet, kun taas ilmavirtojen voimakkuudet, ilman suhteellinen kosteus sekä lämpötila vaikuttavat selvimmin ympäristön puolesta. Samat tekijät säätelevät myös suuressa osin ilman mikro-organismien selviytymistä ja niiden kykyä kolonisoitua. (13, s. 619)

3.4.2 Kasvitaudit

Kasveilla on puolustusmekanismeja, joilla ne voivat estää haitallisten bakteerien, sienien ja virusten lisääntymistä. Kasvien pintakerrokset kestävät yleensä varsin hyvin taudinaiheuttajien hyökkäyksiä. Kasvi sairastuu vain silloin, kun taudinaiheuttaja on erikoistunut infektoimaan juuri kyseistä kasvilajia. Infektoituneelle kasville kehittyy tyyppisiä taudin oireita. Monien taudinaiheuttajien toiminta tunnetaan nykyään molekyyli-tasolla. Yhdellä kasvilajilla ei esiinny kovin monta eri tautia. Kasvisolujen soluliman pH on lähellä neutraalia, mikä on otollinen kasvuympäristö monille bakteereille ja sienille. (6 s. 93)

Eri pieneliöt aiheuttavat tarttuvia kasvitauteja. Nämä voidaan jaotella neljään eri ryhmään: 1) virukset ja viroidit, 2) mykoplasmat, riketsiat ja spiroplasmata, 3) bakteerit ja 4) sienet. Kaikki nämä edellä mainitut taudinaiheuttajat käyttävät elävää kasvisolukkoa hyväkseen ravintoa ottaessaan ja lisääntyessään. Ne häiritsevät kasvin aineenvaihduntaa, mikä näkyy kasvissa värin ja muodon muutoksina. Hyvin usein tautisissa kasveissa ilmenee lehtivihreän kuoleamisen tai häviämisen seurauksena kellastumista tai mustumista eli kuoliota. (5, s.9)

Taudinaiheuttajat leviävät kasvista toiseen joko suoraan kasvista kasviin, ilmapirtausten mukana itiöidensä avulla tai levittäjäeliöiden eli vektoreiden avulla. Esimerkiksi hyönteiset ja linnut levittävät viruksia, mykoplasmoja, bakteereita ja sieniä. Kasvien uhkina on myös olemassa tarttumattomien tautien aiheuttajia, kuten ravinteiden määrien muutokset, torjunta-aineet ja saasteet. Kaasumaisten saasteiden ja happosateiden vaikutus kasveihin on riippuvainen niiden väkevyydestä. Saasteiden vaikutusta kasveihin ei kuitenkaan tunneta riittävästi. Ympäristösaasteilla on myös vaikutuksensa kasvitautilien, kuten eri sienitautien aiheuttajiin. Muun muassa harmaahome hyötyy ympäristösaasteista. (5, s.16–20)

3.5 Bakteerit

Bakteerit ovat yksisoluisia pieneliöitä. Solun ympärillä on luja soluketto. Bakteerit ovat muodoltaan joko pallomaisia tai joko suoria tai kierteisiä sauvoja. Bakteerilajien määri-

tys on vaikeaa. Erään luokittelun mukaan bakteerit jaetaan kahteen suureen ryhmään, gram-positiivisiin ja gram-negatiivisiin. Bakteerit luokitellaan viiteen eri lahkoon, joista pääasiassa kahdessa on kasvitauteja aiheuttavia bakteereita. (5, s. 12)

3.5.1 Bakteerit kasveissa

Bakteerit tunkeutuvat kasveihin haavojen, ilmarakojen ja huokosten kautta. Bakteerit aiheuttavat tauteja käyttämällä ravinnokseen kasvin aineita sekä häiritsemällä omilla aineenvaihduntatuotteillaan, toksineilla, entsyymeillä ja hormoneilla, kasvin elintointoja. Bakteeritaudit ilmenevät kasveissa kellastumisena, kuihtumisena, solukkojen kuolemisenä, mätänemisenä tai syöpämaisena kasvannaisena. (5, s.12)

Bakteerit lisääntyvät jakautumalla, joka voi tapahtua muutamassa minuutissa. Bakteerit leviävät passiivisesti ihmisten, eläinten, hyönteisten ja veden välityksellä. Suotuisissa oloissa bakteerit leviävät nopeasti ja voivat saada aikaan silloin suurta tuhoa kasveille. Bakteerit säilyvät kasvukaudesta toiseen siemenissä, juurissa, mukuloissa, maassa ja puuvartisten kasvien monivuotisissa osissa. (5, s.12)

Mykoplasmat, spiroplasmata ja riketsiat luetaan kuuluviksi bakteereihin. Ne ovat yksisoluisia pieneliöitä, joiden muoto vaihtelee solun seinämän puuttumisen vuoksi. Ne elävät kasvien johtojänteissä ja aiheuttavat virustaudin kaltaisia oireita kasveihin. Tyyppillisiä oireita voivat olla lehtien kellastuminen, kukkien vihertyminen, lehtien epämuotoisuus ja epänormaalin runsas versojen ja oksien muodostuminen. Mykoplasmataudit leviävät hyönteisten välityksellä. (27)

3.5.2 Bakteerit rakennuksissa

Bakteerit ja levät yleisesti kasvavat rakennuksissa seisovan veden ympäristössä, kuten esimerkiksi ilmanvaihtokanavissa tai kosteusvaurioiden ja -vuotojen läheisyydessä. Mikro-organismit muodostavat yleisesti pesäkkeitä mille tahansa riittävän kostealle pinnalle. (13, s.620)

Suljetuissa huonetiloissa merkittävän bakteerilähteen aiheuttavat tilaa käyttävät ihmiset. Bioaerosolien ihmisestä toiseen siirtyminen on varsin yleistä tiiviisti kansoitetuissa sisätiloissa, kuten esimerkiksi armeijassa. (13, s. 623)

3.6 Sienet

Sienet ovat heterogeeninen ryhmä, joka koostuu limahomeista, vesihomeista, sienistä ja jäkälistä. Sienet voivat elää laajaskaalaisesti eri paikoissa, kuten kallioperässä, merissä, tropiikissa ja jopa Pohjoisnavalla. Ne ovat kehittäneet eri ravinnonsaantitapoja. Jotkin sienet loisivat, toiset elävät symbioosissa kasvien juurien kanssa muodostaen mykorritsoja tai levien kanssa. Suuri osa sienistä elää saprofyytteinä. Monien näistä on havaittu kasvavan rakennusten sisätiloissa ja aiheuttavan sairauksia ja vahinkoa asuttamissaan rakennuksissa. (13, s. 651) Sienet tarvitsevat yksinkertaisia sokereita, hiilihydraatteja, vitamiineja ja aminohappoja selviytyäkseen. Ravinnon lisäksi sisätiloissa elääkseen sienet tarvitsevat vettä.

Sienillä on kehittyneempi ja monipuolisempi rakenne ja muoto kuin bakteereilla. Ne ovat muodostuneet ohuista, putkimaisista ja haaroituneista sienirihmoista, jotka on jaettu väliseinien avulla soluiksi. Sieniltä puuttuvat lehtivihreähiukkaset, eivätkä ne pysty itse tuottamaan ravintoa. Ne käyttävät hyväkseen kasvin elollisia ravinteita. (5, s.13)

Sienet tuottavat monenlaisia sivuaineenvaihduntatuotteita; merkittävimpinä pidetään mykotoksiineja ja haihtuvia orgaanisia yhdisteitä eli VOC-kaasuja. Mykotoksiinit ovat haitallisia ihmisille ja eläimille, ja joidenkin aktiivisesti kasvavien sienten tuottamat VOC-kaasut tiedetään ärsyttäväiksi kemikaaleiksi. (13, s.651)

3.6.1 Sienet kasveissa

Eniten kasvitauteja aiheuttavat sienet. Nykyisin tunnetaan n. 120 000 sienilajia, joista noin 15000 aiheuttaa kasvitauteja. Sienten solut muistuttavat kasvien soluja, mutta niiltä puuttuvat lehtivihreähiukkaset. Ne eivät pysty itse valmistamaan ravintoa kuten kasvit vaan käyttävät hyväkseen kasvin elollisia ravinteita. (27)

Kasvukauden aikana tauteja aiheuttavat sienet ilmenevät kasveissa sairauksina. Kasvukaudesta toiseen ne säilyvät mm. rihmastona kasveissa, paksuseinäisinä itiöinä ja rihmastopahkoina eli sklerootioina. Taudit leviävät usealla tavalla. Ilman sienitaudit kulkeutuvat kasvista toiseen ilmapirtojen kuljettamina tai käyttäen esim. lentäviä hyönteisiä apuna. (27)

Monet taudit leviävät maa-aineksen välityksellä. Tauti siirtyy maa-aineksesta kasvin juuriin ja saastuttaa kasvin. Joskus maalevintäiset taudit tarvitsevat tuhoeläinten apua päästäkseen kasviin. Siemen- ja taimimateriaalin kautta leviävät taudit voivat olla myös hyvin haitallisia kasvien viljelylle. (27)

3.6.2 *Botrytis cinerea*

Botrytis cinerea -sieni eli harmaahomesieni kuuluu vaillinaissienten *Moniliales*-lahkoon. Harmaahometta tavataan muun muassa mansikoiden tautina. Yleensä harmaahome on heikentyneen ja kuolleen kasvisolukon loinen, mutta eräissä tapauksissa myös aitoloinen. Harmaahometta on runsaasti kaikkialla luonnossa kuolleissa kasvinosissa. Sieni tuottaa runsaasti kuromaitiöitä rihmastosta kohoavissa ylhäältä oksamaisesti haarautuvissa kuromankannattimissa. Kuromaitiöt ovat yksisoluisia, soikean munamaisia ja noin 10 µm:n pituisia. Sieni muodostaa myös rihmastopahkoja, sklerootioita, joiden avulla se voi talvehtia. Pahkoista kasvaa keväällä sekä kuromankannattimia että rihmastoa. Sieni talvehtii myös maahan jääneissä kasvinosissa. (5, s.52)

Kuromat itävät parhaiten +15...+20 °C:n lämpötilassa runsaan kosteuden vallitessa. Tartunnan alkamiseen riittää, että alttiit kasvinosat pysyvät 12 tuntia kosteina. Itiöissä kasvava sienirihmasto kasvaa kukissa ensin kuihtuneisiin heteisiin ja terälehtiin ja sieltä kukkapohjaan. Kukkapohjassa sienirihmasto voi säilyä elävänä epäsuotuisan sään ajan ja aloittaa jälleen kasvunsa suotuisissa oloissa. Pääasiassa harmaahome leviää siis kukinnan aikana. Kaikki tekijät, jotka lisäävät kasvuston pysymistä kosteana, lisäävät harmaahomeen kasvua ja leviämistä. (5, s.52)

*Botrytis cinerea*lla on tutkittu olevan yhteyttä myös etyleenin tuotantoon. Näin ollen kyseisen homeen kasveja pilaava vaikutus ei rajoittuisi pelkästään loisimiseen. Etylee-

nin ja harmaahomeen välinen suhde on mitä ilmeisimmin kaksisuuntainen; *Botrytis cinerea* kykenee tuottamaan etyleeniä ja ilman etyleenin on tutkittu edesauttavan kyseisen kasvitautin kehitystä. On esitetty, että harmaahomeen itiöiden ollessa herkkiä etyleenille niiden altistaminen tälle kaasumaiselle kasvihormonille voisi saada aikaan itiöiden germinoitumista. (20, s.77, 369–372.)

3.6.3 Sienet rakennuksissa ja huoneilmassa

Sienille on ominaista pienempi veden aktiivisuus (a_w)-vaatimus kuin bakteereille. Sienet muodostavat pesäkkeitä pääasiassa erilaisiin rakennusmateriaaleihin. Yleisesti mikrobikasvuston vahvistimena on pidetty rakennusten ilmastointijärjestelmää, mutta bioaerosolien leviäminen on yhtä mahdollista luonnollisella menetelmällä tuuletetuissa rakennuksissa. Mikro-organismit leviävät yhtä tehokkaasti avonaisten ikkunoiden ja ovien välityksellä. (13, s. 620)

Ilmassa havaittavien sienten olemassaolo ja niiden kyky aiheuttaa hengityselinten sairauksia ja allergisia reaktioita on herättänyt kiinnostusta tutkijoiden keskuudessa. Useita tutkimuksia sienten sisä- ja ulkotilojen synnystä ja leviämisestä on suoritettu. Sienten lähteiksi ja sienipitoisuuksien vahvistajiksi on määritetty muun muassa rakennusten ilmastointilaitteistot, ilmankosteuttajat, huoneiden tekstiilit (kuten matot), huonepöly ja -kasvit sekä teollisuuden eri puu- ja pakkausmateriaalit. (13, s. 621 – 623)

Sieni-itiöt leviävät kahden eri mekanismin avulla: aktiivisella ja passiivisella itiöiden vapauttamisella. Useiden sieni-itiöiden tiedetään muodostavan pitoisuuspiikkejä tiettyyn vuorokauden aikaan. Tämä jaksoittaisuus perustuu itiöiden vapautusmekanismiin ja luontaisiin ympäristön vaikutuksiin. Jotkin sienet vapauttavat itiönsä niin kutsutusti pilvinä. Tällä voi olla myös vaikutusta ilmanäytteenoton tuloksiin; jos itiöpilvi on juuri vapautunut näytteenoton aikana, voivat mittaustulokset antaa virheellistä suuntaa tutkitavan tilan itiöpitoisuudesta. (13, s.652)

Kuvassa 5 on esitetty taulukoituna sosiaali- ja terveysministeriön Asumisterveysohjeen 2003 esimerkkejä ulko- ja sisäilmassa yleisesti esiintyvistä sienisuvuista ja -ryhmistä sekä kosteusvaurioon viittaavista mikrobisuvuista, -lajeista ja -ryhmistä.

TAULUKKO 4.
ESIMERKKEJÄ ULKO- JA SISÄILMASSA YLEISESTI ESIINTYVISTÄ SIENISUVUISTA JA -RYHMISTÄ SEKÄ KOSTEUSVAURIOON VIITTAAVISTA MIKROBISUVUISTA, -LAJEISTA JA -RYHMISTÄ.

Ulkoilmassa yleisiä sienisukuja ja -ryhmiä	Sisäilmassa yleisiä sienisukuja ja -ryhmiä	Kosteusvaurioon viittaavia mikrobisukuja, -lajeja ja -ryhmiä
<i>Cladosporium</i> basidiomykeetit <i>Penicillium</i> <i>Aspergillus</i> <i>Alternaria</i> hiivat steriilit**	<i>Penicillium</i> <i>Aspergillus</i> <i>Cladosporium</i> hiivat	<i>Stachybotrys</i> * <i>Trichoderma</i> * <i>Aspergillus versicolor</i> * <i>Aspergillus fumigatus</i> * <i>Chaetomium</i> * <i>Phialophora</i> <i>Fusarium</i> * aktinomykeetit* pääosin Streptomyces

* mahdollisesti toksiineja tuottavia mikrobeja
 ** pesäkkeitä, jotka eivät käytettävillä kasvualustoilla muodosta itiöitä

Kuva 5. Esimerkkejä ulko- ja sisäilmassa yleisesti esiintyvistä sienisuvuista ja -ryhmistä sekä kosteusvaurioon viittaavista mikrobisuvuista, -lajeista ja -ryhmistä. (25, s.78)

4. Aktiivihappi säilyvyyden parantamiskeinona

Aktiivihappi on luonnon oma menetelmä puhdistaa ilmaa epäpuhtauksista ja tuhota haitallisia mikrobeja 24 tuntia vuorokaudessa. Kuivan ilman pääasialliset komponentit ovat happi (O₂) 21 % ja typpi (N₂) 79 %. Normaali ilma sisältää aina myös jonkin verran kosteutta (H₂O). Luonnossa aurinko, tuuli, sade, kasvit jne. vapauttavat energiaa, joka hapettaa tai pelkistää näitä ilman molekyylejä positiivisiksi tai negatiivisiksi ioneiksi. Ionisoituminen on luonnon oma keino pitää ilmakehää puhtaana. Tämä elektrofysikaalinen ionisaatioprosessi on käynnissä koko ajan. Se on meille elinehto, koska se pitää ilman runsasenergisena sekä neutraloi ja puhdistaa ilmakehää bakteereista, homeista, sienistä, kaasuista, saasteista jne. (12)

4.1 Aktiivihapen muodostuminen ja rakenne

Tavallinen happi ei reagoi helposti useimpien molekyylien kanssa, mutta se voidaan aktivoida lisäämällä siihen energiaa (luonnollista tai tuotettua), jolloin se muuttuu reaktiiviseksi hapeksi. Tällöin joko hapen elektronien kiertonopeus muuttuu tai happi ionisoituu. Hapen muuttamista reaktiiviseksi lisäämällä siihen elektroni kutsutaan pelkistämiseksi. (12)

Ionisoinnissa syntyy aluksi superoksidiradikaali, O₂^{•-}, joka syntyy kun puhdas happi kohtaa elektronin.



Tämä radikaali-ioni on tärkein ihmisen muodostama radikaali. Aikuinen tuottaa sitä vähintään 10 kg vuodessa. Ihmisen solut tuottavat jatkuvasti superoksidia ”antibiootiksi” mikrobeja vastaan. (12)

4.2 Aktiivihapen vaikutukset ja käyttökohteet

Aktiivihapen vaikutukset perustuvat seuraavaan reaktioon. O_2^{*-} -radikaalit reagoivat ilman vesihöyryn kanssa muodostaen perhydroksyyli (HO_2^{*-})- ja hydroksyyli (HO^*)-radikaaleja, jotka voivat hapettaa orgaanisia molekyylejä. (12)



Aktiivihappi hapettaa molekyylejä ja poistaa ilmasta kaasuja ja tuoksua. Tämä kemiallinen prosessi on palautumaton ja poistaa sekä kaasut että hajut pysyvästi. Sähköisesti varautuneet happimolekyylit muodostavat niin kutsuttuja happiklustereita, jotka sekä vetävät puoleensa, neutraloivat että poistavat ilmassa olevia partikkeleita, pölyjä ja saasteita. (12)

Aktiivihappi tuottaa luonnollisen ionitasapainon omaavaa ilmaa, joka happi- ja energia-rikkaana vastaa raitista ulkoilmaa myös sisätiloissa. Aktiivihapella on monipuolisesti käyttökohteita. Sitä voidaan käyttää suurissakin tiloissa mikrobien poistamiseen ja kasvun estämiseen ilmasta sekä tilojen ja tuotteiden pinnoilta. Aktiivihappi neutraloi ja poistaa epämiellyttävät hajut, tupakansavun ja kaasut, kuten esimerkiksi etyleenin. Aktiivihappi poistaa partikkelit, pölyn ja siitepölyn, tuottaen erinomaisen sisäilman erityisesti astmaatikoiden ja henkilöille, joilla on taipumusta päänsärkyyn. Aktiivihappi vaikuttaa myös ilman sähkönjohtavuuteen, jolloin pintojen varaustasot alenevat ja niiden kyky vetää partikkeleita puoleensa heikkenee. Se aktivoi uudestaan luonnollisen energian happeen ja luo terveellisen, puhtaan ja raikkaan ilman ympäristöönsä. (12)

4.3. Aktiivihappi etyleenipitoisuuden pienentäjänä

4.3.1 Etyleeni alkeenina

Alkeeneiksi kutsutaan niitä hiilivetyjä, joilla on hiili-hiilikaksoissidos hiiliketjussaan. Pääte -eeni viittaa tyydyttymättömään hiilivety-yhdisteeseen. Jos kaksoissidoksia on yhdisteessä yksi, on se monoeeni, jos sidoksia on kaksi, kutsutaan yhdistettä dieeniksi, jne. Usean kaksoissidoksen sisältävä yhdiste on polyeeni. Alkeeneja voidaan kutsua

myös olefiineiksi. (1, s. 120.) Etyleenin on yksinkertaisin alkeenin muoto. Sen kemiallinen rakenne on $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2$.

4.3.2 Alkeenien ja etyleenin hapettuminen

Hapettuminen tarkoittaa hapetusluvun kasvua, kun taas pelkistyminen sen pienentymistä. Hapettumisen yhteydessä on jossain kohtaa systeemiä tapahduttava myös pelkistymistä, sillä hapetuslukujen summan on oltava nolla. (1, s. 573 - 574)

Alkeenit ovat suhteellisen elektronirikkaita, joten niitä voidaan hapettaa muun muassa dioleiksi, aldehydeiksi, ketoneiksi tai karboksyylihapoiksi. Alkeenien ja hapettavien tekijöiden reagoidessa voi komponenttien kesken tapahtua hydroksilaatio tai alkeenin jakautuminen. (15) Alkeenit ovat hyvin reaktiivisia yhdisteitä. Tunnusomaista alkeeneille on se, että kaksoissidokseen pyrkii tapahtumaan reagenssien liittymistä. Alkeenit myös hapettuvat helposti. Otsonilla hapetettaessa kaksoissidos saadaan katkeamaan. Esimerkiksi etyleenin ja otsonin reagoidessa muodostuu etyleeniotsonidia. Ilman hapen avulla etyleeni voidaan hapettaa etyleenioksidiksi. (26)

4.4 Aktiivihappi hygieniaratkaisuna

Kylmä- ja viileävarastoissa pidetään alhaista lämpötilaa, jotta haitalliset mikrobit eivät pääsisi vahingoittamaan varastoitavia tuotteita. Kuitenkin sopiva ilmankosteus sekä ravinteikkaat kasvualustat saavat monet mikrobit kasvamaan jopa lähellä nollan asteen lämpötilaa. Esimerkiksi hedelmä- ja vihannesvarastoissa homeet pilaavat tuotteita alhaisissakin lämpötiloissa. (29, s. 2)

Sekä positiiviset että negatiiviset ionit voivat pysäyttää bakteerien ja homeiden kasvun pinnoilla, käynnistää vegetatiivisten bakteerien tuhoutumisen vesipisaroissa ja vähentää elävien bakteerien määrää aerosolissa. Sterilointiin pystyvät useimpien asiantuntijoiden mukaan ainoastaan tehokkaammat negatiiviset ionit. (12)

Keinotekoinen ilman ionisointi tuhoaa yli 90 - 98 % kaikista testatuista bakteereista, sekä sauvoista että kokeista. Bakteereita steriloiva vaikutus riippuu ilman ionikonsent-

raatiosta sekä altistusajasta. Pitoisuus 5000 - 50000 ionia/cm³ tuottaa puhtaan ilman, joka on käytännössä bakteeriton. Aktivoitu happi murtaa mikrobien solukalvon niiden jakautumisvaiheessa täten estäen niitä lisääntymästä. Aktiivihappi, aivan kuten antibiootitkin, vaikuttaa mikrobisoluja tuhoavasti, mutta sillä ei ole vaikutusta ihmisen soluihin. (12)

Tuhoava vaikutus mikrobisoluihin johtuu ionien lipidejä ja aminohappoja hapettavasta vaikutuksesta, josta on seurauksena mikrobin soluseinämän murtuminen. Kolmas vaikutusmekanismi on ionien reagoidessa vesihöyryn kanssa syntyvän hydroksyylin mikrobien DNA:ta tuhoava vaikutus. (12)

4.5 Aktiivihappigeneraattori BIOCID MX 1800-E9-IC

4.5.1 Käyttöalue ja toiminta

Aktiivihappigeneraattorin käyttötarkoituksena on ilman desinfiointi. Aktiivihappigeneraattorin toiminta perustuu ionisaatioputkiin, jotka tuottavat ilmaan positiivisia ja negatiivisia ioneja. Negatiiviset ionit tuhoavat tehokkaasti mikrobeja ilmasta ja pinnoilta. (21)

BIOCID-aktiivihappigeneraattorit soveltuvat monenlaisiin eri tiloihin. Hyvää palautetta järjestelmän toiminnasta on saatu jopa 3500 m³:n tiloista. Laitteita voidaan käyttää joko asennettuna ilmanvaihtokanavaan, tai ne voivat toimia tuulettimen tavoin. Oikein mitoitettuna aktiivihappigeneraattorijärjestelmä pitää mikrobit kurissa tehokkaasti sekä ilmassa että tuotteiden ja varastotilojen pinnoilla. (29, s.4)

Aktiivihappigeneraattorimallin MX 1800-E9-IC tehoa voidaan säätää kahdeksaan eri tasoon. Mitä huonompi ilmanlaatu ja suurempi huonetila ovat kyseessä, sitä suurempi ionisaation teho tarvitaan. Generaattorin tuulettimen nopeuden tulisi olla suurin mahdollinen parhaan tuloksen aikaansaamiseksi. Toisin sanoen, suurimmalla mahdollisella ilmanvaihdolla taataan parhaiten mikrobien kattavin tuhoutuminen sekä ilman tehokas sterilisointi. (4)

KOKEELLINEN OSA

5. Työn suoritus

5.1 Alustava mittaussuunnitelma ja tehdyt muutokset

Insinööri työn mittausosio oli tarkoitus suorittaa ilmanäytteenotoilla kahdella eri menetelmällä. Ilmanäytteitä oli tarkoitus ottaa Andersenin kuusivaiheimpaktorilla käyttäen kasvatusalustoina petrimaljoille valettuja tryptoni-hiiva-glukoosi-agar-alustoja (THG) sekä mallasagar-alustoja. Ilmanäytteitä suunniteltiin otettavan myös samanaikaisesti käsikäyttöisellä Biotest Hycon RCS High Pilot Flow –merkkisellä ilmakeräimellä. Näiden kahden eri impaktorin avulla oli tarkoitus kartoittaa leikkokukkien säilytyskylmiön mikrobiologista ilmanlaatua. Ilmanäytteistä oli tarkoitus määrittää sekä ilman hiukkaspitoisuus kokonaisbakteereille että sienille, joilla tarkoitetaan hiivoja ja homeita.

Mikrobiologisen ilmanlaadun määrittämisen lisäksi oli tarkoitus mitata ilman lämpötilaa ja kosteuspitoisuutta eri mittaushetkillä. Koska aktiivihapella on ilman otsonipitoisuutta kohottava vaikutus, oli tärkeää myös seurata ilman otsonipitoisuuden muutoksia kokeiden aikana. Koska aktiivihappigeneraattori muodostaa toimiessaan otsonia, kertoo otsonin lisäys säilytyskylmiön ilmassa generaattorin toimivuudesta. Otsonipitoisuutta oli tarkoitus mitata Dräger-ilmaisinputkien ja käsikäyttöisen Dräger-pumpun avulla.

Alkuperäisen tutkimussuunnitelman mukaan työssä oli tarkoitus tutkia aktiivihapen vaikutusta leikkokukkien säilytyskylmiön ilman etyleenipitoisuuteen. Tätä varten huoneilmasta suunniteltiin mitattavan Dräger-ilmaisinputkien sekä käsikäyttöisen Dräger-pumpun avulla etyleenipitoisuutta samassa yhteydessä muiden mittausten kanssa. Esimittausten aikana kuitenkin havaittiin etyleenipitoisuuden olevan niin pieni, ettei sen pitoisuuseroja saataisi selville käytössä olevien mittalaitteiden avulla. Säilytystilan tarkemman tarkastelun jälkeen havaittiin, että etyleenipitoisuutta suuremmaksi ongelmaksi oli muodostunut tilassa vallitseva homekasvusto, ja näin ollen päätettiin keskittyä huoneilman mikrobiologisen tilan parantamiseen aktiivihapen avulla.

Eri ilmanäytteenottoja ja mittauksia oli tarkoitus suorittaa kolmen eri aktiivihappigeneraattorista riippuvan olosuhteen vallitessa säilytyskylmiössä. Ensin suoritettaisiin esimittaukset, jotta nähtäisiin, minkälaiset olosuhteet kylmiössä vallitsevat ennen aktiivihappigeneraattorin käyttöönottoa. Näytteitä oli otettava riittävä määrä, jotta tuloksia voitaisiin tarkastella tilastollisesti. Näin ollen saataisiin selville ilmahygienian lähtötilanne, jota pyrittäisiin parantamaan aktiivihapen avulla. Esimittauksissa ilmanäytteitä suunniteltiin otettavan 20 kertaa.

Esimittausten jälkeen oli tarkoitus siistiä mittausaluetta ja poistaa näkyvä lika ja home, jotta aktiivihapen vaikutus huoneilmaan saataisiin maksimoitua. Tutkittavan tilan siistimisen jälkeen aktiivihappigeneraattori asennettaisiin sopivalle paikalle ja sen vaikutusta testattaisiin kahdella eri teholla kymmenen mittauskerran ajan. Koko mittausrupeaman aikana oli myös tarkoitus tehdä havaintoja leikkokukkien säilytyskylmiöstä ja aloittaa aistinvarainen arviointi tietyistä leikkokukista.

5.2 Mikrobien kasvatusolosuhteet

Työ aloitettiin määrittämällä oikeanlaiset kasvatusolosuhteet mikrobiologisia määrittämissä varten. Jotta saataisiin kattavaa tietoa tilan ilmahygieniaasta, päätettiin huoneilmasta määrittää kokonaisbakteeripitoisuus ja sienten määrä. Määrittäminen tehtiin kahden eri ilma-keräimen avulla. Andersenin kuusivaiheimpaktoria varten oli tehtävä kasvatusalustat petrimaljoille, kokokasbakteereja varten THGagar-alusta ja sieniä varten mallasagar-alusta. Agarliuokset tehtiin sekoittamalla eri komponentteja ohjeen mukaan ja lisättiin ionivaihdettu vesi. Sekä THG- että mallasagar-alustalle olisi kuulunut lisätä antibiootteja, jotta niissä saataisiin kasvamaan juuri erikseen kokonaisbakteerit ja sienet. Koettiin kuitenkin, että riittävän tarkat määrittäykset saataisiin aikaiseksi ilman antibioottien lisäyksiä kasvatusalustoille ja samalla säästettäisiin tutkimuskustannuksissa.

Liuokset autoklavoitiin 121 °C:ssa 15 minuutin ajan, jotta kasvatusalustalle saataisiin kasvamaan vain ilmanäytteissä olevat bakteerit ja sienet. Koska yhtä ilmanäytteenottoa varten tarvittiin kuusi petrimaljaa alustaa kohti, oli lopullinen alustojen määrä suuri. Koska alustat eivät olisi pysyneet tuoreina koko mittausjakson ajan, päätettiin valmistaa

kasvatusalustat osissa, noin viittä kymmentä mittauskertaa varten kerrallaan. Kokonaisuudessaan THG- ja mallasagar-alustoja valmistettiin yhteensä 480 maljan verran.

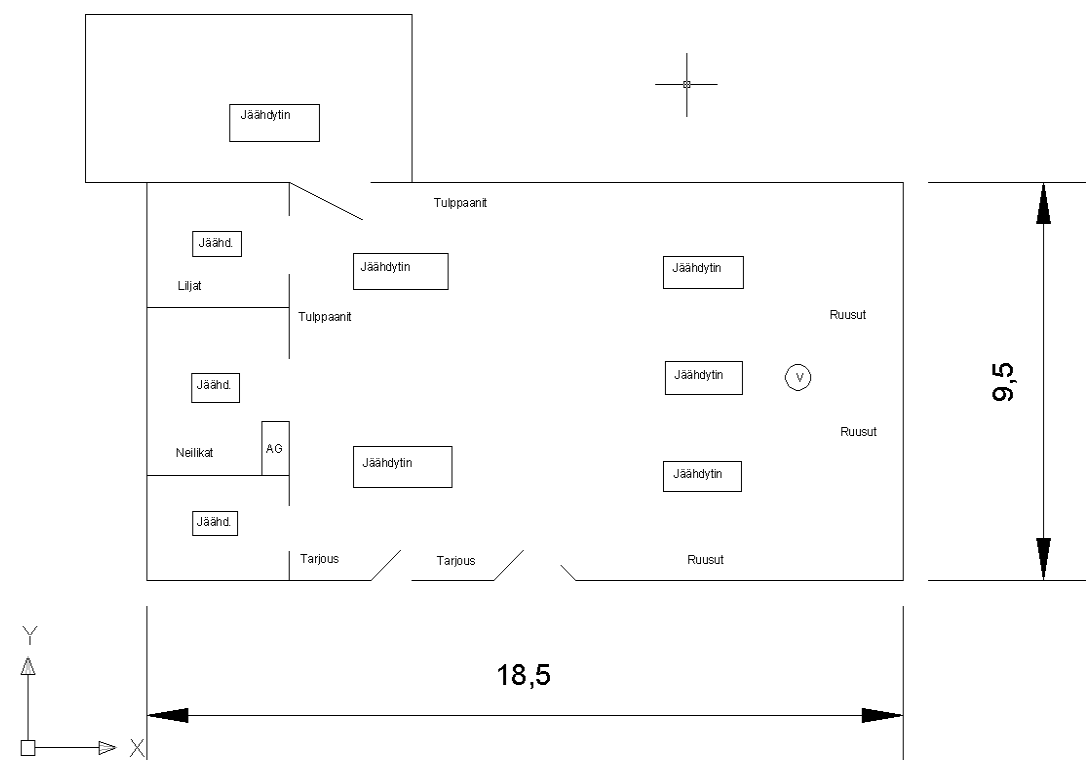
Biotestin käsikäyttöisellä ilmakeräimellä otettiin myös ilmanäytteet kokonaisbakteereja ja sieniä varten. Kasvatusalustoja ei tarvinnut erikseen valmistaa, vaan keräimessä käytettiin kasvatusliuskoja, jotka hankittiin erikseen työtä varten.

Ilmanäytteiden oton jälkeen kasvatusalustoja oli inkuboitava lämpökaapissa tietyn ajan verran, jotta ilmanäytteessä olleiden hiukkasten määrä olisi laskettavissa. Kokonaisbakteerimäärittämisessä maljoja inkuboitiin kahdesta kolmeen vuorokautta. Sienten eli hiivojen ja homeiden inkuboitumisaika oli noin viisi vuorokautta. Mallasagar-maljoja kuitenkin tarkkailtiin jo samassa yhteydessä THG-maljojen kanssa, sillä ei tiedetty, kuinka vahvasti homeet ja hiivat maljoilla kasvaisivat. Näin ollen mallasagar-alustan pesäkkeet laskettiin sekä noin kolmen että viiden vuorokauden kuluttua näytteenotosta. Inkubointilämpötila päätettiin pitää kummallekin alustalle samana, sillä koululla oli rajallinen määrä lämpökaappeja, joihin oli asetettu tietyt vakioämpötilat. Maljojen ja kasvatusliuskojen inkubointi tapahtui siis 28 °C:ssa, jossa pesäkkeiden muodostus sekä kokonaisbakteereilla että sienille nähtiin mahdolliseksi.

5.3 Tutkittava tila

Tila, jossa ilmanäytemittaukset suoritettiin, oli osa Helsingin Kukkatoimitus Oy:n kylmävarastoa. Varastoon oli sijoitettu yrityksen kylmäsäilytystä edellyttävät leikkokukat. Varasto koostui yhdestä suuresta huoneesta sekä neljästä pienemmästä huoneesta. Koko kylmävarasto oli tilavuudeltaan noin 1000 m³. Kaikissa huoneissa oli käytössä ilman jäähdytyslaitteistot. Huoneiden välillä ei ollut ovia, joten koko kylmävaraston huoneilma oli tilassa yhteistä. Näin ollen voitiin olettaa eri leikkokukista irtoavien partikkelien leviävän koko kylmävaraston huoneilmassa. Kuvassa 6 on esitelty leikkokukkien kylmävaraston suuntaa-antava pohjapiirros, johon on sijoitettu valmiiksi aktiivihappigeneraattorin (AG) paikka.

Ilmanvaihto kylmähuoneen ja muun liikerakennuksen välillä oli selvää sillä, tilojen välisiä ovia availtiin jatkuvasti henkilökunnan ja asiakkaiden toimesta. Muu liikerakennus oli osa suurta hallia, jossa oli yhteys ulkoilmaan (hallin ovet olivat auki päivittäin). Hallissa varastoitiin kasveja, jotka eivät vaatineet kylmätilaa säilyäkseen.



Kuva 6. Leikkokukkakylmiön pohjapiirustus.

Eri leikkokukat oli sijoitettu kylmävarastossa omiin tiloihinsa, pääasiassa siten, että eri lajikkeet olivat joko omissa huoneissaan tai eri osissa suurinta huonetilaa. Mittaukset suoritettiin kylmävaraston keskimmaisessä, neilikoiden säilytykseen tarkoitettussa pienhuoneessa ja sen oviaukon läheisyydessä. Neilikoiden tiedettiin reagoivan herkästi sekä huoneilman etyleeniin että homepitoisuuksiin, minkä takia mittaukset päätettiin suorittaa niiden varastointiin tarkoitettussa huoneessa.

Esimittausten yhteydessä arvioitiin myös tutkittavaa tilaa. Havaittiin, että huoneissa oli selvää homekasvustoa muun muassa jäädytyslaitteistoissa. Myös eri leikkokukissa, varsinkin tulppaaneissa ja ruusuissa, havaittiin vahvaa homekasvustoa useaan eri otteeseen.



Kuva 7. Esimittausjakson aikana myynnissä ollut homeinen ruusukimppu.

Suurin osa kukista oli sijoitettu noin metrin korkeuteen lattiatasosta puisia laatikoita apuna käyttäen. Materiaalina puu on hyvin otollinen homeiden kasvuun ja leviämiseen, joten varastotilan sisustuksellakin havaittiin olevan merkityksensä leikkokukkien säilyvyydessä.



Kuva 8. Leikkokukkien kylmävaraston olosuhteita ja kukkien esillepanoa.

5.4 Mittalaitteet ja menetelmät

Mittalaitteina käytettiin kahta eri ilmakeräintä, Andersenin kuusivaiheimpaktoria ja käsikäyttöistä RCS-ilmakeräintä. Ilmakeräinten lisäksi mittauksia tehtiin käsikäyttöisen Dräger-pumpun avulla. Pumppuun kiinnitettävien erillisiä indikaattoriputkia käyttäen huoneilmasta mitattiin etyleeni- ja otsonipitoisuutta eri ajan hetkillä. Edellä mainittujen mittausten lisäksi seurattiin jatkuvasti varastotilan lämpötilaa ja ilmankosteutta.

5.4.1 Ilmanäytteenotto ja sen ongelmat

Ilmanäytteenotto ei ole mittaussuomenetelmänä yksioikoinen prosessi. Mikrobiologit ovat kohdanneet haasteita ilman mikro-organismien näytteenotossa ja analysoinnissa 1900-luvun alusta lähtien. Nykypäivänä ilman mikro-organismeja tutkitaan niin maatalouden ja eri teollisuuden aloilla kuin myös eri työympäristöjen keskuudessa. Tutkimuksissa käytetyllä termillä bioaerosolit viitataan ilmassa leijuviin biologisiin partikkeleihin, kuten bakteerisoluihin, sieni-itiöihin ja viruksiin. On olemassa lukuisia eri bioaerosolien keräysmenetelmiä ja uusia kehitetään jatkuvasti. (13, s.629)

Ilmanäytteenotto sisältää kuitenkin vielä useita ratkaisemattomia ongelmia. Esimerkkinä tästä on se tosiasia, ettei ole olemassa yhtä tiettyä näytteenottometodia, joka sopisi kaikkien eri bioaerosolien keräämiseen ja analysointiin. Tällä hetkellä ei ole myöskään siten olemassa mitään standardoitua protokollaa kyseisiin tutkimuksiin. Näin ollen on haastavaa suorittaa vertailuja eri tutkimusten välillä. Eroja syntyy eittämättä jo keräyslaitteiston, näytteenottoajan, ilman tilavuusvirran ja analyysimenetelmien välillä. (13, s.629)

Eri ilmanäytteiden keräysmenetelmiä ovat impaktio, filtraatio, painovoima ja nestemäisen kiinnittyminen. Impaktiomenetelmä erottelee kerättävät partikkelit ilmasta hyödyntäen partikkelien inertiaa ja siten pakottaen ne joko kiinteälle tai puolikiinteälle keräysalustalle. Alustana käytetään yleensä agariala tai adhessiivipäällystettyä pintaa. Impaktio-prosessi on riippuvainen sekä partikkelien eri ominaisuuksista kuten koosta, tiheydestä ja nopeudesta että impaktorin fysikaalisista parametreista (imusuuttimen koko ja ilma-virran kulkureitti). (13, s.629)

Bioaerosolinäytteenottimen toimintatehokkuus riippuu kahdenlaisista eri komponenteista, joita ovat fysikaaliset ja biologiset tekijät. Fysikaalisina parametreinä voidaan pitää ilman sisäänotto- ja näytteenottotehokkuuksia, kun taas ilmanäytteenoton biologisella tekijällä kuvataan ilmanäytteenotto-prosessin vaikutusta viljeltävän mikro-organismin tilaan. Biologisia vaikutuksia on kuitenkin vaikea määrittellä ilman mikro-organismien heterogeenisuuden vuoksi. (13, s.632 - 633, 624)

Biologinen keräystehokkuus eroaa eri bioaerosolinäytteenottimien välillä. Ideaalitapauksessa näytteenotin kerää kaikki ilman mikro-organismit huonontamatta niiden viljeltävyyttä, määritettävyyttä tai havaittavuutta. Kuitenkin ilman mikro-organismit altistuvat ympäristön eri stressitekijöille, kuten UV-säteilylle, ilmansaasteille sekä lämpötilan vaihteluille. Näiden tekijöiden pohjustamana ilmanäytteenotto voi myös vahingoittaa kerättyjä mikro-organismeja. (13, s.632 - 633, 624)

Näin ollen näytteenotto, joka voi huonontaa näytteen viljeltävyyttä, on tärkeä parametri määriteltäessä bioaerosolinäytteenottimen tehokkuutta. Ilman mikro-organismit voivat vaurioitua näytteenoton aikana niin vahvasti, etteivät ne laboratoriossa enää reagoi inkubaatio-olosuhteisiin, ja täten saadaan virheellistä tietoa näytteen oikeasta tilasta. (13, s. 632 - 633, 624)

Ilmanäytteen keräysajalla on merkittävä rooli ilmanäytteenotossa. Sopivan keräysajan valinta ei ole yksioikoista, sillä eri näytteenottotilojen bioaerosolipitoisuudet voivat vaihdella suuresti, jopa saman ympäristön sisällä. Näin ollen lyhyet ilmanäytteenottojaksot antavat vain hetkittäisen kuvan tilasta. Tämän takia useita näytteenottoja vaaditaan tilan kattavampaan kartoitukseen. (13, s. 633)

5.4.2 Graseby Andersenin kuusivaiheimpaktori

Impaktori on ilman mikro-organismien näytteenottomenetelmänä yleisin. Impaktorilaitteistoja on markkinoilla useita ja ne eroavat toisistaan eri parametrien mukaan. Andersenin kuusivaiheimpaktori (Graseby Andersen, Smyrna, Ga.) koostuu kuudesta eri tasosta, joissa on kasvavassa suhteessa halkaisijaltaan erikokoisia ilmasuuttimia. Näin ollen

kuusivaiheinen keräin mittaa viljeltävien bioaerosolien pitoisuudet tietyissä partikkeli-kokoluokissa. (13, s.630)

Kun ympäröivän ilman bioaerosolipitoisuuden määrä ei ole tiedossa, voidaan impaktorin keräysilman määrä määrittää, jos tiedetään ilman tilavuusvirta ja näytteenoton kesto. Keräysmäärän alarajana pidetään sitä ilmamäärää, joka tarvitaan yhden organismin havaitsemiseksi. Keräysmäärän ylärajaksi on määritetty se maksimimäärä organismeja, joka voidaan laskea näytteestä. Andersenin kuusivaiheimpaktorin kohdalla, jossa oli useita ilmasuuttimia eri tasoilla, keräysmäärän ylärajaksi on määritelty keräyssuuttimien lukumäärä, 400 kpl. Toisin sanoen keräysmäärän yläraja saavutetaan, kun jokaisen ilmasuuttimen alle muodostuu mikrobipesäke. (13, s.633)

Kun aerosolinäytteitä kerätään edellä mainitun ylärajan läheisyydessä, voi impaktiopin nan ”ylikansoitus” aiheuttaa virhettä tuloksissa. Muita ongelmia voi esiintyä yksittäisten pesäkkeiden erotuksessa sekä joidenkin mikro-organismien inhiboituessa, kun kilpailu ravinteista ja elintilasta kasvualustalla kiihtyy eri organismien välillä.

5.4.3 Biotest HYCON RCS High Flow

RCS High Flow -ilmakeräin on toiminnaltaan samankaltainen kuin Andersenin kuusivaiheimpaktori. Sen sijaan, että keräimelle määritettäisiin jokin tietty näytteenottoaika, keräimeen asetetaan se näytteenottotilavuus, mitä pidetään tutkimuksen kannalta sopivana. Ilman eri mikrobit kerätään kiinteille kasvatusliuskoille, joilta niissä kasvaneet pesäkkeet voidaan inkuboinnin jälkeen laskea. Mittauksiin käytettiin Biotestin kasvatusliuskoja, jotka on tarkoitettu erityisesti kyseisen ilmakeräimen käyttöön. (22)

Biotest HYCON RCS High Flow -ilmakeräin on käsikäyttöinen näytteenotin, jonka maksiminäytteenottotilavuus on 1 m^3 . Sillä voidaan kasvatusalustasta riippuen tutkia ilman eri mikrobipitoisuuksia.(23)

5.4.4 Mittaaminen etyleenin ja otsonin ilmainputkillä

Ilman kaasukoostumuksen eri komponenttien havaitsemiseen käytettävien ilmainputkien toiminta perustuu eri kaasujen aiheuttamiin värireaktioihin. Ilmainputkien käyttöä rajoittavat vaadittavat käyttöolosuhteet; muun muassa etyleenin ilmainputket vaativat toimiakseen ympäröivän ilman lämpötilan välillä 10 – 40 °C (käyttöohje Dräger TubeTM 81 01 331) kun taas otsonipitoisuuden ilmaisemiseen riittää ilman lämpötila välillä 0 – 40 °C (käyttöohje Dräger TubeTM 67 33181). Säilytysilman lämpötilan ollessa alle 10 °C eivät ilmainputket välttämättä olleet ideaaliset kyseisiin mittauksiin.

5.5 Mittausten sisältö ja tulosten käsittely

5.5.1 Mittaukset kokonaisuudessaan

Mittaukset Helsingin Kukkatoimituksen säilytyskylmiössä suoritettiin viiden viikon aikana. Mittaukset koostuivat esimittausjaksosta, jolloin kartoitettiin kylmiön ilmanlaatu mikrobihiukkaspitoisuuksien ja etyleenipitoisuuden kannalta, sekä mittausjaksoista, jolloin huoneilmaan tuotettiin aktiivihapetta generaattorin kahdella eri teholla. Jokaisen mittausjakson aikana suoritettiin olosuhteiltaan ja määriltään mahdollisimman samankaltaiset ilmanäytteenotot ja mittaukset.

Huoneilman mikrobiologisen laadun ja etyleenipitoisuuden lisäksi kukkien säilyvyyteen vaikuttavat ilman lämpötila ja suhteellinen kosteus. Edellä mainittuja tekijöitä seurattiin koko tutkimuksen ajan. Tämän lisäksi seurattiin aktiivihappigeneraattorin aikaansaamaa ilman otsonipitoisuutta ja sen muutoksia.

Esimittausten aikana tehtiin aistinvaraisia havaintoja eri leikkokukkien tilasta ja pyrittiin seuraamaan niiden laadullisia muutoksia myynnissäoloaikana. Esimittausten jälkeen asennettiin aktiivihappigeneraattori ja sitä käytettiin kahdella eri teholla. Asennuksen ohessa otettiin kylmähuoneeseen talteen eri leikkokukkalajeja kimpuissa, joiden laatua alettiin tarkkailla aistinvaraisesti aktiivihappigeneraattorin ollessa käynnissä.

Jokaisen näytteenotto- ja mittauskerran jälkeen heti nähtävät tulokset kirjattiin ylös taulukkoihin. Ilmanäytteiden tulokset eli kasvatusalustojen pesäkeluvut laskettiin tarkasti riittäväksi määritetyn kasvatusajan jälkeen.

5.5.2 Tulosten käsittely ilmanäytteenotossa

Ilmanäytteenotossa näytteen analysointiin vaikuttavat useat asiat. Analyysimenetelmän valinta riippuu muun muassa tutkimusten ajantarpeesta ja kustannuksista, analyysimetodin herkkyydestä ja spesifisyydestä sekä tietenkin siitä, minkälaiset näytteenottolaitteistot on käytettävissä. (13, s. 635)

Ilmanäytemaljojen pesäkkeiden laskuissa syntyvät virheet tapahtuvat joko hyvin pienien tai suurien pesäkemäärien yhteydessä. Liian pienet pesäkemäärät eivät välttämättä ole edustavia tai ovat todiste suuresta vaihtelusta. Pesäkelukumäärien kasvaessa virhemarginaalikin kasvaa päällekkäisten pesäkemäärien ja mikrobien keskinäisen inhiboivan toiminnan takia. (13, s.635-636)

Tutkittaessa ilmanäytemaljoja virhettä tapahtuu usein myös sienten tunnistuksessa. Sienten virheellinen tunnistus on merkittävä virhelähde viljeltyjen näytteiden analysoinnissa ja tunnistus vaatii pitkäjaksoista koulutusta ja paljon kokemusta. (13, s. 636) Näin ollen sieniä ei pyritty analyysien aikana tunnistamaan vaan ainoastaan erottamaan kokonaisbakteerit sienistä.

5.6 Esimittaukset ja aktiivihappigeneraattorin asennus

Esimittausten tarkoituksena oli kartoittaa säilytyskylmiön huoneilman lähtötilanne etyleenipitoisuuden ja mikrobihiukkaspitoisuuksien kannalta. Mittauksia suoritettiin 20 kappaletta, kahdesti päivässä, heti aamukuuden aikaan liiketilan auetessa ja iltapäivisin klo 12 jälkeen. Eri vuorokaudenaikojen avulla pyrittiin saaman selkoa siitä, kuinka suuri merkitys henkilökunnan ja asiakkaiden läsnäololla sekä siitä syntyvällä ilmanvaihdolla on huoneilman laatuun sekä etyleenin että mikrobihiukkaspitoisuuden kannalta. Saatu- jen tulosten perusteella oli tarkoitus tehdä päätöksiä jatkotoimenpiteitä varten: mitä mi-

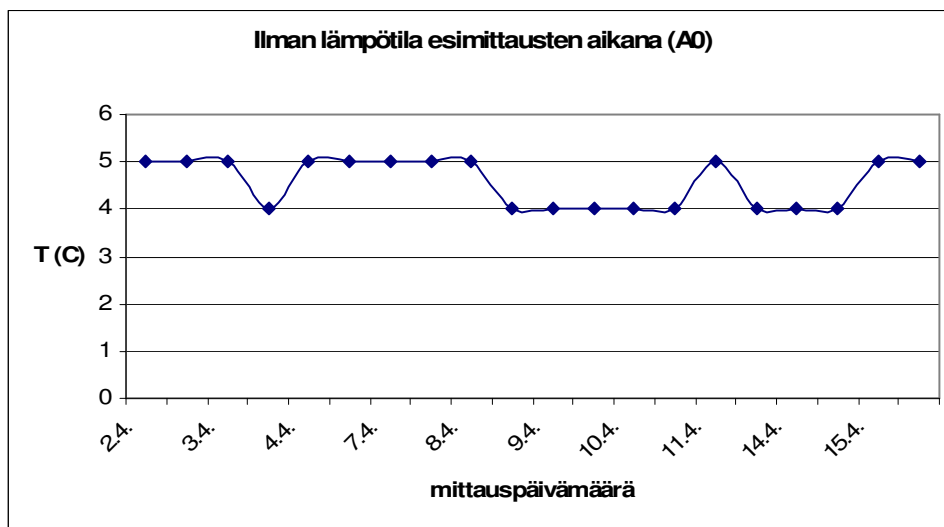
tattaisiin, millä laajuudella ja missä olosuhteissa. Kuvassa 9 on nähtävissä osa mittausjärjestelyistä ja –ympäristöstä.



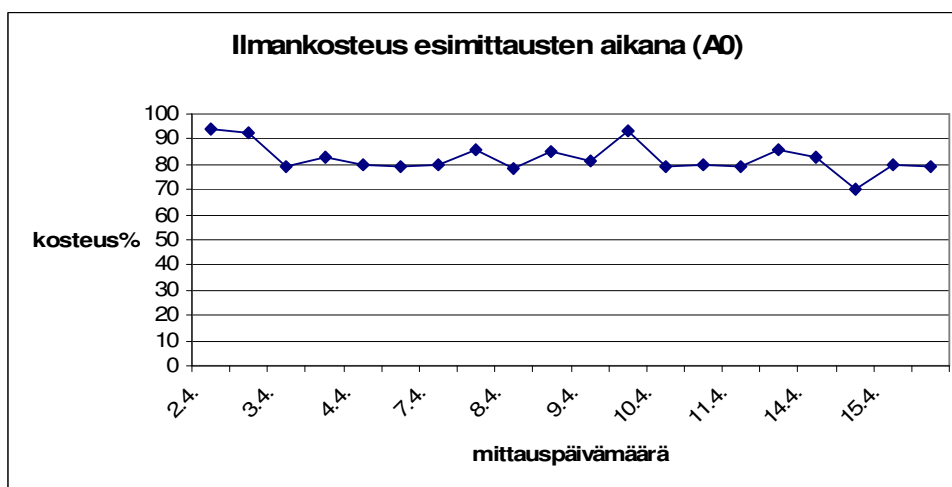
Kuva 9. Mittausympäristö leikkokukkakylmiössä esimittausten aikana.

5.5.1 Olosuhteet esimittausten aikana

Esimittausten aikana varastokylmiön huoneilman lämpötila säilyi 4-5 °C:ssa tasaisesti. Kuvassa 10 on esitetty varaston lämpötilan vaihtelu eri mittauspäivinä. Varaston ilman-kosteus säilyi tavallisimmin välillä 80 – 90 %. Kosteusprosenttiin vaikuttivat suoraan pääasiassa leikkokukkien säilytysvesien vaihto sekä muun rakennuksen korkea ilman-kosteus. Kuvassa 11 on esitetty kylmävaraston ilmankosteuden vaihtelut eri mittauspäivinä.



Kuva 10. Varaston ilman lämpötila esimittausten aikana eri mittauspäivinä.



Kuva 11. Varaston ilmankosteus esimittausten aikana eri mittauspäivinä.

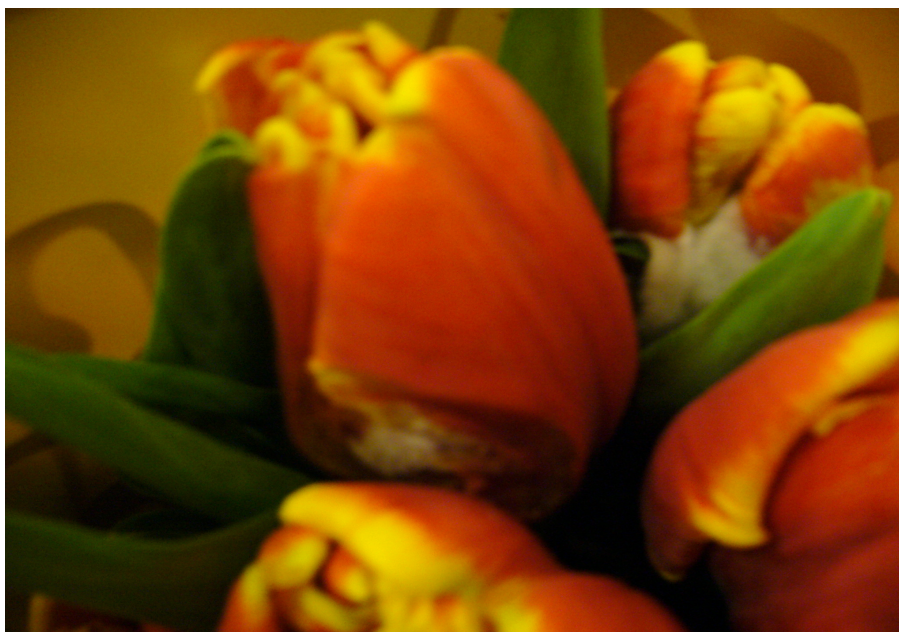
5.5.2 Aistinvarainen arviointi esimittausten aikana

Esimittausten aikana suoritettiin alustavaa aistinvaraista arviointia, jonka avulla saatiin kartoitettua yleiskuva varastotilasta ja leikkokukkien laadusta. Tarkastelussa olivat pääasiassa suomalaiset ja ulkomaalaiset ruusut, suomalaiset tulppaanit sekä neilikat. Aistinvaraista arviointia varten kukkia ei otettu syrjään myynnistä eikä valittu tiettyjä kimppuja, joita seurattaisiin. Näin ollen esimittausten aikana suoritettiin arviointia vain yleisellä tasolla, eikä niinkään konkreettisesti tietyistä tuotteista. Kun seurattavia kukkia ei valikoitu erikseen, ei voida olla täysin varmoja, että arvioidut kukat ovat olleet täysin

samoja koko esimittausjakson ajan. Kuvissa 12 ja 13 on nähtävissä joidenkin tuotteiden laatua esimittauten aikana. Taulukoissa 2 ja 3 on esitetty esimittauten aikana tehtyjä havaintoja eri leikkokukista.



Kuva 12. Tarjouksessa oleva ruusukimppu (havaintoja esimittauten aikana).



Kuva 13. Esimittausten aikana myynnissä olleita homeisia tulppaneja.

Esimittausten aikana pystyttiin jossain määrin seuraamaan eri tuotteiden säilyvyyttä ja määrittämään niiden myyntiaika. Tehtiin myös havaintoja siitä, kuinka nopeasti huoneilman mikrobit alkoivat vaikuttaa tuotteiden laatuun, esimerkiksi homekasvun muodossa.

Taulukko 2. Esimittausten aikana tehtyjä yleisiä havaintoja varaston leikkokukista.

seurattava tuote	2.4.	3.4.	4.4.	7.4.	9.4.
neilikat	nupuilla	osa auki	-	kaikki auki	-
tulppaanit	nupuilla	vähän auki	lähes kaikki auki	-	hometta
ruusut	-	homeisia tarjouksessa	-	-	-
liljat	-	nupuilla	enemmän auki	selkeästi auki	-
kallat	-	-	hometta	hometta	-
yleisesti	-	-	-	selkeä tuoksu	varastot tyhjät

Taulukko 3. Esimittausten aikana tehtyjä havaintoja tietyistä tuotteista.

seurattava tuote	31.3.	9.4.	11.4.	14.4.	15.4.
ruusu (kotim.)	saapunut	hometta, ei ale	-	täysin auki, huonoja	hometta, kaikki auki, huonoja
ruusu (ulkom.)	saapunut	pienet nuput	pienet nuput	vähän auki, kellastuu, hometta	hometta
tulppaani (kotim.)	saapunut	hometta	homekukat pois, muut huonoja	nuukahtaneita	-
neilikka (kotim.)	-	saapunut	osa selvästi auki	kokonaan auki, ruskeaa	myyty

Leikkokukkien merkittävimmäksi laadunalentajaksi näytti etyleenin sijasta muodostuvan ilman mikrobiologinen laatu. Esimerkkinä tästä ovat seurattavien ulkomaalaisten ruusujen laadun muutokset. Myynnissä olleet ruusut eivät olleet edes täysin auenneet, kun niissä oli jo havaittavissa homekasvustoa. Myös myynnin kannalta homekasvuston huonontava vaikutus näyttäisi olevan suurempi kuin leikkokukan vanheneminen. Tämä oli havaittavissa kotimaisten neilikoiden kohdalla (taulukko 3). Vaikka tuote oli jo ulkonäöltään selkeästi vanhentunut, se myytiin vielä normaaliin hintaan.

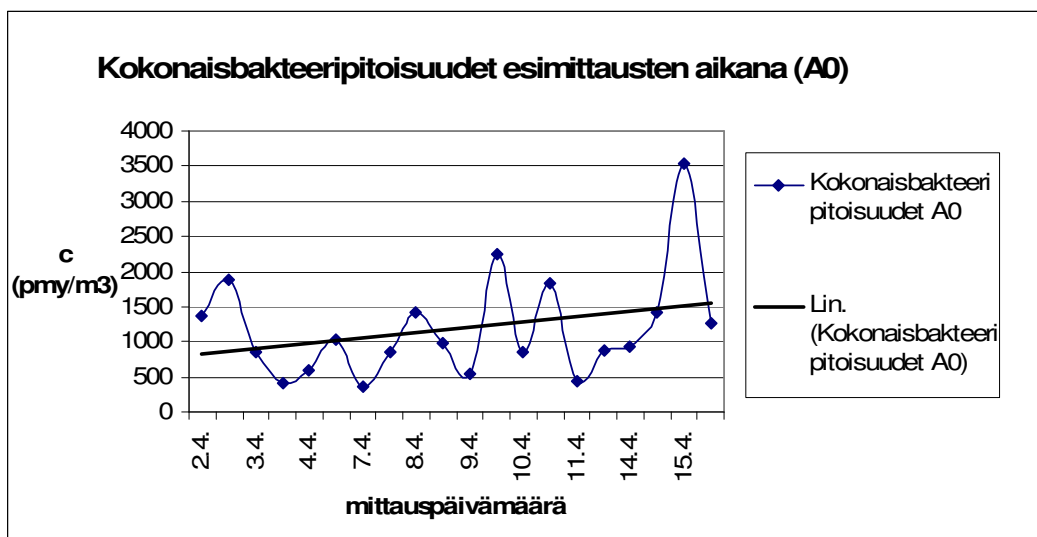
Aistinvaraisen arvioinnin perusteella sekä kotimaisten että ulkomaisten ruusujen säilyvyysaikana voidaan pitää maksimissaan kahta viikkoa. Ulkomaisten ruusujen säilyvyyttä parantavista kemikaalisäyksistä ei tosin ole tarkkaa tietoa, joten niiden voidaan olettaa säilyvän jopa pidemmän ajanjakson. Kotimaisten tulppaanien myyntiaika jäi aistinvaraisen arvioinnin aikana vain noin yhteen viikkoon, johtuen siihen tarttuneesta homekasvustosta. Kotimaiseen neilikkaan ilman mikrobiologinen laatu ei näyttänyt vaikuttavan. Neilikat vaikuttivat vanhenevan vajaassa viikossa.

5.5.3 Esimittausten mikrobiologiset tulokset

Ennen aktiivihappigeneraattorin asennusta suoritettiin mittaukset, joissa määritettiin kylmävaraston olosuhteet niin mikrobiologiselta kuin muutenkin huoneilman laadun kannalta. Mittaukset suoritettiin siis varaston tavanomaisissa olosuhteissa ilman aktiivihapen läsnäoloa. Esimittauksia suoritettiin 20 kertaa, jotta saataisiin kattava kuva varaston ilman nykytilanteesta. Tulosten graafisissa esityksissä esimittauksia on ilmaistu

koodilla A0, millä viitataan aktiivihappigeneraattorin tehoon nolla. Taulukoitujen tulosten (liitteet A-C) punaiseksi maalatut solut kuvaavat pesäkelukemia, jotka olivat epäselvästi laskettavissa, eikä kyseisiä tuloksia voida pitää kovin tarkkoina.

5.5.3.1 Andersenin kuusivaiheimpaktorin tulokset

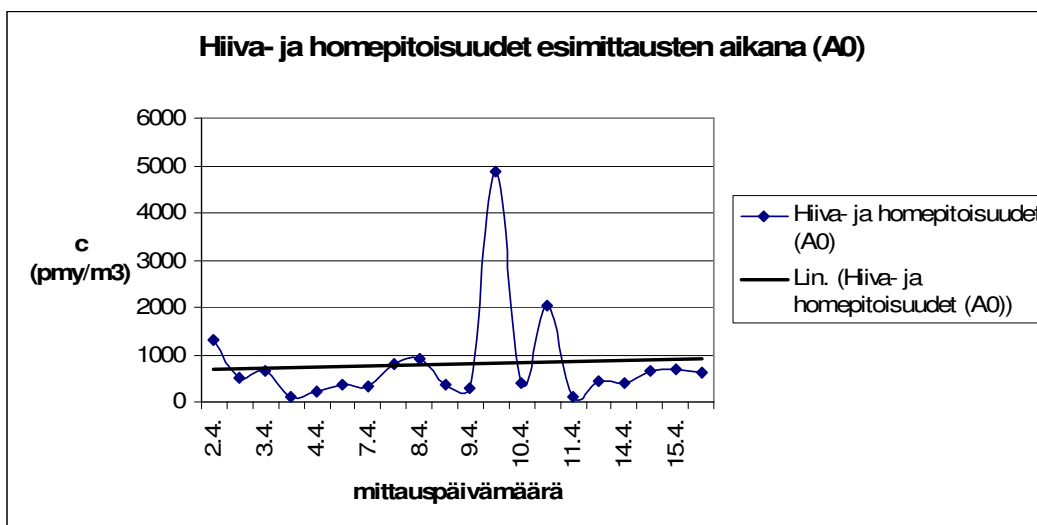


Kuva 14. Varaston ilman kokonaisbakteeripitoisuus esimitausten aikana eri mittauspäivinä sekä pitoisuuden kehitystä kuvaava suora.

Kokonaisbakteeripitoisuudet vaihtelivat pääsääntöisesti välillä 500 – 2000 pmy/m³, lukuun ottamatta viimeisen mittauspäivän pitoisuuspiikkiä. Kuvasta 14 nähdään selvästi, kuinka pitoisuudet ovat huomattavasti alhaisemmat aina aamumittausten aikaan. Tämä johtuu todennäköisesti siitä, että varastotiloissa on aamuisin (n. klo 6) huomattavasti vähemmän asiakasliikennettä, joka toisi mukanaan lisää bakteerihukkasia, eikä huoneilma ole päässyt sekoittumaan vielä kovinkaan paljoa.

Hiiva- ja homepitoisuuksia laskettaessa kasvatusalustoja tarkasteltiin kahteen otteeseen, kolmen vuorokauden ja noin viiden vuorokauden kasvatuksen jälkeen. Joidenkin näyttemaljojen kohdalla mikrobikasvuston ylipopulaatio esti pesäkemäärien tarkan laskun myöhemmässä tarkasteluvaiheessa. Näin ollen tulokset hiiva- ja homemaljoilta päätettiin esittää jo kolmen vuorokauden kasvatuksen jälkeen. Liitteessä B on esitetty taulukoituina esimitausten aikana lasketut ilman hiiva- ja homepesäkkeiden määrät eri ta-

soilla, niistä lasketut ilman hiiva- ja homepitoisuudet sekä erikokoisten hiukkasten prosentuaaliset osuudet kokonaispitoisuudesta. Havainnollistamisen helpottamiseksi tulokset on esitetty myös graafisesti kuvassa 15.



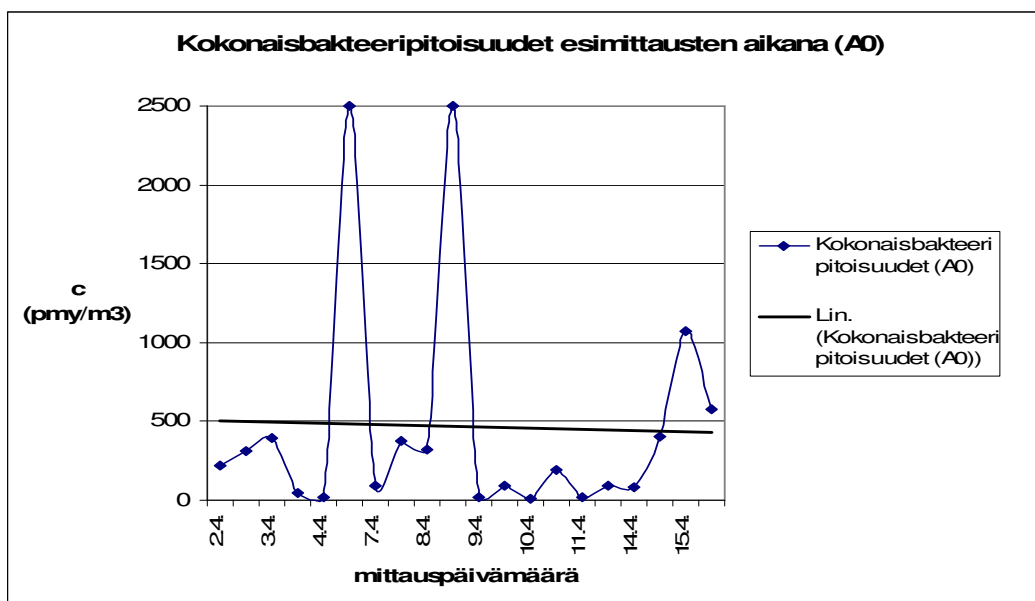
Kuva 15. Varaston ilman hiiva- ja homepitoisuus esimittausten aikana eri mittauspäivinä sekä pitoisuuden kehitystä kuvaava suora.

Kuvasta 15 nähdään, että huoneilman hiiva- ja homepitoisuudet pysyvät pääsääntöisesti alle 1000 pmy/m^3 . Esimittausten näytteenotossa esiintyy vain kaksi huomattavasti suurempaa pitoisuuspiikkiä. Kyseiset mittaukset sijoittuvat iltapäivään, joten näytteenottohetkellä ilma on voinut sekoittua ihmisten läsnäolosta tavallista enemmän, jolloin hiiva- ja homepartikkelien määrä ilmassa on voinut hetkellisesti kasvaa.

5.5.3.2 RCS High Flow -ilmakeräimen tulokset

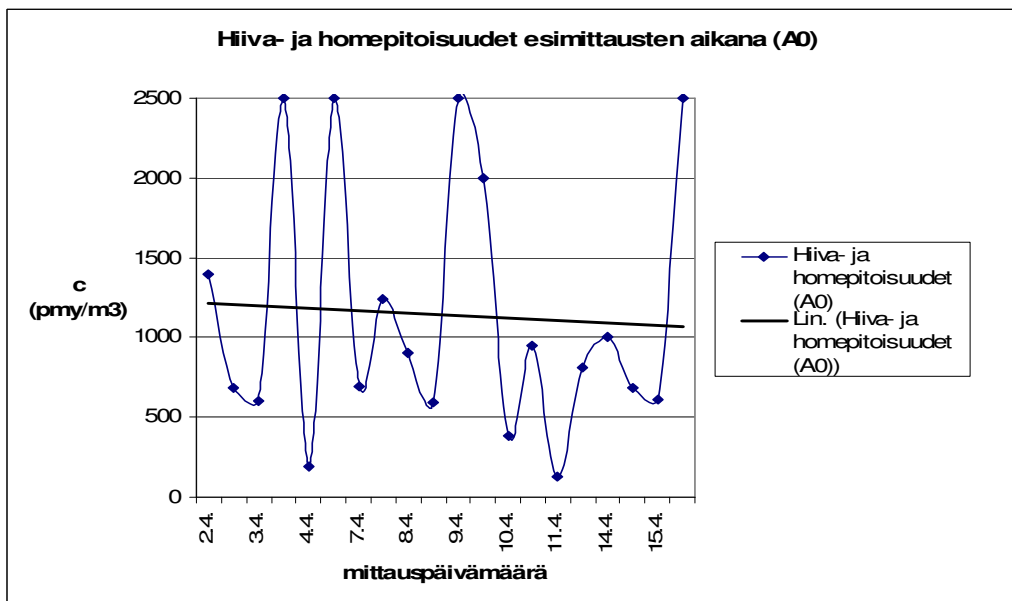
Liitteessä C on esitetty RCS High Flow -ilmakeräimellä esimittauksissa otettujen näytteen pesäkeluvut ja pitoisuudet sekä kokonaisbakteereille että hiivoille ja homeille.

Kuvissa 16 ja 17 on esitetty kyseiset tulokset graafisessa muodossa.



Kuva 16. Varaston ilman kokonaisbakteeripitoisuus esimittausten aikana eri mittauspäivinä ja pitoisuuden kehitystä kuvaava suora.

Kuten Andersenin kuusivaiheimpaktorilla otetuilla näytteillä, myös RCS -keräimen näytteissä kokonaisbakteerien kohdalla näkyy selkeä vaihtelu pitoisuuksissa riippuen siitä, onko näytteet otettu aamulla vai iltapäivällä. Suurimmat pitoisuuspiikit sijoittuvat iltapäivänäytteenottoon. Pääasiassa kokonaisbakteeripitoisuudet pysyvät alle 500 pmy/m³ lukemissa.



Kuva 17. Varaston ilman hiiva- ja homepitoisuudet esimittausten aikana eri mittauspäivinä ja pitoisuuden kehitystä kuvaava suora.

Hiiva- ja homepitoisuuksien vaihtelut ovat huomattavasti suuremmat RCS -keräimellä otetuissa näytteissä. Tämä johtuu siitä, että kyseisen keräimen kasvatusliuskat eivät täysin soveltuneet näin suurien hiiva- ja homepitoisuuksien inkubointiin. Kuvassa 17 näkyvät pitoisuuspiikit kuvastavat hyvin pesäkkeiden ylipopulaatiota kasvatusliuskoilla. Kuten kokonaisbakteereilla, myös hiiva- ja homepitoisuudet ovat olleet selvästi korkeammat iltapäivämittausten aikana.

5.5.4 Aktiivihappigeneraattorin asennus

Esimittausten jälkeen suunniteltiin, kuinka aktiivihappigeneraattori asennettaisiin. Pohdittiin, mikä sijainti kylmähuoneessa antaisi optimaalisen tuloksen ja millä tehoilla laitetta tulisi käyttää. Generaattorin tehoasteikko vaihteli välillä 1-8, joista teho 8 tarkoitti suurinta tehoastetta. Päädyttiin kokeilemaan aktiivihappigeneraattorin vaikutusta huoneilmaan tehoilla 5 ja 8. Kunkin tehon vaikutuksen alaisena olevasta ilmasta otettiin kymmenen ilmanäytettä ja mittausta.



Kuva 18. Aktiivihappigeneraattorin sijainti varastotilassa.

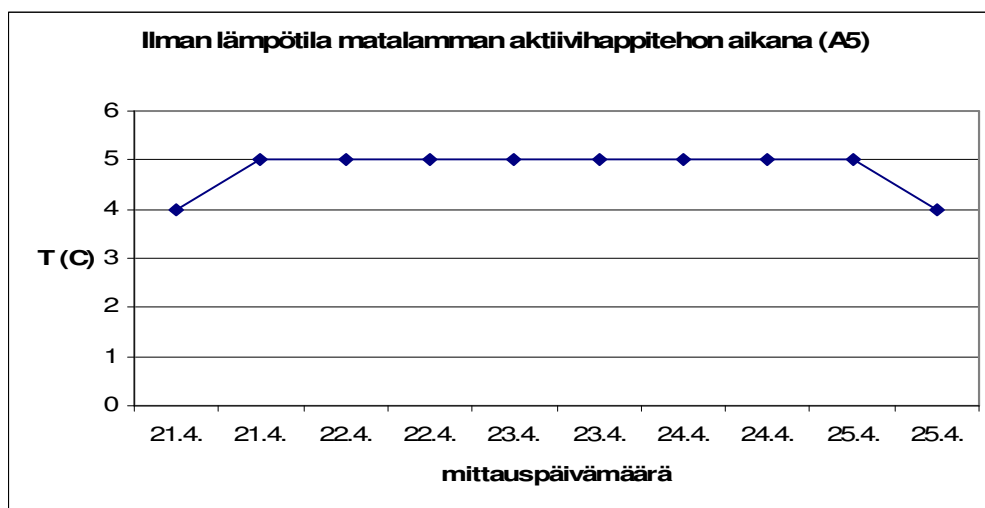
Ennen aktiivihappigeneraattorin asennusta tutkittava tila siivottiin. Katon jäähdyttimestä imuroitiin näkyvä lika ja lattiat pestiin. Näin oli tarkoitus saada paremmin selville aktiivihapen vaikutus ilman mikrobiologiseen laatuun, aktiivihappi kun ei poista jo muodostuneita mikrobihiukkasia vaan pyrkii estämään niiden muodostumisen ilmassa. Näin ollen, jos tutkittavan huoneen osissa on paljon mikrobikasvustoa, se kiertää ilmavirtausten mukana, eikä saada selville, kuinka suuri aktiivihapen vaikutus ilman hiukkaspitoisuuteen on. Aktiivihappigeneraattori asennettiin mittausten alaisen kylmähuoneen seinustalle oviaukon viereen, noin kahden metrin korkeudelle.

5.6. Mittaukset aktiivihappigeneraattorin matalammalla tehoasteella

Koska haluttiin saada vertailua varten tuloksia generaattorin eri tehoasteilta, asetettiin laite ensimmäisiä mittauksia varten tehoasteelle 5. Aktiivihappigeneraattorin annettiin olla päällä ympäri vuorokauden edellä mainitulla teholla noin 350 tunnin (9 vrk) ajan. Aktiivihappigeneraattorin käydessä suoritettiin vastaavat mittaukset kuin tilan esimäärittysten aikana. Ilmassa ei havaittu merkittäviä määriä otsonia eikä etyleeniä, joten kyseisiä kaasuja ei mitattu tehoasteen 5 aikana.

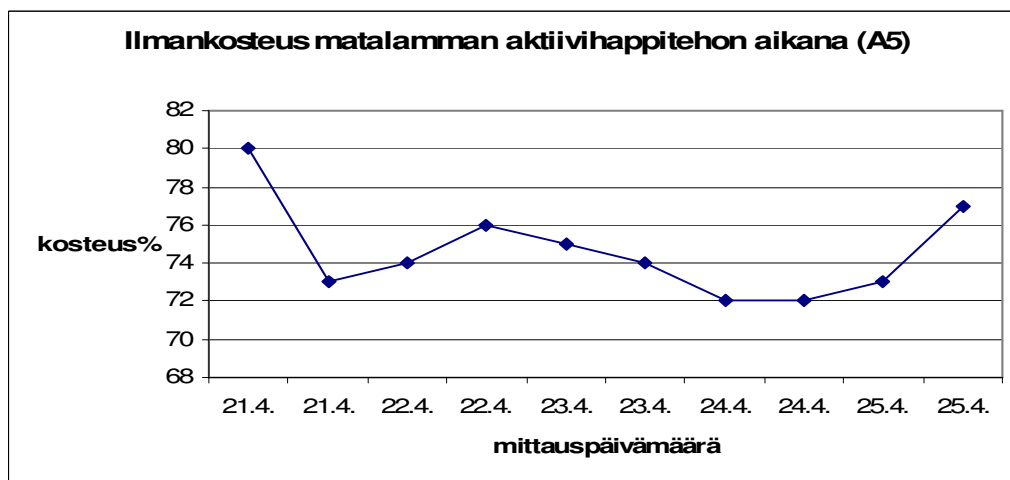
5.6.1 Olosuhteet matalamman tehoasteen aikana

Aktiivihappitehon 5 käytön aikana varaston olosuhteet lämpötilan osalta pysyivät hyvin samanlaisina kuin esimittauksissa. Lämpötila säilyi lähes koko mittausten ajan 5 °C:ssa. Kuvassa 19 on esitetty varaston lämpötilan vaihtelut matalamman aktiivihappitehon aikana.



Kuva 19. Varaston ilman lämpötila matalamman aktiivihappitehon käytön aikana eri mittauspäivinä.

Varaston ilmankosteus oli aktiivihappitehon 5 aikana selvästi matalampi kuin mittauksissa ennen aktiivihapen käyttöä. Kun esimittauksissa ilmankosteus oli useaan otteeseen yli 90 %, pysyi ilmankosteus matalamman aktiivihappitehon aikana pääasiassa välillä 72 – 76 %. Tällä on merkitystä muun muassa leikkokukkien kosteusvaurioiden ehkäisemisessä. Kyseisissä mittauksissa ilmankosteus oli kukkien säilyvyyden kannalta optimaalisempi kuin esimittauksissa. Ilmankosteuden vaihtelu on esitetty kuvassa 20.



Kuva 20. Varaston ilmankosteus matalamman aktiivihappitehon käytön aikana eri mittauspäivinä.

5.6.2 Aistinvarainen arviointi matalamman tehoasteen aikana

Aktiivihappigeneraattorin asennuksen jälkeen valittiin tiettyjä tuotteita, jotka sijoitettiin samaan tilaan aktiivihappigeneraattorin kanssa. Seurattaviksi tuotteiksi valittiin ulkomaalainen ruusu (valkoinen), ulkomaalainen tulppaani sekä kotimainen neilikka. Lisäksi seurattiin freesioiden laadun muutoksia aktiivihapen läsnä ollessa. Edellä mainittujen leikkokukkien laatua seurattiin aktiivihappigeneraattorin tehon 5 käytön aikana. Kukat eristettiin myynnistä, jotta niiden laatua voitaisiin tarkkailla mittausten edetessä. Tutkitavien leikkokukkien saanti tuoreina riippui kukkatoimitusten aikatauluista, joten osaa kukista pystyttiin arvioimaan vain tehoasteen 8 aikana. Taulukossa 4 on nähtävissä eri ajanhetkien aikana suoritettuja havaintoja seurattavista tuotteista.

Taulukko 4. Aktiivihappitehon 5 aikana suoritettujen aistinvaraisen arvioinnin tulokset.

seurattava tuote	20.4.	21.4.	22.4.	23.4.	25.4.
ruusu (kotim.)	-	-	-	-	saapunut
ruusu (ulkom.)	saapunut	nuput auki	-	-	näyttävät yllättävän hyviltä*
tulppaani (ulkom.)	saapunut	nupuilla, vihreät	osa vähän auki, vaaleat	osa auki, vaaleankelt.	vaaleampia kuin muualla
neilikka (kotim.)	saapunut	nuput täysin auki	-	-	-
freesia	-	-	-	-	saapunut

Aktiivihappitehon 5 käytön aikana havaittiin, että seurattavat tuotteet vanhenivat hitaasti eikä hometta vielä esiintynyt tuotteissa. Helsingin Kukkatoimitus Oy:n työntekijän arvion mukaan (taulukko 4 *) seurannassa olleet ulkomaiset ruusut näyttivät ”yllättävän hyviltä” ollakseen viidettä päivää myynnissä.

5.6.3 Matalamman tehoasteen mikrobiologiset tulokset

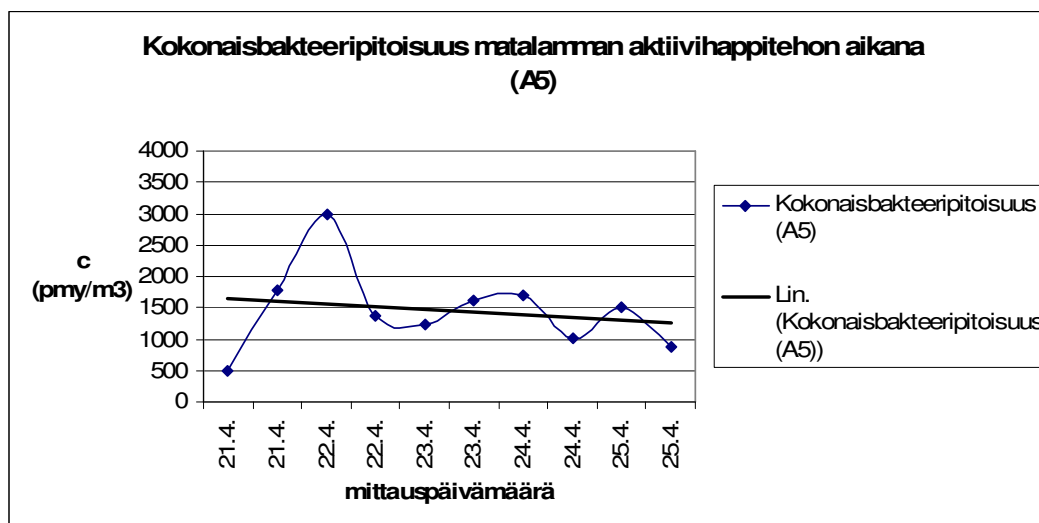
Aktiivihapen matalamman tehoasteen aikana otettiin kymmenen eri ilmanäytettä kummallakin ilmanäytteenottimella, ja ne käsiteltiin samankaltaisesti kuin esimittauksissa. Tehoasteen 5 aikana tehtyjen näytteenottojen tulokset on esitelty graafisesti seuraavissa kuvissa. Taulukoitujen tulosten (liitteet D-F) punaiseksi maalatut solut kuvaavat pesäke-

lukemia, jotka olivat epäselvästi laskettavissa, eikä kyseisiä tuloksia voida pitää kovin tarkkoina.

5.6.3.1 Andersenin kuusivaiheimpaktorin tulokset

Liitteessä D on esitetty Andersenin kuusivaiheimpaktorin eri impaktoritasoilla esiintyneet pesäkemäärät, niistä lasketut kokonaisbakteeripitoisuudet sekä erikokoisten hiukkasten prosentuaaliset osuudet kokonaispitoisuudesta. Laskettuja tuloksia on käsitelty samoin menetelmin kuin esimittauksissakin.

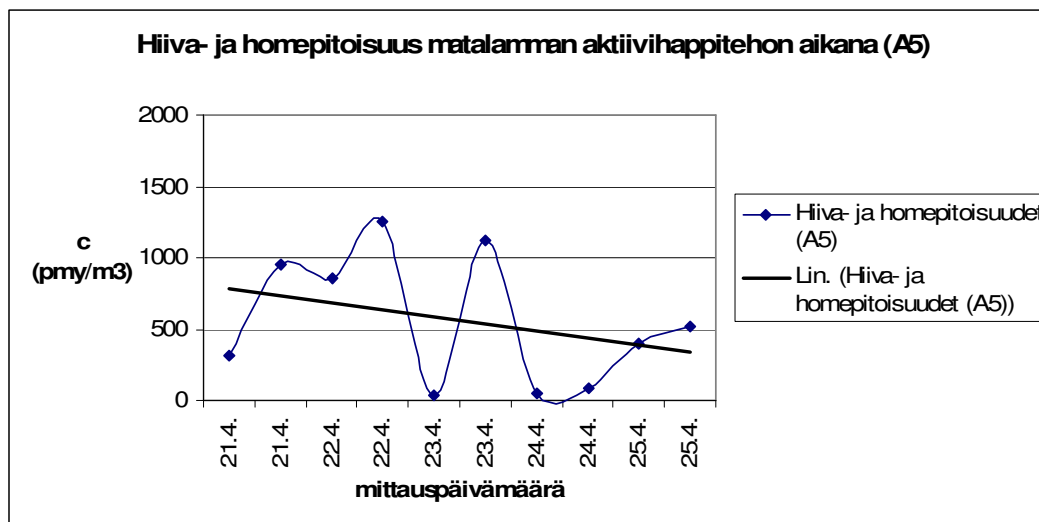
Kuvassa 21 on esitetty graafisesti varaston huoneilman kokonaisbakteeripitoisuus aktiivihappitehon 5 aikana. Kuvaajasta nähdään, kuinka bakteeripitoisuus pääsääntöisesti pienenee sitä mukaa, mitä pidempään aktiivihappigeneraattori on ollut päällä varastotilassa.



Kuva 21. Varaston ilman kokonaisbakteeripitoisuus matalamman aktiivihappitehon aikana eri mittauspäivinä ja pitoisuuden kehitystä kuvaava suora.

Liitteessä E on esitetty taulukoituina aktiivihappitehon 5 aikana otetuista ilmanäytteistä lasketut hiiva- ja homepesäkkeiden määrät eri tasoilla, niistä lasketut ilman hiiva- ja homepitoisuudet sekä erikokoisten hiukkasten prosentuaaliset osuudet kokonaispitoi-

suudesta. Havainnollistamisen helpottamiseksi pitoisuustulokset on esitetty myös graafisesti kuvassa 22.

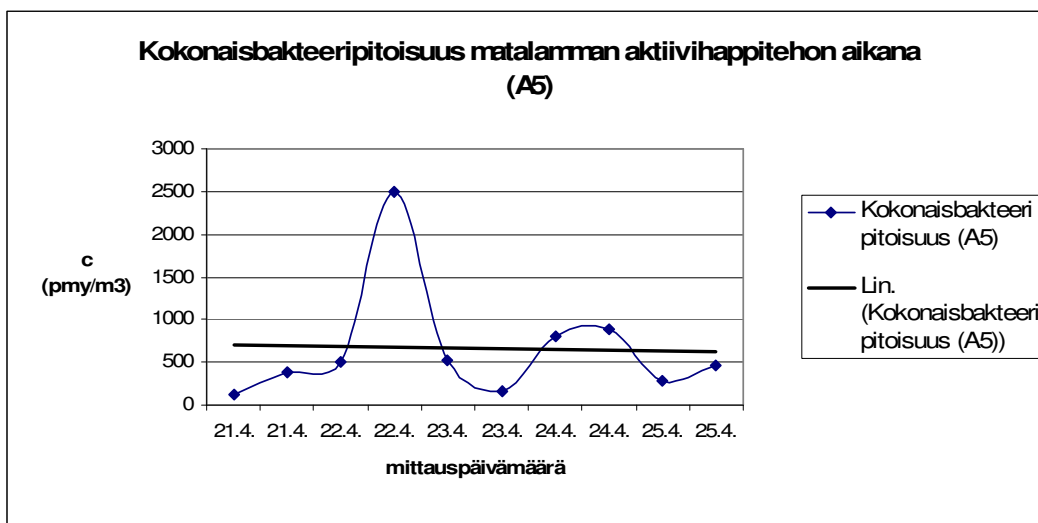


Kuva 22. Varaston ilman hiiva- ja homepitoisuus matalamman aktiivihappitehon aikana eri mittauspäivinä ja pitoisuuden kehitystä kuvaava suora.

Jo aktiivihappitehon 5 käytön aikana on ilmanäytteiden perusteella havaittavissa hiiva- ja homepitoisuuksien pienenemistä. Pitoisuuslukemat vaihtelevat välillä 0 – 1000 pmy/m³. Kuvaan 22 lisätyssä suorassa on nähtävissä selkeästi hiukkaspitoisuuksien pieneneminen.

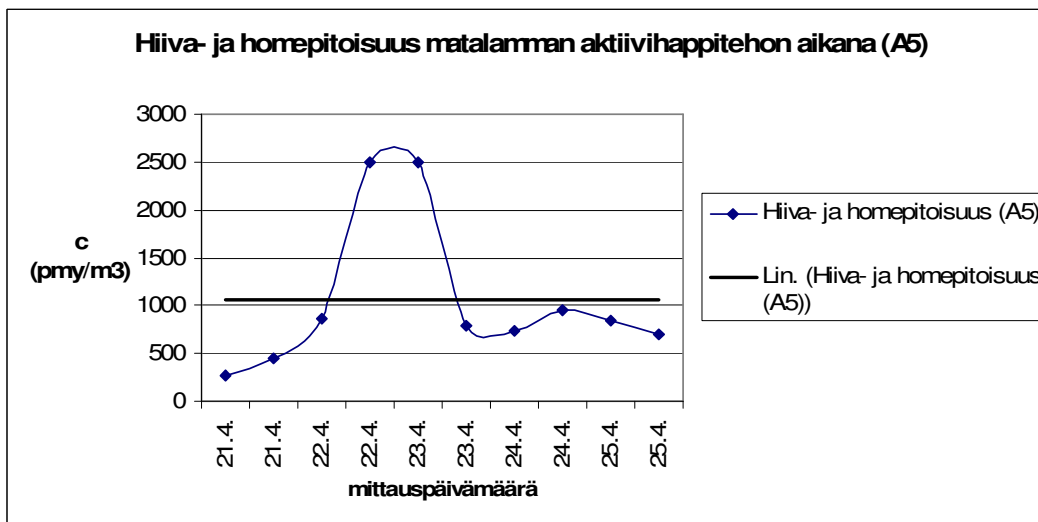
5.6.3.2 RCS High Flow -ilmakeräimen tulokset

Liitteessä F on esitetty RCS High Flow –ilmakeräimellä aktiivihappitehon 5 aikana otettujen näytteiden pesäkeluvut ja pitoisuudet sekä kokonaisbakteereille että hiivoille ja homeille. Kuvissa 23 ja 24 on esitetty kyseiset tulokset graafisessa muodossa.



Kuva 23. Varaston ilman kokonaisbakteeripitoisuus matalamman aktiivihappitehon aikana eri mittauspäivinä ja pitoisuuden kehitystä kuvaava suora.

Varaston ilman kokonaisbakteeripitoisuus näyttäisi RCS -keräimen tulosten mukaan kasvavan aktiivihappitehon 5 käytön aikana, mikä on ristiriidassa Andersenin keräimen tuloksiin nähden. Kuitenkin on muistettava, ettei näytteenotto tapahtunut suljetuissa tiloissa, joten läsnä olleiden ihmisten osuus on otettava huomioon tulosten tarkastelussa.



Kuva 24. Varaston ilman hiiva- ja homepitoisuus matalamman aktiivihappitehon aikana ja pitoisuuden kehitystä kuvaava suora.

Hiiva- ja homepitoisuuksia tarkasteltaessa havaitaan, että pesäkkeiden ylipopulaation aiheuttamia pitoisuuspiikkejä on vähemmän kuin esimittausten aikana. Tämä viittaisi

ilman hiukkaspitoisuuksien pienenemiseen. Myös muina mittauspäivinä hiiva- ja homepitoisuudet ovat selvästi pienempiä kuin esimitauksissa.

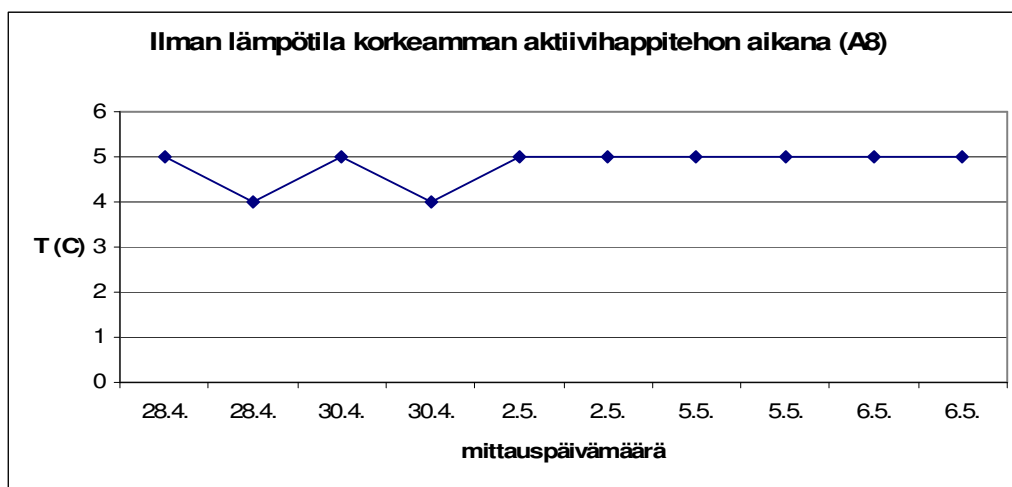
5.7 Mittaukset aktiivihappigeneraattorin korkeammalla tehoasteella

Kun mittauksia oli suoritettu aktiivihappigeneraattorin toimiessa tehoasteella 5 yhdeksän vuorokauden ajan, siirryttiin tutkimaan aktiivihappigeneraattorin ääriteton vaikutusta huoneilmaan. Näin ollen generaattori asetettiin tehoasteelle 8, mikä vastasi laitteen täyttä tehoa. Aktiivihappigeneraattoria pidettiin päällä yhtäjaksoisesti teholla 8 yhden toista vuorokauden ajan. Tänä aikana tutkimukseen kuuluvat mittaukset toistettiin mahdollisimman samankaltaisesti kuin edellisissä vaiheissakin.

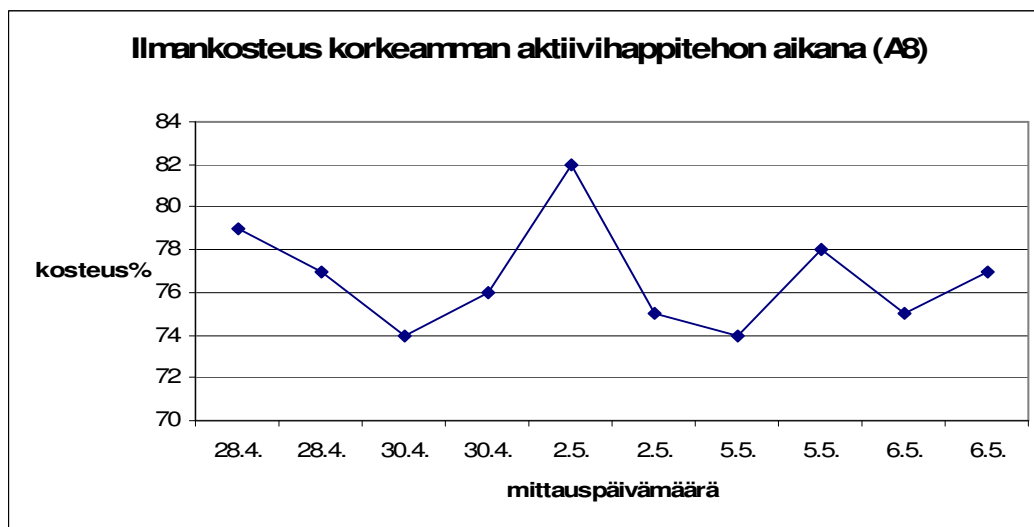
Toisin kuin esimitauksissa ja aktiivihappigeneraattorin ensimmäistä tehoastetta kokeillessa tällä kertaa huoneilmassa havaittiin selkeää otsonipitoisuuden nousua. Poiketen aiemmista mittauksista otsonia päätettiin mitata huoneilmasta 8 kertaa. Esimitauksen ja tehoasteen 5 aikana otsonipitoisuutta ei pystytty putki-ilmaisimilla havaitsemaan sen alhaisen pitoisuuden vuoksi, joten sen säännöllistä mittauksia ei koettu tarpeelliseksi aiemmissa tilanteissa.

5.7.1 Olosuhteet korkeamman tehoasteen aikana

Aktiivihappitehon 8 aikana ei tapahtunut muutoksia varaston ilman lämpötilassa. Ilmankosteus kasvoi hieman verrattuna aktiivihappitehon 5 aikana tehtyihin mittauksiin. Kuvissa 25 ja 26 on esitetty kyseiset olosuhteet graafisesti.



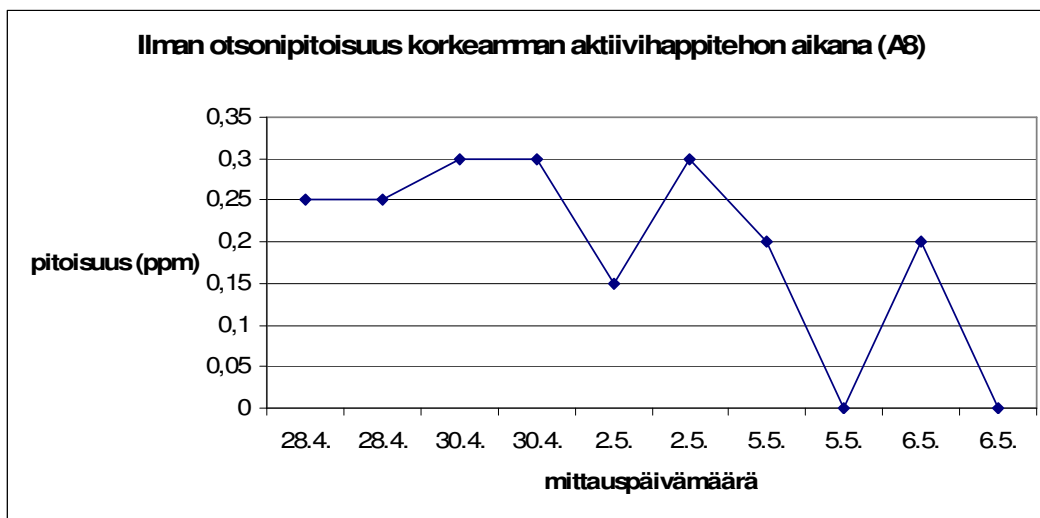
Kuva 25. Varaston ilman lämpötila korkeamman aktiivihappitehon käytön aikana eri mittauspäivinä.



Kuva 26. Varaston ilmankosteus korkeamman aktiivihappitehon käytön aikana eri mittauspäivinä.

Aiemmissa mittauksissa (A0 ja A5) ei havaittu huoneilmassa kuin alle 0,05 ppm:n otsonipitoisuuksia. Aktiivihappitehon 8 käytön aikana ilman otsonipitoisuudet alkoivat kohota. Pitoisuudet vaihtelivat välillä 0,25 – 0,15 ppm. Pitoisuudet olivat jokseenkin korkeita, mikä on otettava huomioon ajatellessa henkilö- ja asiakaskunnan pidempiaikaista altistumismahdollisuutta. Kuvassa 27 on esitetty korkeamman aktiivihappitehon käytön aikana mitatut ilman otsonipitoisuudet. Mittauspäivinä 5. ja 6.5. ei suoritettu

kuin yhdet otsonimittaukset, minkä takia kyseisten päivien kohdalla kuvaajan lukemat näyttävät arvoa 0.



Kuva 27. Varaston ilman otsonipitoisuus korkeamman aktiivihappitehon käytön aikana eri mittauspäivinä.

5.7.2 Aistinvarainen arviointi korkeamman tehoasteen aikana

Kun aktiivihappigeneraattorin tehoa lisättiin tasolle 8, otettiin seurattavaksi myös suomalainen ruusu sekä freesia. Koska aiemmin seuratut tuotteet olivat laadultaan hyväkuntoisia, jatkettiin niiden seurantaa edelleen. Taulukossa 5 on esitetty korkeamman aktiivihappitehon aikana tapahtuneet muutokset seurattavien kukkien laadussa.

Taulukko 5. Aktiivihappitehon 8 aikana suoritettun aistinvaraisen arvioinnin tulokset.

seurattava tuote	28.4.	30.4.	2.5.	5.5.	6.5.
ruusu (kotim.)	tila sama kuin saapuesssa	tila sama	hyvä, pienehköt nuput	tila sama	pieniä vaurioita, mutta myytävissä*
ruusu (ulkom.)	hieman ruskeita jälkiä	tila sama	ruskeita jälkiä, kaikki auki, myyntikelpoisia*	tila sama	auennut, ei kosteus- tai muita vaurioita*
tulppaani (ulkom.)	keltaisia, vähän auki	tila sama	tila sama	lähes kaikki keltaisia, sama kypsyysnopeus	-
neilikka (kotim.)	tila sama	tila sama	tila sama	myyty	-
freesia	noin puolet auki vs. muualla kaikki auki	-	vielä myyntikelpoisia*	lähes kaikki auki, vs. muualla nuukahtaneet	kosteusvaurioita (muovi)*
yleistä	-	-	kaikki kukat myyntikelpoisia tavallisin hinnoin*	-	-

Tähdellä (*) merkityt arviot ovat Helsingin Kukkatoimitus Oy:n työntekijöiltä saatuja arvioita leikkokukkien sen hetkisestä laadusta. Aistinvaraisessa arvioinnissa on huomioitu se, että ulkomaalaisten ruusujen säilöntään käytetyistä aineista ei ole tietoa. Näin ollen niiden säilyvyyteen voivat vaikuttaa myös mahdolliset käytetyt kemikaalit. Suomalaisiin leikkokukkisiin ei ole Helsingin Kukkatoimitus Oy:n mukaan käytetty säilöntäaineita.

Aistinvaraisen arvioinnin perusteella voidaan arvioida kotimaisten ruusujen säilyneen kylmiössä myyntikelpoisina 12 vuorokautta ja ulkomaisten ruusujen 17 vuorokautta. Tulppaanien säilyvyysajaksi saatiin ainakin 17 vuorokautta. Tulppaanien kohdalla säilyvyyttä ei niinkään rajoittanut etyleenin aikaansaama vanhenemisprosessi vaan ilman mikrobiologiset olot. Tulppaanit vanhenivät lähes samaa vauhtia vertailtavien tuotteiden kanssa. Aktiivihapen läsnä ollessa seuratuissa tulppaaneissa ei havaittu homekasvustoa.

Neilikoiden seuranta ei saatu suoritettua loppuun saakka, sillä 12 vuorokauden säilytyksen jälkeen seurannassa ollut neilikkakimppu oli myyty. Tämä puoltaa vahvasti aktiivihapen positiivista vaikutusta leikkokukkien säilyvyyden parantamisessa, sillä 12 vuorokauden säilytyksen jälkeen neilikoita pidettiin vielä tuoreiden kaltaisina, ja ne myytiin normaalihintaisina.

Freesian laadunmuutoksia seurattaessa havaittiin selkeimmin vanhenemisprosessin nopeuden erot eri säilytystiloissa. Aktiivihapteen kosketuksissa olleiden freesioiden nuput aukesivat hitaammin kuin vertailtavien freesioiden. Seurattavat kukat säilyivät vielä tuoreen kaltaisina kun tavallisissa säilytysoloissa olleet kukat olivat jo nuukahtaneet. Viimeisen arviointipäivän aikana havaitut kosteusvauriot johtuivat kimppua ympäröivän muovin läsnä olosta.

Aistinvaraisen arvioinnin tulokset kielivät aktiivihapen positiivisesta vaikutuksesta leikkokukkien säilyvyysaikaan. Säilyvyyden riippuessa monista eri tekijöistä ei voida kuitenkaan täysin varmasti sanoa positiivisten tulosten johtuen juuri aktiivihapesta. Seurattavat tuotteet eristettiin muusta myynnistä, joten niitä ei kosketeltu asiakkaiden toimesta kuten vertailtavia tuotteita. Tällä on ollut todennäköisesti myös vaikutusta säilyvyyteen. Kuitenkin seurattavat leikkokukat säilytettiin muuten tavallisissa olosuhteissa kylmiössä, aktiivihapetta lukuun ottamatta.

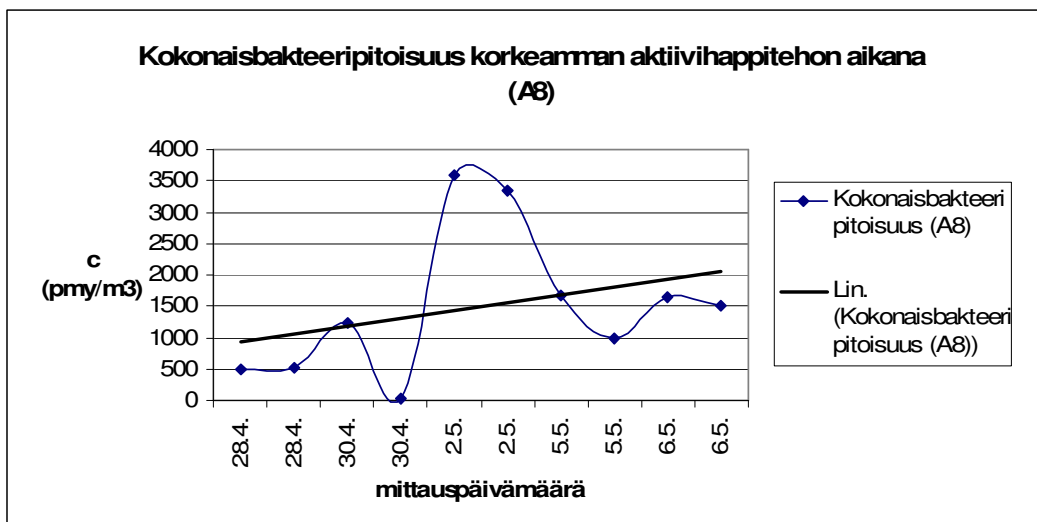
5.7.3 Korkeamman tehoasteen mikrobiologiset tulokset

Aktiivihapen korkeamman tehoasteen aikana otettiin kymmenen eri ilmanäytettä kummallakin ilmanäytteenottimella, ja ne käsiteltiin samankaltaisesti kuin aiemmissa mittauksissa. Tehoasteen 8 aikana tehtyjen näytteenottojen tulokset on esitelty graafisesti seuraavissa kuvissa. Taulukoitujen tulosten (liitteet G-I) punaiseksi maalatut solut kuvaavat pesäkelukemia, jotka olivat epäselvästi laskettavissa, eikä kyseisiä tuloksia voida pitää kovin tarkkoina.

5.7.3.1 Andersenin kuusivaiheimpaktorin tulokset

Liitteessä G on esitetty Andersenin kuusivaiheimpaktorin eri impaktoritasoilla esiintyneet pesäkemäärät aktiivihapen tehon 8 aikana, niistä lasketut kokonaisbakteeripitoisuudet sekä erikokoisten hiukkasten prosentuaaliset osuudet kokonaispitoisuudesta. Laskettuja tuloksia on käsitelty samoin menetelmin kuin aiemmissa mittauksissakin.

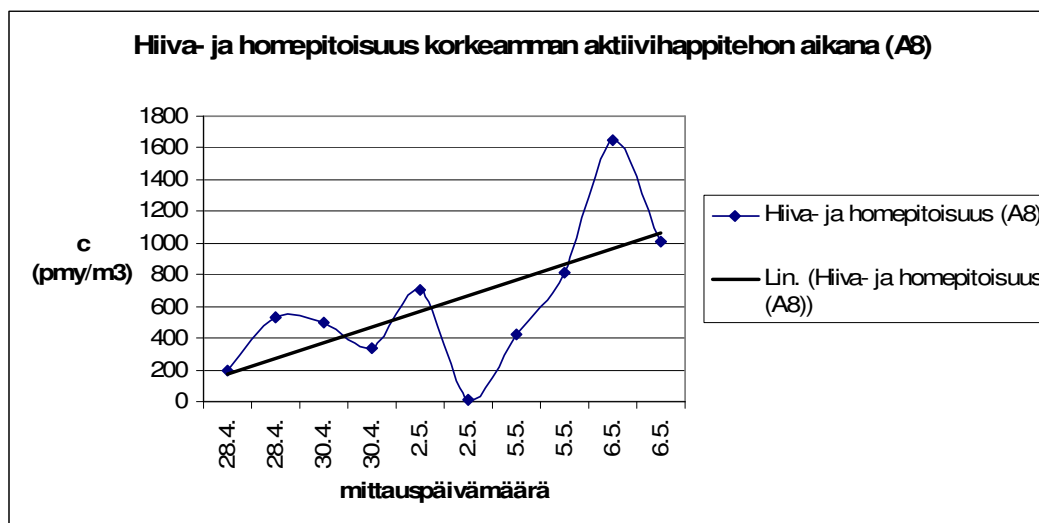
Kuvassa 28 on esitetty graafisesti aktiivihappitehon 8 aikana mitatut ilman kokonaisbakteeripitoisuudet.



Kuva 28. Varaston ilman kokonaisbakteeripitoisuus korkeamman aktiivihappitehon aikana eri mittauspäivinä ja pitoisuuden kehitystä kuvaava suora.

Kokonaisbakteeripitoisuus aktiivihapen korkeamman tehon aikana vaikuttaisi nousevan. Pitoisuudet vaihtelevat välillä 0 – 1500 pmy³, mikä on suuruusluokaltaan hyvin samanlainen kuin matalamman aktiivihappitehon käytön aikana. Kuvassa 28 nähtävät pitoisuuspiikit nostavat kokonaisbakteeripitoisuuksien keskiarvoa huomattavasti.

Liitteessä H on esitetty taulukoituina aktiivihappitehon 8 aikana otetuista ilmanäytteistä lasketut ilman hiiva- ja homepesäkkeiden määrät eri tasoilla, niistä lasketut ilman hiiva- ja homepitoisuudet sekä erikokoisten hiukkasten prosentuaaliset osuudet kokonaispitoisuudesta. Havainnollistamisen helpottamiseksi pitoisuustulokset on esitetty myös graafisesti kuvassa 29.

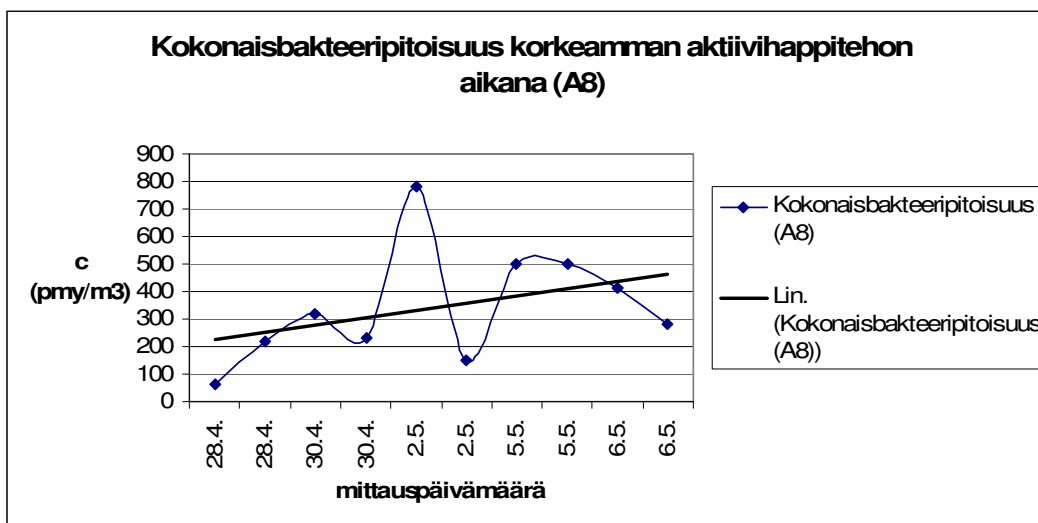


Kuva 29. Varaston ilman hiiva- ja homepitoisuus korkeamman aktiivihappitehon aikana eri mittauspäivinä ja pitoisuuden kehitystä kuvaava suora.

Pääasiassa hiiva- ja homepitoisuudet vaihtelevat korkeamman aktiivihappitehon aikana välillä 0 – 800 pmy/m³, lukuun ottamatta viimeisten mittauspäivien pitoisuuspiikkejä. Pitoisuudet ovat siis lähes samaa tasoa kuin matalamman aktiivihappitehon aikana. Aamu- ja iltapäivämittausten väliset pitoisuuserot vaikuttaisivat hieman pienentyneen. Tämä kielii mahdollisesti siitä, että tiloissa olisi vähemmän hiiva- ja homepartikkeleita, jotka olisivat asiakkaiden tai henkilökunnan liikkeen toimesta sekoitettavissa huoneilmaan.

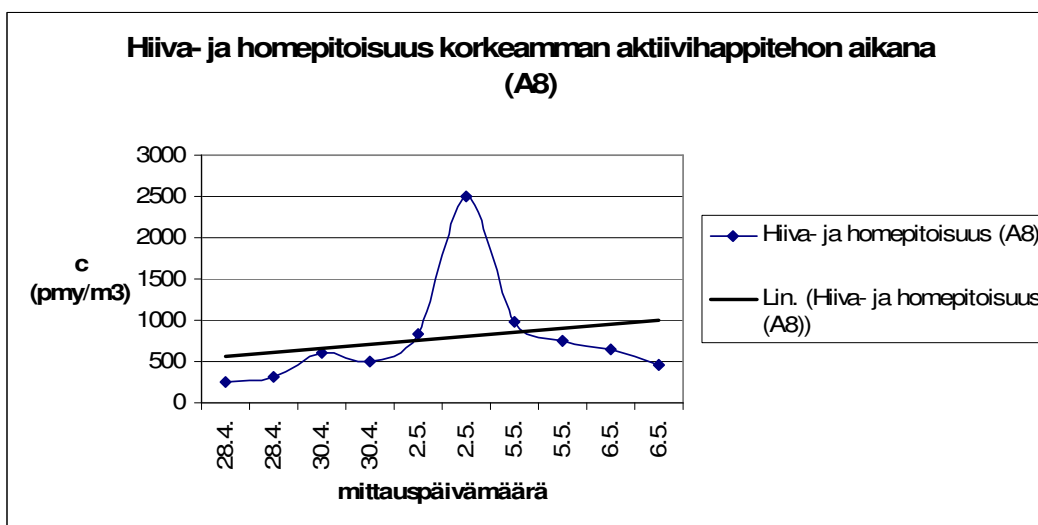
5.7.3.2 RCS High Flow -ilmakeräimen tulokset

Liitteeseen I on koottu aktiivihappitehon 8 aikana RCS High Flow –ilmakeräimellä saatujen näytteiden kokonaisbakteerimäärät sekä hiiva- ja homemäärät sekä niistä lasketut huoneilman sisältämät pitoisuudet. Kuvissa 30 ja 31 on esitetty kyseisten näytteenottojen perusteella lasketut ilman kokonaisbakteeri- sekä hiiva- ja homepitoisuudet eri mittauspäivinä.



Kuva 30. Varaston ilman kokonaisbakteeripitoisuus korkeamman aktiivihappitehon aikana eri mittauspäivinä ja pitoisuuden kehitystä kuvaava suora.

Varaston ilman kokonaisbakteeripitoisuudet vaihtelivat välillä 50 – 500 pmy/m³. Lukemat ovat samaa luokkaa kuin aktiivihappitehon 5 käytön aikana. Pitoisuuspiikkejä esiintyi näytteenotossa vain yksi.



Kuva 31. Varaston ilman hiiva- ja homepitoisuus korkeamman aktiivihappitehon aikana eri mittauspäivinä ja pitoisuuden kehitystä kuvaava suora.

Varaston ilman hiiva- ja homepitoisuudet vaihtelivat välillä 200 – 1000 pmy/m³ korkeamman aktiivihappitehon käytön aikana. Pitoisuudet ovat suuruusluokaltaan samanlaisia kuin matalamman aktiivihappitehon käytön aikana.

6. Tulosten yhteenveto

6.1 Varastotilan olosuhteiden vaihtelut

Leikkokukkien kylmävaraston ilmanlaadun tutkimuksissa ainoastaan varaston lämpötila säilyi lähes samoissa lukemissa kaikkien mittausten ajan. Lämpötila vaihteli 4 °C:n ja 5 °C:n välillä riippumatta ympäristön tapahtumista (asiakkaiden ja henkilökunnan määrä, ovien availu jne.).

Tutkittavan varastotilan suhteellisen ilmankosteuden muutokset olivat huomattavasti suurempia kuin lämpötilan muutokset. Suhteellisen ilmankosteuden arvot vaihtelivat 95 %:n ja 70 %:n välillä esimittausten aikana. Aktiivihappigeneraattorin asennuksen jälkeen kosteuskokemien vaihtelu oli huomattavasti pienempää, suurimmillaan vain noin 10 prosenttiyksikön luokkaa (82 % - 72 %).

Ilman etyleenipitoisuus ei noussut missään tutkimuksen vaiheessa niin korkeaksi, että sitä olisi voitu havaita tutkimuksissa käytetyillä mittausmenetelmillä. Näin ollen varastotilan etyleenipitoisuuksista on oletettava niiden olevan alle 0,2 ppm.

Aktiivihappigeneraattorin tiedetään tuottavan otsonia sen ympäröivään ilmaan. Näin ollen mitattiin myös ilman otsonipitoisuutta esimittausten ja eri generaattoritehojen aikana. Esimittausten aikana sekä aktiivihappigeneraattorin toimiessa teholla 5 säilyivät huoneilman otsonipitoisuudet alle arvon 0,05 ppm. Käytettäessä aktiivihappigeneraattorin tehoastetta 8 eli laitteen maksimitehoa alkoivat varaston ilman otsonipitoisuudet kohota. Otsonipitoisuudet vaihtelivat 0,3 ppm:n ja 0,15 ppm:n välillä.

6.2 Aistinvaraisen arvioinnin yhteenveto

Aistinvaraisen arvioinnin kautta saatiin aktiivihapen toimivuudesta kieliviä tuloksia. Esimittausten aikana havaittiin, että kylmiössä myynnissä olevissa leikkokukissa esiintyi homekasvustoa ja kukkien vanhenemisprosessi oli selvästi nähtävissä joissain tuotteissa.

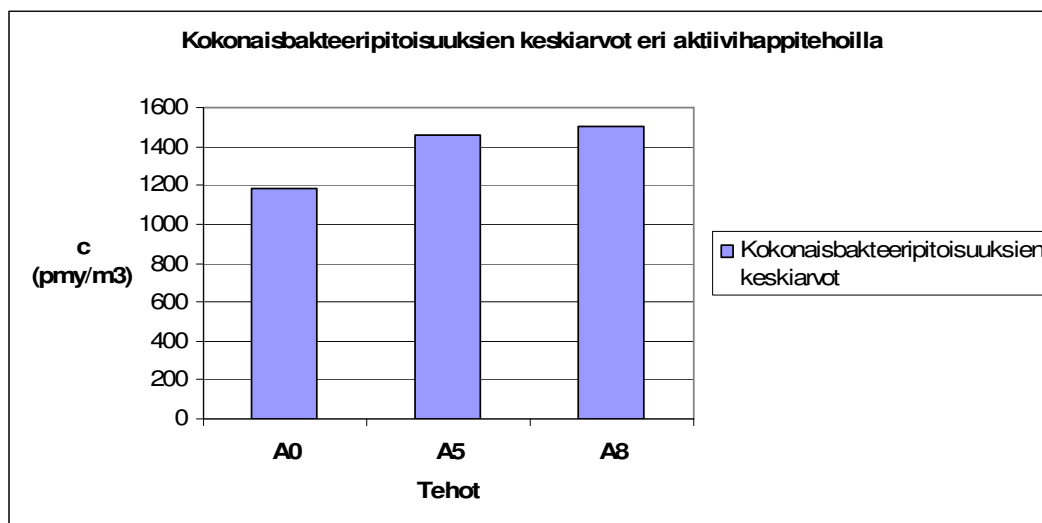
Ruusujen säilyvyyden voidaan katsoa parantuneen, vaikkakaan ajallisesti muutos ei ollut kovin suuri. Jo matalamman aktiivihappitehon vaikutus oli nähtävissä, sillä henkilökunta arvioi ulkomaisten ruusujen kunnon olevan ”yllättävän hyvä” viiden päivän varastoinnin jälkeen.

Tulppaaneilla säilyvyyden parantuminen näkyi siinä, että homekasvustoa ei esiintynyt seurattavissa tuotteissa. Esimittausten aikana tehtyjen havaintojen perusteella homekasvusto vaikutti olevan suurin ongelma tulppaanien säilymisen kohdalla. Neilikoiden säilyvyysajan pidentyminen tuli todistettua käytännön tavoin. Laadun säilymisestä kieli se, että 12 vuorokauden säilytyksen jälkeen tuote ostetaan normaalihintaisena. Vaikkakin tuotteiden myyntiaikaan ja laatuun vaikuttavien tekijöiden vaikutuksia (asiakkaiden kosketus) rajoitettiin eristämällä seurattavat leikkokukat, antavat tulokset positiivisia viitteitä aktiivihapen toimivuudesta. Oikein mitoitettuna ja suunniteltuna aktiivihapen puhdistavan vaikutuksen hyödyt on mahdollista saada esille myös leikkokukkien ulkonäössä.

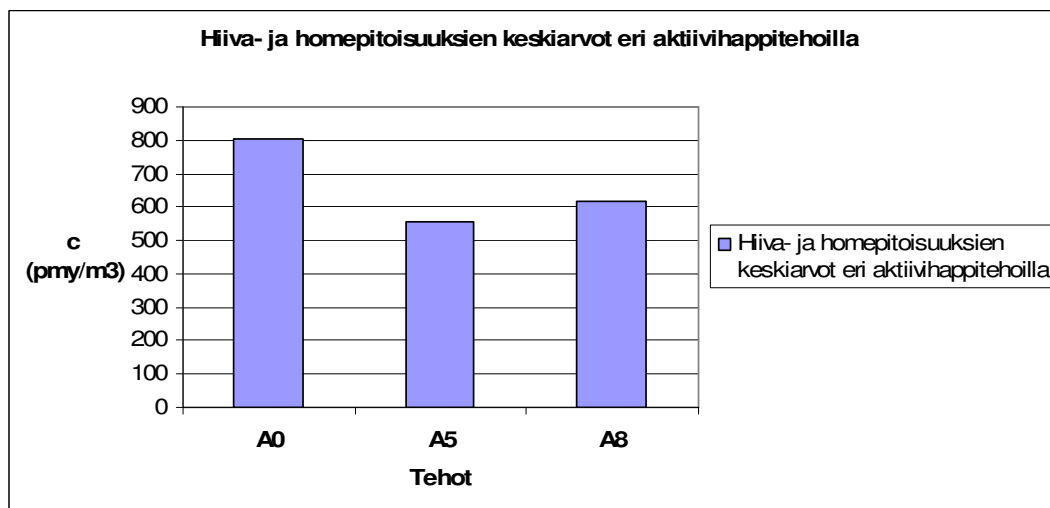
6.3 Mikrobiologisten tulosten yhteenveto

Varaston huoneilman mikrobiologisia muutoksia seurattiin kahden näytteenottimen avulla. Huoneilman mikrobipitoisuudet osoittautuivat ajoittain niin suuriksi, että käsikäyttöisen RCS High Flow -ilmakeräimen kasvatusliuskojen pesäkelukumääriä ei pystytty selkeästi laskemaan. Näin ollen Andersenin kuusivaiheimpaktori osoittautui käytännöllisemmäksi näytteenottomenetelmäksi.

Kuvissa 32 ja 33 on esitetty Andersenin kuusivaiheimpaktorilla otettujen näytteiden tuloksista laskettujen ilman mikrobipitoisuuksien keskiarvot eri aktiivihappitehojen aikana.

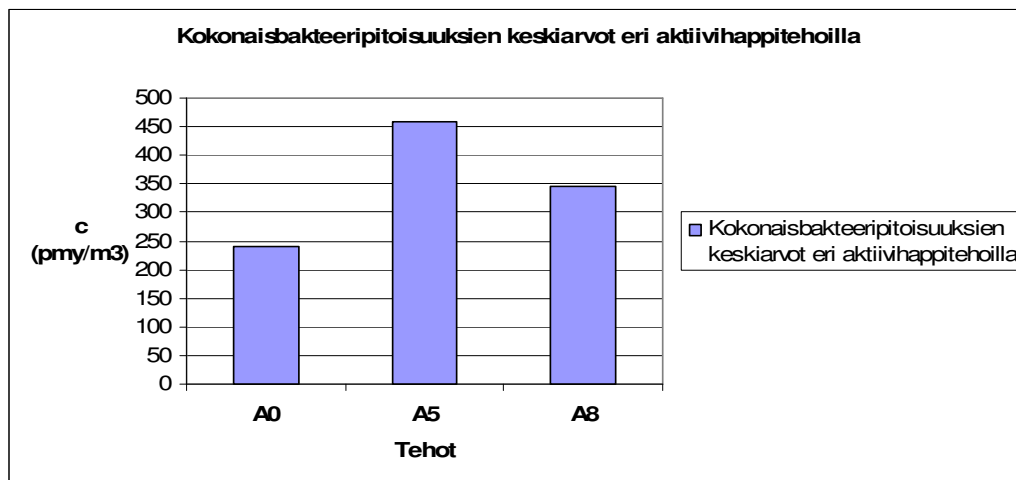


Kuva 32. Andersenin kuusivaiheimpaktorilla saadut keskiarvoiset tulokset huoneilman kokonaisbakteeripitoisuuksista eri aktiivihappitehojen aikana.

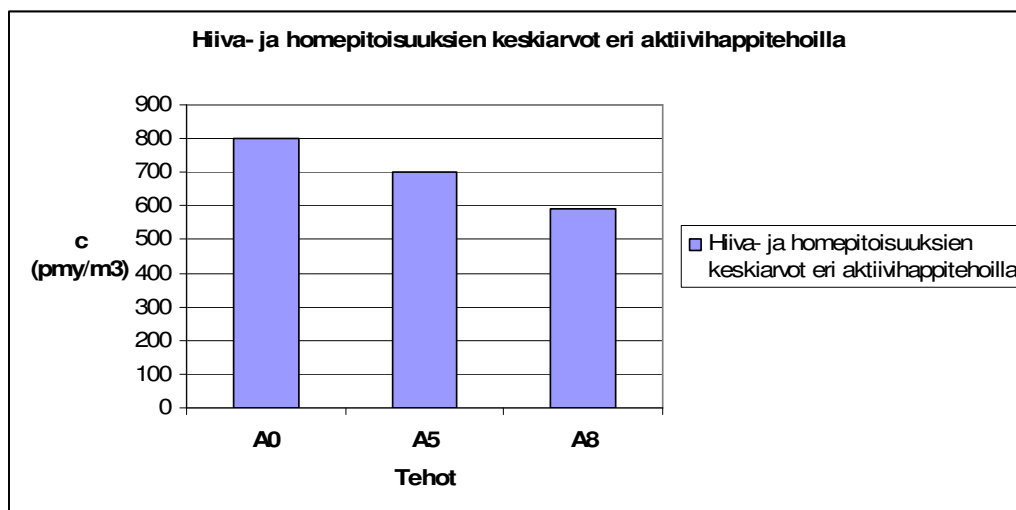


Kuva 33. Andersenin kuusivaiheimpaktorilla saadut keskiarvoiset tulokset huoneilman hiiva- ja homepitoisuuksista eri aktiivihappitehojen aikana.

Kuvissa 34 ja 35 on esitetty RCS High Flow -ilmakeräimellä otettujen näytteiden tuloksista laskettujen ilman mikrobipitoisuuksien keskiarvot eri aktiivihappitehoilla. Kyseisellä näytteenottomenetelmällä saatujen ilmanäytteiden mikrobipitoisuudet osoittautuivat ajoittain liian suuriksi, minkä takia tarkkaa pesäkemäärää ei pystytty kasvatusliuskoilta laskemaan. Keskiarvoisiin pitoisuustuloksiin ei ole laskettu mukaan pitoisuuslukuja, jotka jäivät liiallisen pesäkepopulaation takia epäselviksi.



Kuva 34. RCS High Flow -ilmakeräimellä saadut keskiarvoiset tulokset huoneilman kokonaisbakteeripitoisuuksista eri aktiivihappitehojen aikana.



Kuva 35. RCS High Flow -ilmakeräimellä saadut keskiarvoiset tulokset huoneilman hiiva- ja homepitoisuuksista eri aktiivihappitehojen aikana.

Kokonaisbakteeripitoisuudet vaihtelivat eri aktiivihappitehoilla selkeästi jopa noin 200 yksikön suuruisesti. Eri näytteenottomenetelmillä saadut tulokset eivät kuitenkaan noudata samaa kaavaa pitoisuuden muutoksissa. Tämä johtuu hyvin todennäköisesti siitä, että tilaa, jossa mittaukset suoritettiin, ei eristetty pelkästään tutkimuskäyttöön. Toisin sanoen mittausten aikana varastotiloissa ja näytteenottolaitteiston läheisyydessä oli liikettä asiakkaiden ja henkilökunnan muodossa. Lukemat voivat siis vaihdella merkittävästi riippuen siitä, onko ihmisiä ollut läsnä näytteenoton aikana.

Varaston ilman hiiva- ja homepitoisuuksissa on sen sijaan selkeästi nähtävissä aktiivihapen puhdistava vaikutus. Kummallakin näytteenottomenetelmällä saadut tulokset kertovat sienten hiukkaspitoisuuden pienenemisestä huoneilmassa. Mitä pidempään aktiivihappigeneraattori oli ollut toiminnassa, sitä pienemmäksi muuttuivat myös aamu- ja iltapäivämittausten väliset pitoisuuserot. Tästä voidaan päätellä varaston pinnoille kiinnittyneiden hiiva- ja homepartikkelien määrän pienentyneen, sillä ilman sekoittuminen iltapäivisin ei saanut enää aikaan suuria pitoisuuspiikkejä.

Aktiivihappigeneraattorin pieni koko verrattuna tutkittavaan tilaan heijastuu myös tuloksiin. Koska neilikavarastotila, mihin generaattori oli sijoitettuna, on ilmateitse yhteydessä muuhun kylmiöön, pääsevät ilman mikrobit liikkumaan vapaasti sekoittuvassa ilmassa, eikä generaattori ole kapasiteetiltaan riittävä puhdistamaan koko kylmävaraston ilmaa. Kuitenkin viitteitä aktiivihapen soveltuvuudesta ilman mikrobiologisen laadun parantamiseen varsinkin sienten kohdalla on selvästi nähtävillä oheisista tuloksista.

7. Johtopäätökset ja jatkotoimenpiteet

7.1. Johtopäätökset

Kerättyjen tutkimustulosten perusteella vaikuttaisi siltä, että aktiivihapen läsnäololla on merkitystä leikkokukkakylmiön ilman laatuun sekä siten myös leikkokukkien laatuun ja niiden säilyvyyteen. Tutkittavan tilan puitteissa pystyttiin kaikki mittaukset suorittamaan lähes samankaltaisissa olosuhteissa, jotka myös ovat myös realistiset mahdollisten tulevaisuuden hygieniasuunnitelmien kannalta.

Lämpötila pysyi kaikkien mittausten ajan käytännössä samana. Varaston tilan ilmankosteus laski huomattavasti aktiivihapen käytön alettua. Ilman suhteelliseen kosteuteen voivat tiloissa vaikuttaa niin ulkoilman kosteus kuin leikkokukkien kastelukin. Yksi merkittävä ilmankosteuteen vaikuttava tekijä on myös todennäköisesti ollut aktiivihappi, sillä se reagoi ilman vesihöyryn kanssa. Tämä on nähtävissä myös aktiivihapen käytön aikana tehtyjen kosteusmittausten tuloksistakin. Jos varastotilan kosteutus säilyy ennallaan ja aktiivihappea aletaan käyttää kuivadesinfiointimenetelmänä, pysyisi varaston ilman suhteellinen kosteus juuri sopivana leikkokukkien säilyvyyden kannalta.

Varaston ilmasta mitattiin myös otsonipitoisuuksia eri aktiivihappitehoja käytettäessä, jotta saataisiin selville generaattorin tuottama otsonin määrä. Otsonipitoisuudet kasvoivat vasta korkeamman aktiivihappitehon käytön aikana. Toisaalta otsonipitoisuudet kertovat aktiivihappigeneraattorin tehokkuudesta, toisaalta myös mahdollisesta terveysriskistä. Näin ollen aktiivihappigeneraattorin korkein tehoaste vaikuttaisi kyseiseen tilaan olevan liian voimakas. Otsonipitoisuuden kasvu on myös hyvä muistutus oikeiden mitoitusten tärkeydestä hygieniajärjestelmää suunniteltaessa.

Varaston ilman etyleenimittauksissa ei selvinnyt ilman sisältämää tarkkaa pitoisuutta. Joko ilman etyleenipitoisuudet eivät olleet riittävän suuria havaittavaksi käytetyllä mitalaitteistolla tai ilman lämpötila häiritsi mittauksia. Kun kuitenkin tiedetään, että leikkokukat ovat herkempiä etyleenin vaikutuksille kuin toimivat niiden tuottajina, voidaan olettaa, etteivät leikkokukkavaraston etyleenipitoisuudet olleet mittaushetkillä määrälli-

sesti niin akuutteja, että niillä olisi suurin vaikutus leikkokukkien säilyvyyteen ja myynti-ikään. Merkittävämmät altistumiset etyleenille voivat mahdollisesti tapahtua leikkokukkien kuljetuksen aikana, sillä etyleenikaasua syntyy muun muassa dieselmoottoria käytettäessä. Tämän takia kuljetuksella on myös suuri rooli leikkokukkien säilyvyydessä.

Etyleenipitoisuuden sijaan suuremmaksi säilyvyysongelman aiheuttajaksi muodostui ilman mikrobiologinen laatu. Mittausten aikana tuli selväksi, että kyseisessä leikkokukkakylmiössä on tarvetta hygieniaratkaisulle. Ilman mikrobit, erityisesti homeet, vaikuttivat merkittävästi leikkokukkien laatuun. Tämä oli nähtävissä mikrobiologisten mittausten ja aistinvaraisen arvioinnin tuloksista. Aktiivihapen mikrobeja tuhoava vaikutus oli nähtävissä hiiva- ja homepitoisuuksien alenemisessa. Tulosten suuntaa-antavuuden hengessä voidaan sanoa, että aktiivihapella oli ilman mikrobiologista laatua parantava vaikutus.

7.2. Jatkotoimenpiteet

Työn tarkoituksena oli kartoittaa Helsingin Kukkatoimitus Oy:n leikkokukkavaraston ilmanlaatu ja sen vaikutus leikkokukkien säilyvyyteen. Tutkimusten osoitettua, että kyseisen varastokylmiön ilmanlaadussa olisi varsinkin mikrobiologiselta kannalta parantamisen varaa ja että aktiivihapen avulla ilmanlaatua saatiin merkittävästi puhtaampaan suuntaan, olisi järkevää lähteä suunnittelemaan tilakohtaista hygieniaratkaisua kyseiseen varastotilaan.

Jotta saataisiin aikaiseksi oikealla tavalla mitoitettu kuivadesinfiointijärjestelmä, olisi järkevää suorittaa vielä yksityiskohtaisemmat ilmamittaukset erikseen eristetyssä tilassa. Näin saataisiin tarkempaa tietoa oikeanlaisista tilavuus-tehosuhteista ja siitä, millä tavalla ja kuinka tehokkaasti aktiivihappi todellisuudessa vaikuttaa kyseisen tilan ilman laatuun.

Koska leikkokukkien säilyvyyteen vaikuttavia tekijöitä on monia ja tekijöiden yhteisvaikutukset merkittäviä, on nämä seikat otettava tarkasti huomioon hygieniaratkaisun

suunnittelemisessa. Koska varastotila toimii säilytyksen lisäksi suoraan myyntitilana, on myös huomioitava asiakas- ja henkilökunta suunnitelmaa tehtäessä.

Varastotilan olosuhteiden lisäksi myös kuljetus on suuri tekijä leikkokukkien säilyvyyden säätelyssä. Näin ollen olisi syytä varaston hygienian lisäksi kiinnittää huomiota kuljetusolosuhteisiin. Jotta koko kukkien käsittelyprosessi saataisiin optimoitua, olisi sekä varasto- että kuljetustiloihin hyvä suunnitella ja mitoittaa toimivat hygienia-, jäähdytys- sekä kosteusratkaisut.

Lähteet

1. Orchin, M., Macomber R.S., Pinhas, A.R., Wilson, R.M. The Vocabulary And Concepts Of Organic Chemistry, 2nd edition, Wiley-Interscience, New Jersey. (2005)
2. Davies, P. (1995) Plant Hormones. Physiology, Biochemistry and Molecular Biology, 2nd edition, 833 pp. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
3. Achilea, O., Fuchs, Y., Chalutz, E. and Rot, I. The contribution of host and pathogen to ethylene biosynthesis in *Penicillium digitatum* infected fruit. *Physiol. Plant Pathol.* (1985)
4. Airgenic Oksenøyveien, Handling and Maintenance Instruction, Model MX 1800/1200, mobile air sterilizer. Lysaker, Norway.
5. Bremer, K. Hedelmä- ja marjakasvien taudit. 2.painos. Kasvinsuojeluseura, Helsinki. (1991)
6. Fagerstedt, K., Koivunen, T., Lindén, L., Santanen, A. Kasvioppi: Siemenestä satoon. Edita Prima Oy, Helsinki. (2008)
7. Sverdrup, P., AAC-RES-005 Airgenic when storing fruits and vegetables.doc.
8. Leikkokukka. <http://fi.wikipedia.org/wiki/Leikkokukka>. Muokattu 22.8.2008. Luettu 30.1.2009.
9. Ethylene. <http://www.marathonproducts.com/products/ethyover.html>. Muokattu 7.7.2001. Luettu 6.3.2009.
10. Neilikat. <http://fi.wikipedia.org/wiki/Neilikat>. Muokattu 29.6.2008. Luettu 7.10.2008.
11. Ethylene. <http://www.ultranet.com/~jkimball/BiologyPages/E/Ethylene.html>. Muokattu 27.9.2008. Luettu 6.3.2009.
12. Tietoa aktiivihapesta. Oy Biocid Ltd. 29.6.2006.
13. Hurst, C.J. et al. Manual of Environmental Microbiology. American society for Microbiology. ASM PRESS, Washington D.C. (1997)
14. Helsingin Kukkatoimitus Oy.
<http://www.helsinginkukkatoimitus.fi/helsinki/index.php>. Luettu 22.3.2009.
15. Alkene oxidation.
http://www.chem.umd.edu/courses/chem233/ReactionMechanisms/alkene_oxidation/alkene_oxidation.html. Luettu 27.3.2009.

16. Ruusut. <http://fi.wikipedia.org/wiki/Ruusut>. Muokattu 20.3.2009. Luettu 27.3.2009.
17. Kasvitaudit. <http://www.kolumbus.fi/ruusu/hoitaminen.html#tuholaiset>. Luettu 27.3.2009.
18. Tulppaanit. <http://fi.wikipedia.org/wiki/Tulppaani>. Muokattu 19.3.2009. Luettu 27.3.2009.
19. Qadir, A., Hewett, E.W., Long, P.G. Ethylene production by *Botrytis cinerea*. Postharvest Biology and Technology 11. Department of Plant Science. Massey University, Palmerston North, New Zealand. (1997)
20. Kepczynska, E. Ethylene requirement during germination of *Botrytis cinerea* spores. Physiol. Plant. (1989)
21. BIOCID-Aktiivihappigeneraattorit MX 1800-E9-IC, Asennus-, käyttö- ja huolto-ohjekirja. (2008)
22. Biotest HYCON Agar strips –käyttöohje. (2006)
23. Hycon RCS High Flow Impactor. <http://www.biotestuk.com/hycon/hiflow.htm>. Luettu 30.3.2009.
24. Ethylene. <http://www.catalyticgenerators.com/whatisethylene.html>. Muokattu 2006. Luettu 30.3.2009.
25. Sosiaali- ja terveysministeriö. Asumisterveysohje. Asuntojen ja muiden oleskelutilojen fysikaaliset, kemialliset ja mikrobiologiset tekijät. Helsinki. (2003)
26. Mälkönen, P. Orgaaninen kemia. Perusoppijakso. 8. painos, Otava. Helsinki. (1992)
27. Kasvinsuojeluseura.
[http://www.kasvinsuojeluseura.fi/Tasapainoinen/24Muidenkasvientasapainoinen kasvinsuojelu/tabid/2092/topic/Kasvintuhoojien+merkitys/Default.aspx](http://www.kasvinsuojeluseura.fi/Tasapainoinen/24Muidenkasvientasapainoinen%20kasvinsuojelu/tabid/2092/topic/Kasvintuhoojien+merkitys/Default.aspx). Luettu 2.4.2009.
28. Kauppapuutarhaliitto. <http://www.kauppapuutarhaliitto.fi/>. Luettu 2.4.2009.
29. Oksala, R. Aktivoidun hapen käyttö kylmävarastossa. Oy Biocid Ltd. (2003)

Liitteet

Liite A: Andersenin keräimen kokonaisbakteeritulokset (A0)

Kokonaisthakeierimääriä (THG-agen) korjaukset pesäkemääräit																				
mitaus	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1.malajapny	49	29	54	9	42	10	18	17	41	21	37	64	31	60	12	11	51	46	84	44
2.malajapny	95	36	45	14	34	18	14	4	30	23	12	35	53	78	11	8	51	46	158	43
3.malajapny	258	194	108	45	30	123	25	37	87	84	33	326	91	129	31	148	41	99	495	102
4.malajapny	177	459	112	123	256	367	79	236	340	248	119	409	163	409	107	175	156	362	746	230
5.malajapny	2	56	44	29	liika	107	41	97	183	79	55	169	75	186	49	78	141	119	209	146
6.malajapny	4	29	2	9	4	16	3	17	2	16	3	18	liika	23	1	7	1	13	13	39
Kokonaisthakeieripitoisuus (pym/m3), (THG-agen)																				
pvm	2.4.	2.4.	3.4.	3.4.	4.4.	4.4.	7.4.	7.4.	8.4.	8.4.	9.4.	9.4.	10.4.	10.4.	11.4.	11.4.	14.4.	14.4.	15.4.	15.4.
mitaus	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20 ka.
1.malajapny(m3)	115	68	127	16	67	16	37	35	85	44	77	133	64	125	25	23	106	96	175	76
2.malajapny(m3)	224	86	106	25	55	29	29	8	62	48	25	197	110	162	23	17	106	96	328	89
3.malajapny(m3)	608	457	254	80	48	198	52	77	181	175	69	678	189	263	64	308	85	266	1029	212
4.malajapny(m3)	417	1081	264	217	411	589	164	491	707	515	247	850	339	850	222	364	324	752	1551	478
5.malajapny(m3)	5	132	104	51	1	172	85	202	380	164	114	351	156	387	102	162	293	247	434	303
6.malajapny(m3)	9	68	5	16	6	26	6	35	4	33	6	37	1	48	2	15	2	27	27	81
yht.	1378	1892	880	405	569	1030	374	848	1420	979	538	2247	859	1640	439	888	917	1424	3544	1106
Prosentuaalinen osuus kokoluokittain																				
mitaus	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20 ka.
1.malajapny	8.4%	3.6%	14.8%	3.9%	11.5%	1.6%	10.0%	4.2%	6.0%	4.5%	14.3%	5.9%	7.5%	6.9%	5.7%	2.6%	11.6%	6.7%	4.9%	7.3%
2.malajapny	16.2%	4.5%	12.3%	6.1%	9.3%	2.8%	7.8%	1.0%	4.4%	4.9%	4.6%	8.8%	12.8%	5.2%	1.9%	11.6%	6.7%	9.3%	7.1%	7.3%
3.malajapny	44.1%	24.2%	29.6%	19.7%	8.2%	19.2%	13.9%	9.1%	12.7%	17.8%	12.7%	30.2%	22.0%	14.6%	14.7%	34.7%	9.3%	14.5%	29.0%	19.8%
4.malajapny	30.3%	57.2%	30.7%	53.1%	69.8%	57.3%	43.9%	57.8%	49.6%	52.7%	45.9%	37.8%	39.4%	46.2%	50.7%	41.0%	35.4%	52.8%	43.8%	38.1%
5.malajapny	0.3%	7.0%	12.1%	12.7%	0.2%	16.7%	22.8%	23.8%	26.8%	16.8%	21.2%	15.6%	18.1%	21.0%	23.2%	18.3%	32.0%	17.4%	12.3%	24.2%
6.malajapny	0.7%	3.6%	0.5%	3.9%	1.1%	2.5%	1.7%	4.2%	0.3%	3.4%	1.2%	1.7%	0.1%	2.6%	0.5%	1.6%	0.2%	1.9%	0.8%	6.5%
yht.	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

Liite B: Andersenin keräimen hiiva- ja hometulokset (A0)

Hivut ja homeet (Mallas-agar, korjattu pesäkemäärä, 1. tarkastelu (n.3 vrkn kasvatus))																				
mittaus	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1.malja (pmy)	46	10	61	0	9	4	5	20	7	17	2	68	6	27	1	12	6	9	13	5
2.malja (pmy)	66	27	32	3	5 ilke	13	8	3	5	12	166	7	47	3	7	14	24	6	24	
3.malja (pmy)	236	30	87	12	26	33	53	76	31	15	19	816	29	177	3	41	43	98	45	70
4.malja (pmy)	188	146	93	52	88	174	79	218	345	102	77	1023	122	629	33	141	84	153	234	185
5.malja (pmy)	15	10	7	5	7	12	6	58	43	37	31	281	33	84	9	8	45	24	40	13
6.malja (pmy)	1	0	1	0	0	0	3	0	0	1	0	4	2	8	1	0	0	1	0	0
Hiiva- ja homepitoisuus (pmy/m ³), (Mallas-agar, 1. (n.3 vrkn kasvatus))																				
Pym	24	24	34	34	44	44	74	74	84	84	94	94	104	104	114	114	144	144	154	154
mittaus	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20 la.
1.malja (pmy)	108	24	144	0	14	6	10	42	15	35	4	141	12	56	2	25	12	19	27	10
2.malja (pmy)	155	64	75	5	8	1	27	17	6	10	25	324	15	98	6	15	29	50	12	50
3.malja (pmy)	556	71	205	21	42	53	110	158	64	31	39	1696	60	368	6	85	89	204	94	145
4.malja (pmy)	443	344	219	92	141	279	164	453	717	212	160	2126	254	1307	69	293	175	318	486	385
5.malja (pmy)	35	24	16	9	11	19	12	121	89	77	64	584	69	175	19	17	94	50	83	27
6.malja (pmy)	2	0	2	0	0	0	6	0	0	2	0	8	4	17	2	0	0	2	0	0
yht.	1300	525	662	127	217	359	330	790	892	368	293	4880	414	2020	104	434	399	642	703	617
Prosentuaalinen osuus kokoluokittain, (Mallas-agar, 1. tarkastelu (n.3 vrkn kasvatus))																				
mittaus	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20 la.
1.malja (pmy)	8 %	4 %	22 %	0 %	7 %	2 %	3 %	5 %	2 %	10 %	1 %	3 %	3 %	3 %	2 %	6 %	3 %	3 %	4 %	2 %
2.malja (pmy)	12 %	12 %	11 %	4 %	4 % ilke	8 %	2 %	1 %	3 %	9 %	7 %	4 %	5 %	6 %	3 %	7 %	8 %	2 %	8 %	6 %
3.malja (pmy)	43 %	13 %	31 %	17 %	19 %	15 %	33 %	20 %	7 %	8 %	13 %	35 %	15 %	18 %	6 %	20 %	22 %	32 %	13 %	24 %
4.malja (pmy)	34 %	65 %	33 %	72 %	65 %	78 %	50 %	57 %	80 %	58 %	55 %	44 %	61 %	65 %	66 %	67 %	44 %	50 %	69 %	62 %
5.malja (pmy)	3 %	4 %	2 %	7 %	5 %	5 %	4 %	15 %	10 %	21 %	22 %	12 %	17 %	9 %	18 %	4 %	23 %	8 %	12 %	4 %
6.malja (pmy)	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	2 %	0 %	0 %	1 %	0 %	0 %	1 %	1 %	2 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
yht.	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

Liite C: RCS High Flow –keräimen mikrobimäärät ja -pitoisuudet(A0)

kokonaismikrobipitoisuus (pmy/m ³)				hiiva- ja homepitoisuudet (pmy/m ³)			
mittaus	Pvm	pmy	pmy/m ³	mittaus	Pvm	pmy	pmy/m ³
1	2.4.	22	220	1	2.4.	140	1400
2	2.4.	31	310	2	2.4.	68	680
3	3.4.	39	390	3	3.4.	60	600
4	3.4.	5	50	4	3.4.	liika	2500
5	4.4.	2	20	5	4.4.	19	190
6	4.4.	liika	2500	6	4.4.	liika	2500
7	7.4.	9	90	7	7.4.	69	690
8	7.4.	38	380	8	7.4.	124	1240
9	8.4.	32	320	9	8.4.	90	900
10	8.4.	liika	2500	10	8.4.	59	590
11	9.4.	2	20	11	9.4.	liika	2500
12	9.4.	9	90	12	9.4.	200	2000
13	10.4.	1	10	13	10.4.	38	380
14	10.4.	19	190	14	10.4.	95	950
15	11.4.	2	20	15	11.4.	13	130
16	11.4.	9	90	16	11.4.	81	810
17	14.4.	8	80	17	14.4.	100	1000
18	14.4.	40	400	18	14.4.	68	680
19	15.4.	107	1070	19	15.4.	61	610
20	15.4.	58	580	20	15.4.	liika	2500

Liite E: Andersenin keräimen hiiva- ja hometulokset (A5)

[illegible]

Liite F: RCS High Flow –keräimen mikrobimäärät ja -pitoisuudet(A5)

kokonaismikrobipitoisuus (pmy/m ³)				hiiva- ja homepitoisuudet (pmy/m ³)			
mitaus	Pvm	pmy	pmy/m ³	mitaus	Pvm	pmy	pmy/m ³
1	21.4.	12	120	1	21.4.	27	270
2	21.4.	39	390	2	21.4.	45	450
3	22.4.	50	500	3	22.4.	86	860
4	22.4.	ilika	2500	4	22.4.	ilika	2500
5	23.4.	52	520	5	23.4.	ilika	2500
6	23.4.	16	160	6	23.4.	79	790
7	24.4.	80	800	7	24.4.	74	740
8	24.4.	89	890	8	24.4.	95	950
9	25.4.	28	280	9	25.4.	84	840
10	25.4.	46	460	10	25.4.	70	700

Liite G: Andersenin keräimen kokonaisbakteeritulokset (A8)

Kokonaisbakteerimäärä (THG-agar), korjatut pesäkemäärät												
mitaus	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1.majja(pmy)	32	14	11	3	54	53	45	17	18	6		
2.majja(pmy)	30	7	32	4	119	44	24	27	39	19		
3.majja(pmy)	55	33	51	2	417	159	96	153	146	76		
4.majja(pmy)	67	120	271	0	911	659	317	239	322	335		
5.majja(pmy)	44	72	201	2	218	664	287	38	256	273		
6.majja(pmy)	5	9	33	2	10	29	29	liika (kont?)	13	21		
Kokonaisbakteeripitoisuus (pmy/m3), (THG-agar)												
Pvm	28.4.	28.4.	30.4.	30.4.	2.5.	2.5.	5.5.	5.5.	6.5.	6.5.		
mitaus	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10 ka.		
1.majja(pmy/m3)	67	29	23	6	112	110	94	35	37	12		53
2.majja(pmy/m3)	62	15	67	8	247	91	50	56	81	39		72
3.majja(pmy/m3)	114	69	106	4	867	330	200	318	303	158		247
4.majja(pmy/m3)	139	249	563	0	1894	1370	659	497	669	696		674
5.majja(pmy/m3)	91	150	418	4	453	1380	597	79	532	567		427
6.majja(pmy/m3)	10	19	69	4	21	60	60	1	27	44		31
yht.	484	530	1245	27	3594	3342	1659	986	1650	1517		1504
Prosentuaalinen osuus kokoluokittain												
mitaus	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10 ka.		
1.majja(pmy)	14 %	5 %	2 %	23 %	3 %	3 %	6 %	4 %	2 %	1 %		6 %
2.majja(pmy)	13 %	3 %	5 %	31 %	7 %	3 %	3 %	6 %	5 %	3 %		8 %
3.majja(pmy)	24 %	13 %	9 %	15 %	24 %	10 %	12 %	32 %	18 %	10 %		17 %
4.majja(pmy)	29 %	47 %	45 %	0 %	53 %	41 %	40 %	50 %	41 %	46 %		39 %
5.majja(pmy)	19 %	28 %	34 %	15 %	13 %	41 %	36 %	8 %	32 %	37 %		26 %
6.majja(pmy)	2 %	4 %	6 %	15 %	1 %	2 %	4 %	0 %	2 %	3 %		4 %
yht.	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %		100 %

Liite H: Andersenin keräimen hiiva- ja hometulokset (A8)

Hiivat ja homeet (Mallas-agar), korjatut pesäkemäärät, 1.tarkastelu															
mitaus	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10					
1.maija(pmy)	8	9	5	7	8	4	0	25	46	22					
2.maija(pmy)	10	12	10	1	12	1	3	1	49	20					
3.maija(pmy)	9	58	44	33	29	0	28	73	138	119					
4.maija(pmy)	49	148	110	87	183	0	150	256	398	196					
5.maija(pmy)	19	30	69	33	103	0	21	34	160	129					
6.maija(pmy)	0	0	2	0	2	2	0	0	2	1					
Hiiva- ja homepitoisuus (pmy/m ³), (Mallas-agar), 1.tarkastelu															
Pvm	28.4.	28.4.	30.4.	30.4.	2.5.	2.5.	5.5.	5.5.	6.5.	6.5.					
mitaus	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10 ka.					
1.maija(pmy/m ³)	17	19	10	15	17	8	0	52	96	46	28				
2.maija(pmy/m ³)	21	25	21	2	25	2	6	2	102	42	25				
3.maija(pmy/m ³)	19	121	91	69	60	0	58	152	287	247	110				
4.maija(pmy/m ³)	102	308	229	181	380	0	312	532	827	407	328				
5.maija(pmy/m ³)	39	62	143	69	214	0	44	71	333	268	124				
6.maija(pmy/m ³)	0	0	4	0	4	4	0	0	4	2	2				
yht.	197	534	499	335	700	15	420	809	1648	1012	617				
Prosentuaalinen osuus kokoluokittain, 1. tark.															
mitaus	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10 ka.					
1.maija(pmy)	8 %	4 %	2 %	4 %	2 %	57 %	0 %	6 %	6 %	5 %	9 %				
2.maija(pmy)	11 %	5 %	4 %	1 %	4 %	14 %	1 %	0 %	6 %	4 %	5 %				
3.maija(pmy)	9 %	23 %	18 %	20 %	9 %	0 %	14 %	19 %	17 %	24 %	15 %				
4.maija(pmy)	52 %	58 %	46 %	54 %	54 %	0 %	74 %	66 %	50 %	40 %	49 %				
5.maija(pmy)	20 %	12 %	29 %	20 %	31 %	0 %	10 %	9 %	20 %	26 %	18 %				
6.maija(pmy)	0 %	0 %	1 %	0 %	1 %	29 %	0 %	0 %	0 %	0 %	3 %				
yht.	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %				

Liite I: RCS High Flow –keräimen mikrobimäärät ja -pitoisuudet(A8)

kokonaismikrobipitoisuus (pmy/m ³)				hiiva- ja homepitoisuudet (pmy/m ³)			
mittaus	Pvm	pmy	pmy/m ³	mittaus	Pvm	pmy	pmy/m ³
1	28.4.	6	60	1	28.4.	26	260
2	28.4.	22	220	2	28.4.	31	310
3	30.4.	32	320	3	30.4.	60	600
4	30.4.	23	230	4	30.4.	51	510
5	2.5.	78	780	5	2.5.	84	840
6	2.5.	15	150	6	2.5.	liika	2500
7	5.5.	50	500	7	5.5.	98	980
8	5.5.	50	500	8	5.5.	75	750
9	6.5.	41	410	9	6.5.	65	650
10	6.5.	28	280	10	6.5.	45	450