

Tuorevihannesten tuotantoketjun tavoitteena turvallinen tuote

Marja Lehto, Risto Kuisma, Hanna-Riitta Kymäläinen,
Terhi Suojala-Ahlfors, Tuija-Liina Laamanen, Ilkka Sipilä,
Esa Pienmunne ja Maarit Mäki



Tuorevihannesten tuotantoketjun tavoitteena turvallinen tuote

**”Tuorevihannesten hygienia: raaka-aineet, tuotteet,
vesi ja jätteet” – TUOVI -hankkeen loppuraportti**

**Marja Lehto, Risto Kuisma, Hanna-Riitta Kymäläinen, Terhi Suojala-Ahlfors,
Tuija-Liina Laamanen, Ilkka Sipilä, Esa Pienmunne ja Maarit Mäki**

ISBN: 978-952-487-437-3

ISSN 1798-6419

www-osoite: <http://www.mtt.fi/mtraportti/pdf/mtraportti86.pdf>

Copyright: MTT ja kirjoittajat

Kirjoittajat: Marja Lehto, Risto Kuisma, Hanna-Riitta Kymäläinen, Terhi Suojala-Ahlfors, Tuija-Liina Laamanen, Ilkka Sipilä, Esa Pienmunne ja Maarit Mäki

Julkaisija ja kustantaja: MTT Jokioinen

Julkaisuvuosi: 2013

Tuorevihannesten tuotantoketjun tavoitteena turvallinen tuote

¹⁾ Marja Lehto, ²⁾ Risto Kuisma, ²⁾ Hanna-Riitta Kymäläinen, ¹⁾ Terhi Suojala-Ahlfors,
¹⁾ Tuija-Liina Laamanen, ¹⁾ Ilkka Sipilä, ²⁾ Esa Piemunne ja ¹⁾ Maarit Mäki

¹⁾ Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus MTT

²⁾ Helsingin yliopisto maataloustieteiden laitos

Tiivistelmä

Hankkeen tavoitteena oli parantaa kotimaisen vihannestuotannon toimintaedellytyksiä vihannesraaka-aineen sekä lopputuotteen laatua parantamalla, prosesseja kehittämällä sekä ympäristövaikutuksia vähentämällä. Hankkeessa kehitettiin tuorevihannesten, erityisesti porkkanan ja salaatin, tuotantoketjua; viljelyä, raaka-aineen laatua, prosessointia, prosessivesien ja ilman käsittelyä ja kylmäketjua varastoinnin ja kuljetuksen aikana. Tavoitteena oli tuorevihannestuotteiden mikrobiologisen turvallisuuden varmistaminen. Hankkeessa tutkittiin erilaisia menetelmiä tuorevihannesten hygieniatason nostamiseksi. Lisäksi hankkeessa tutkittiin myös vihannesten prosessoinnista aiheutuvia ympäristövaikutuksia.

Viljelyosiossa testattiin porkkananmustamätätettä ja tehtiin lannoituskokeita. Porkkananmustamätätettä soveltuu peltomaiden vertailuun porkkananmustamätätäsienien aiheuttaman tuotantoriskin arvioimiseksi. Testi kertoo suuntaa antavasti peltomaissa olevasta taudinaiheuttajasienen määrästä. Testin tuloksista ei suoraan pystytä arvioimaan varastoitavassa sadossa esiintyvän taudin määrää, mutta tulosten perusteella pystytään tiedostamaan suurimman ja pienimmän tautipaineen omaavat peltomaat.

Porkkanatiloilla tehdyissä lannoituskokeissa tutkittiin kalsiumin ja kaliumin lisäämisen vaikutuksia sadon säilyvyyteen. Kalsiumkokeissa ei pystytty lannoituksella vaikuttamaan porkkanan kalsiumpitoisuuteen eikä säilyvyyteen. Tarkasteltaessa koko koeaineistoa havaittiin kuitenkin yhteys porkkanan sisältämän kalsiumin määrän ja säilyvyyden välillä. Etenkin vuoden 2009 aineistossa porkkanaerät, joiden sisältämä kalsiumin määrä oli korkeampi, säilyivät varastossa paremmin kuin erät, joissa kalsiumpitoisuus oli matalampi. Vuoden 2010 aineistossa hajontaa oli enemmän. Koeaineiston porkkanoiden pilaantuminen johtui valtaosin mustamätätäsienestä. Tulokset vahvistivat olettamusta kalsiumin positiivisesta vaikutuksesta kasvin vastustuskykyyn. Vaikka lannoituksella on vaikea merkittävästi vaikuttaa porkkanan kalsiumpitoisuuteen, viljelijöiden tulee pyrkiä pitämään porkkanan kalsiuminotto runsaana huolehtimalla mm. pelon hyvästä vesitaloudesta.

Kaliumlannoituskokeissa sen sijaan pystyttiin vaikuttamaan porkkanan kaliumpitoisuuteen. Jokaisessa kokeessa porkkanoiden kaliumpitoisuus nousi maassa olevan kaliumin määrän lisääntyessä. Kaliumpitoisuudella näyttäisi olevan vaikutusta porkkanan säilyvyyteen. Vuoden 2009 aineistossa, jolloin koe tehtiin vain yhdellä koepaikalla, lisätty kaliumlannoitus heikensi säilyvyyttä, mikä tulos oli vastoin odotuksia. Vuoden 2010 kokeissa erot lannoituskäsittelyiden välillä olivat pieniä. Kaliumlannoituksen merkitys sadon säilyvyyden kannalta edellyttää vielä lisätutkimuksia.

Hankkeessa selvitettiin kasvien prosessointiyritysten hygieniatasoa hygieniakartoituksin sekä näytteidenotolla raaka-aineesta, tuotteista ja prosessivesistä. Hygieniakartoituksissa havaittiin, että erityisesti erilaisten laitteiden ja pintojen puhdistettavuuteen sekä tuotantotilojen säännölliseen ja perusteelliseen puhdistukseen sekä desinfiointiin tulisi kiinnittää huomiota. Kartoituksissa todettiin myös, että hygieniataso vaihteli yritysten välillä. Korkeimmat keskimääräiset kokonaismikrobien, hiivojen, enterobakteerien ja β -glukuronidaasipositiivisten bakteerien määrät todettiin vuonna 2009 koneiden ja laitteiden pinnoilta. Vuonna 2012 keskimääräiset kokonaismikrobien, hiivojen, enterobakteerien ja β -glukuronidaasipositiivisten bakteerien määrät olivat kaikissa mittauskohteissa alemmat kuin aiemmin tehdyissä kartoi-

tuksissa, ainoina poikkeuksina kuljetinhihnojen enterobakteerien ja β -glukuronidaasipositiivisten bakteerien tulokset, jotka olivat vuonna 2012 vuoden 2009 tasoa. Korkeat keskimääräiset ATP-arvot, jotka kuvaavat eloperäisen lian määrää pinnoilla, todettiin vuonna 2009 koneiden ja pakkausten pinnoilta sekä pinnoilta, jotka eivät olleet tuotteen kanssa kosketuksissa. Pakkausten korkea keskiarvotulos johtui puisten laatikoiden korkeasta ATP-arvosta. Vuonna 2012 koneiden keskiarvotulokset olivat parantuneet. Hannonnat olivat osin hyvin suuret. ATP-bioluminesenssimenetelmä on hyvin herkkä, joten pienetkin erot pintojen eloperäisessä likaantumisessa tulevat esille. Vuonna 2009 puisten varastointilaatikoiden ja vuonna 2012 saavien muovihuppujen muista tuloksista poikkeavan korkeat ATP-arvot vaikuttivat keskiarvotuloksiin. ATP-mittauksia tehtiin vähemmän kuin mikrobiologisia mittauksia.

Ilman mikrobien kokonaismäärä mitattiin eri tiloissa. Vuoden 2009 keskiarvotulokset olivat välivarastoa lukuun ottamatta 103 pmy/m³ ja 1460 pmy/m³ välillä, vuonna 2012 tulokset olivat hyvin samankaltaiset, 100 pmy/m³ ja 1211 pmy/m³ välillä. Kaikkien tilojen keskiarvotulokset olivat korkeampia kuin APHA:n (the American Public Health Association) mukaan on elintarviketuotantotiloihin suosittelema aerobisten mikrobien korkein kokonaismäärä, enintään 90 pmy/m³, käytettäessä ilman mikrobikeräintekniikkaa (Sveum ym. 1992, Salustiano ym. 2003).

Erot kasvisraaka-aineen mikrobimäärissä olivat suuria. Mikrobimäärät pestyssä kuorimattomassa porkkanassa olivat korkeampia kuin pestyssä ja kuoritussa. Koliformisten bakteerien ja enterobakteerien määrä kasvoi hieman prosessoinnin aikana. *E. coli* -bakteeria ei löytynyt raaka-aineesta eikä tuotteista. Hiivojen määrä oli alhaisin pestyssä porkkanassa ja korkein porkkanaraasteessa. Pestyn ja silputun jäävuorisalaatin kokonaismikrobimäärä oli vähän korkeampi kuin porkkanalla. Tutkituista näytteistä ei todettu tautia aiheuttavaa *Yersinia*. *Yersinia pseudotuberculosis* ei todettu raaka-aine-, tuote- eikä vesinäytteistä. *Y. enterocolitica* todettiin yleisesti pestystä porkkanasta, pestystä ja kuoritusta porkkanasta, pestystä, kuoritusta ja pilkotusta porkkanasta sekä kasvisten pesu- ja jätevesistä. Jäävuorisalaatista ja valkokaalista sitä ei todettu.

Hankkeessa testattiin prosessivesien käsittelymenetelmiä: klooridioksidi, elektrolysoitu vesi, UV sekä orgaaniset hapot. Kasvisten huuhteluvessissä on liuennutta ja myös kiinteää orgaanista ainetta, mikä heikentää käsittelymenetelmien tehoa. Käsittelyjen jälkeen tehtiin aistinvaraiset arvioinnit.

Jätevesinäytteitä otettiin kesällä 2009 ja keväällä 2011 neljästä laitoksesta: kolmelta pesulinjalta, kolmesta kuorimosta sekä yhdestä laitoksesta, jossa silputaan kasviksia ja tehdään salaattisekoituksia. Juureskuorimolta tulevien jätevesien keskeiset kuormitustekijät ovat orgaaninen aines ja kiintoaine. Jätevesikuormituksen pienentämisessä tärkeää on biologinen hapenkulutuksen eli orgaanisen aineksen vähentäminen. Tehdyn selvityksen mukaan yli 90 % BOD₇-kuormasta syntyy kuorinnassa. Huuhtelu- ja pesuvedet laimentavat kuorinnasta tulevia vesiä. Hankkeessa selvitettiin jätevesien mikrobiologista laatua. Jätevesille ei ole mikrobiologisia käsittelyvaatimuksia.

Avainsanat:

tuorevihannes, kasvis, prosessointi, hygienia, prosessivesi, jätevesi, hygienisointi

The improvement of the production chain of fresh-cut vegetables

¹⁾ Marja Lehto, ²⁾ Risto Kuisma, ²⁾ Hanna-Riitta Kymäläinen, ¹⁾ Terhi Suojala-Ahlfors,
¹⁾ Tuija-Liina Laamanen, ¹⁾ Ilkka Sipilä, ²⁾ Esa Pienmunne and ¹⁾ Maarit Mäki

¹⁾ MTT Agrifood Research Finland

²⁾ University of Helsinki, Department of Agricultural Sciences, Finland

Abstract

The aim of this study was to develop the production of fresh-cut vegetables, mainly carrots and lettuce. The main focuses were on the quality of raw material, processing, disinfection techniques and process water management. The areas investigated included microbial cultivation tests, process and water hygiene, raw material and e.g. wastewater tests.

Methods that will enable growers to produce high-quality carrots were developed in the cultivation part of the project. A test method was developed for detecting the most harmful carrot spoiling microbe, *Mycocentrospora acerina*, originating from the soil and using carrot as well as many common weeds as a host. A long storage period gives a chance for the spoiling microbes to damage the yield. Furthermore, there are no fungicides against *M. acerina*. In an earlier study, a simple system was developed for examining the amount of *M. acerina* in soil samples by using carrot slices as trapping agents. In the present study, we further developed the test system for use by growers. The second aim of the cultivation work was to establish the most favourable nutritional conditions in carrot cultivation by testing calcium and potassium fertilization in field experiments. In earlier studies it has been shown that the amount of damaged carrots in storage varies greatly between storage batches and between years. It has also been observed that nutrients available to the plants during the growing season have an effect on the storage quality of carrots. The results of the present study will be useful both for the growers and the vegetable processing industry alike.

Microbiological safety of the processing of carrots and lettuces was evaluated in six processing plants. Surface and environmental samples were taken from the plants after cleaning of the processing devices and surfaces, together with raw material, process water and product samples. The levels of air and surface hygiene in the vegetable processing factories were determined with different hygiene monitoring methods. The counts of total aerobic bacteria on surfaces were measured using Hygicult® TPC contact plates (dipslides). Enterobacteriaceae were sampled similarly using Hygicult® E contact plates, and yeasts and moulds using Hygicult® Y&F contact plates. ATP bioluminescence was measured luminometrically with a HY-LiTE®2 equipment. The number of microbes in air was measured with an MAS-100 sampler. The counts of microbes in process water, raw materials and finished products were analysed.

The highest mean counts of total aerobic bacteria, yeasts, enterobacteria and β -glucuronidase-positive bacteria were detected on machines such as cutters, peeling machines etc. The highest mean value of ATP was detected on packages, and this value was greatly affected by the high values detected on wooden boxes. Most of the bacterial counts measured were unacceptable when using the selected general surface hygiene guidelines as criteria. However, when the survey was repeated in another year, it was observed that the results had improved somewhat. In addition, the microbiological quality of finished products analysed was at an acceptable level according to the evaluation criteria used in Finnish food laboratories. Based on the results, practical recommendations and suggestions to improve process hygiene were presented to the management groups of the factories. The results will also be used as a basis for further studies focusing on several hygiene aspects throughout the production chain of fresh-cut vegetables.

Large amounts of washing water are used in fresh-cut processing. The use of chlorine is not permitted in Finland for decontamination of washing waters of vegetables. Interest in recycling of process washing

water has increased the need for using sanitizers to reduce microbial populations in water. Some organic acids may be used as processing aids. The antimicrobial effects of electrolyzed water, chlorine dioxide, UV, and organic acids on some tested microbes were analysed. The effect of each treatment depended on the concentration of the test solution and the contact time. The efficiency of water treatment depends on the content of organic matter in the waste water.

Wastewater samples were taken in summer 2009 and in spring 2011 from four vegetable processing plants. The essential loading factors of wastewaters from vegetable peeling are organic matter and dry matter. It is important in the decreasing of wastewater loading to decrease the biological oxygen demand or the amount of organic matter in water. About 90 % of the organic loading originates from peeling, whereas washing and rinsing waters dilute waters coming from the processing plant. The microbial quality of wastewaters was also examined. There were no official microbial standards for wastewater treatment.

Keywords:

vegetable, fresh cut, process, hygiene, process water, wastewater

Alkusanat

Tuorekasvisten kysyntä on kasvanut tasaisesti viime vuosina. Yritysten on täytynyt sopeutua kysyntään ja tarjota yhä pidemmälle prosessoituja tuotteita, mikä on merkinnyt yrityksissä suuria muutoksia sekä tuotantotiloissa että toimintatavoissa. Elintarvikelaissa korostetaan riskien huomioon ottamista. Velvoitteita toimeenpantaessa ja noudattamisen valvonnassa on otettava huomioon toiminnan luonne ja laajuus. Toimijan vastuulla on, että omavalvonta on riittävää ja että omavalvonnan toteuttamisella hallitaan toiminnan riskit. Yritykset tarvitsevat tietoa erilaisista keinoista ja menetelmistä hallita näitä riskejä.

Kasviksia jatkojalostavat yritykset ovat kiinnostuneita kehittämään toimintaansa ja tunnistamaan mahdolliset riskitekijät. Toiminnan kehittämisellä pyritään tuottamaan korkeatasoisia kasvituotteita, ennaltaehkäisemään mahdollisia epidemioita sekä lisäämään kasvituotteiden kysyntää ja kulutusta.

Hanketta rahoittivat Lounais-Suomen ELY-keskus sekä yritykset. Yrityksiä oli mukana 30. Myös viranomaiset ovat olleet aktiivisesti mukana. Kiitokset kaikille hankkeessa mukana olleille yrityksille ja asiantuntijoille hyvästä ja aktiivisesta hankkeeseen osallistumisesta ja yhteistyöstä.

Helsingissä helmikuussa 2013

Marja Lehto

Tuovi-hankkeen vetäjä

MTT



Euroopan maaseudun
kehittämisen maatalousrahasto:
Eurooppa investoi maaseutualueisiin

Sisällysluettelo

1 Johdanto	10
1.1 Tutkimuksen tausta ja tavoitteet	10
2 Viljelytutkimukset	11
2.1 Tausta	11
2.2 Porkkananmustamätätesti	11
2.3 Ravinnekokeet	13
2.3.1 Kalsiumkoe	13
2.3.2 Kaliumkoe	13
2.3.3 Kalsium- ja kaliumkokeiden varastointikokeet, ravinneanalyysit, aistittava laatu sekä tulosten analysointi	13
2.4 Tulokset	14
2.4.1 Porkkananmustamätätesti	14
2.4.2 Ravinnekokeet	15
2.5 Tulosten tarkastelu ja johtopäätökset	19
2.5.1 Porkkananmustamätätesti	19
2.5.2 Ravinnekokeet	19
2.5.3 Viljelykokeiden tulosten vaikuttavuus	20
3 Hygieniakartoitukset	22
3.1 Tausta	22
3.2 Toteutus	22
3.2.1 Tutkitut kohteet ja kartoitusten vaiheet	22
3.2.2 Prosessipinnat ja ympäristönäytteet	23
3.3 Tulokset	24
3.3.1 Prosessipinnat ja ympäristönäytteet	24
3.4 Tulosten tarkastelu ja johtopäätökset	26
4 Raaka-aine-, tuote- ja prosessivesinäytteet	27
4.1 Taustaa	27
4.2 Näytteidenotto ja analysointi	27
4.3 Tulokset	27
4.3.1 Raaka-aine- ja tuotenäytteet	27
4.3.2 Pesu- ja huuhteluvesinäytteet	28
4.3.3 <i>Yersinia-lajien</i> esiintyminen kasvis- ja vesinäytteissä	29
4.3.4 Johtopäätökset	29
5 Prosessivesien ja ilman dekontaminaatiomenetelmät	31
5.1 Tausta	31
5.1.1 Klooridioksidi	31
5.1.2 Elektrolysoitu vesi	32
5.1.3 UV-valo	32
5.1.4 Otsonointi	32
5.1.5 Orgaaniset hapot	33
5.2 Elektrolysoidun veden vaikutus kasvien laatuun ja säilyvyyteen	33
5.2.1 Kasvien huuhtelukoe laboratoriossa	33
5.2.2 Prosessivesien hygienisointikokeet puhtasviljelmillä laboratoriossa	34
5.2.3 Dekontaminaatiokokeet yrityksissä	35
5.2.4 Johtopäätökset	36
5.3 Tuloksia porkkanan käsittelystä elektrolysoidulla vedellä	36
5.4 Kasvisvaraston ilman UVC-käsittely	38
5.4.1 Yleistä	38
5.4.2 Tulokset	38
5.4.3 Johtopäätökset	40

6 Jätevedet	41
6.1 Tausta	41
6.2 Jäteveden määrä	42
6.3 Jätevesien kemiallinen ja mikrobiologinen laatu	44
6.3.1 Näytteenotto	44
6.3.2 Jäteveden laatu eri laitoksissa	44
6.4 Kiintoaineen laskeutuskoe	46
6.5 Jäteveden käsittely	47
6.6 Johtopäätökset	49
7 Tuotantohygienian haasteet	50
7.1 <i>Yersinia pseudotuberculosis</i> ja <i>Y. enterocolitica</i>	50
7.2 Kylmäketjun seuranta	52
7.3 Säilyvyysajat	55
7.4 Huuhteluvesien kierrätys ja hygienisointi	56
8 Yhteenveto	57
9 Kirjallisuus	58
Liite	61

1.1 Tutkimuksen tausta ja tavoitteet

Ravintolat, ateriapalvelujen tuottajat sekä kuluttajat haluavat yhä pitemmälle jalostettuja kasvituotteita, mikä on johtanut niiden kysynnän jatkuvaan kasvuun. Viime vuosina ovat myös elintarvikeperäiset ruokamyrkytysepidemioiden yleistyminen selittyy osin kulutuksen lisääntymisellä, tehostuneella seurannalla, maailmanlaajuisilla tai keskittyneillä jakelujärjestelmillä sekä herkästi sairastuvien väestöryhmien osuuden kasvulla (FDA 2001).

Kasvisraaka-aineen laadun tulee olla korkea, jotta sitä kannattaa jatkojalostaa. Oikea lajike, parhaat viljelymenetelmät ja olosuhteet, huolellinen korjuu ja varastointi takaavat laadukkaan raaka-aineen. Tyypillisiä kasviksissa esiintyviä patogeeneja ovat maassa viihtyvät patogeenit (*Clostridium botulinum*, *Listeria monocytogenes*), ulosteperäiset bakteerit (*Salmonella* spp., *Shigella* spp., *E.coli* O157:H7 ym.), patogeeniset parasiitit (*Cryptosporidium*, *Cyclospora*) ja patogeeniset virukset (hepatitis A, enterovirukset, Noro-virus) (Harris ym. 2003). Kasvisperäisiä *Yersinia*-epidemioita on ollut myös Suomessa viime vuosina.

Haitalliset mikrobit voivat päätyä kasviksiin peltomaasta tai kasteluvvedestä, mutta myös prosessoinnin aikana. Bakteereja voi olla myös ehjän kasvin sisällä (Chanway 1998, Struz ja Novak 2000). Prosessien turvallisuuden seurannassa voidaan käyttää erilaisia järjestelmiä, joita ovat esimerkiksi HACCP (Hazard Analysis Critical Control Point) ja GMP (Good Manufacturing Practice). HACCP rakentuu riskien tunnistamiseen ja arviointiin sekä vaarojen hallintaan ruoan tuotantoketjussa. GMP keskittyy ruoan tuotantoprosesseihin, henkilöhygieniaan, rakennuksiin, tuotantotiloihin ja kontaktipintojen puhtauteen (laitteet ja välineet) sekä prosessin valvontaan. Järjestelmillä pyritään estämään mahdollisen tartunnan leviäminen järjestelmissä ja hyödynnetään pääosin mikrobiologisia testausmenetelmiä.

Mikro-organismien määrää elintarvikkeissa voidaan vähentää yleisesti käytetyillä menetelmillä, joita ovat esimerkiksi oikea lämpötila ja prosessivesien hyvä laatu. Tuotteiden säilymiseen voidaan vaikuttaa myös esim. erilaisten apuaineiden ja pakkauskaasujen käytöllä. Veden ja tuotteiden mikrobiologiseen laatuun voidaan vaikuttaa erilaisilla dekontaminaatiomenetelmillä. Tällaisia ovat esimerkiksi UV-C -säteily, voimakkaat valopulssit, kloori, elektrolysoitu hapetettava vesi, klooridioksidi, otsoni ja lämmin vesi. Jokaisella menetelmällä on etuja ja haittoja. Dekontaminaatioaineiden käyttö ei ole sallittu Suomessa elintarviketuotannossa.

Tuorevihannesten käsittelyprosesseista syntyvät jätteet ja jätevedet tulisi käsitellä siten, ettei niistä aiheudu riskiä ympäristölle tai ihmisten terveydelle. Jätteet on myös käsiteltävä ennen niiden hyödyntämistä maanparannusaineena. Myös jätevedet tulisi käsitellä ennen niiden päästämistä ympäristöön tai hyödyntämistä esim. kasteluvetenä.

Hankkeen tavoitteena oli parantaa kotimaisen vihannestuotannon toimintaedellytyksiä parantamalla sekä vihanneraaka-aineen että lopputuotteen laatua, kehittämällä prosesseja sekä vähentämällä ympäristövaikutuksia. Tarkastelun kohteena on raaka-aineen laatu, viljely, prosessointi, erilaiset veden puhdistustekniikat ja vesien käsittely, varastointi sekä kylmäketju. Tavoitteena oli tuorevihannestuotteiden mikrobiologisen turvallisuuden varmistaminen. Hankkeessa testattiin erilaisia menetelmiä tuorevihannesten hygieniatason nostamiseksi ja ylläpitämiseksi.

2 Viljelytutkimukset

2.1 Tausta

Porkkanan laatuketjussa alkutuotannolla on ratkaiseva rooli laadun huipputason määrittelijänä. Kasvu-
kauden aikana viljelijä huolehtii viljelytoimillaan kasvuolosuhteista, jotta porkkanat tuottaisivat mahdolli-
simman hyvä- ja tasalaatuisen sekä runsaan sadon. Sadonkorjuun jälkeen pyritään ylläpitämään sadon
hyvä laatu varastoinnin, prosessoinnin, pakkaamisen, kuljetuksen ja markkinoinnin aikana. Sadonkorjuun
jälkeen tuotteiden laatua ei pysty parantamaan enää muuten kuin lajittelemalla huonompilaatuinen sato
pois.

Suomen porkkanatuotannon haasteena on pitkä talvikausi, jonka takia satoa joudutaan varastoimaan jopa
yli puoli vuotta. Pitkän varastointikauden aikana porkkanan luontainen taudinvastustuskyky heikkenee,
jolloin varastotaudit saavat mahdollisuuden pilata satoa. Suomessa porkkanan tuotanto on hyvin erikois-
tunutta ja ammattitaitoista, mutta silti vaikeasti hallittavat varastotaudit pilaavat vuosittain suuren osan
varastoitavasta sadosta. Varastotuhojen voimakkuus vaihtelee huomattavasti vuosien ja tuotantoerien
välillä (Vanhala 2008).

Tämän hankkeen viljelytutkimuksissa haettiin tietoa, jonka avulla viljelijät pystyisivät tuottamaan vaihte-
levissa olosuhteissa entistä varmemmin hyvälaatuista satoa. Tutkimuksessa keskityttiin kahteen tekijään,
joilla pyrittiin parantamaan varastoitavan porkkanan säilyvyyttä: kehitettiin testimenetelmää porkkanan
pahimman varastotaudin, porkkananmustamädän, määrän arvioimiseksi, ja testattiin kalsium- ja kalium-
lannoituksen vaikutuksia porkkanan säilyvyyteen.

2.2 Porkkananmustamätätesti

Porkkananmustamätätestin avulla arvioidaan porkkanan pahimman varastotaudin porkkananmustamädän
esiintyvyyttä peltomaissa. Testi tehtiin laittamalla tutkittavaa maata pakasterasian (0,5 l) pohjalle noin 1
cm:n paksuinen kerros. Maanäyteen ollessa kuiva se kostutettiin. Joka rasiaan laitettiin kuusi kuorituista
porkkanoista leikattua, noin 3-4 mm paksua porkkanakiekkoa maakerroksen päälle (kuva 1). Pakasterasiat
suljettiin kannella, ja rasiat vietiin kuuden viikon ajaksi pimeään varastoon +15 °C:een. Tänä aikana
porkkananmustamätäsieni ehtii kasvaa maasta porkkanakiekkoihin. Maassa olleet rikkaruohojen siemenet
itivät varastoinnin aikana. Rikkaruohot poistettiin kahteen kertaan, ja rasioihin lisättiin tarvittaessa koste-
utta. Testin on alun perin kehittänyt MTT:n tutkija Päivi Parikka (Vanhala 2008).

Porkkananmustamätätestiä varten kerättiin maanäytteet Forssan ja Laitilan seuduilta peltolohkoilta, joilla
koevuotena viljeltiin porkkanaa. Keväällä 2009 kerättiin maanäytteitä 18 peltolohkolta. Jokainen pelto-
lohko jaettiin 2-4 osaan, joista kerättiin erilliset näytteet (kokonaismäärä 53 näytettä). Maanäytteet koot-
tiin maanäytekairalla kerätyistä osanäytteistä. Syksyllä 2009 kerättiin uudet maanäytteet samalla tavalla
samoilta alueilta. Vuonna 2010 toistettiin kokeet, jolloin maanäytteitä kerättiin keväällä ja syksyllä 20
peltolohkolta. Peltolohkot jaettiin 3-4 osaan, jolloin tutkittavia maanäytteitä oli vuonna 2010 yhteensä 64.
Molempina vuosina keväällä kerätyille maanäytteille porkkananmustamätätesti tehtiin heti maanäytteiden
keräämisen jälkeen. Osa keväällä kerätyistä maanäytteistä säilytettiin pakastamalla (-20 °C) syksyyn uu-
sintatestiä varten. Pakastetuille ja syksyllä kerätyille maanäytteille tehtiin testi samanaikaisesti heti syk-
syn näytteiden keräämisen jälkeen. Maanäytteistä tehtiin vuonna 2009 sekä kesällä että syksyllä kaksi
rinnakkaista testiä, vuonna 2010 kolme rinnakkaista testiä.



Kuva 1. Porkkananmustamätätetestissä porkkanakiekkvoja testattavan maanäytteen päällä. Yhteen porkkanakiekkoon on kasvanut maasta mustaa taudinaiheuttajaa. Kuva Tuija-Liina Laamanen

Kesän 2009 porkkananmustamätätetestissä syöttikasvina käytettiin porkkanalajiketta 'Fontana', syksyn testissä 2010 lajiketta 'Nerac', kesän testissä 2010 lajiketta 'Natalja' ja syksyn testissä 2010 lajiketta 'Nanda'. Kuuden viikon varastoinnin jälkeen laskettiin maanäytteistä porkkanakiekkoihin kasvaneen porkkananmustamädän määrä kirjaamalla muistiin porkkanakiekkot, joissa näkyi porkkananmustamätää, ja sienien määrä jokaisessa porkkanakiekkossa. Taudinaiheuttajat tunnistettiin silmämääräisesti. Tarvittaessa tunnistus varmistettiin ottamalla porkkanakiekoista näytteitä PDA-alustoille, joista taudinaiheuttajat tunnistettiin mikroskoipimalla.

Tulosten luotettavuuden arvioimiseksi selvitettiin peltomaiden todellinen porkkananmustamädän määrä laskemalla taudin aiheuttamien vioitusten määrä kyseisillä peltolohkoilla viljellystä sadosta. Tätä varten tehtiin sadon varastointikoe. Syksyllä 2009 ja 2010 kerättiin satonäytteet (n. 8 kg/näyte) samoilta alueilta kuin mistä maanäytteet oli kerätty. Satonäytteet saatiin kerättyä syksyllä 2010 yhteensä 59 tutkittavasta pellon osasta. Porkkanat vietiin MTT:n koevarastoon Piikkiöön (lämpötila 0,5 °C ja RH yli 97 %) heti sadonkorjuupäivänä (16.9. - 1.10.2009 ja 9.9. - 5.10.2010). Varastointikoe päätettiin helmikuussa (15. - 16.2.2010 ja 21. - 22.2.2011). Satonäytteet pestiin, ja pestyistä porkkanoista laskettiin porkkananmustamädän ja muiden tautien vioittamien porkkanoiden osuus. Porkkananmustamädän vioittamat porkkanat lajiteltiin vioituksen voimakkuuden mukaan viiteen luokkaan. Lajitellut porkkanat punnittiin ja niiden kappalemäärät laskettiin.

Porkkananmustamätätetestin tulokset laskettiin kahdella vaihtoehtoisella tavalla toimivimman laskentatavan löytämiseksi. Ensimmäisessä tavassa analysoitiin tulokset logistisella regressiolla (SAS software for Windows versio 9.2., SAS Institute Inc., Cary, NC, USA), joka ottaa huomioon ainoastaan, onko porkkanakiekkossa mätää vai ei. Logistisella regressiolla laskettiin vedonlyöntisuhteet (odds ratio), jotka kertovat, miten paljon verrokkipeltoa suuremmalla todennäköisyydellä testatun pellon tai pellon osan maassa on porkkananmustamätää. Toisessa tavassa huomioitiin porkkananmustamädän runsaus porkkanakiekoissa ja käytettiin keskiarvotuloksia tautiriskin arvioinnissa. Varastointikokeen tuloksista laskettiin taudin pilaamien porkkanoiden osuus sadosta. Lopuksi porkkananmustamätätetestin tuloksia (peltomaiden todennäköisyyttä sisältää porkkananmustamätää) verrattiin varastointikokeen tuloksiin. Vertailu tehtiin hajontakuvilla ja lineaarisella regressiolla.

Vuonna 2010 tehtiin lajikekoe, jonka tarkoituksena oli selvittää eri porkkanalajikkeiden soveltuvuutta testiporkkanaksi (syöttikasviksi) porkkananmustamätätetestissä. Kokeessa testattiin neljää erityyppistä porkkanalajiketta: 'Napoli', 'Nanda', 'Namdal' ja 'Nerac'. Jokainen lajike testattiin seitsemällä maanäytteellä. Maanäytteistä kuusi oli kerätty porkkanapelloilta, joissa oli luontainen porkkananmustamätäsaastunta (kolmelta pellolta kaksi maanäytettä/pelto, n. 0,25 m²:n alalta 10 m:n etäisyydeltä toisistaan). Seitsemäs maanäyte oli autoklaavissa desinfioidusta hiekasta tehty kontrolli. Testit tehtiin neljällä porkkanalajikkeella neljänä rinnakkaistestinä syksyllä heti maanäytteiden keräämisen jälkeen. Koe toistettiin

kolme viikkoa myöhemmin 'Nanda' ja 'Namdal' lajikkeilla. Kuuden viikon varastoinnin jälkeen porkkanakiekoista laskettiin porkkananmustamädän määrä. Lajikkeittain laskettiin porkkananmustamädän määrän keskiarvot, ja lajikkeiden tuloksia verrattiin toisiinsa.

2.3 Ravinnekokeet

Kalsiumin ja kaliumin vaikutusta porkkanan ravinnepitoisuuksiin ja säilyvyyteen tutkittiin vuosina 2009 ja 2010 kenttäkokeina viljelijöiden pelloilla Forssan ja Laitilan alueella. Kalsium- ja kaliumkokeet tehtiin eri koepelloilla.

2.3.1 Kalsiumkoe

Kalsiumkoe tehtiin vuonna 2009 neljällä peltolohkolla ja vuonna 2010 neljällä eri loholla. Jokaisella peltolohkolla oli kolme koealaa eri puolilla peltolohkoa. Jokainen koeala oli jaettu kolmeen 5 m x 10 m:n kokoiseen koeruutuun, joihin oli arvottu lannoituskäsittelyt 0 kg/ha, 2500 kg/ha ja 5000 kg/ha kipsituotetta Calsiniitti S (kalsiumin määrä 0 kg/ha, 575 kg/ha ja 1150 kg/ha). Koeruudet paikannettiin peltojen laidoille jätettyjen merkkipaalujen ja GPS-laitteen avulla. Keväällä ennen kalsiumlannoitusta koeruudista kerättiin maanäytteet viljavuusanalyysiin ravinteiden lähtötason selvittämiseksi. Näytteiden keruun jälkeen kipsilannoite levitettiin koeruutuihin. Viljelijät muokkasivat lannoitteen maahan kevätkuokkauksen yhteydessä ja viljelivät koeruutujen alueita samalla tavalla kuin ympäröivää lohkoa. Kasvukauden jälkeen syksyllä kerättiin uudet maanäytteet erikseen jokaisen koeruudun alalta muuttuneen ravinnetilan selvittämiseksi. Satonäytteet kerättiin käsin normaaliin sadonkorjuu-aikaan. Jokaisesta koeruudusta kerättiin kaksi noin kahdeksan kilon satonäytettä varastointikokeisiin sekä 20 porkkanan näyte ravinnemäärittäystä varten.

2.3.2 Kaliumkoe

Kaliumkokeita tehtiin vuonna 2009 yhdellä ja vuonna 2010 kolmella peltolohkolla. Koealoja oli molempina vuosina kolme eri puolilla peltolohkoa. Jokainen koeala oli jaettu kolmeen 5 m x 10 m:n kokoiseen koeruutuun, joihin arvottiin eri kaliumlannoitustasot. Alimmalle lannoitustasolle (1) annettiin ainoastaan peruslannoitus keväällä. Lannoitustasolle 2 annettiin peruslannoituksen lisäksi kaliumsulfaattia yhden kerran kasvukauden aikana ja lannoitustasolle 3 kaksi kertaa (taulukko 1). Lannoitusmäärät vaihtelivat peltolohkoittain, koska kaliumsulfaattilannoitus sopeutettiin peltolohkojen muuhun lannoitukseen. Keväällä ennen lannoituksia kerättiin maanäytteet koeruutujen alalta. Kesällä viljelijät levittivät osan lisälannoituksista koko pellolle, jolloin tarvittavat koeruudet suojattiin peittämällä lannoitteen levittämisen ajaksi. Osaa peltolohkoista viljelijät eivät lisälannoittaneet, jolloin tarvittaviin koeruutuihin levitettiin lisälannoitus käsin. Kasvukauden muut hoitotyöt viljelijät tekivät tarpeen mukaan koeruuduille samoin kuin ympäröivälle porkkanakasvustolle. Syksyllä kerättiin koeruuduista jokaisen lannoitustason alalta maanäytteet viljavuusanalyysiin sekä satonäytteet varastointikokeeseen ja ravinnemäärittäykseen samalla tavalla kuin kalsiumkokeessa.

Taulukko 1. Kaliumkokeen kaliumlannoitusmäärät kg/ha (peruslannoitus ja täydennyslannoitukset yhteensä)

Pelto	Lannoitustaso 1	Lannoitustaso 2	Lannoitustaso 3
2009	96	244	400
T 2010	132	248	378
F 2010	160	200	260
U 2010	72	202	332

2.3.3 Kalsium- ja kaliumkokeiden varastointikokeet, ravinneanalyysit, aistittava laatu sekä tulosten analysointi

Lannoituskokeista kerätyt porkkanat vietiin sadonkorjuun jälkeen mahdollisimman nopeasti varastointikokeeseen. Satonäytteet varastoitettiin MTT:n koevarastossa (lämpötila 0,5 °C, RH yli 97 %) Piikkiössä kevättalveen asti. Ensimmäiset rinnakkaisnäytteet otettiin varastosta analysoitavaksi tammikuussa ja toi-

set maaliskuussa. Varastosta purettaessa porkkanat pestiin käsin ja lajiteltiin terveisiin sekä eri tautien pilaamiin porkkanoihin. Mustamädän, harmaahomeen ja pahkahomeen pilaamat porkkanat luokiteltiin taudin määrän mukaan viiteen luokkaan. Lajiteltu sato punnittiin luokittain ja porkkanoiden kappalemäärät laskettiin.

Ravinneanalyysijä varten kerätyt porkkanat pestiin, ja joka porkkanasta neljäsosa raastettiin. Porkkanaraasteesta n. 100 g kuivattiin kuivatuskaapissa +60 °C:ssa reilun viikon ajan. Kuivatuista raastenäytteistä analysoitiin kivennäisaine- ja typpipitoisuudet MTT:n laboratoriossa. Kivennäisaineiden (Na, S, Ca, K, Mg, P, Cu, Fe, Mn ja Zn) pitoisuudet määritettiin märkäpoltolla typpihapossa hajotetusta näytteestä ICP-OES:llä ja typpipitoisuus Kjeldahl-menetelmällä.

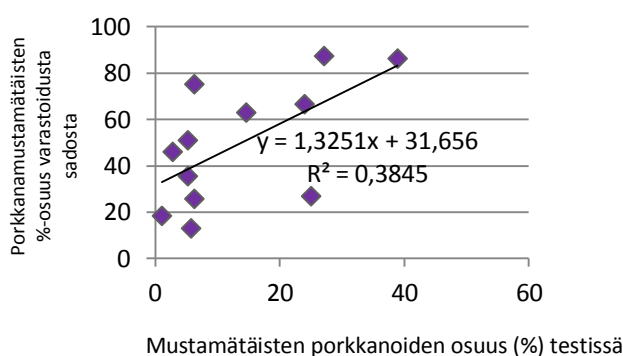
Vuonna 2009 tutkittiin kalsium- ja kaliumlannoituksen vaikutuksia aistittavaan laatuun. Porkkanoista arvioitiin juuren yläosan vihreys, värin tasaisuus, mehukkuus, makeus, naatin maku, pintakarvaus, sisäkarvaus, kovuus, kumimaisuus ja pitäminen. Sekä kalsium- että kaliumkokeesta arvioitiin yhden koepaikan sato. Arviointeja teki jokaisesta erästä yhdeksän maistajaa.

Saadut tulokset analysoitiin hajontakuvien avulla ja varianssianalyysillä (SAS software for Windows versio 9.2., SAS Institute Inc., Cary, NC, USA). Käsittelyjen välisiä erojen merkitsevyyttä arvioitiin lisäksi kontrasteilla.

2.4 Tulokset

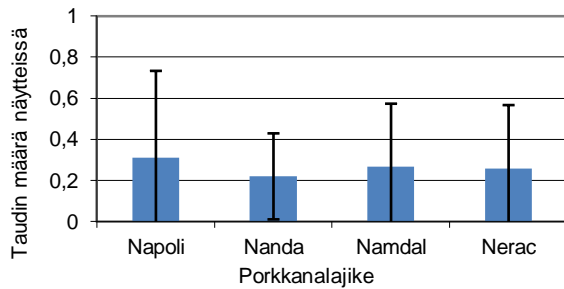
2.4.1 Porkkananmustamätätesti

Porkkananmustamätätesti ennakoi paremmin pitkäaikaiseen varastointiin tarkoitettujen porkkanalajikkeiden säilyvyyttä kuin lyhyempiin varastointiin tarkoitettujen porkkanalajikkeiden. Lyhyeen varastointiin tarkoitettujen lajikkeet eivät sovi hyvin ennustemenetelmän testaamiseen, mikä näkyy myös tuloksissa, joten ne jätettiin pois tulosten analysointivaiheesta. Vuoden 2009 antama tautiennuste ennakoi pitkäaikaiseen varastointiin tarkoitettujen porkkanalajikkeiden varastointikokeen säilyvyytuloksia tilastollisesti merkittäväällä tarkkuudella (kuva 2). Vuonna 2010 porkkananmustamätätestin tulokset eivät vastanneet tilastollisesti merkittäväällä tarkkuudella varastokokeen tuloksia. Sekä vuonna 2009 että 2010 rinnakkaisten testirasioiden ja saman pellon eri osien tuloksissa esiintyi vaihtelua. 2010 vuoden tuloksissa vaihtelu oli suurta. Kesällä tehdyssä testissä sientä kasvoi esiin huomattavasti runsaammin kuin syksyllä samoista maanäytteistä tehdyissä testeissä. Vuonna 2010 tautia ilmeni enemmän kuin vuonna 2009.

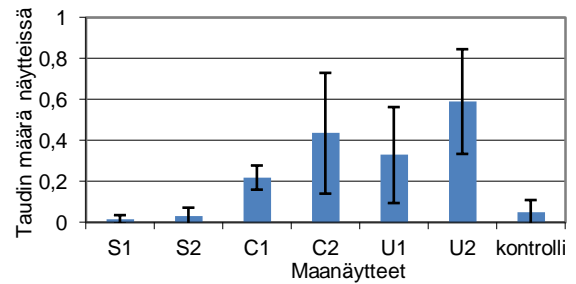


Kuva 2. Porkkananmustamätätestin (keskiarvo mädän määrästä porkkanakiekoissa) ja pitkään varastointiin tarkoitettujen lajikkeiden varastointikokeen vuoden 2009 tulos. Hajontakuvassa yksi piste on yhden pellon porkkananmustamätätestin ja varastointikokeen tulos.

Porkkananmustamätätestin lajikekokeen tulosten perusteella käytettävällä porkkanalajikkeella ei näyttänyt olevan vaikutusta tuloksiin, kun testi tehtiin syksyllä vastanostetulla porkkanalla. Kokeessa kaikki testatut porkkanalajikkeet toivat porkkananmustamädän esiin maanäytteistä jotakuinkin yhtä voimakkaasti (kuva 3). Toisaalta tarkasteltaessa lajikekokeen tuloksia pelloittain havaitaan eri pelloilta kerättyjen maanäytteiden välillä olevan huomattavasti eroa porkkananmustamädän määrässä (kuva 4).



Kuva 3. Porkkanalajikkeiden osoittaman porkkananmustamädän määrä. Keskiarvo ja keskihajonta seitsemästä maanäytteestä, joista yksi kontrollimaanäyte.



Kuva 4. Maanäytteiden sisältämän porkkananmustamädän määrä. Keskiarvo ja keskihajonta neljän porkkanalajikkeen tuloksista. Peltojen tunnuksissa kirjain merkitsee peltoa ja numero näytteenkeruupaikkaa pellolla.

2.4.2 Ravinnekokeet

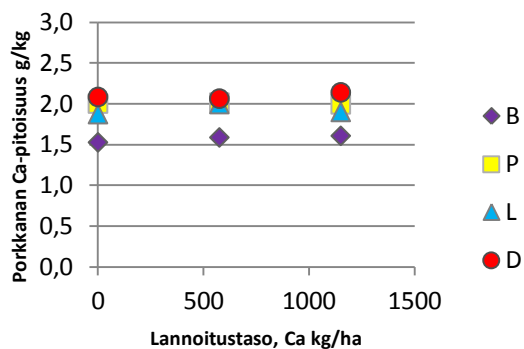
Kalsiumkoe

Erilaiset lannoitusmäärät (0, 575 ja 1150 kg kalsiumia hehtaarille) eivät koeaineistossa vaikuttaneet porkkanan kalsiumpitoisuuteen (kuvat 5 ja 6) eivätkä sadon säilyvyyteen (kuvat 7 ja 8). Testatuilla lannoitustasoilla ei ollut vaikutusta myöskään porkkanoiden aistittavaan laatuun eikä porkkanasadon määrään. Kokeissa olleilla peltolohkoilla oli erilaiset kalsiumtasot ennen lannoitusta, mikä vaikuttanee tuloksiin. Peltojen välillä oli tasoeroja sadon määrässä ja säilyvyydessä.

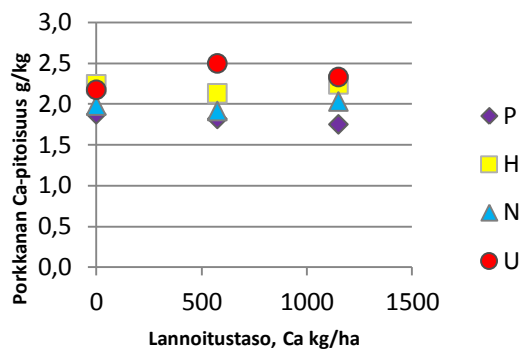
Porkkanan sisältämän kalsiumin määrän havaittiin kuitenkin vaikuttavan porkkanan säilyvyyteen. Porkkanan kalsiumpitoisuuden ollessa

korkeampi sadon säilyvyys varastoitaessa oli parempi vuoden 2009 aineistossa (kuva 11). Vuoden 2010 aineistossa trendi kahdella pellolla oli samansuuntainen kuin vuoden 2009 aineistossa. Kahdella pellolla trendiä ei ollut nähtävissä, sillä hajontaa oli enemmän (kuva 12). Koeaineiston porkkanoiden pilaantumisen johtui valtaosin mustamätäsienestä. Vuoden 2009 koeaineistossa porkkanan kalsiumpitoisuudella näytti olevan yhteys porkkananmustamädän esiintyvyyteen varastoidussa sadossa (kuva 13). Vuoden 2010 aineistossa oli enemmän hajontaa (kuva 14).

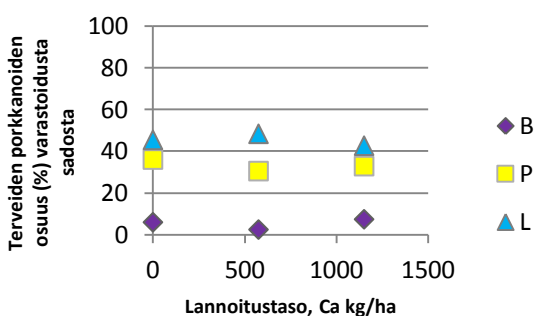
Maan kalsiumpitoisuus ei näyttänyt vaikuttavan porkkanan kalsiumpitoisuuteen (kuvat 9 ja 10). Porkkanan kalsiumpitoisuudessa esiintyi vaihtelua, mutta maassa olevan kalsiumin määrä ei korreloinut porkkanan kalsiumpitoisuuden kanssa. Myöskään sadon määrään maan kalsiumpitoisuus ei vaikuttanut.



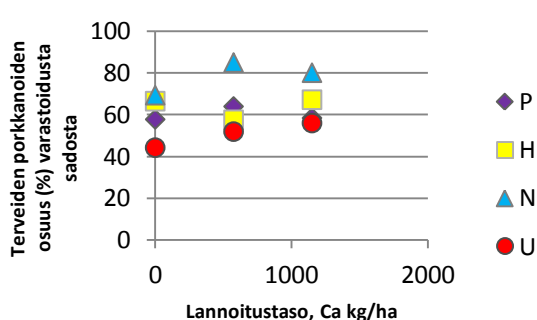
Kuva 5. Vuonna 2009 kalsiumlannoituksen vaikutus porkkanan kalsiumpitoisuuteen eri koepelloilla (kirjainkoodit). Pisteet ovat keskiarvoja kolmesta koeruudusta.



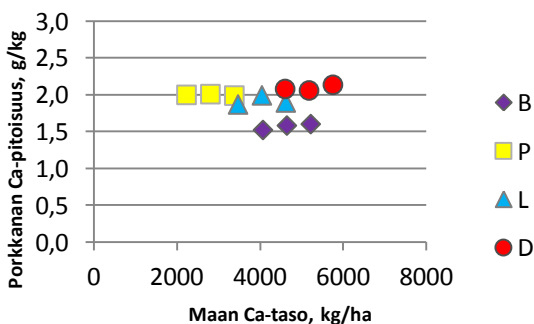
Kuva 6. Vuonna 2010 kalsiumlannoituksen vaikutus porkkanan kalsiumpitoisuuteen eri koepelloilla. Pisteet ovat keskiarvoja kolmesta koeruudusta.



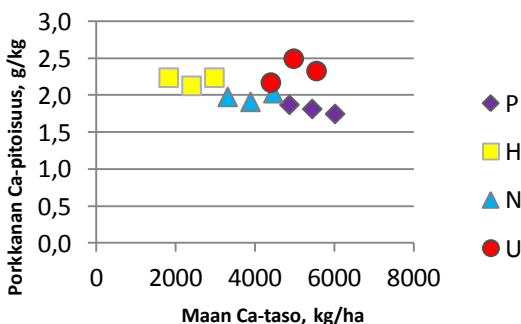
Kuva 7. Vuonna 2009 kalsiumlannoituksen vaikutus eri koepaikkojen sadon säilyvyyteen varastoitaessa. Pisteet ovat keskiarvoja kolmesta koeruudusta, ja terveiden porkkanoiden osuus varastoidusta sadosta on kahden varastointiajan keskiarvo.



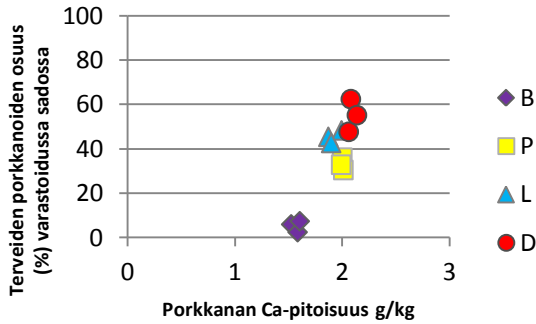
Kuva 8. Vuonna 2010 kalsiumlannoituksen vaikutus eri koepeltojen sadon säilyvyyteen varastoitaessa. Pisteet ovat keskiarvoja kolmesta koeruudusta, ja terveiden porkkanoiden osuus varastoidusta sadosta on kahden varastointiajan keskiarvo.



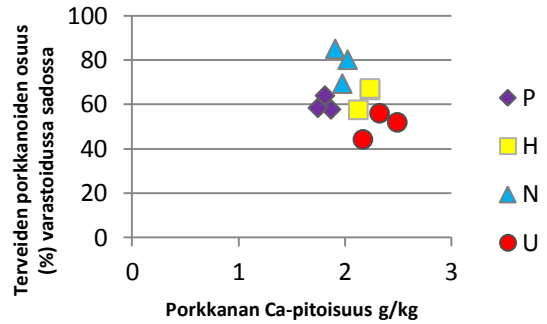
Kuva 9. Vuonna 2009 maan Ca-pitoisuuden vaikutus porkkanan Ca-pitoisuuteen eri koepelloilla. Pisteet ovat keskiarvoja kolmesta näyteruudusta.



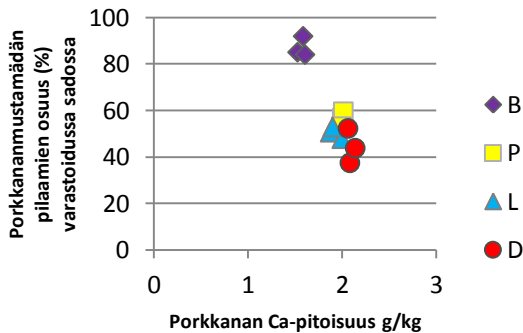
Kuva 10. Vuonna 2010 maan Ca-pitoisuuden vaikutus porkkanan Ca-pitoisuuteen eri koepelloilla. Pisteet ovat keskiarvoja kolmesta näyteruudusta.



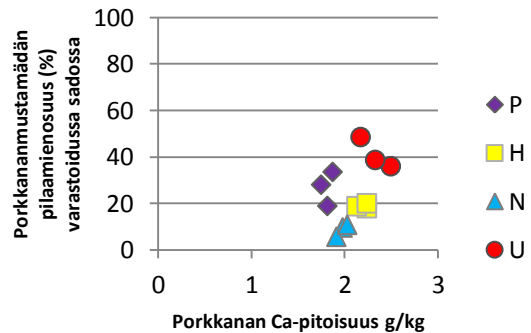
Kuva 11. Vuonna 2009 porkkanan Ca-pitoisuuden vaikutus sadon säilyvyyteen varastoitessa. Pisteet ovat keskiarvoja kolmesta näyteruudusta, ja terveiden porkkanoiden osuus varastoidusta sadosta on kahden varastointiajan keskiarvo.



Kuva 12. Vuonna 2010 porkkanan Ca-pitoisuuden vaikutus sadon säilyvyyteen varastoitessa. Pisteet ovat keskiarvoja kolmesta näyteruudusta, ja terveiden porkkanoiden osuus varastoidusta sadosta on kahden varastointiajan keskiarvo.



Kuva 13. Vuonna 2009 porkkanan Ca-pitoisuuden vaikutus sadon porkkananmustamädän esiintyvyyteen varastoidussa sadossa. Pisteet ovat keskiarvoja kolmesta näyteruudusta, ja terveiden porkkanoiden osuus varastoidusta sadosta on kahden varastointiajan keskiarvo.



Kuva 14. Vuonna 2010 porkkanan Ca-pitoisuuden vaikutus sadon porkkananmustamädän esiintyvyyteen varastoidussa sadossa. Pisteet ovat keskiarvoja kolmesta näyteruudusta, ja terveiden porkkanoiden osuus varastoidusta sadosta on kahden varastointiajan keskiarvo.

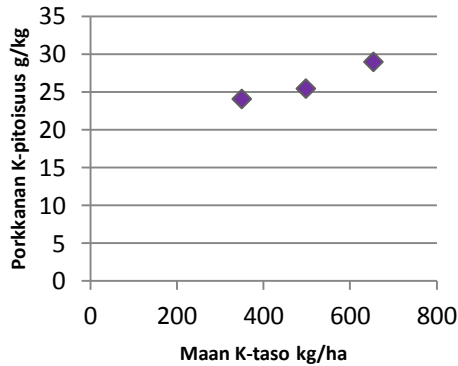
Kaliumkoe

Maan kaliumtasolla (sis. maan lähtötason keväällä ja kesälannoitusten kaliumin) näyttää tulosten mukaan olevan vaikutusta porkkanan kaliumpitoisuuteen (kuvat 15 ja 16). Porkkanoiden kaliumpitoisuus vaihteli pelloittain, mutta jokaisessa kokeessa porkkanoiden kaliumpitoisuus nousi pellon kaliumpitoisuuden noustessa. Pellolla F lannoitustasojen erot eri käsittelyissä olivat pienemmät kuin muilla pelloilla, ja se näkyy myös tuloksissa.

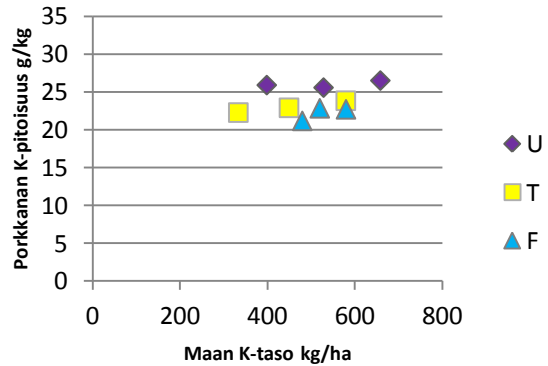
Tulosten mukaan kaliumpitoisuudella vaikuttaisi olevan yhteyttä porkkanan säilyvyyteen: kaliumpitoisuuden noustessa porkkanan säilyvyys heikkeni. Vuoden 2009 aineistossa vaihtelu porkkanan kaliumtasojen välillä oli selkeä ja myös erot porkkanoiden säilyvyydessä olivat huomattavat (kuva 17). Vuonna 2010 porkkanan kalsiumpitoisuudella oli samansuuntainen vaikutus sadon säilyvyyteen, vaikkakin erot lannoitustasojen välillä olivat vähäiset (kuva 18).

Varastointikokeessa sadon pilaantuminen johtui pääasiassa porkkananmustamädästä. Vuonna 2009 näkyi yhteys porkkanan kaliumpitoisuuden ja porkkananmustamädän pilaaman sadon määrän välillä (kuva 19). Mitä korkeampi porkkanan kaliumpitoisuus oli, sitä runsaammin tauti oli pilannut porkkanasatoa varastoinnin aikana. Vuonna 2010 porkkanan kaliumpitoisuuden erot näyte-erien välillä olivat vähäiset eikä porkkanan kaliumpitoisuuden ja sadon pilaantumisen välinen trendi tullut selvästi näkyviin (kuva 20). Kaliumlan-

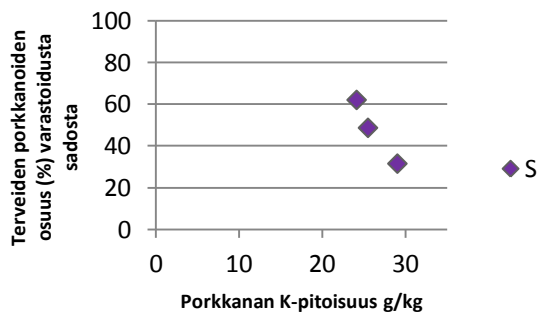
noitus ei vaikuttanut porkkanoiden kalsium- ja magnesiumpitoisuuksiin. Kaliumin lannoitusmäärällä ei ollut kokeissa tilastollisesti merkitsevää vaikutusta porkkanoiden aistittavaan laatuun, eikä myöskään sadon määrään. Satotasot vaihtelivat pelloittain, mutta kaliumlannoitus ei vaikuttanut porkkanasadon määrään.



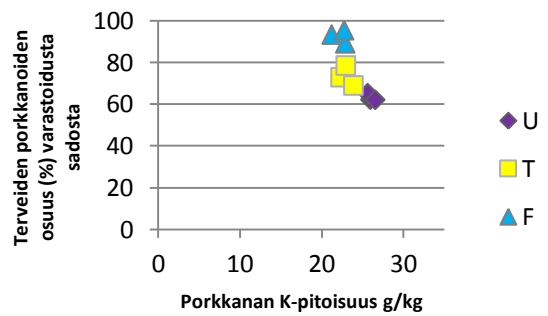
Kuva 15. Vuonna 2009 maan K-pitoisuuden vaikutus porkkanan K-pitoisuuteen. Pisteet ovat keskiarvoja kolmesta näyteruudusta.



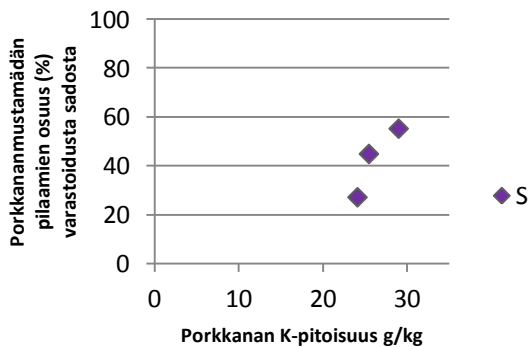
Kuva 16. Vuonna 2010 maan K-pitoisuuden vaikutus porkkanan K-pitoisuuteen eri koepelloilla (kirjainkoodit). Pisteet ovat keskiarvoja kolmesta näyteruudusta.



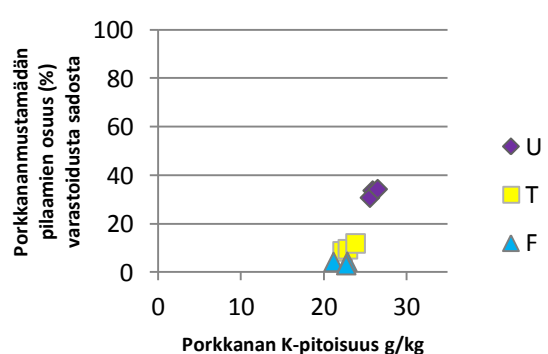
Kuva 17. Vuonna 2009 porkkanan K-pitoisuuden vaikutus sadon säilyvyyteen varastoitaessa. Pisteet ovat keskiarvoja kolmesta näyteruudusta, ja terveiden porkkanoiden osuus varastoidusta sadosta on kahden varastointiajan keskiarvo.



Kuva 18. Vuonna 2010 porkkanan K-pitoisuuden vaikutus sadon säilyvyyteen varastoitaessa. Pisteet ovat keskiarvoja kolmesta näyteruudusta, ja terveiden porkkanoiden osuus varastoidusta sadosta on kahden varastointiajan keskiarvo.



Kuva 19. Vuonna 2009 porkkanan K-pitoisuuden vaikutus porkkananmustamädän esiintyvyyteen varastoitaessa. Pisteet ovat keskiarvoja kolmesta näyteruudusta, ja terveiden porkkanoiden osuus varastoidusta sadosta on kahden varastointiajan keskiarvo.



Kuva 20. Vuonna 2010 porkkanan K-pitoisuuden vaikutus porkkananmustamädän esiintyvyyteen varastoitaessa. Pisteet ovat keskiarvoja kolmesta näyteruudusta, ja terveiden porkkanoiden osuus varastoidusta sadosta on kahden varastointiajan keskiarvo.

2.5 Tulosten tarkastelu ja johtopäätökset

2.5.1 Porkkananmustamätätesti

Sääoloiltaan vuosi 2009 oli normaali. Vuoden 2010 sää oli hyvin poikkeuksellinen ja vaihteli voimakkaasti paikallisesti. Keväällä osa kylvöistä myöhästyi ja osalla lohkoista jouduttiin tekemään uusintakylvöjä paikallisten rankkojen sateiden takia. Kesällä kasvustot kärsivät paikoitellen kuivuudesta. Kasvukausien aikaiset sääolot vaikuttavat kokeiden tuloksiin. Kokeiden toteutus onnistui pääsääntöisesti hyvin. Kokeisiin sopivia peltolohkoja löytyi riittävästi, ja kokeiden hoito yhdessä viljelijöiden kanssa sujui ilman ongelmia. Kokeiden tulokset ovat hyvin sovellettavissa käytännön viljelyyn, koska näytteet kerättiin viljelijöiden pelloilta.

Porkkananmustamätätestillä pystytään ennustamaan suuntaa antavasti taudin määrää varastoidussa porkkanasadossa. Koeaineiston vuoden 2009 tulosten perusteella testimenetelmä ennusti tilastollisesti merkitsevällä tarkkuudella porkkananmustamädän esiintymistä varastoidussa sadossa. Vuoden 2010 aineistossa esiintyneen suuren vaihtelun takia testi ei ennustanut 2010 aineistosta tilastollisesti merkitsevällä tarkkuudella sadon säilyvyyttä. Vuoden 2010 vaihtelevat sääolot loivat eri peltolohkoilla kasvaneille porkkanoille varsin poikkeavat kasvuolot, minkä takia vuoden 2010 varastointikokeen tulokset eivät ole luotettavasti vertailukelpoisia.

Varastointikokeiden tuloksissa esiintyy normaalia vaihtelua, mikä johtuu porkkanan sisäisen vastustuskyvyn vaihtelusta sekä esimerkiksi siitä, kuinka paljon multaa ja mullassa olevaa taudinaiheuttajaa on tullut porkkanoiden mukana varastoon. Porkkanan vastustuskykyyn ja säilyvyyteen vaikuttaa muun muassa porkkanan nostoajankohta siten, että myöhemmin nostetut porkkanat säilyvät varastoitaessa paremmin kuin aikaisin nostetut (Suojala 1999). Lisäksi porkkanan kasvuun ja sisäiseen vastustuskykyyn aiheuttavat vaihtelua lukuisat muut tekijät, sillä olosuhteet eri koepelloilla ovat luonnollisesti erilaiset.

Porkkananmustamätätestissä rinnakkaisissa testirasioissa esiintyvä vaihtelu osoittaa, että testi on herkkä olosuhteille. Esimerkiksi kosteuden määrä rasiassa voi vaikuttaa sienien aktiivisuuteen kasvaa maanäytteestä porkkanaan. Sieni on oletettavasti jakaantunut epätasaisesti peltomaahan, joten rinnakkaisissa testirasioissa voi olla toisistaan poikkeavia määriä ja se voi aiheuttaa vaihtelua tuloksiin. Tosin näytteiden keruutavalla (osanäytteistä koostuvalla kokoomanäytteellä) on pyritty mahdollisimman tasalaatuisiin ja hyvin kyseistä peltolohkoa edustaviin näytteisiin. Syöttikasvina käytettävien porkkanapalojen taudinvastustuskyvyssä lienee myös vaihtelua, jolloin sieni on voinut kasvaa joihinkin porkkanapaloihin herkemmin kuin toisiin. Porkkanoissa mahdollisesti esiintyvä vaihtelu huomioitiin kokeen järjestelyissä jakamalla samasta porkkanasta leikkattuja kiekkoja eri rasioihin, joten tämän tekijän vaikutus tuloksiin lienee jäänyt vähäiseksi.

Testin tuloksissa esiintyvä vaihtelu antaa kuitenkin viitteitä siitä, että testissä on syytä käyttää suurempaa määrää porkkanakiekkokkoja ja/tai useampia rinnakkaisnäytteitä testattavasta maasta kuin mitä oli nyt tehdyissä kokeissa. Eri ajankohtina tehtyjen testien tuloksia ei kannata verrata toisiinsa, sillä eri vuodenaikoina ja eri vuosina tehtyjen testien tuloksissa on tasoero. Mustamätätestin tuloslukuista ei voi suoraan arvioida minkään asteikon mukaan varastokaudella pilaantuvien porkkanoiden osuutta, sillä syöttiporkkanan alttius taudille vaihtelee eri vuodenaikoina ja porkkanaerien välillä. Kokeessa syöttiporkkanat olivat eri testikerroilla eri lajiketta ja eri-ikäistä, minkä takia porkkanakiekkokkojen herkkyys taudille lienee vaihdellut. Tuloksia tuleekin tulkita vertaamalla samalla kertaa testattujen eri peltolohkojen tuloksia toisiinsa. Syksyllä erityyppiset porkkanalajikkeet osoittavat maassa olevan porkkananmustamädän yhtä hyvin, joten uudella porkkanalla testiä tehtäessä ei tarvitse huomioida testissä käytettävän porkkanan lajiketta. Kevättalvella ja kesällä vanhalla porkkanalla testiä tehtäessä lajikkeiden välillä on oletettavasti eroja herkkyydessä osoittaa porkkananmustamätä, mutta käytännössä kaikki testiajankohtaan asti hyväkuntoisena säilynyt porkkana on oletettavasti käytökelpoista käytettäväksi syöttiporkkanana porkkananmustamätätestissä.

2.5.2 Ravinnekokeet

Ravinnekokeet testasivat ravinteiden vaikutusta porkkanan säilyvyyteen erilaisissa sääolosuhteissa. Kasvu-kauden 2009 sää oli tavanomainen, kun taas 2010 sää vaihteli voimakkaasti paikallisesti. Kasvuolojen vaihtelu aiheuttanee tasoeroja tuloksiin erityisesti vuoden 2010 koepeltojen välille. Lannoituksen vaikutus pork-

kanan ravinnepitoisuuteen ja säilyvyyteen on tuloksissa kuitenkin hyvin nähtävissä, sillä vertailtavat lannoitustasot testattiin kullakin koepellolla vierekkäin sijaitsevilla koeruuduissa.

Kalsiumkoe

Kalsiumkokeissa ei osoitettu kalsiumlannoituksen vaikuttaneen porkkanan kalsiumpitoisuuteen eikä siten myöskään porkkanan säilyvyyteen. Porkkanoiden kalsiumpitoisuus oli samalla tasolla riippumatta siitä, mikä oli lisätty kalsiummäärä. Myös porkkanoiden säilyvyys varastoitaessa oli samalla tasolla kaikilla testatuilla lannoitustasoilla. Molempien vuosien tuloksista nähdään, ettei myöskään maan kalsiumtasolla (sis. maan lähtötason keväällä ja lannoitteissa lisätyn kalsiumin) ollut vaikutusta porkkanan kalsiumpitoisuuteen. Tulosten perusteella lannoituksella ei pystytä nostamaan porkkanan kalsiumpitoisuutta eikä parantamaan porkkanan säilyvyyttä. Tuloksissa peltojen välillä esiintyvät erot selittynevät peltojen erilaisilla kasvuolosuhteilla.

Kuitenkin kalsiumkokeen tulokset vahvistivat olettamusta kalsiumin vaikutuksesta kasvin vastustuskykyyn. Kokeen tulosten mukaan terveiden porkkanoiden osuus oli sitä korkeampi, mitä korkeampi oli porkkanan kalsiumpitoisuus. Vastaavasti porkkananmustamädän pilaamien osuus oli sitä pienempi, mitä korkeampi oli porkkanoiden kalsiumpitoisuus. Porkkanan kalsiumpitoisuuden noustessa porkkanan vastustuskyky porkkananmustamätää ja muita pilaantumista aiheuttavia tekijöitä kohtaan paranee. Koska tulosten mukaan lannoituksella ei voida merkittävästi vaikuttaa porkkanan kalsiumpitoisuuteen, viljelijöiden tulee pyrkiä pitämään porkkanan kalsiuminotto runsaana huolehtimalla optimaalisista kasvuoloista (mm. hyvä vesitalous) parantaakseen porkkanan vastustuskykyä.

Kaliumkoe

Kaliumkokeen tulosten mukaan porkkanan kaliumpitoisuudella näyttäisi olevan vaikutusta porkkanan säilyvyyteen, tosin vaikutus ei ollut odotetun suuntainen. Etenkin vuoden 2009 tuloksissa porkkanan kaliumpitoisuuden noustessa terveiden porkkanoiden osuus varastoidusta sadosta väheni ja vastaavasti porkkananmustamädän pilaamien porkkanoiden osuus kasvoi. Selitystä sadon pilaantumiselle etsittiin esimerkiksi porkkanan ravinnesuhteista, jotta voitiin varmistaa, ettei huono säilyvyys johtuisi muiden ravinteiden liian alhaisista määristä. Aineiston mukaan porkkanoiden kaliumpitoisuus ei ollut yhteydessä porkkanan kalsium- ja magnesiumpitoisuuksien kanssa, eli kalium ei syrjäyttänyt porkkanan kalsiumin- ja magnesiumin ottoa eikä siten aiheuttanut ravinnepuutosta porkkanoille. Syyn löytyminen havaittuun mielenkiintoiseen ilmiöön tarvitsisi laajempia selvityksiä.

Koetulokset antoivat odotetunlaisia tuloksia lannoituksen vaikutuksesta porkkanan kaliumpitoisuuteen. Mitä enemmän porkkanalla on kaliumia saatavilla, sitä korkeammaksi porkkanan kaliumpitoisuus kohoaa. Eri pelloilla kasvukauden aikana käytetyt erisuuruiset lannoitusmäärät näkyvät tuloksissa erisuuruuksina eroina lannoitustasojen välillä. Peltolohkojen välillä tuloksissa on tasoeroja, mutta maan ja porkkanan kaliumpitoisuuden välinen trendi on nouseva jokaisella koepellolla.

2.5.3 Viljelykokeiden tulosten vaikuttavuus

Porkkananmustamätätesti soveltuu peltomaiden vertailuun porkkananmustamätäsienien aiheuttaman tuotantoriskin arvioimiseksi. Testi kertoo suuntaa antavasti peltomaissa olevasta taudinaiheuttajasienen määrästä. Testin tuloksista ei pystytä arvioimaan varastoitavassa porkkanasadossa esiintyvän porkkananmustamädän määrää, mutta testitulosten perusteella pystytään tiedostamaan suurimman ja pienimmän tautipaineen omaavat peltomaat. Viljelijät voivat tehdä porkkananmustamätätestiä kesällä, jolloin saadut tulokset ovat hyödynnettävissä varastoitavien porkkanalajikkeiden sadon nostoaikataulu- ja markkinointisuunnitelmien tarkentamiseen. Näytteitä voi kerätä myös syksyllä ennen maan jäätymistä seuraavan vuoden suunnitelluilta porkkanalohkoilta, ja hyödyntää talven aikana tehdyn testin tuloksia seuraavan vuoden viljelysuunnitelmissa. Viljelijät voivat parantaa tuottamansa porkkanasadon laatua valitsemalla pitkäaikaiseen varastointiin tarkoitettujen porkkanaerien tuotantoon mahdollisimman alhaisen tautipaineen omaavia peltolohkoja. Korkean tautipaineen omaavat peltolohkot soveltuvat kesäporkkanan ja lyhytaikaisesti varastoitavan porkkanan viljelyyn.

Ravinnekoekiden antaman tiedon avulla viljelijät voivat tarkentaa entisestään pitkäaikaisesti varastoitavien porkkanoiden lannoitusta. Kalsiumkoe vahvistaa käsityksiä kalsiumin positiivisista vaikutuksista kasvin vastustuskyvyn vahvistumisesta. Kalsiumlannoituksen ohella on oleellista tehostaa kasvin kalsiumin ottoa ja sen liikkumista kasvissa mm. huolehtimalla pellon hyvästä vesitaloudesta.. Kaliumin vaikutuksista laatuun on tarpeen tehdä vielä lisäselvityksiä. Porkkanan kaliumin ottoon on kuitenkin selvästi helpompi vaikuttaa kuin kalsiumin ottoon. Porkkananmustamätättestin työohje on liitteenä.

3 Hygieniakartoitukset

3.1 Tausta

Kasviksia prosessoivien laitosten tuotantolinjoilla erilaisten mikrobien esiintyminen, erityisesti tuotteiden kanssa kosketuksiin joutuvilla pinnoilla, muodostaa riskin tuoteturvallisuudelle. Tuotteiden kanssa epäsuorassa kosketuksessa olevat pinnat voivat välillisesti kontaminoida tuotteita erityisesti korkean hygienian alueilla.

Hygieniakartoitusten tavoitteena oli tuottaa kokonaiskuva tuotantotilojen pintojen puhtaustasosta. Mittaustulokset antavat tietoa pintojen puhtaudesta ja ongelmakohdista. Kartoituksen pohjalta voidaan puuttua epäkohtiin, tehostaa ongelmallisten pintojen puhtaanapitoa ja vähentää pintojen likaantumiseen vaikuttavia käytäntöjä.

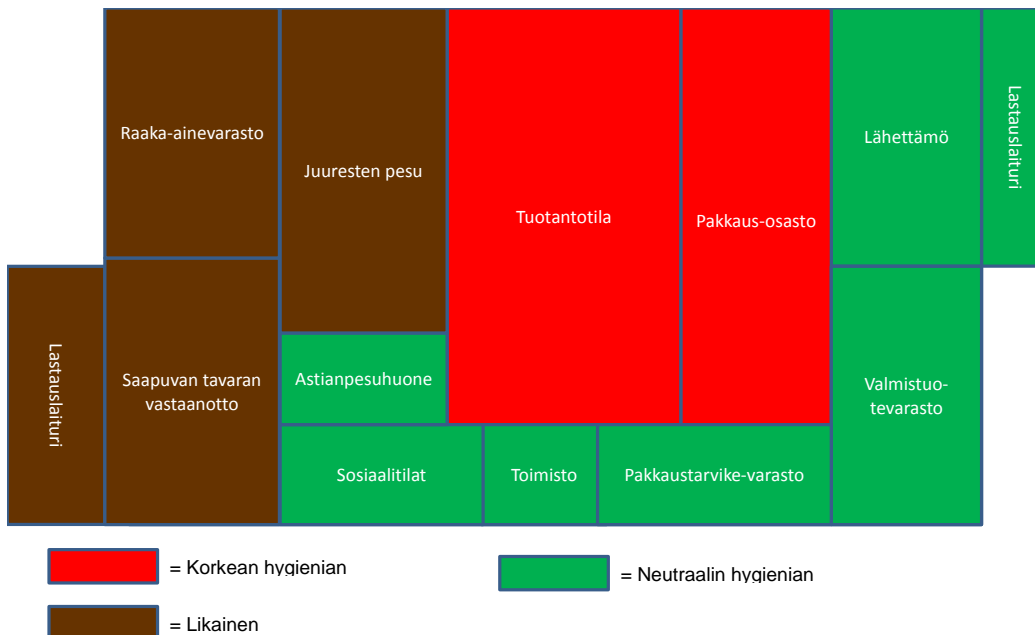
3.2 Toteutus

3.2.1 Tutkitut kohteet ja kartoitusten vaiheet

Hygieniakartoitukset tehtiin vuosina 2009 ja 2012 kuudessa, ja lisäksi vuosina 2010 ja 2011 kahdessa kasviksia prosessoivassa laitoksessa, joissa kasvikset pestään, kuoritaan ja pilkotaan erilaisiksi tuorekasvituotteiksi. Mukana oli yrityksiä, jotka sekä tuottavat raaka-ainetta että prosessoivat sen valmiiksi tuotteiksi, sekä yrityksiä, jotka jatkojalostavat esikäsiteltyä raaka-ainetta. Vuonna 2012 tutkitut kohteet olivat samoja kuin vuonna 2009 mitatut kohteet. Kussakin kartoituksessa tehtiin 264–696 mittausta. Mittausten kokonaismäärään vaikutti jatkojalostusyrityksen koko. Vuoden 2009 kartoitukset on kuvattu artikkelissa Lehto ym. (2011).

Yrityksissä käytiin ennen hygieniakartoitusta ja tehtiin esikartoitus, jonka pohjalta laadittiin kirjallinen, valokuvin varustettu näytteenottosuunnitelma. Hygieniakartoitukset toteutettiin näytteenottosuunnitelmien mukaisesti, ottaen huomioon kohteen yksilölliset piirteet näytteenottotilanteessa. Kartoituksissa keskityttiin mahdollisiin kasvisten mikrobiologisen laadun kannalta kriittisiin näytteenottokohtiin ja pintoihin, tällaisia olivat esimerkiksi katkaisijat, koneet ja laitteet, altaat, työtasot ja siivousvälineet.

Elintarvikkeita valmistavissa ja käsittelevissä laitoksissa asetetaan eri tiloille erilaisia hygieniavaatimuksia riippuen siitä, millaisia raaka-aineita ja tuotteita tilassa käsitellään ja millaisia valmistusprosesseja siellä on (Elintarvikevirasto ohje Dnro 662/32/03). Elintarvikeviraston ohjeen mukaan hygienia-alueita ovat korkean hygienian alue, hyvän hygienian alue, neutraalin hygienian alue ja ns. likainen alue. Alueet voidaan merkitä laitoksen pohjapiirustukseen ja huonetiloihin esimerkiksi laitospohjoilla värikoodeilla. Kussakin yrityksessä laitoksen tilat jaettiin hygienia-alueisiin em. jaottelun mukaisesti. Elintarvikeviraston ohjetta (Dnro 662/32/03) sovellettiin laitokseen, jossa juureksia kuoritaan ja prosessoidaan. Hygienian aluetta ei merkitty, koska tuotteita ei kuumenneta. Likaiseksi merkityt alueet, eli esipuhdistushuoneet ja raaka-ainetarasto, ovat alueita, joissa käsitellään esim. multaisia tuotteita. Korkean hygienian alue merkittiin punaisella, neutraalin hygienian alue vihreällä ja ns. likaiset alueet ruskealla, kuva 21.



Kuva 21. Esimerkki tuotantolaitoksen hygienia-alueista.

3.2.2 Prosessipinnat ja ympäristönäytteet

Kastolevyt - Hygicult® TPC, E/β-Gur ja Y&F

Näytteet otettiin näytteenottopisteistä painallusmenetelmällä. Orion Diagnostican Hygicult® TPC -kontaktilevyjä käytettiin aerobisten mikrobien kokonaismäärän määrittämiseen, Hygicult® E/β-Gur -kontaktilevyjä enterobakteerien ja β-glukuronidaasi-entsyymejä tuottavien lajien kokonaismäärän määrittämiseen. *Escherichia coli* -lajeista 90 % on β-glukuronidaasiaktiivisia, kuten myös Salmonella, Edwardsiella, Shigella ja Yersinia. Hygicult® Y&F -kontaktilevyjä käytettiin hiivojen ja homeiden kokonaismäärän määrittämiseen.

ATP-bioluminesenssi

Pintanäytteet otettiin vanupuikolla reagenssiputkeen, jonka kyvetistä mitattiin välittömästi ATP-bioluminesenssi luminometrisesti HY-LiTE®2-laitteella. Syntyneen valon intensiteetti luetaan näytöltä suhteellisina valoyksikköinä, RLU (relative light units). RLU on suoraan verrannollinen ATP:n (adenosiinitrifosfaatti) määrään ja biologisen aineksen aiheuttaman kontaminaation määrään.

Ilnäytteet

Näytteitä otettiin plate count agar -maljoille MAS-100- keräimellä (Merck Eurolab). Maljat inkuboitettiin 4 vrk ajan 23 °C lämpötilassa.

Tulosten tulkinnassa käytetyt raja-arvot ja viitteet tulosten luokitteluksi on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Raja-arvot ja viitteet pintahygieniatulosten tulkinnassa.

Mikrobiryhmä	Hyvä	Välttävä	Huono	Viite
Kokonaismikrobit	<2 pmy/cm ²	2-10 pmy/cm ²	>10 pmy/cm ²	Rahkio ym. 2006
Hiivat	<1 pmy/cm ²	1-5 pmy/cm ²	>5 pmy/cm ²	Hakala 2001
Homeet	-/+ (Ei yhtään/ vähäinen määrä hometta)	++ (Kohtalainen määrä hometta)	+++ (Suuri määrä hometta)	Orion Diagnostica, käyttöohje 2008
Enterobakteerit ja β-Gur	0 pmy/cm ²	0,1-1,1 pmy/cm ²	>1,1 pmy/cm ²	Orion Diagnostica, käyttöohje 2008

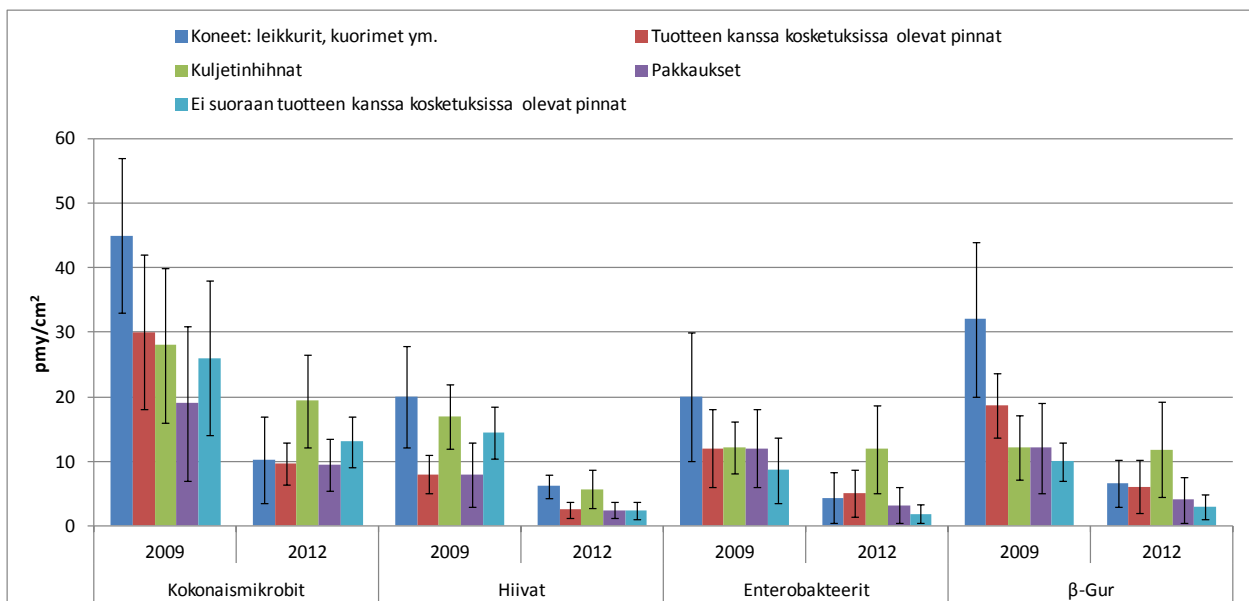
pmy = pesäkkeen muodostava yksikkö, β-Gur = β-glukuronidaasi-entsyymejä tuottavat lajit

Yrityksille toimitettiin vuosina 2009 - 2012 tehdyistä hygieniakartoituksista tutkimusraportti, joka sisälsi kuvauksen tutkimuksen toteutuksesta, tulokset sekä tulosten arvioinnin. Seuraavassa on esitetty vuosien 2009 ja 2012 tulosten yhteenveto.

3.3 Tulokset

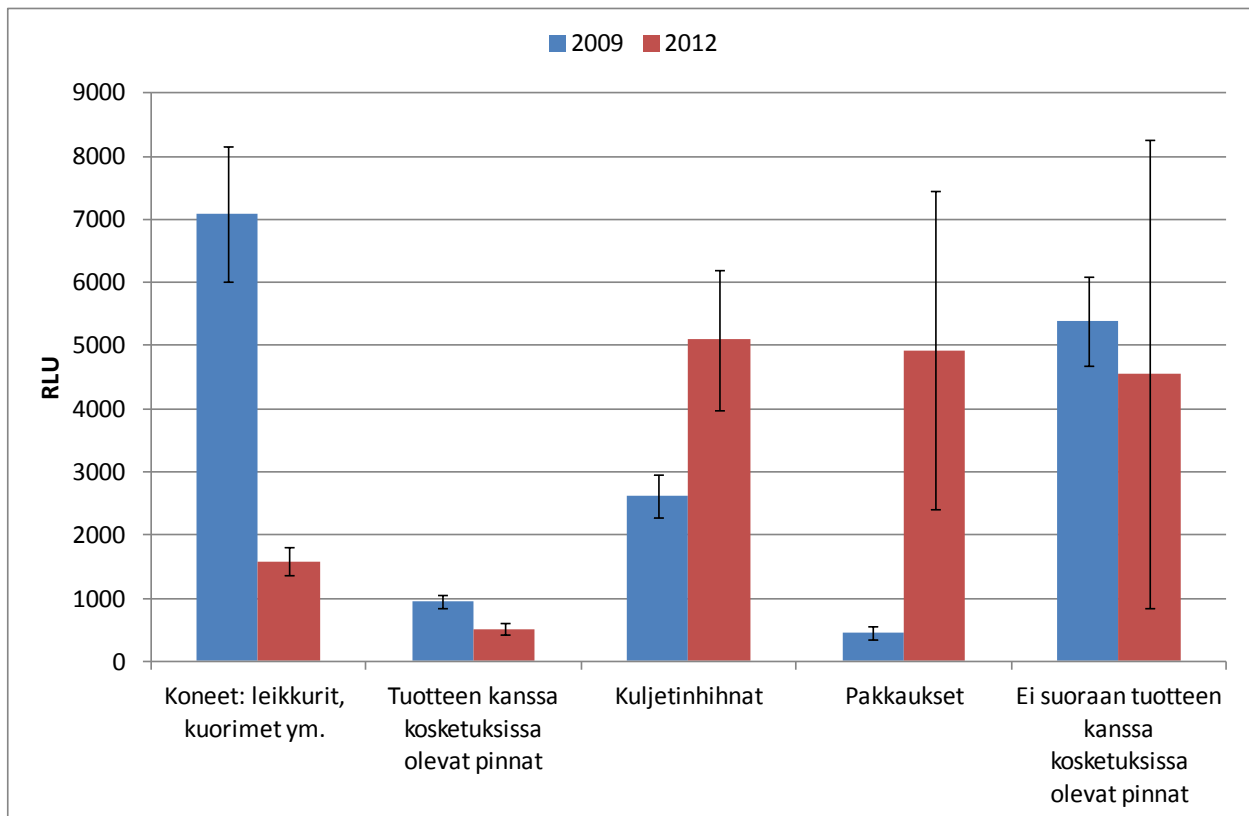
3.3.1 Prosessipinnat ja ympäristönäytteet

Hygieniakartoituksissa havaittiin, että varsinkin erilaisten laitteiden ja pintojen puhdistettavuuteen sekä tuotantotilojen säännölliseen ja perusteelliseen puhdistukseen sekä desinfiointiin tulisi useimmissa laitoksissa kiinnittää aiempaa suurempaa huomiota. Hygienia- ja puhtausvaatimukset vaihtelivat yritysten välillä. Korkeimmat keskimääräiset kokonaismikrobimäärät, hiivojen, enterobakteerien ja β -glukuronidaasipositiivisten bakteerien määrät todettiin vuonna 2009 koneiden ja laitteiden pinnoilta (kuva 22). Vuonna 2012 keskimääräiset kokonaismikrobin, hiivojen, enterobakteerien ja β -glukuronidaasipositiivisten bakteerien määrät olivat kaikkien mittauskohdeiden osalta alhaisemmat kuin edellisissä kartoituksissa, ainoina poikkeuksina kuljetinhihnojen enterobakteerien ja β -glukuronidaasipositiivisten bakteerien määrät, jotka olivat vuonna 2012 vuoden 2009 tasoa.



Kuva 22. Mikrobiologiset pintahygieniatulokset. β -Gur = β -glukuronidaasi-entsyymejä tuottavien lajien kokonaismäärä. Pylväs = keskiarvo, jana = keskivirhe.

Korkeat keskimääräiset ATP-arvot, jotka kuvaavat eloperäisen lian määrää pinnoilla, todettiin vuonna 2009 koneiden ja pakkausten pinnoilta sekä pinnoilta, jotka eivät olleet tuotteen kanssa kosketuksissa (kuva 23). Vuonna 2012 koneista mitatut keskiarvotulokset olivat parantuneet, kun taas kuljetinhihnojen ja pakkausten sekä pintojen, jotka eivät ole suoraan kosketuksissa tuotteen kanssa, keskimääräinen hygienia- ja puhtausvaatimus oli heikentynyt. Hajonnat olivat osin hyvin suuria. Vuonna 2009 puisten varastolaatikoiden, vuonna 2012 puolestaan saavien muovihuppujen muista poikkeavan korkeat ATP-arvot vaikuttivat keskiarvotuloksiin.



Kuva 23. Eloperäinen lika pinnoilla: ATP-bioluminesenssitulokset (RLU = suhteellinen valoyksikkö). Pylväs = keskiarvo, jana = keskivirhe.

Ilman mikrobien kokonaismäärä eri tiloissa on esitetty taulukossa 3. Ulkoilmaa ei mitattu vuoden 2012 kartoituksissa kovan pakkasen vuoksi. Vuoden 2009 keskiarvotulokset olivat välivarastoa lukuun ottamatta 103 pmy/m³ ja 1460 pmy/m³ välillä ja vuonna 2012 100 pmy/m³ ja 1211 pmy/m³ välillä. Vuoden 2009 välivaraston tulos oli muista poikkeavan korkea, 21250 pmy/m³. APHA:n (the American Public Health Association) suositusten mukaan elintarviketuotantotilojen aerobisten mikrobien kokonaismäärä pitäisi olla alle 90 pmy/m³, kun mittauksissa käytetään ilman mikrobikeräntekniikkaa. Kaikki kartoituksissa mitatut tulokset olivat näitä suosituksia korkeampia. Vuonna 2009 kuivavaraston (keskiarvo 105 pmy/m³) ja vuosina 2009 ja 2012 jäähdytysvaraston tulokset (103 pmy/m³ ja 100 pmy/m³), olivat lähinnä APHA:n asettamaa arvoa (Sveum ym. 1992, ref. Salustiano ym. 2003).

Taulukko 3. Ilman mikrobien kokonaismäärä (pmy/m³).

Mittauskohde	2009			2012		
	keskiarvo	keskivirhe	N	keskiarvo	keskivirhe	N
Ulkoilma	608	106	6	*	*	*
Juuresten vastaanotto ja pesu	600	565	2	*	*	*
Raaka-ainevarasto	792	760	5	273	180	3
Tuotantotila	1132	122	5	1211	699	3
Kuorimo	1080	119	4	329	165	4
Välivarasto	21250	21849	2	1048	-	1
Kuivavarasto	105	71	2	200	-	1
Jäähdytysvarasto	103	-	1	100	-	1
Valmistuotevarasto	1460	220	3	162	114	2
Pakkaamo	1253	140	5	401	283	2
Lähetämö	642	740	4	344	172	4

*= ei mitattu

3.4 Tulosten tarkastelu ja johtopäätökset

Ensimmäisten hygieniakartoitusten tulosten perusteella todettiin, että kasvisten tuotantolaitoksissa tulisi kiinnittää erityisesti huomiota pintojen ja tilojen puhdistukseen sekä tehostaa omavalvontaa sekä lisätä näytteenottopisteitä ja -tiheyttä. Ohjeita annettiin muun muassa seuraavasti:

- Laitteiden ja kuljettimien puhdistusta tulee tehostaa. Puhdistuksen eri osatekijöitä (mekaaninen puhdistus, pesu- ja desinfiointiaineet, lämpötila, aika) on hyödynnettävä riittävästi ja kullekin kohteelle soveltuvasti. Pintojen puhdistamiseen tulee käyttää sekä mekaanista työtä että lisäksi puhdistus- ja desinfiointiaineita.
- Kuljetinhihnojen sivu- ja alalistat ovat hyviä mikrobien kasvualustoja ja listojen puhdistuvuuteen tulee kiinnittää erityistä huomiota. Koska osa laitteista on hyvin hankalasti puhdistettavia, ongelmaan tulisi hakea myös teknistä ratkaisua eli laitteiden rakennetta tulisi parantaa.
- Kuluneiden leikkuutasojen pinnat on uusittava, koska kuluneina ne keräävät likaa ja ovat vaikeita puhdistaa.
- Puhtaat ja likaiset työvälineet on pidettävä erillään toisistaan. Tuotantotilassa säilytysastioita ei saa pitää lattialla, joka on usein likainen ja josta kontaminaatio voi siirtyä raaka-aineeseen tai valmiiseen tuotteeseen.
- Siivousvälineet on puhdistettava hyvin ja annettava kuivua. Siivousvälineille tulee järjestää säilytyspaikka ja -telineet. Siivousvälineitä ei saa kuljettaa hygienialueelta toiselle.
- Käsihygieniaan tulee kiinnittää entistä enemmän huomiota. Käsia ja käsineitä tulee pestä ja desinfioida tiheästi. Kädet tulisi pestä ja tarvittaessa desinfioida (tai käsineet vaihtaa) työntekijän palattua takaisin tuotantolinjalle, kun hän on käynyt esimerkiksi toimistossa vastaamassa puhelimeen.
- Elintarvikeviraston ohjeen 662/32/03 mukaisesti hygieniatasoltaan erilaiset tilat ja toiminnot on sijoitettava jo laitoksen suunnittelussa tai muutostöiden suunnittelun yhteydessä eri huonetiloihin. Vaihtoehtoisesti erilaiset toiminnot voidaan sijoittaa riittävän etäälle toisistaan tai eri aikoina tapahtuviksi. Henkilökunnan liikkumista hygienialueelta toiselle tulee välttää ja tarvittaessa tulee vaihtaa suojavaatteita siirryttäessä hygienialueelta toiselle. Liikuteltavia astioita tai laitteita ei saa tuoda alemman hygienian alueelta korkeamman hygienian alueelle ilman huolellista pesua. Trukit ja kuljetusvaunutkin voivat kuljettaa likaa huoneesta toiseen, joten niiden pyörät on tarvittaessa puhdistettava ja desinfioitava. Desinfiointimattoja tai vaahdotuslaitteita käytetään myös työntekijöiden kulku-reiteillä siirryttäessä hygienialueelta toiselle.
- Omavalvontaan tulee panostaa ja noudattaa ohjetta säännöllisesti.
- Henkilökunnan koulutus ja perehdytys on tärkeää.

Vuoden 2012 kartoitukset osoittivat, että kokonaishygieniataso oli kohentunut tuotantolaitoksissa verrattuna vuoden 2009 tuloksiin. Yrityksissä oli tehty erilaisia toimenpiteitä hygienian parantamiseksi, esimerkiksi ongelmallisiin laitteisiin oli puututtu, kuluneita pintoja vaihdettu uusiin, puhdistusainekäytäntöihin oli kiinnitetty huomiota jne. On tärkeää kiinnittää huomiota myös puhtaanapidon perusasioihin, joita käsitellään tarkemmin puhtausoppaassa (Kuisma ym. 2012).

Ilman puhtaus oli yleisesti ottaen hyväksyttävällä tasolla. Ilmastointilaitteet tulee kuitenkin puhdistaa säännöllisesti.

4 Raaka-aine-, tuote- ja prosessivesinäytteet

4.1 Taustaa

Kasvisraaka-aine sisältää luontaisesti mikrobeja. Ongelmia aiheuttavat ihmiselle tautia aiheuttavat tai tuotteita pilaavat mikrobit, jotka tulevat kasviksiin yleensä peltomaasta. Mikrobit voivat olla kasvin pinnalla, mutta myös ehjän kasvin sisällä. Mikrobit voivat päästä vihanneksiin myös vihannesten prosessoinnin aikana ja kun kasviksen pinta rikkoutuu se on alttiimpi erilaisille epäpuhtauksille. Käsitellyn kasviksen tulisi säilyä pitkään, mikä asettaa haasteita tuotantoketjulle ja säilytykselle.

4.2 Näytteidenotto ja analysointi

Kasvisten prosessointilaitoksilta kerättiin raaka-aine-, tuote- ja prosessivesinäytteitä hygieniakartoitusten yhteydessä. Kasvisnäytteistä tutkittiin vuonna 2009 kokonaismikrobien, hiivojen, homeiden, *E. colin*, koliformisten bakteerien sekä enterobakteerien määrät ja vuonna 2012 edellä mainitut lukuun ottamatta koliformisia bakteereja. Vesinäytteistä tutkittiin heterotrofinen pesäkeluku 20 °C:ssa, koliformisten bakteerien, suolistoperäisten enterokokkien sekä *E. colin* määrä. Lisäksi sekä kasviksista että vesinäytteistä tutkittiin *Yersinia enterocolitica* ja *Yersinia pseudotuberculosis* -bakteerin mahdollista esiintyvyyttä. Raaka-aine-, tuote- ja prosessivesinäytteet analysoitiin vuonna 2009 ja 2010 MTT:n laboratoriossa Jokioisissa ja vuonna 2012 Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistyksen laboratoriossa (KVVY) Hämeenlinnassa. KVVY:n laboratoriossa käytetään yersinioiden tutkimisessa Real Time-PCR-menetelmää, joka on herkempi kuin MTT:n laboratoriossa käytetty viljelymenetelmä.

Näytteet otettiin maaliskokuussa 2009 ja helmimalkiskuussa 2012 kuudesta kasviksia käsittelevästä yrityksestä (taulukko 4).

Taulukko 4. Kasvis- ja vesinäytteet 2009 ja 2012.

Näyte	N
Kokonainen, pesty porkkana	12
Jäävuorisalaatti	1
Pesty ja kuorittu porkkana	12
Kuorittu ja pilkottu porkkana (viipale, kuutio)	4
Kuorittu ja raastettu porkkana	4
Jäävuorisalaatti, pesty ja pilkottu	2
Valkokaali, pesty ja pilkottu	1
Kokonaisten porkkanoiden huuhteluvesi	5
Kuorittujen porkkanoiden huuhtelu- ja jäähdytysvesi	10
Jätevesi	6

4.3 Tulokset

4.3.1 Raaka-aine- ja tuotenäytteet

Erot kasvisraaka-aineen mikrobimäärissä olivat suuria (taulukko 5). Tulokset on ilmoitettu tuorepainoa kohti. Korkeimmat mikrobimäärät (5,5 log pmy/g) todettiin pestystä kuorimattomasta porkkanasta.

Taulukko 5. Mikrobipitoisuudet pestyissä kasvisraaka-aineissa (log pmy/g).

Mikrobi	Porkkana (N = x)		Jäävuorisalaatti (N = 1)
	Vaihteluäli	Keskiarvo	
Kokonaismikrobimäärä	4,2 - 7,9	5,5	4,5
<i>E. coli</i>	<1		<1
Koliformiset bakteerit	2,4 - 5,7	4,2	3,5
Enterobakteerit	2,3 - 5,5	3,5	*
Hiivat	1,0 - 5,0	2,5	*
Homeet	0,1 - 3,3	1,4	*

*= ei mitattu

Pestyn ja kuoritun porkkanan mikrobimäärät olivat tätä hieman alhaisempia. *E. coli* -bakteeria ei todettu raaka-aineesta eikä tuotteista (taulukot 5 ja 6). Hiivojen määrä oli alhaisin pestyssä porkkanassa ja korkein porkkanaraasteessa. Pestyn ja silputun jäävuorisalaatin kokonaismikrobimäärä oli hieman korkeampi kuin porkkanalla.

Taulukko 6. Mikrobimäärät prosessoiduissa porkkanoissa (log pmy/g).

Mikrobi	Pesty ja kuorittu porkkana		Pesty, kuorittu ja pilkottu porkkana		Pesty, kuorittu ja raastettu porkkana	
	Vaihteluväli	Ka	Vaihteluväli	Ka	Vaihteluväli	Ka
Kokonaismikrobimäärä	2,6 - 6,7	4,7	3,1 - 5,3	4,1	3,6 - 5,9	4,8
<i>E. coli</i>	<1		<1		<1	
Koliformiset bakteerit	1,6 - 3,9	2,8	2,6 - 3,2	3,0	3,7 - 3,9	3,8
Enterobakteerit	1,6 - 3,7	2,7	2,6 - 3,5	3,1	2,0 - 4,2	3,1
Hiivat	1,5 - 4,1	3,0	2,1 - 4,0	2,8	2,8 - 4,5	3,5
Homeet	0,1 - 2,5	0,6	0,1 - 2,2	0,8	0,1 - 2,0	0,5

Koliformisten bakteerien ja enterobakteerien määrä kasvoi hieman prosessoinnin aikana (taulukot 6 ja 7). hiivojen määrä oli alhaisin kuorituilla ja korkein porkkanaraasteessa.

Taulukko 7. Mikrobimäärät prosessoiduissa muissa kasviksissa (log pmy / g).

Mikrobi	Pesty ja silputtu jäävuorisalaatti (N = 2)		Pesty ja silputtu valkokaali (N = 1)
	Vaihteluväli	Ka	
Kokonaismikrobimäärä	5,4 - 5,9	5,6	3,3
<i>E. coli</i>	<1		<1
Koliformiset bakteerit	3,0 - 3,2	3,1	2,2
Enterobakteerit	2,9 - 3,5	3,2	3,2
Hiivat	*	*	*
Homeet	*	*	*

*= ei mitattu

4.3.2 Pesu- ja huuhteluvesinäytteet

Pesuvesinäytteet otettiin esipestyjen kasvien pesualtaista ja prosessivedet viimeisestä kasvien huuhteluvedestä. Prosessivesinäytteiden mikrobimäärä oli alhaisempi kuin pesuvesien. *E. colia* ei todettu pesu- eikä huuhteluvesistä (taulukko 8).

Taulukko 8. Mikrobit kasvisten pesu- ja prosessivesissä.

Mikrobi	Pesuvesi (N = 5)		Prosessivesi (N = 10)		Yksikkö
	Vaihteluväli	Ka	Vaihteluväli	Ka	
Heterotrofinen pesäkeluku	4,8 - 6,6	5,5	3,7 - 5,7	4,9	log pmy/ml
<i>E. coli</i>	<1	-	<1	-	log pmy/100 ml
Koliformiset bakteerit	3,5 - 5,5	4,2	2,0 - 5,5	3,7	log pmy/100 ml
Fekaaliset koliformit	<1 - 2,2	-	<1 - 2,2	-	log pmy/100 ml

4.3.3 *Yersinia*-lajien esiintyminen kasvis- ja vesinäytteissä

Yersinia pseudotuberculosis ei todettu raaka-aine-, tuote- eikä vesinäytteistä. *Y. enterocolitica* (taulukko 9) todettiin yleisesti pestystä porkkanasta, kuoritusta porkkanasta, kuoritusta ja pilkottusta porkkanasta sekä kasvisten pesu- ja jätevesistä. Jäävuorisalaatista ja valkokaalista sitä ei todettu..

Taulukko 9. *Y. enterocolitica*n esiintyminen kasvis- tai huuhteluvesinäytteissä. Näytemäärät olivat 25 ja 10 g vastaavasti.

Näyte	Näytemäärä	Positiiviset N	%
Pesty porkkana	9	5	67
Pesty jäävuorisalaatti	1	0	0
Pesty ja kuorittu porkkana	5	3	60
Pesty, kuorittu ja pilkottu porkkana	4	4	100
Pesty, kuorittu ja raastettu porkkana	2	1	50
Pesty ja pilkottu jäävuorisalaatti	2	0	0
Pesty ja raastettu valkokaali	1	0	0
Kasvisten pesuvesi	5	4	80
Kasvisten huuhteluvesi	10	2	20
Jätevesi	6	5	83

Useista näytteistä löydettiin patogeenisia *Yersinia enterocolitica*a RT-PCR-menetelmällä, mutta samojen näytteiden viljelemällä tehdyissä määrityksissä niitä ei todettu.

Taulukko 10. Patogeenisen *Y. enterocolitica*n esiintyminen porkkananäytteissä ja huuhteluvesissä. Tutkittu RT-PCR –menetelmällä.

Näyte	Näytemäärä	Positiiviset N	%
Pesty porkkana	3	3	100
Pesty ja kuorittu porkkana	7	5	71
Pesty, kuorittu ja raastettu porkkana	3	1	33
kasvisten huuhteluvesi	7	2	29

4.3.4 Johtopäätökset

Kasvikset sisältävät luontaisesti paljon mikrobeja. Mikrobiologiset vaatimukset tuoreille kasviksille (fresh-cut) on asetettu EU lainsäädännössä, (EC) No. 2073/2005. *Salmonellalle*, *E.colille* ja *Listeria monocytogeneella* on asetettu raja-arvot ja niitä seurataan yrityksen omavalvonnassa. Tässä hankkeessa tutkittujen kasvistuotteiden mikrobiologinen laatu oli melko hyvä.

Prosessivesissä heterotrofinen pesäkeluku oli 4,9 log pmy/ml ja koliformisten mikrobien määrä 3,7 pmy/100 ml. Kun vettä kierrätetään prosessissa, paljon mikrobeja sisältävä prosessivesi voi aiheuttaa riskin kasvituotteen laadulle.

Vesi on tutkitusti merkittävä ei-patogeenisen *Yersinia enterocolitica* -bakteerien varasto. Sitä löydettiin melkein kaikista tutkituista pesuvesi- ja jätevesinäytteistä. Jos olosuhteet ovat suotuisat ei-patogeenisen *Y. enterocolitican* kasvulle, niin riskinä on, että ne ovat suotuisat myös patogeenisen *Y. enterocolitica*lle.

Y. pseudotuberculosis ei löydetty tutkituista näytteistä. Ei-patogeenista *Y. enterocolitica* löydettiin yleisesti. Patogeenista *Y. enterocolitica* löydettiin RT-PCR-menetelmällä, mutta viljelymenetelmällä sitä ei löytynyt.

5 Prosessivesien ja ilman dekontaminaatiomenetelmät

5.1 Tausta

Prosessivettä voidaan käsitellä eri tavoin, pyrkimyksenä tuhota vedessä mahdollisesti olevat taudinaiheuttajat tai muut haitalliset mikro-organismit sekä estää näiden kulkeutuminen prosessivedestä tuotteisiin. Klooria on yleisesti käytetty veden desinfiointissa. Kloorin (hypokloriitti) käyttö on halpaa, mutta ongelmana on mm. se, että se muodostaa korkeina pitoisuuksina orgaanisen aineen kanssa trihalometaaneja ja muita myrkyllisiä yhdisteitä. Klooria on pyritty korvaamaan muilla desinfiointimenetelmillä (taulukot 11 ja 12). Tällaisia menetelmiä ovat mm. UV-valon, klooridioksidin, elektrolysoidun veden, otsonin sekä orgaanisten happojen käyttö. Kasvisten huuhteluvessissä on liuennutta ja myös kiinteää orgaanista ainetta, mikä heikentää käsitteilymenetelmien tehoa.

Taulukko 11 Desinfiointimenetelmien vertailua (Rothe 2012).

	Kloori	Klooridioksidi	Otsoni	UV
Desinfektioteho	kohtalainen	hyvä	paras	kohtalainen
Riippuvuus pH:sta	kyllä	ei	vähän	ei
Jälkivaikutus	tunteja	päiviä	minuutteja	ei
Sivutuotteet	THM, AOX, muut	kloriitti	-	-
Toteutus	Hypokloriitti, Cl ₂ -kaasu, elektrolyysi	HCl + NaClO ₂	ilma, happi, sähkö	sähkö

- = ei tiedossa

Taulukko 12. Desinfiointimenetelmien vertailua (Casani ja Knøchel, 2002, Whangchai ym. 2010).

	Hypokloriitti	Elektrolysoitu vesi	Otsoni	UV
Konsentraatio/teho	50-100 ppm	< 50 ppm	<1 ppm	25-40 mW/cm ²
Kontaktiaika	10 - 20 min	1 min	2 - 4 min	0,5 - 5 s
Laittekustannukset	alhaiset	suht.alhaiset	korkeat	suht.alhaiset
Käyttökustannukset	alhaiset	alhaiset	korkeat	alhaiset
Terveydelliset riskit	kohonnut	pieni	kohonnut	pienet
Herkkyys veden sameudelle	suuri	suuri	suuri	erittäin suuri
Vaikutus gram-negat. bakteereihin	hyvä	hyvä	hyvä	hyvä
Vaikutus gram-posit. bakteereihin	rajallinen	hyvä	hyvä	rajallinen
Vaikutus itiöihin	huono	rajallinen	rajallinen	rajallinen
Vaikutus viruksiin	hyvä	-	hyvä	rajallinen
Vaikutus alkueläimiin	rajallinen	-	hyvä	hyvä

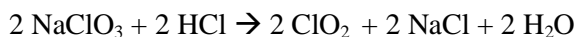
- = ei tiedossa

5.1.1 Klooridioksidi

Klooridioksidi on erittäin herkästi reagoiva kaasu, joka epävakautensa vuoksi ei sovellu varastoitavaksi. Klooridioksidi valmistetaan yleensä käyttöpaikalla pelkistämällä natriumklooraattia tai natriumkloriittia happamassa liuoksessa ja liuottamalla syntynyt kaasu veteen. Kaupallisesti klooridioksidia voidaan valmistaa natriumklooraatista, rikkihaposta ja rikkidioksidista:



Pienessä mittakaavassa klooridioksidia voidaan valmistaa natriumklooraattista ja suolahaposta:



Klooridioksidi on voimakas hapetin, se liukenee hyvin veteen ja hajoaa vedessä valon vaikutuksesta kloorivedyksi ja kloorihapoksi, jolloin veteen muodostuu klorideja (Cl^-) ja klooraatteja (ClO_3^-). Emäksisessä sekä humuspitoisessa vedessä muodostuu kloriitteja (ClO_2^-) ja klooraatteja. Klooraatti on vesiliuoksessa varsin stabiili anioni. Sillä ei ole akuutteja myrkyvaikutuksia

5.1.2 Elektrolysoitu vesi

Ruokasuolaa ja vettä elektrolysoidaan laitteistolla, jossa on katodi ja anodi.



Happi ja klooriradikaalit reagoivat keskenään ja muodostavat ”vapaita hapettimia”, kuten hypokloorihappoa (HOCl) ja hypokloriittia (ClO^-). HOCl ja ClO^- toimivat biosideina.

5.1.3 UV-valo

UV-valolla tarkoitetaan ultraviolettivaloa. UV-valo on silmille näkymätöntä ja läpionkevaa säteilyä, jonka aallonpituus on lyhyt (10-400 nm). UV-valoa käytetään mm. elintarviketuotantotilojen ja vihannesvarastojen ilman, veden ja muiden nesteiden desinfiointiin. UV-valoa käytetään lisäksi mm. erilaisilla prosessipinnoilla sekä pakkauslaatikoiden, kuljetinhihnojen ja työtasojen UV-desinfiointiin. UVC -lampuissa käytetään yleensä matalapaineista elohopeapolttimea, jolla syntyy enimmäkseen aallonpituutta 253,7 nm (Bintsis ym., 2000). UVC:n mikrobeja tuhoava vaikutus johtuu siitä, että 253,7 nm aallonpituudet tunkeutuvat fysikaalisesti mikrobien sisään, jolloin UVC- valoenergia saa aikaan kemiallisen reaktion mikrobien DNA:n kanssa. Laitteen desinfiointiteho on verrannollinen ns. UV-annokseen, joka on riippuvainen valon intensiteetistä E (W/m^2) sekä organismin viipymäajasta t (s) käsittelyssä. Suuri intensiteetti eli voimakkuus ja pitkä viipymä parantavat desinfiointitehoa. UV-käsittelyn etuna on, että se ei aiheuta fysikaalis-kemiallisia muutoksia vedessä.

UV-käsittelyä vaikeuttavat veden sameus, vedessä oleva kiintoaine sekä absorboivat yhdisteet.

5.1.4 Otsonointi

Otsoni molekyyli (O_3) hajoaa vedessä nopeasti muodostaen hydroksyyliiradikaaleja ($\bullet \text{OH}$), jotka pääasiassa toimivat hapettimena ja tuhoavat tehokkaasti bakteereja ja viruksia. Otsoni on veteen liukeneva kaasu, jolla on laaja mikrobeja tuhoava vaikutus suhteellisen alhaisissa pitoisuuksissa (1 ppm vesiliuoksessa tai alhaisempi). Jo lyhyt vaikutusaika on riittävä tuhoamaan bakteereita, homeita, hiivoja alkueläimiä ja viruksia (Kim ym. 1999).

Otsonoinnin ongelmana on kaasun liukeneminen veteen sekä otsoni-kaasun pääsy huoneilmaan, jolloin se voi olla haitallista esim. työntekijöille. Otsonin mittaus huoneilmasta on tärkeää.

Otsonoinnin ja UV-käsittelyn yhdistelmä tuotti maksimimäärän hydroksyyliiradikaaleja (Selma ym. 2008). Otsoni valmistetaan yleensä koronapurkausmenetelmällä, jossa kuivattu ilma tai happi johdetaan suurijännitteisten elektrodien väliin. Elektrodien välinen jännite on yleensä 8-15 kV. Otsonaattorin tuottaman ilman otsonipitoisuus täysmittakaavan sovellutuksissa on yleensä välillä 4 - 10 g/m^3 .

5.1.5 Orgaaniset hapot

Orgaanisia happoja ovat esim. askorbiini- ja sitruunahappo. Orgaanisilla hapoilla voidaan vaikuttaa elintarvikkeiden säilyvyyteen, koska useat mikrobit tuhoutuvat helpommin happamassa eivätkä useat bakteerit lisäänty, jos pH on alle 4. Homeet ja hiivat sen sijaan voivat kasvaa ja lisääntyä happamissakin oloissa.

5.2 Elektrolysoidun veden vaikutus kasvien laatuun ja säilyvyyteen

5.2.1 Kasvien huuhtelukoe laboratoriossa

Kokeessa selvitettiin elektrolysoidun veden vaikutusta kasviksissa oleviin mikrobimääriin, kasvien säilyvyyteen sekä aistittavaan laatuun. Elektrolysoitu vesi (1153 ppm, pH 7,38, johtokyky 39,9 mS) laimennettiin siten, että EO-veden aktiivisen kloorin konsentraatiot olivat 0, 30 ja 100 ppm. Huuhteluvetena käytettiin prosessointilaitoksen salaatinhuuhteluvettä 1 ja 2. Huuhteluviesien mikrobimäärät tutkittiin PCA-agarilla, tulokset ovat taulukossa 13.

Taulukko 13. Salaatin huuhteluviesien kokonaismikrobimäärät kokeen alussa.

Vedet	Kokonaispesäkemäärä pmy/g
Huuhteluvesi 1	230 000
Huuhteluvesi 2	175 000
Vesijohtovesi	17

Salaatit pilkottiin veitsellä. Amerikansalaatti oli silputtu valmiiksi prosessointilaitoksessa. Näytettä punnittiin 150 g, jokaisesta kaksi rinnakkaisnäytettä. Salaattia huuhdottiin 30 sekunnin ajan huuhteluviedessä, minkä jälkeen salaatti lingottiin. Toinen näyte suljettiin ja säilytettiin 3 °C:ssa 5 vuorokautta. Toinen näyte vietiin analysoitavaksi, minkä jälkeen se suljettiin ja säilytettiin 6 °C:ssa 5 vuorokautta. Lisäksi pakattiin käsittelemätöntä salaattia, joka säilytettiin 6 °C:ssa. Näytteistä tehtiin mikrobiologiset ja aistinvaraiset määritykset käsittelypäivänä ja viiden vuorokauden kuluttua. Taulukossa 14 on tuoreen näytteen mikrobiologisten määritysten tulokset. Taulukossa 15 on jäävuorisalaatin mikrobiologisten määritysten tulokset viiden vuorokauden kuluttua, kun säilytyslämpötilat olivat 3 °C ja 6 °C.

Taulukko 14. Elektrolysoidun veden vaikutus tuoreiden kasvien mikrobiologiseen laatuun.

Tuore kasvisnäyte 14.12.2011	Käsittely EO-vesi ppm	Entero- bakteerit pmy/g	Kokonaispesäke- määrä pmy/g	Hiivat pmy/g	Homeet pmy/g
Jäävuorisalaatti	0	19 900	670 000	< 100	300
	30	5 200	870 000	< 100	< 100
	100	3 900	194 000	200	200
Kiinankaali	0	< 10	1 200 000	700	< 100
	30	< 10	148 000	200	< 100
	100	< 10	160 000	< 100	< 100
Amerikan salaatti	0	30	9 400	200	< 100
	30	10	1 400	200	< 100
	100	< 10	390	< 100	< 100

Kasvien käsittely elektrolysoidulla vedellä vähentää mikrobimääriä kasviksissa. Vaikutus hiivojen määrään ei ollut niin selvä kaikissa mittauksissa.

Jäävuorisalaattia säilytettiin suljetussa pussissa viisi vuorokautta 3 ja 6 °C:ssa. Mikrobimäärät käsitellylle jäävuorisalaatille ovat taulukossa 15.

Taulukko 15. Elektrolysoidun veden vaikutus jäävuorisalaatin säilyvyyteen. Säilytyslämpötilat 3 °C ja 6 °C, säilytysaika 5 vrk.

Käsittely EO-vesi ppm	5 vrk, 3 °C			5 vrk, 6 °C		
	Entero- bakteerit pmy/g	Kokonais- pesäkemäärä pmy/g	Hiivat pmy/g	Entero- bakteerit pmy/g	Kokonais- pesäke- määrä pmy/g	Hiivat pmy/g
0	460 000	8 000 000	< 100	990 000	8 800 000	< 100
30	46 800	5 000 000	< 100	990 000	138 000 000	< 100
100	10 000	1 900 000	< 100	163 000	4 500 000	100

Säilytyslämpötila vaikutti oleellisesti mikrobimääriin kasviksissa. Enterobakteeri- ja kokonaispesäkemäärät olivat selvästi alhaisemmat 3 °C:ssa säilytetyissä kasviksissa kuin 6 °C:ssa säilytetyissä kasviksissa.

Käsittely elektrolysoidulla vedellä, pitoisuuksilla 0 – 100 ppm, ei vaikuttanut tuoreen kasviksen aistinvaraiseen laatuun. Joissakin näytteissä esiintyi maussa vähäistä karvautta. Säilytyslämpötila vaikutti selvästi aistinvaraiseen laatuun, 3 °C:ssa säilytetyt kasvikset olivat hyviä vielä viiden päivän säilytyksen jälkeenkin. Ulkonäössä ja maussa havaittiin laadun heikkenemistä 6 °C:ssa säilytetyissä tuotteissa.

5.2.2 Prosessivesien hygienisointikokeet puhdasviljelmillä laboratoriossa

Laboratoriokokeissa tutkittiin testattavien aineiden ja menetelmien mikrobeja tuhoavaa tehoa eri väkevyyksissä puhdasviljelmillä kylmässä vedessä. Häiritsevänä aineena käytettiin porkkanamehua, jota lisättiin liuokseen 10 %. Tutkittavat aineet ja menetelmät olivat Fresh Produce Wash, klooridioksidi, elektrolysoitu vesi sekä UV-valo. Lisäksi prosessointilaitoksista saadulla vedellä tutkittiin suodatuksen ja UV-valon mikrobeja tuhoavaa vaikutusta. Testatut mikrobit olivat *E.coli*, hiiva (*Candida lambica*), *Yersinia enterocolitica* sekä *Yersinia pseudotuberculosis*.

Fresh Produce Wash (FPW)

Hiivojen (*C. lambica*) lähtötaso oli 3,5 log pmy/ml. Testatut FPW-konsentraatiot olivat 0,5, 0,25 ja 0,125 % ja kontaktiajat 0 – 15 min. Hiivat vähenivät merkittävästi (< -3) jo alhaisimmassa konsentraatiossa (0,125 %), kun liuokseen ei ollut lisätty porkkanamehua ja jonkin verran, kun porkkanamehua lisättiin. Porkkanamehuliouksessa merkittävä väheneminen saatiin aikaan FP-konsentraatiossa 0,25 % välittömästi aineen lisäyksen jälkeen.

Lisätyn *E. colin* lähtötaso oli 5,9 log pmy/ml. Liuoksessa, jossa oli lisätty porkkanamehua, mikrobien vähenemistä (logaritminen vähenemä <-2) tapahtui pitoisuudessa 0,25 % välittömästi aineen lisäyksen jälkeen, mutta pienempi ainemäärä ei vähentänyt mikrobien määrää. Merkittävä vaikutus *E. coliin* oli FPW-konsentraatiolla 0,5 %.

UV

UV-C:n tehoa testattiin *Y. enterocolitican* ja *Y. pseudotuberculosisin* puhdasviljelmillä. Testiliouksessa oli porkkanamehua 1 %. Vasta 15 min kontaktiajan jälkeen mikrobimäärissä voitiin havaita merkittävää vähenemistä. *E. coli* ja hiiva vähenivät selvästi (logaritminen vähenemä -2 ja -1,5) jo 5 minuutin käsittelyn jälkeen (taulukko 16).

Taulukko 16. Tulokset veden UV-käsittelystä.

Testimikrobi	Lisätty 1 % porkkanamehua	Mikrobitaso alussa log(pmy/ml)	Mikrobien logaritminen vähenemä/ kontak- tiaika (min)				
			0	5	10	15	30
<i>E. coli</i>	Ei	5,94		-2,3	-3,6	-4,9	<-5
<i>E. coli</i>	Kyllä	5,94		-2,0	-3,6	-4,9	-4,9
<i>C. lambica</i>	Ei	3,53	0,1	-1,9	-2,5	-2,5	<-3
<i>C. lambica</i>	Kyllä	3,53	0,2	-1,5	-1,9	-1,8	-2,5

Klooridioksidi

Kun liuoksen pitoisuus oli 50 ppm, *Y. enterocolitica*, *Y. pseudotuberculosis*, *E. coli* ja hiiva vähenivät kaikki merkittävästi (<-3) välittömästi aineen lisäyksen jälkeen, kun liuoksessa oli mukana porkkanamehua. Pitoisuus 10 ppm oli liian laimea, vain hiivat vähenivät jonkin verran.

Orgaaninen aine kuluttaa hapettimen tehoa ja alhaisessa pitoisuudessa hapettimen pitoisuus vähenee olemattomiin.

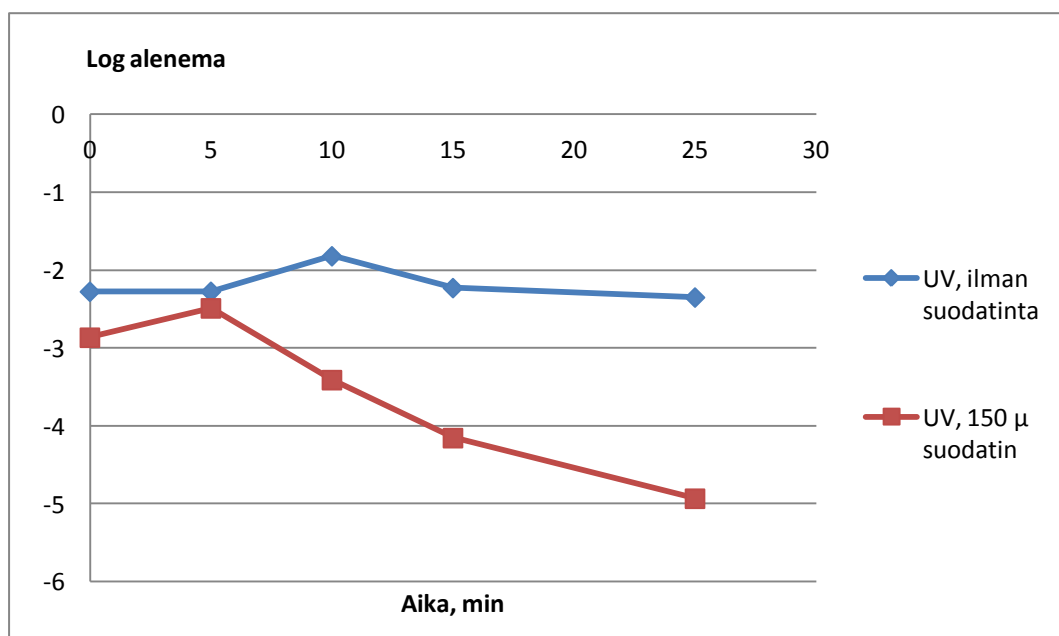
Elektrolysoitu vesi

Koe tehtiin kolmella pitoisuudella, 100, 50 ja 30 ppm. Jo alhaisimmalla pitoisuudella kaikkien tutkittujen mikrobien (*Y. enterocolitica*, *Y. pseudotuberculosis*, *E. coli* ja hiiva) vähenemä oli merkittävä.

UV + suodatus -testaus porkkananhuuhteluvedellä

Vesinäyte otettiin porkkanan kuorintakoneen jälkeisestä huuhteluvedestä. Veden kokonaispesäkemäärä oli 710 000 pmy/ml ja enterobakteerien määrä 91 pmy/ml. Veden lämpötila oli alle 10 °C (4,5 - 8,5 °C) ja pH 6,6.

Porkkanan huuhteluvesi käsiteltiin UV:lla ilman suodatinta ja 150 µm suodatinsukalla suodattamalla. Kuvasa 24. on veden kokonaismikrobimäärän vähenemä eri käsittelyillä.



Kuva 24. Suodatuksen ja UV-käsittelyn (254 nm) vaikutus kasvisten prosessointilaitoksen huuhteluveden kokonaismikrobimääriin.

Porkkanoiden pesuveden kiintoaineen määrä näyttää vaikuttavan siihen, kuinka paljon suodatuksella saadaan parannettua UV-valon tehoa verrattuna pelkän UV-valon käyttöön. Hiilisuodattimen käyttö ei näyttänyt sopivan näyttemateriaalille, jossa oli runsaasti kiintoainetta. Suodatuksen etuna on se, että sillä saadaan poistettua vedestä orgaanista ainetta, joka heikentää desinfiointiaineen tehoa.

5.2.3 Dekontaminaatiokokeet yrityksissä

Dekontaminaatiokokeita tehtiin kahdessa yrityksessä klooridioksidilla, sekä yhdessä yrityksessä EO-vedellä ja FPW:lla (Fresh Produce Wash). Tavoitteena oli pitää veden hygieeninen laatu hyvänä prosessoinnin aikana. Käsittelyn aikana otettiin näytteitä prosessivesistä ja tuotteista, joille tehtiin mikrobiologiset määritykset tuoreena ja parasta ennen päivänä. Vesistä tutkittiin kemiallisesti pH, aktiivisen kloorin määrä ja klooridioksidipitoisuus. Veden ATP määritettiin 3M™ Clean-Trace™ Water ATP -vesihygieniatestillä (Aqua-Trace®). Jäämätести tehtiin BioTox™ - pesuainejäämätестillä.

Tulosten arviointia hankaloittaa se, että vertailua käsittelemättömiin tuotteisiin ei normaalin tuotannon aikana voida tehdä, koska raaka-aineen laatu vaihtelee eräkohtaisesti ja veden orgaaninen kuorma lisääntyy päivän aikana. Käsittelyiden vertailu joudutaan tekemään eri päivinä, ja ennen näytteenottoa tapahtunutta tuotteiden käsittelymäärää on hankalaa pitää vakiona. Veden lämpötila vaikuttaa myös mikrobimääriin. Tulokset ovat näin ollen suuntaa antavia, ja lisää tutkimuksia tarvitaan.

Liuosten väkevyys mitattiin pikatesteillä. Klooridioksidin pitoisuus pidettiin alhaisena, tavoite-arvo oli 1 ppm. EO-veden tavoitepitoisuus oli korkeampi, ja näytteenottohetkellä pitoisuus oli n. 8 ppm. FPW-liuoksen väkevyyden mittaamiseen ei ollut saatavilla menetelmää ja sen pitoisuus arvioitiin annostelun perustella n. 0,18 %.

EO-vesi- ja FPW-käsittelyiden korkeampi pitoisuus näkyi veden mikrobimäärissä. Näytteissä ei todettu koliformisia mikrobeja eikä enterokokkeja, kun taas klooridioksidikäsitelyissä niitä todettiin. Heterotrofisten mikrobien määrissä oli alhaisimmat pitoisuudet EO-vesikäsitelyssä. Jäämätestin tulokset arvioitiin sen perusteella, kuinka paljon jäät tuhoavat testimikrobin elävyyttä. Mikäli tulos on alle 50 %, näytettä voidaan pitää erittäin toksisena. Jos tulos on alle 80 %, näytettä voidaan pitää lievästi toksisena. Jäämätestien perusteella näin alhainen klooridioksidipitoisuus huuhteluvedessä ei todennäköisesti aiheuta jäämiä tuotteeseen. Sen sijaan EO-veden ja FPW:n vaikutus näkyi huuhteluveden testissä. Jäämiä ei tutkittu tuotteista, koska sopivaa menetelmää ei ollut saatavilla. Vesihygieniatestillä saatiin vaihtelevia tuloksia. Erot yritysten ja niiden prosessoimien tuotteiden välillä olivat kuitenkin suurempia kuin tietyn yrityksen saman tuotteen välillä.

Tutkitut tuotteet olivat porkkanaa ja jäävuorisalaattia. Tulosten perusteella tuotteiden laatu oli hyvä sekä tuoreena että parasta ennen -päivänä. Tuotteet säilytettiin 7 tai 3,5 – 7 °C:ssa. Sekä salaatin että porkkanoiden kokonaismikrobimäärät olivat parasta ennen -päivänä 320 000 ja 5 800 000 pmy/g välillä.

5.2.4 Johtopäätökset

Ensisijaisesti tuotantoketjussa on huolehdittava prosessihygieniasta ja kylmäketjun säilymisestä. Jos huuhteluvettä kierrätetään, olisi huolehdittava kierrätysveden puhtaudesta, etteivät epäpuhtaudet pääse leviämään veden välityksellä tuotteisiin. Huuhteluveden hygienisoinnilla voidaan vähentää mikrobien määrää huuhteluvedessä. Käyttökohteen valinta ja menetelmän soveltuvuus on ensin selvítettävä. Jos on riski, että hygienisoinnista voi jäädä jäämiä lopputuotteeseen, tuotteet tulee huuhdella lopuksi puhtaalla talousvedellä.

Prosessiveden orgaanisen aineen määrä ja laatu vaihtelee tuotantopäivän aikana. Desinfiointiaineen annostelua ja pitoisuutta on seurattava prosessoinnin aikana. Tähän tarkoitukseen täytyy olla toimivat menetelmät. Tuoteturvallisuuden lisäksi myös työturvallisuus on otettava huomioon desinfiointimenetelmiä ja -aineita käytettäessä.

5.3 Tuloksia porkkanan käsittelystä elektrolysoidulla vedellä

Kokeen tarkoituksena oli selvittää, vähentääkö EO-vedellä huuhtelu mikrobeja porkkanan pinnalta. STEL-80 elektrolysoidun veden käsittelylaitteella tuotettiin sähkökemiallisesti laimeata desinfiointiainetta, OxiAcWa-anolytyttä. OxiAcWa:n valmistus tapahtui johtamalla ruokasuolaliuos ensin katodi- ja sitten anodikammion läpi. Katodikammiossa muodostui laimeata natriumhydroksidiliuosta (NaOH) ja anodikammiossa klooria (Cl₂), jotka sekoittuessaan muodostivat neutraalia (pH 6-8) OxiAcWa-anolytyttä. OxiAcWa-katolytytti on pääasiassa natriumhydroksidin vesiliuosta (NaOH).

Kuorittuja porkkanoita käsiteltiin elektrolysoidulla vedellä 30 s, 60 s ja 90 s ajan. Elektrolysoidun veden pitoisuudet olivat 10, 30, 50 ja 100 ppm. Steriiliin dekanterilasiin (600 ml) pantiin 100 g porkkanoita ja lisättiin aiemmin valmistettu elektrolysoitu vesi (400 ml). Porkkanoiden annettiin olla elektrolysoidussa vedessä haluttu aika, jonka jälkeen vesi kaadettiin pois ja porkkanat kaadettiin minigrip-pusseihin ja vietiin kylmiöön (lämpötila 3 °C) jatkotoimenpiteitä varten.

Mikrobiologiset määritykset tehtiin Hygiculleilla.

Voimakas käsittely, eli korkea EO-veden konsentraatio, alensi selvästi kokonaismikrobien määrää porkkanoiden pinnalla.

Viljelykokeissa desinfioinnilla ei ollut kuitenkaan merkittävää, yksiselitteistä vaikutusta. Tuloksiin vaikutti se, oliko mikrobiologinen näyte otettu porkkanan kuorikerroksesta vai koko porkkanasta. Säilytyskokeessa desinfioinnin vaikutus näkyi viljelykokeissa 14 vrk kuluttua porkkanoiden alentuneina mikrobimäärinä, homeita lukuun ottamatta.

Hygiculateilla tehdyt kokeet osoittivat, että porkkanoiden pinnan hiivamääriä vähensi huuhtelu minkä tahansa väkevisellä liuksella (10 -100 ppm). Viljelykokeiden tulosten mukaan desinfiointi näytti hieman tehoavan porkkanan kuorikerroksen hiivoihin.

EO-vesikäsitteilyn vaikutus homeisiin oli vähäinen tai epäselvä. Erityisesti koko porkkanan (ei siis vain pintakerroksen) mittauksissa hajonta oli viljelykokeissa suurta tutkittavasta mikrobista riippumatta.

EO-vesikäsitteilyn vaikutusta *E. coli* ja enterobakteereihin tutkittiin viljelykokeilla. EO-vesikäsitteily ei vaikuttanut porkkanan *E. coli* -määriin; kaikkien käsittelyjen tulokset olivat alle 10 pmy/g (taulukko 17). Enterobakteerien osalta käsittelyjen vaikutusten erot ja suunta vaihtelivat.

Taulukko 17. Kontrollin ja käsiteltyjen porkkanoiden väliset erot viljelytutkimuksissa.

Pvm	Näyte	Entero- bakteerit	Kokonais- pesäkemäärä	Hiivat	Homeet
15.2.-10	Kokonainen kuorittu porkkana	Desinfioitu puhtaampi? H↑	Ei-desinfioitu puhtaampi? H↑	Ei-desinfioitu puhtaampi? H↑	Ei eroa
16.3.-10	Kuorikerros kuoritusta porkkanasta	Ei-desinfioitu puhtaampi, H↑	Ei-desinfioitu hieman puhtaampi	Desinfioitu hieman puhtaampi	Ei eroa
25.3.-10*	Kuorikerros kuoritusta porkkanasta	-	Desinfioitu hieman puhtaampi	Desinfioitu hieman puhtaampi	Desinfioitu hieman puhtaampi
27.4.-10 (0 vrk)	Kuorikerros kuoritusta porkkanasta	Ei eroa	Ei eroa	-	-
5.5.-10 (7 vrk)	Kuorikerros kuoritusta porkkanasta	Ei eroa	Ei eroa	Ei eroa	Ei paljon eroa
10.5.-10 (14 vrk)	Kuorikerros kuoritusta porkkanasta	Desinfioitu puhtaampi	Desinfioitu hieman puhtaampi	Desinfioitu hieman puhtaampi	Ei eroa

*Metropolilab, - ei tutkittu, H↑= suuri hajonta

Kokeiden perusteella näyttää siltä, että käsittelyyn voimakkuus (ppm) vaikutti nimenomaan kokonaismikrobeihin porkkanoiden pinnalla, mutta hiivoihin oli merkitystä käsittelyllä sen väkevyydestä riippumatta. Viljelytulosten mukaan desinfioinnilla oli vaikutusta hiivoihin. Jos halutaan 14 vrk kestävät vaikutukset kokonaismikrobeihin porkkanoiden pinnalla, kannattaa käyttää 100 ppm väkevyyttä. Hiivojen vähentämisen kannalta on tehokkainta huuhdella porkkanat minkä tahansa väkevisellä liuksella (10 -100 ppm).

5.4 Kasvisvaraston ilman UVC-käsittely

5.4.1 Yleistä

Mikro-organismit voivat levitä aerosolien sisältämien partikkelien mukana ilmaan. Aerosoleissa olevat partikkelit voivat olla kiinteitä tai nestemäisiä ja mikro-organismit voivat olla partikkelien sisä- tai ulkopuolella. Homeita ja itiöitä on usein ilmassa ilman, että ne ovat kiinnittyneinä pölyhiukkasiin tai pisaroihin. Aerosolit voivat joutua tuotantoympäristöön muun muassa viemärien, tuuletuskanavien tai ovien kautta esimerkiksi siivouksen tai pesujen yhteydessä. Ilmasta peräisin olevan kontaminaation lähteitä voivat olla myös esim. raaka-aineet, pakkaukset, työntekijät, huonosti suunnitellut tai puhdistetut siivous- tai ilmanvaihtojärjestelmät, liikkuvat koneet ym.

Ultraviolettisäteily, UV-säteily, on sähkömagneettista säteilyä. Sen aallonpituus on lyhyempi kuin väin valon, mutta pidempi kuin röntgensäteilyn. UV-spektri jaetaan kolmeen aallonpituusalueeseen: UVA, UVB ja UVC. Ultraviolettisäteilyyn perustuva desinfiointi luokitellaan fysikaaliseksi desinfiointimenetelmäksi. UVC -säteily tuhoaa bakteereita, viruksia ja sieniä. Paras bakteereja tuhoava teho on aallonpituusalueella 250–260 nm. UVC -lamppuissa käytetään yleensä matalapaineista elohopeapolttimoa, jolla syntyy enimmäkseen aallonpituutta 253,7 nm. UV-lähde voidaan sijoittaa esim. ilmastointikanavaan tai kattoon. Lämpötilalla ei ole suurta merkitystä UV-säteilyn tehoon 5–37 °C välillä, mutta kosteus vähentää mikrobien tuhoutumista. UVC -laitteen tehokkuutta ja vaikutusta ilman laatuun tutkittiin kahdessa eri välivarastossa A ja B. Kuvassa 25 laitteet ovat asennettuina yrityksiin.

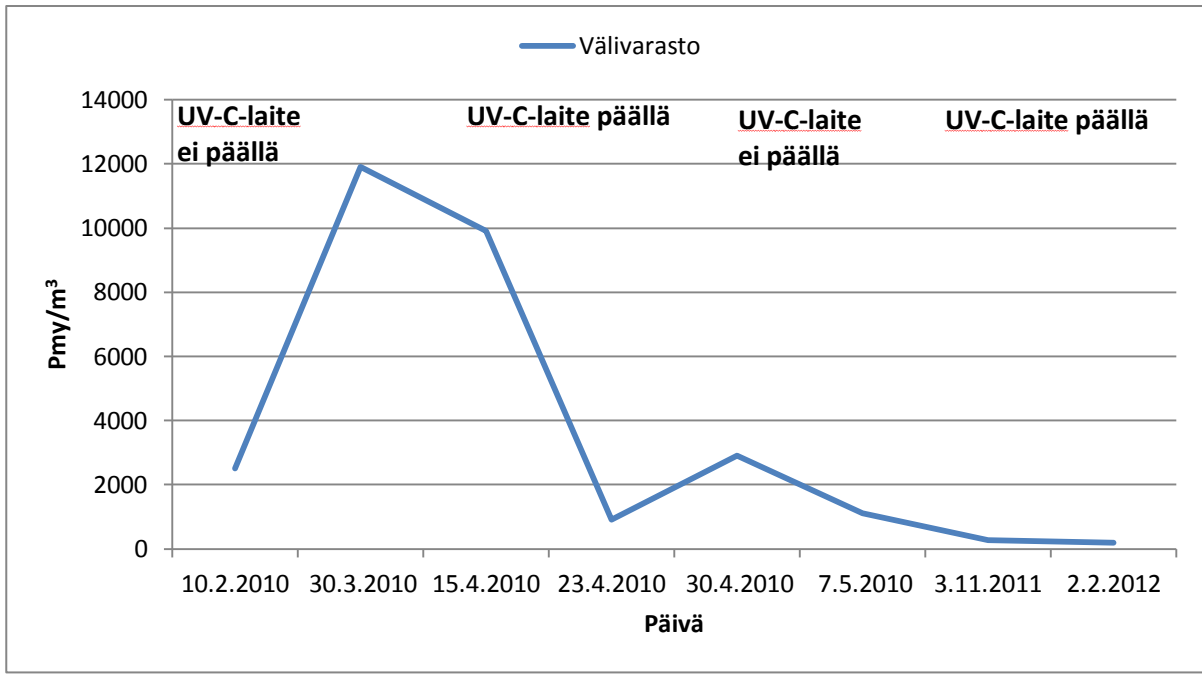


Kuva 25. UV-C ilmandesinfiointilaitteet asennettuina paikoilleen välivarastoihin A ja B.

Näytteitä otettiin välivarastojen ilmasta plate count agar -maljoille MAS-100 -keräimellä (Merck Eurolab). Maljat inkuboitiin 4 vrk:n ajan 23 °C lämpötilassa, minkä jälkeen maljoilta laskettiin pesäkemäärät.

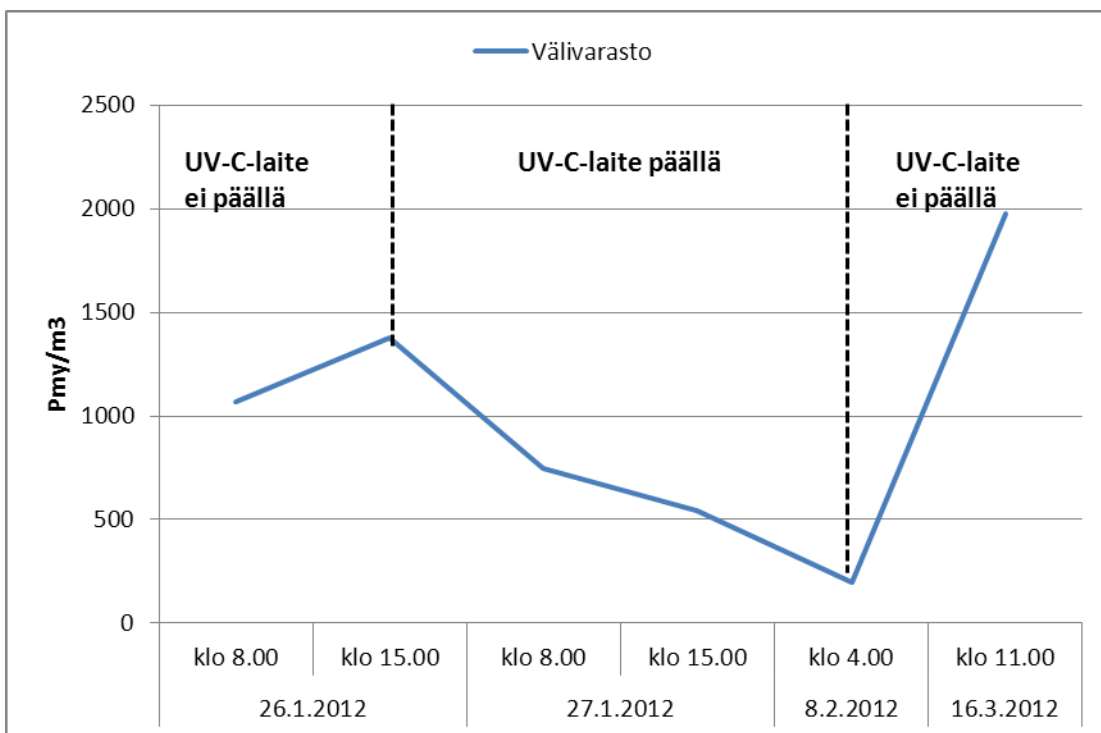
5.4.2 Tulokset

Välivarastossa A ilmanäytteiden mikrobimäärät olivat ennen UVC-laitteen laittamista päälle mittausajankohdina (10.2.2010 ja 30.3.2010) 2500 pmy/m³ ja 11907 pmy/m³. UVC-laitteen päälle laittamisen jälkeen ilman mikrobimäärissä tapahtui vähenemistä lukemaan 907 pmy/m³ (23.4.2010), mutta 30.4.2010 tehdyllä mittauskerralla havaittiin ilman mikrobimäärän nousseen hieman, 2897 pmy/m³ tasolle. UVC-laitteen ollessa pois päältä noin viikon ajan ilma mikrobimäärät laskivat 1110 pmy/m³ tasolle. UVC-laitteen päälle laitton jälkeen ilman mikrobimäärät laskivat edelleen, ja viimeisellä mittauskerralla (2.2.2012) ilman mikrobimäärät olivat alhaiset, 200 pmy/m³ tasolla (kuva 26).



Kuva 26. Ilmanäytteiden mittaukset välivarastossa A eri ajankohtina.

Ilmanäytteiden mikrobimäärät olivat välivarastossa B varsin vaihtelevat eri mittausajankohtina. UVC -laite laitettiin pois päältä ja neljän vuorokauden kuluttua otettiin ensimmäinen näyte (26.1.2012), ilman mikrobimääräksi mitattiin välivarastossa 1070 pmy/m³ aamulla ja 1380 pmy/m³ iltapäivällä. Tämän jälkeen UVC -laite laitettiin päälle. 27.2.2012 mitattiin välivarastossa mikrobimääräksi 750 pmy/m³ ja iltapäivällä tapahtui edelleen laskua lukemaan 546 pmy/m³. Seuraava ilmanäytteiden mittaus välivarastossa tehtiin UVC -laitteen ollessa päällä (8.2.2012) ja tällöin mikrobimääräksi saatiin 200 pmy/m³. UVC -laite otettiin pois päältä viikkoa ennen seuraavia ilmamittauksia, jotka tehtiin 16.3.2012. Tällöin ilmanäytteiden mikrobimäärät olivat kasvaneet lukemaan 1977 pmy/m³, kuva 27.



Kuva 27. Ilmanäytteiden mittaukset välivarastossa B eri ajankohtina

5.4.3 Johtopäätökset

Tämän pienen koeaineiston pohjalta UVC-ilmandesinfioinnilla havaittiin olevan vaikutusta ilman mikrobimäärien vähenemiseen tutkituissa tiloissa. Sisäilman biologisille pölyille ei ole terveysperusteisia ohjearvoja tai enimmäispitoisuuksia. Suurin bakteerien normaalina pidettävä pitoisuus on 4500 pmy/m³ kaikkina vuodenaikoina. Homeille ja hiivoille tasoja alle 150 pmy/m³ voidaan pitää tavanomaisina, 150-500 pmy/m³ kohonneina ja yli 500 pmy/m³ pitoisuuksia korkeina (Husman ym. 2002).

6 Jätevedet

6.1 Tausta

Kasvisten pesussa ja prosessoinnissa käytetään paljon vettä. Jätevesiä muodostuu prosessin eri vaiheissa. Juuresten pesussa muodostuu runsaasti kiintoainetta sisältävää vettä. Juuresten kuorinnassa muodostuvassa vedessä orgaaninen aine on pääosin liukoisessa muodossa, ja lisäksi siinä on kasviksista irronnutta kuoriai-
nosta. Kun prosessivesiä kierrätetään, vesien hygieniaan on kiinnitettävä erityistä huomiota.

Erilaisissa kasvisten huuhteluvesissä liuennan orgaanisen aineen ja kuoriaineksen pitoisuudet ovat alhaisempia kuin pesuvesissä. Vaatimuksena on, että kasvisten viimeisen huuhteluveden tulisi pysyä laadultaan talousveden tasolla.

Ympäristönsuojeluasetuksen perusteella juuresten käsittely- ja jatkojalostuslaitos, jonka tuotantokapasiteetti on vähintään 2000 tonnia vuodessa, tarvitsee ympäristöluvan. Lupaviranomainen on kunnan ympäristönsuojeluviranomainen. Pienempien laitosten jätteitä ja jätevesiä valvotaan ympäristönsuojelulain nojalla. Kasvisten käsittely ei edellytä ilmoitusta, sillä se ei kuulu ympäristönsuojelulain mukaisen rekisteröinnin piiriin. Jätevedet tulee kuitenkin käsitellä vähintään valtioneuvoston asetuksen muutoksen (Muutos asetukseen talousjätevesien käsittelystä vesihuoltolaitosten viemäriverkostojen ulkopuolisilla alueilla 209/2011) vaatimusten mukaisesti. Kunnan ympäristönsuojelumääräyksiin on mahdollista ottaa käsite ”erityisen kuormittava kohde”, esim. viemäriverkoston ulkopuolella oleva elinkeinotoiminnan puhdistamo, jolla käsiteltävä jätevesi ominaisuuksiltaan ja koostumukseltaan vastaa asumisessa syntyvää jätevettä. Tuolloin jätevesien puhdistustason tulee olla asetuksessa 209/2011 mainitun puhdistustason vähimmäisvaatimusta korkeampi, pilaantumiselle herkille alueille asetettu puhdistustaso.

Myös Itämeren suojelukomissio (Helcom 1996) on antanut elintarviketeollisuudelle suosituksen päästörajoi-
sta, jotka elintarviketeollisuuden tulisi saavuttaa (taulukko 18).

Taulukko 18. Erilaisia vaatimuksia jätevesien käsittelylle juuresten käsittely- ja jatkojalostuslaitoksille.

	Ympäristölupa	Helcom	209/2011	Teoll.jätevesi- sopimus
BOD₇	Yritykset, joiden tuotanto on vähintään 2000 t vuodessa. Vaatimukset sallituista pitoisuuksista ja kuormituksesta	alle 30 mg/l	Yleinen 80 % Herkät alueet 90 %	Yleensä määrittää sallitut pitoisuudet ja kuormituksen sekä niiden kustannusvaikutuksen
COD	Vaatimukset sallituista pitoisuuksista ja kuormituksesta sekä puhdistusprosentteista	alle 250 mg/l		
P_{kok}		alle 2 mg/l (yli 500 m ³ /d)	Yleinen 70 % Herkät alueet 85 %	
N_{NH4}		alle 10 mg/l (T yli 12 °C)	Yleinen N _{kok} 30 % Herkät alueet N _{kok} 40 %	

Jos jätevedet johdetaan kunnalliseen puhdistamoon, laaditaan yleensä teollisuusjätevesisopimus, jossa määritellään puhdistamolle johdettavan jäteveden määrä, pH sekä orgaanisen aineen, kiintoaineen, kokonaistypen ja kokonaisfosforin pitoisuudet. Usein vaaditaan myös jäteveden esikäsittelyä ennen sen johtamista viemäriin ja edelleen kunnalliselle jätevedenpuhdistamolle. Jäteveden ominaisuuksien perusteella määritellään usein myös jätevesimaksun suuruus.

Jätevesille ei ole mikrobiologisia käsittelyvaatimuksia ja jätevesien mikrobiologisesta laadusta on vähän tietoa olemassa. Jätevedet voivat kuitenkin saastuttaa elintarvikkeita, kuten kasviksia tai marjoja esimerkiksi saastuneen kasteluveden kautta.

Jätevesinäytteitä otettiin kesällä 2009 ja keväällä 2011 neljästä laitoksesta: kolmelta pesulinjalta, kolmesta kuorimosta sekä yhdestä laitoksesta, jossa silputaan kasviksia ja tehdään salaattisekoituksia.

6.2 Jäteveden määrä

Veden käyttö erilaisissa kasvisten tuotantolaitoksissa on esitetty taulukossa 19.

Taulukko 19. Veden käyttö erilaisissa tuotantolaitoksissa.

	Vesimäärä m ³ /vrk	Vesimäärä m ³ /t valmista tuotetta
Juuresten pesulaitos	12 ¹	2
Prosessointilaitos	125	3,5
Prosessointilaitos	58	4,4
Salaattien valmistus	4,5 ²	2,8

¹ arvio, laitoksessa oma kaivo, ei vesimittaria

² yhden viikon mittaustulos

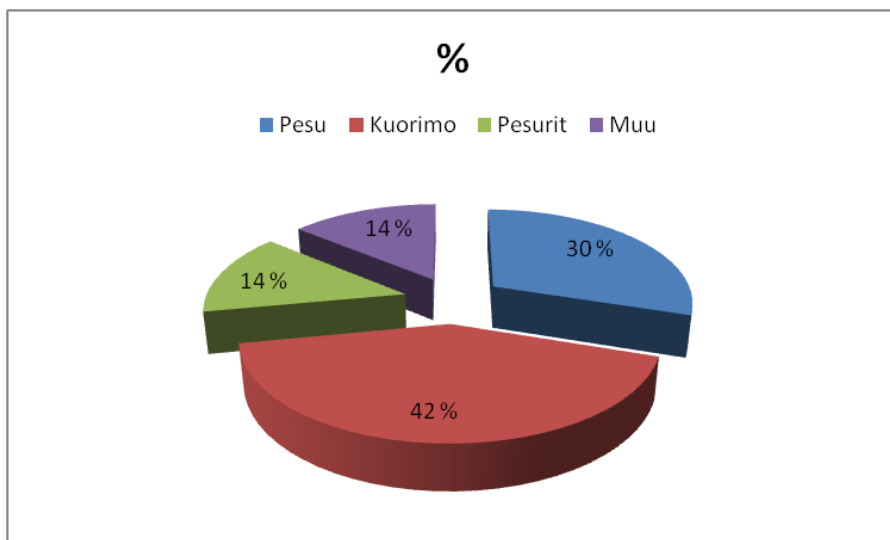
Juuresten pesulaitoksessa ja pakkaamossa pestään ja pakataan juureksia. Raaka-aine kaadetaan kuljettimelle, josta se menee pesurumpuun ja edelleen kiillotuskoneeseen ja lajittelu- ja pakkausvaiheeseen.

Laitoksissa käytetään usein oman kaivon vettä ja lisäksi kunnallista vettä. Omasta kaivosta peräisin olevan veden kulutusta ei yleensä seurata, koska vesimittareita ei ole. Veden kulutuksen seuranta olisi kuitenkin tärkeää.

Juureskuorimossa vettä käytetään pääasiassa juuresten pesuun ja erilaisiin huuhteluihin. Kuorimon vedenkulutusta seurattiin lähes kolmen vuoden ajan ja vesimäärä jakaantui siten, että pesuhallin osuus oli 30 %, kuorimon osuus 42 %, erikseen mitattujen pesureiden osuus 14 % ja kohdentamattoman, lähinnä kuitenkin tilojen ja laitteiden pesuun käytetyn muun kulutuksen osuus 13 % (kuva 28).

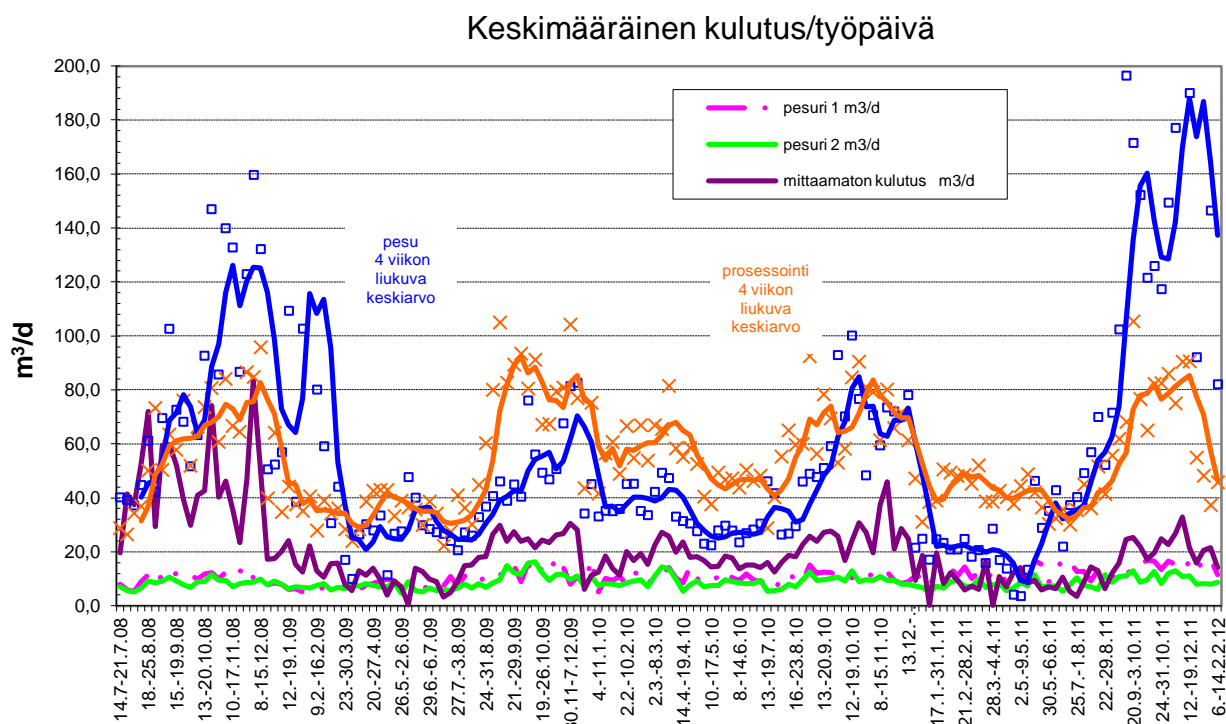
Kuorimon osuus veden kulutuksesta on suuri. Prosessit tulisi suunnitella siten, että kiintoainesta ei joudu veden sekaan. Hyvän hygieniatason säilyttäminen on ensisijaista, ja siitä on huolehdittava myös vedenkäyttöä suunniteltaessa. Vedenkäytön vähentäminen voi myös johtaa entistä väkevämpiin jätevesiin, jolloin vaikutus jätevesikuormitukseen jää suhteellisesti pienemmäksi.

Salaattien valmistuslaitoksessa tehdään erilaisia salaattisekoituksia pestyistä raaka-aineista. Raaka-aineet esikäsitellään, huuhdotaan, paloitellaan, viipaloidaan tai silputaan sekä mahdollisesti sekoitetaan yhteen erilaisia kasviksia. Tämän jälkeen tuotteet pakataan.



Kuva 28. Jäteveden muodostuminen prosessin eri vaiheissa juureskuorimolla.

Vedenkulutusta voidaan pienentää kuorimossa, jos huuhteluvedet välivarastoidaan ja niitä käytetään juuresten pesussa tai esihuuhtelussa. Huuhteluvesillä voitaisiin korvata merkittävä osa juuresten pesuun tarvittavasta vedestä ja siten pienentää kokonaisvedenkäyttöä merkittävästi. Kuvassa 29 on kuvaaja yrityksen vedenkulutuksesta.



Kuva 29. Esimerkki keskimääräisestä vedenkulutuksesta kasvien jatkojalostuslaitoksessa. Vedenkäytön eritellyllä seurannalla voidaan paikantaa keskeiset kulutuspaikat, joihin kohdistuvilla toimenpiteillä on mahdollista pienentää vedenkulutusta merkittävästi.

Huuhteluvesien hygieeninen laatu on talousvettä huonompi, mutta hygieniakartoituksen analyysien mukaan kuitenkin pesuveden verrattuna oleellisesti puhtaampaa. Huuhteluvesien käyttö pesussa ei aiheuttane merkittävää hygieenistä ongelmaa varsinkaan jos pesun loppuhuuhtelussa käytetään talousvettä. Jäähdytysallasveden alhainen lämpötila lienee ainakin osan vuotta myös eduksi raaka-aineen jäähdytyksessä jo pesuvaiheessa.

6.3 Jätevesien kemiallinen ja mikrobiologinen laatu

6.3.1 Näytteenotto

Jätevesien kemiallisen ja mikrobiologisen laadun määrittämiseksi jätevesistä kerättiin viikon ajalta päivittäisiä näytteitä, jotka analysoitiin joko sellaisinaan tai joista muodostettiin viikon kokoomanäytteitä. Mahdollisuuksien mukaan näytteenotto toteutettiin ”vipaohjatuilla” uppopumpuilla, jolloin vaihtelevistakin jätevesivirtaamista saatiin edustavat, virtaamapainotteiset näytteet. Osa näytteenotoista tehtiin manuaalisesti säännöllisin väliajoin koko prosessin päivittäiseltä käyntiajalta (kuvat 30 ja 31).



Kuva 30. Kuorimolta tulevat jätevedet erotetaan muista jätevesistä



Kuva 31. Näytteenottopumppu siirtää osan jätevesivirtaamasta jääkaapissa olevaan keruuastiaan.

6.3.2 Jäteveden laatu eri laitoksissa

Juuresten pesulaitos ja pakkaamo

Pakkaamosta kerättiin kokoomanäytteitä huhti-toukokuussa 2009 ja 2011. Taulukossa 20 on esitetty juuresten pesuvesien analyysitulokset kolmesta laitoksesta.

Taulukko 20. Juuresten pesuvesien laatu. Näytteet on otettu pesuvaiheen jälkeen kolmelta pesulinjalta, N = 6.

	Pesuvesi 1	Pesuvesi2	Pesulinja 3	Keskiarvo
Kiintoaine (mg/l)	18900	4600	6705	10 000
BOD (ATU) (mg/l)	1185	1700	425	1100
COD (mg/l)	5200	5900	4400	5170
Kok. fosfori (mg/l)	19	15	13,4	16
Kok.typpi (mg/l)	68	92	71,5	77

Pitoisuudet vaihtelivat suuresti mm. läpimenneen raaka-ainemäärän ja -laadun, prosessityypin ja maa-aineksen mukaan (taulukko 21).

Taulukko 21. Juuresten pesuvesien mikrobiologinen laatu (log pmy/100 ml). Näytteet on otettu huhti-toukokuussa 2009 ja 2011. Tulokset ovat kolmelta laitokselta, N = 6, joista on laskettu geometrinen keskiarvo.

<i>E.coli</i>	Kok.koliformit		Fekaaliset koliformit		Enterokokit		
vaihtelu	ka.	vaihtelu	ka.	vaihtelu	ka.	vaihtelu	ka.
2,7 -4,7	3,5	4,4 -6,8	5,9	2,3 -5,5	3,9	1,7 -3,7	2,6

Yersinia enterocolitica –bakteeria löydettiin PCR:llä kaikista juuresten pesulaitosten jätevesinäytteistä, *Y. pseudotuberculosis* ei löytynyt.

Juureskuorimo

Näytteet kerättiin kolmesta juureskuorimosta huhti-toukokuussa 2009 ja 2011. Näytteet olivat kokoomanäytteitä, joita kerättiin koko työpäivän ajan useampana päivänä viikossa (taulukot 22 ja 23).

Juureskuorimolta tulevien jätevesien keskeiset kuormitustekijät ovat orgaaninen aines ja kiintoaine. Jätevesikuormituksen pienentämisessä keskeinen tekijä on biologinen hapenkulutuksen eli orgaanisen aineksen vähentäminen.

Tehdyn selvityksen mukaan yli 90 % BOD₇- kuormasta syntyy kuorinnassa. Huuhtelu- ja pesuvedet laimentavat kuorinnasta tulevia vesiä.

Taulukko 22. Kolmesta kuorimosta, kuorintakoneelta, otettujen jätevesinäytteiden kiintoaine-, biologisen (BOD₇) ja kemiallisen (COD) hapenkulutuksen, kokonaisfosfori- ja kokonaistyyppi-pitoisuuksien keskiarvot. Näytteet ovat viikon kokoomanäytteitä.

Laitos	Kiintoaine	BOD ₇	COD	Kok.fosfori	Kok.typpi	Yksikkö	N
1	4270	24000	39000	58	360	mg/l	2
2	1605	12500	19000	49	180	mg/l	2
3	1245	6344	8950	30	120	mg/l	2
keskiarvo	2373	14281	22316	46	220	mg/l	6

Taulukko 23. Kolmesta kuorimosta kuorimakoneen jälkeen otettujen jätevesinäytteiden mikrobiologinen laatu.

<i>E. coli</i>	Kok.koliformit		Fekaaliset koliformit		Enterokokit		Yksikkö	N
vaihtelu	vaihtelu	ka.	vaihtelu	ka.	vaihtelu	ka.		
<2,7-4,3	3,7-6,4	5,4	3,0-5,7	4,3	2-3,6	2,8	log pmy/100 ml	6

Yersinia enterocolitica löydettiin kuorimakoneiden jätevesifraktioista yleisesti. *Y. pseudotuberculosis* ei löytynyt.

Kun kuorintamassa menee ruuvikuivaimen läpi, kasvijäte saadaan kuivemmaksi, helpommin käsiteltävään ja hyödynnettävään muotoon. Ruuvikuivaimelta tulevan jäteveden orgaanisen aineen pitoisuus on korkea. Kiintoaineen poistamisessa nestefraktiosta käytetään myös kaariseuloja.

Salaattien valmistus

Muodostuneet vedet ovat pääasiassa salaatin huuhteluvesiä sekä jonkin verran porkkanan kuorinnasta tulevia vesiä. Näytteet on kerätty valmistustilojen viemärin poistopäästä, jolloin ne ovat sisältäneet kaikki tiloista lähtevät jätevedet lukuun ottamatta saniteettivesiä (taulukot 24 ja 25).

Taulukko 24. Salaatin valmistuksessa muodostuvien jätevesien kemiallinen laatu.

	viikko	Kiintoaine ml/l	BOD ₇ mg/l	COD mg/l	Kok. N mg/l	Kok. P mg/l
Pakkaamo	26	66	460	610	12	3
	35	35	540	770	13	3
keskiarvo		51	500	690	13	3

Taulukko 25. Salaatin valmistuksessa muodostuvien jätevesien mikrobiologinen laatu

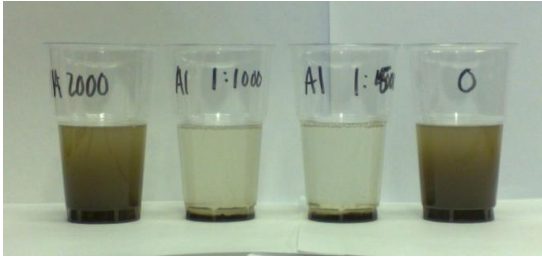
Näyte	viikko	<i>E. coli</i>	Kok.koliformit	Fekaaliset koliformit	Enterokokit
Pakkaamo	25	2,9	6,0	-	-
	34	3,5	7,0	6,8	3,2
keskiarvo		3,2	6,5	6,8	3,2

6.4 Kiintoaineen laskeutuskoe

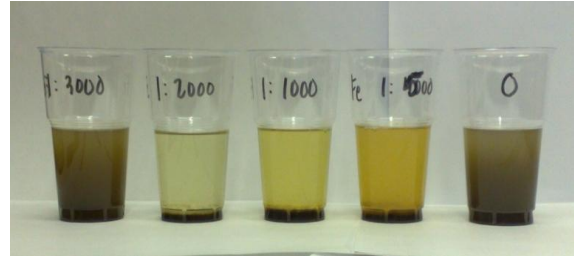
Kiintoainekuormasta 75 % muodostuu juuresten pesussa ja noin 25 % kuorimossa. Juuresten pesuvedet sisältävät runsaasti hyvin hitaasti laskeutuvaa hienoa hiesua ja savesta sekä kasviksista irronnutta kuorikerrosta. Laskeutumista voidaan nopeuttaa ja tehostaa saostuskemikaaleilla, Myös kiintoaineen poistoa voidaan tehostaa saostuskemikaaleilla, jotka muodostavat jätevesien pienimmistä hiukkasista kookkaampia, jolloin niiden laskeutumismuutokset paranevat. Pääosa laskeumasta muodostuu jo parissa minuutissa, mutta 1-2 tunnin viipymä parantaa kirkasteen laatua.

Tehostettu laskeutus pienentää myös pesuveden orgaanista kuormitusta, esimerkiksi COD 1600 mg/l oli laskeutuksen jälkeen 200 – 300 mg/l.

Saostusaltaista lähtevällä jätevedellä tehdyissä saostuskokeissa parhaiten toimivat ferrisulfaatti ja alumiini-pohjainen EKA WT91-saostuskemikaali, kumpikin 1:1000 - 1:2000 annostuksella. Saostuskemikaalit nopeuttivat erityisesti kiintoaineen laskeutumista, kuten seuraavista, 2 tunnin laskeutuskuvista voidaan havaita. Samalla poistui orgaanista ainesta 20 - 25 %. (Kuvat 32 a ja b).



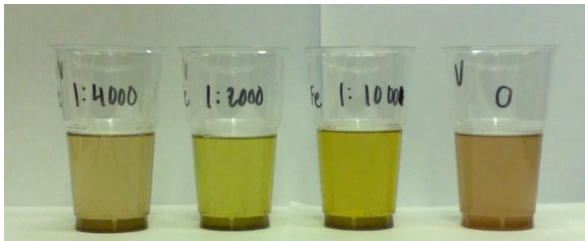
Kuva 32 a. Juuresten pesuvesien saostuskoe. Alumiinisulfaatti 1:2000-1:500, O=käsittelemätön.



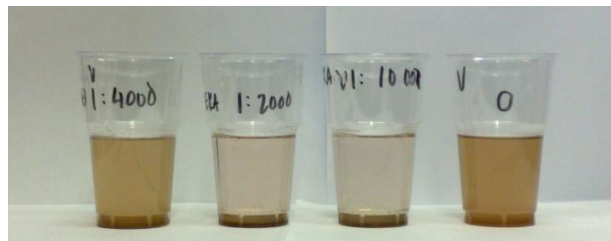
Kuva 32 b. Ferrisulfaatti 1:3000-1:500, O=käsittelemätön

Kuorimovesissä on vähän mineraaliainesta ja kiintoaines on pääosin juureksista irronnutta kuoriainesta. Myös kuorimovesien laskeutumista voidaan nopeuttaa ja tehostaa jonkin verran saostuskemikaaleilla.

Pääosa kuorimovesien orgaanisesta aineksesta on liukoisessa muodossa ja tehostetulla laskeutuksella on vain vähäinen vaikutus orgaaniseen kuormitukseen: esimerkiksi COD 2800 mg/l oli laskeutuksen jälkeen 2100 – 2300 mg/l. Paras tulos saatiin annostuksella 1:2000. (Kuvat 33 a ja b).



Kuva 33 a Kuorimovesien laskeutuskoe Ferrisulfaatti 1:4000-1:1000, O=käsittelemätön



Kuva 33 b EKA WT91 1:4000-1:1000, O=käsittelemätön

6.5 Jäteveden käsittely

Juuresten pesulaitos

Juuresten pesuvedet sisältävät runsaasti hyvin hitaasti laskeutuvaa hienoa hiesua ja savesta sekä kasviksista irronnutta kuorikerrosta.

Jätevedet esikäsitellään tavallisimmin laskeutusaltaissa, jolloin merkittävä osa kiintoaineesta poistuu. Kiintoaineen poistumista seurattiin kahdessa peräkkäisessä laskeutusaltaassa (taulukko 26).

Taulukko 26. Pesuvesien kiintoaineen poistuminen laskeutusaltaissa.

Määrittäminen		Laskeutus			
		Jätevesi	1. Altaan tulo	1. Altaan lähtö	2. Altaan lähtö
Kiintoaine (GF/A)	mg/l	10 000	7680	3550	3895
BOD₇ (ATU)	mg/l	1100	-	-	770
COD(Cr)	mg/l	5170	-	-	2700
Kokonaisfosfori (P)	mg/l	16	-	-	9,2
Kokonaistyyppi (N)	mg/l	77	-	-	28,5

Ensimmäiseen laskeutusaltaaseen jäi yli puolet tulevan jäteveden kiintoaineesta. Toiseen altaaseen tulevan jäteveden kiintoaines oli hiukkaskooltaan niin pientä, että laskeutumista ei tulosten mukaan tapahdu.

Tutkitulta kuorimolta lähtevän jäteveden laatuominaisuudet on esitetty taulukossa 27.

Taulukko 27. Kuorimolta lähtevän jäteveden laatu.

Määrittäminen		Kuorimo	Kuorimo
Kiintoaine (GF/A)	mg/l	1250	315
BOD₇(ATU)	mg/l	6533	5000
COD(Cr)	mg/l	6367	7050
Kokonaistyyppi	mg/l	68,3	33,5
Kokonaisfosfori	mg/l	35,3	13,5

Jätevesien orgaaninen aine on pääosin liukoisessa muodossa, joka on poistettavissa vain biologisella käsittelyprosessilla. Kyseeseen voi tulla esimerkiksi oma jätevedenpuhdistamo, jossa jätevedet käsitellään aerobisesti. Tällaisia vaihtoehtoja ovat aktiivilietelaitos, biosuodin tai panospuhdistamo. Toinen käsittelytapa on anaerobikäsittely, jolloin kyseeseen tulee esimerkiksi UASB-prosessi (upflow anaerobic sludge blanket).

Jos yritys sijaitsee kunnallisen jäteveden käsittelyn piirissä, jätevedet voidaan johtaa kunnalliselle puhdistamolle. Useimmiten jätevedet on kuitenkin esikäsiteltävä, mikä voi olla taloudellisestikin kannattavaa.

Jätevesien kerääminen ja käyttö kasteluvetenä

Jätevesialtaaseen kerättiin kesän ajan jätevettä juureskuorimosta. Kiintoaine oli tiivistynyt noin puolen metrin kerrokseksi altaan pohjalle. Pohjakerroksen biologinen hapenkulutus oli sitä vastoin vain noin kaksinkertainen altaan ylempien kerrosten hapenkulutukseen verrattuna. Huomattava osa happea kuluttavasta aineksestä oli siis laskeutumattomassa, veteen liuenneessa, muodossa. Kokonaisfosforin suhteellisen niukka konsentroituminen viittaa myös liukoiseen fosforiin (taulukko 28). Jäteveden mikrobiologinen laatu on esitetty taulukossa 29. Jäteveden pH oli välillä 4,5 – 6,0. Näytteistä ei todettu *Yersinia enterocolitica* eikä *Y. pseudotuberculosis*ta.

Taulukko 28. Jätevesialtaaseen kerätyn kuorimojäteveden laatu altaan eri syvyyksissä.

	Kiintoaine mg/l	BOD _{7,ATU} mg/l	COD mg/l	Kok.tyyppi (N) mg/l	Kok- fosfori (P) mg/l
Altaaseen tuleva jätevesi	1250	6500	9700	68	35
Jätevesiallas pinta 0-0,5 m	230	3400	5000	30	18
Jätevesiallas 1,5-2 m pohjasta	120	3100	5500	26	17
Jätevesiallas pohja 0-0,5 m pohjasta	2000	6800	11 000	180	43

Taulukko 29. Jäteveden mikrobiologinen laatu jätevesialtaassa.

	<i>E. coli</i> log pmy/100 ml	Kok.koliformit log pmy/100 ml	Fekaaliset koliformit log pmy/100 ml	Enterokokit pmy/100 ml
Altaaseen tuleva jätevesi	2,5	3,2	2,3	3,8
Jätevesiallas pinta 0-0,5 m	<1	<1	<1	<1
Jätevesiallas 1,5-2 m pohjasta	<1	<1	<1	<1
Jätevesiallas pohja 0-0,5 m pohjasta	<1	<1	<1	<1

Kiintoaine, orgaaninen aine sekä ravinteet painuivat altaan pohjalle. Altaasta ei löytynyt tutkittuja mikrobeja.

6.6 Johtopäätökset

Jätevesien kemiallinen ja fysikaalinen laatu vaihtelee paljon erityyppisten laitosten välillä. Juuresten pesulaitosten jätevedessä on paljon kiintoainetta, kun taas juureskuorimon jätevesissä on paljon orgaanista ainetta ja suhteellisen paljon myös ravinteita, typpeä ja fosforia. Salaattien valmistuslaitoksessa muodostuvien jätevesien kiintoaineen, orgaanisen aineen sekä ravinteiden pitoisuudet olivat alhaisimmat.

Tietoa jätevesien mikrobiologisesta laadusta on vähän. Tässä hankkeessa selvitettiin jätevesien mikrobeja ja tutkittiin *E.colien*, kokonaiskoliformien, fekaalisten koliformien sekä enterokokkien määriä. Mikrobipitoisuudet jätevesissä olivat samaa tasoa kaikilla laitoksilla, vaikka vaihtelu laitosten sisällä olikin melko suurta.

Jätevedet tulisi käsitellä siten, että niistä ei aiheudu haittaa ympäristölle tai ihmisten terveydelle. Ensisijaisesti jätevedet tulisi johtaa kunnalliseen jätevedenkäsittelylaitokseen, mutta jos tämä ei ole mahdollista jätevedet voidaan käsitellä tilalla omassa puhdistamossa tai jos jätevedessä on vain vähän orgaanista ainesta, pelkkä kemiallinen saostus ja laskeutus voi olla riittävä käsittely.

Jätevedelle ei ole asetettu mikrobiologisia laatuvaatimuksia. Jätevedet eivät saa liata talousvesiä, mutta ei myöskään kasteluvetenä käytettävää vettä, pintavesiä tai pohjavesiä. Kasvisten kasteluveden tulisi olla laadultaan moitteetonta, sillä monia kasviksia syödään sellaisenaan, ilman kuumennusta.

Hankkeessa selvitettiin kasvisten prosessoinnista tulevien jätevesien laskeutusta ja veden laatua laskeutusaltaassa. Tavoitteena oli jäteveden hyödyntäminen kasteluvetenä. Jätevesialtaasta ei löytynyt tutkittuja mikrobeja ja kiintoaine, orgaaninen aine ja ravinteet painuvat pääosin altaan pohjalle.

Veden käyttöä olisi hyvä seurata ja olisi tärkeää, että tuotantotilaan olisi asennettu vesimittarit.

7 Tuotantohygienian haasteet

7.1 *Yersinia pseudotuberculosis* ja *Y. enterocolitica*

Yersinia-bakteerisuku kuuluu enterobakteerien (*Enterobacteriaceae*) heimoon. *Yersinia*-suvun lajeja tunnetaan kaksitoista, joista ihmiselle tautia aiheuttavat osa *Y. enterocolitica* -kannoista, kaikki *Y. pseudotuberculosis* -kannat sekä hyönteisten välittämä, ruttoa aiheuttava *Y. pestis*. *Y. enterocolitica* ja *Y. pseudotuberculosis* voivat levitä elintarvikkeiden välityksellä (Evira, 2009).

Y. pseudotuberculosis jaetaan 21 serotyyppiin. Serotyyppien yleisyys vaihtelee eri maissa. Yleisimmät serotyypit, O:1 ja O:3, ovat olleet epidemioiden aiheuttajina Suomessa (Hallanvuo ja Johansson, 2010).

Y. enterocolitica on useita alalajeja, jotka ryhmitellään bio- ja serotyyppien perusteella. Eri bioserotyypeillä on erilainen maantieteellinen esiintyvyys ja lähteet (Fukushima ym. 2001). Suomessa tärkein bioserotyyppi on 4/O:3 (Korkeala ja Fredriksson-Ahomaa, 2007).

Y. enterocolitica voi kasvaa -2 - 44 °C:n ja *Y. pseudotuberculosis* +5 – 43 °C:n lämpötiloissa. Paras lämpötila molemmille on 28 - 30 °C. Sekä *Y. enterocolitica* että *Y. pseudotuberculosis* kestävät pakastamista sekä toistuvaa sulattamista ja pakastamista. *Yersinia* on huono kilpailija ja tarvitsee kylmärikastumisen, mutta on herkkä kuumennukselle (71,8 °C, 18 s), ionisoivalle ja UV-säteilylle sekä orgaanisille hapoille. *Yersinia* voi lisääntyä pH-alueella 4 – 10, optimi pH on 7,2 – 7,4 (Korkeala ja Fredriksson-Ahomaa, 2007). *Yersinia* kasvatavat sekä hapen läsnä ollessa että ilman happea ja ne pystyvät kasvamaan elintarvikkeissa sekä erilaisilla pinnoilla.

Y. enterocolitica ja *Y. pseudotuberculosis* voivat aiheuttaa yersinioosiksi kutsutun taudin, jonka oireita ovat muun muassa ripuli, vatsakivut ja kuume. Jälkitauteja ovat esimerkiksi nivel tulehdukset ja kyhmyruusu (Korkeala ym. 2007). Suomen tartuntatautirekisteriin raportoidaan vuosittain 600 – 900 yersinioositapausta, joista valtaosassa välittäjäelintarvikkeena on sianliha ja aiheuttajana *Yersinia enterocolitica*. Vuoden 1997 jälkeen Suomessa on ollut useita *Y. pseudotuberculosis* aiheuttamia epidemioita, joissa tartunnan lähteenä ovat olleet vihannekset, esimerkiksi raat porkkanat ja salaatti (Evira 2009, Rimhanen-Finne ym. 2009, THL 2009). Tautia aiheuttavasta pitoisuudesta on vähän tietoa, arvioiden mukaan pitoisuudet voivat olla 100 – 1000 pmy/g *Y. enterocolitica* ja 1 - 10 pmy/25 g *Y. pseudotuberculosis* (HITM 2012).

Mullassa on paljon mikrobeja ja juurekset sekä lähellä kasvualustaa kasvavat kasvikset kontaminoituvat maasta helpommin kuin kauempana maanpinnasta kasvavat. *Y. pseudotuberculosis* voi säilyä maaperässä pitkään (WHO 1996, Eisen ym. 2008), säilyminen riippuu mm. maan ominaisuuksista (Sidorenko ym. 2006). *Y. enterocolitica* säilyy myös vedessä pitkään (Langeland 1983, WHO 1996). Patogeeniset bakteerit, kuten *Yersinia*, voivat mennä vedessä esiintyvien alkueläinten, ameebojen, sisään suojaan (Bichai ym. 2008). Litvin ym. (1991) ovat osoittaneet, että *Yersinia* siirtyvät maaperästä kasveihin juurien kautta. *Yersinia* siirtyy kasvin solukossa, minkä mahdollistaa se, että *Yersinia* on kooltaan pienempi kuin solukon halkaisija.

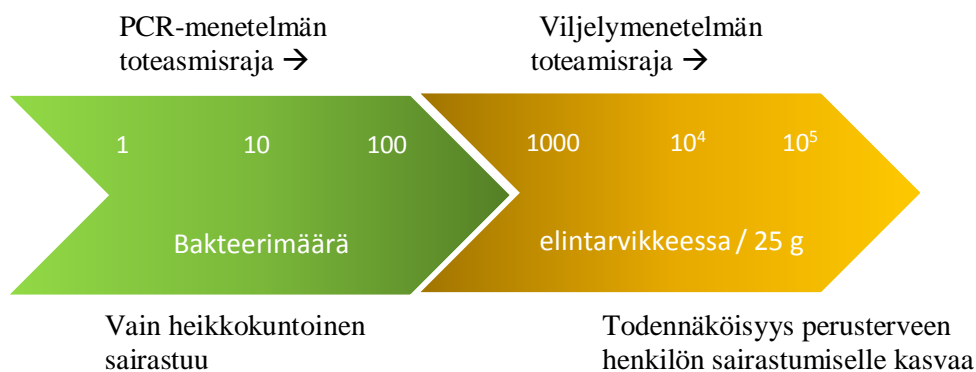
Mikrobien kulkureitit ovat usein epäselviä, mutta esim. *Yersinia* voi siirtyä multaan villien selkärankaisten ja selkärangattomien eläinten ulosteiden välityksellä. Mullan lisäksi pinta- ja pohjavedet sekä kasvit voivat kontaminoitua ulostebakteereilla (Tirziu ym. 2011). *Y. pseudotuberculosis* tärkeimpinä varastoina pidetään villieläimiä, lähinnä jyrsojia, jäniseläimiä ja niitä pyydystäviä petolintuja, lintuja, hirvieläimiä, sekä kotimaista sikaa ja kissaa (Hallanvuo ja Johansson 2010). EU:n (2002) raportin mukaan eloperäinen lannoitus ja saastunut kasteluvesi ovat merkittävimpiä riskitekijöitä kasvisten kontaminoitumisessa. Jalavan ym. (2006) tutkimuksessa selvitettiin porkkanaraasteeseen liittyneen *Y. pseudotuberculosis* -epidemian kontaminaatioketjua tilalla, mutta tarkkaa aiheuttajaa ei saatu selville. Jyrsojilla ja/tai muilla villeillä *Yersinia* mahdollisesti kantavilla eläimillä oli ollut talven aikana pääsy avoimissa laatikoissa varastoituihin porkkanoihin. Suoran kontaktin ja ristikontaminaation yhdistelmää villieläinten ulosteiden sekä pesu- ja kuorintalaitteiden

kanssa pidettiin todennäköisimpänä syynä. Kankaan ym. (2008) sairastapauksien selvittelyyn liittyvässä tutkimuksessa todettiin, että vaikka yhteys päästäisten ja porkkanoiden välillä on epävarma, on mahdollista, että porkkanoita korjattaessa mukaan on korjuukoneen kautta joutunut päästäisiä, jotka ovat kuolleina päätyneet porkkanoiden kanssa puiisiin varastolaatikoihin. Suomessa tehdyssä epidemiatutkimuksessa identtinen *Y.pseudotuberculosis* -kanta eristettiin ihmisistä, porkkanoista ja porkkanapelloilta pyydystetyistä päästäisistä (Hallanvuo ja Johansson, 2010). Jos porkkanat kontaminoituvat, pitkä varastointiaika kylmässä lämpötilassa suosii *Y. pseudotuberculosis* kasvu ja voi johtaa ihmisen infektoitumiseen.

Mikrobiologisia tutkimusmenetelmiä

Viljelymenetelmällä saadaan selville näytteessä olevat elävät mikrobit. Viljelyt tehdään maljoilla, joilla pyritään estämään muiden kuin tutkittavien mikrobilajien kasvu. Mikrobin kasvuun vaikuttaa merkittävästi kasvualusta. Menetelmä on suhteellisen hidas mikrobin kasvunopeudesta riippuen.

PCR -menetelmä (PCR = polymeerasiketjureaktio) on yksi tärkeimmistä molekyylibiologian menetelmistä, jolla esimerkiksi yksittäinen geeni tai mikä tahansa DNA-pätkä voidaan monistaa eksponentiaalisesti. Polymeeraasi on entsyymi, joka kopioi DNA:ta. PCR suoritetaan käyttäen erityistä PCR -laitetta. PCR:n avulla hyvin pienestä DNA-määrästä saadaan muutamassa tunnissa monistettua miljardikertainen määrä samaa DNA:ta. PCR -menetelmä on herkkä ja luotettava. PCR:n etuna viljelymenetelmään verrattuna on menetelmän nopeus. PCR -menetelmiä *Yersinioiden* osoittamiseksi ollaan aktiivisesti kehittämässä. PCR -menetelmällä saadaan esille patogeenisten eli tautia-aiheuttavien *Yersinioiden* esiintyminen näytteessä, kvantitatiivisella PCR -menetelmällä myös pitoisuus (kuva 34). PCR:llä todettu positiivinen tulos varmistetaan viljelymenetelmällä.



Kuva 34. Tautia-aiheuttavan *Yersinia enterocolitican* toteamisrajat PCR:llä ja viljelymenetelmällä (Pihlaja-saari 2012).

Pienillä pitoisuuksilla vain heikkokuntoinen sairastuu, suuremmilla pitoisuuksilla voi myös peruskuntoinen sairastua.

Vastauksia Evirasta: *Yersinia* kasviksissa (kokonaisuudessaan liitteenä)

Eviralta saatiin vastauksia *Yersinia*aa koskeviin kysymyksiin 23.3.2011. Eviran mukaan, kun kasviksissa todetaan *Yersinia* -bakteeria, tarvittavien toimenpiteiden arvioiminen tutkimustulosten perusteella ei aina ole yksiselitteistä ja tarvitaan tapauskohtaista harkintaa.

Näytteenotto *Yersinian* varalta

Evira suosittelee puhtausnäytteiden tutkimista *Yersinian* varalta sellaisissa elintarvikehuoneistoissa, joissa käsitellään pitkään varastoitua porkkanaa. Evira suosittelee tuotteiden tutkimista *Yersinian* varalta vain, jos puhtausnäytteissä toistuvasti löytyy *Yersinia*aa tai epäillyn ruokamyrkytys-epidemian yhteydessä.

Puhtausnäytteet

Eviran ohjeessa 10501/1, liitteessä 5, suositellaan puhtausnäytteitä otettavan elintarvikkeiden kanssa suoraan kosketukseen joutuville pinnoille (esim. laitteet, kuljettimet, työtasot), kun käytetään pitkään varastoitua porkkanaa. Ohjeen mukaan otetaan tuotannon määrästä riippuen 3-5 näytettä kerrallaan tammikuun alusta niin kauan kun edellisen vuoden porkkanaa on käytössä. Näytteistä tutkitaan *Y. pseudotuberculosis*. Jos bakteeria todetaan tuotantoympäristöstä tai laitteista otetuissa näytteissä, on sekä tuotantoympäristöön että laitteisiin kohdistuvaa näytteenottoa lisättävä saastumislähteen selvittämiseksi. Lisäksi puhdistusta tehostetaan. Edellä mainittuihin toimenpiteisiin ryhdytään myös, jos puhtausnäytteissä todetaan tautia-aiheuttavaa *Y. enterocolitica* -bakteeria (PCR-tulos positiivinen).

Tuotenäytteet

Y. enterocolitica -määrittystä ei suositella tehtäväksi tuotteista rutiininomaisesti PCR:llä, jos ei epäillä sairastumisia. Noin 20 – 40 % hyväkuntoisista porkkanoista antaa PCR:llä positiivisen tuloksen, eikä suoraa yhteyttä sairastumisiin ole voitu osoittaa.

Jos valmiista tuotteesta löytyy tautia-aiheuttavaa *Y. pseudotuberculosis* tai tautia aiheuttavaa *Y. enterocolitica* -bakteeria, Evira suosittelee seuraavaa menettelyä:

- Tuotenäytteen PCR-tulos on positiivinen *Y. pseudotuberculosis* -bakteerin suhteen → Käsittelyerä poistetaan kulutuksesta ja elintarvikehuoneiston käsittelyvaiheet käydään järjestelmällisesti läpi. Varastossa oleva raaka-aine arvioidaan erikseen. Viljely tehdään, mutta sen valmistumista ei tarvitse odottaa.
- Tuotenäytteen PCR-tulos on positiivinen *Y. enterocolitica* -bakteerin suhteen eikä sairastumisia ole tiedossa → Ei tehdä takaisinveitoja. Keskitytään tuotantoympäristön puhtaus selvityksiin.
- Tuotenäytteen PCR-tulos on positiivinen *Y. enterocolitica* -bakteerin suhteen ja epäiltyjä sairastumisia on runsaasti → Poistetaan käsittelyerä kulutuksesta ja kasvien käsittelyvaiheet käydään järjestelmällisesti läpi saastumiselle alttiiden kohtien tunnistamiseksi ja saastumisen poistamiseksi.

Ennaltaehkäisy

Ensisijaisesti pitäisi panostaa ennaltaehkäisyyn:

- aika kuorimisesta kuluttamiseen tulisi olla mahdollisimman lyhyt
- pakkauksiin tulisi laittaa parasta ennen -päivän lisäksi kuorimis- tai raastamispäivä.

7.2 Kylmäketjun seuranta

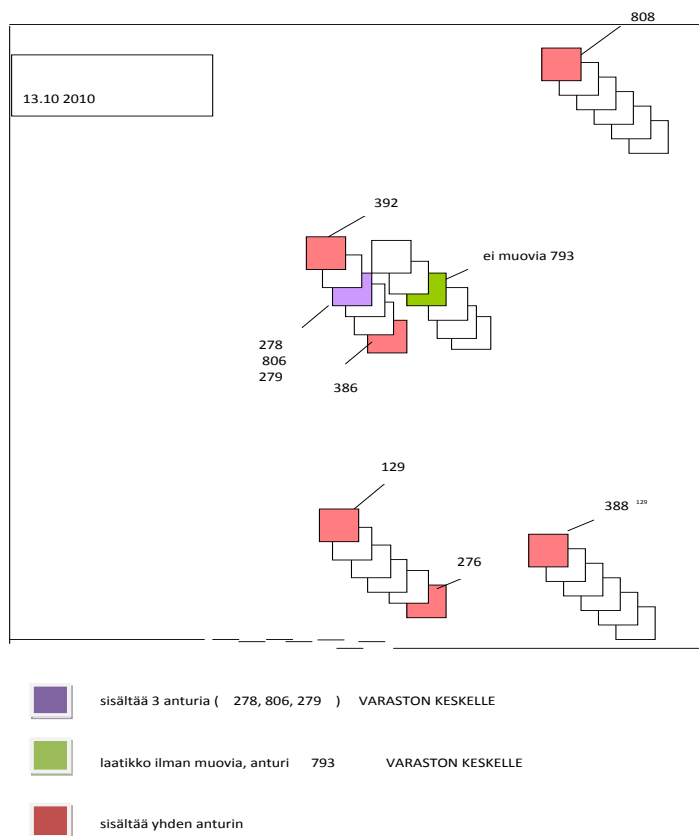
Porkkanan tuotantoketjun seuranta aloitettiin pelloilta 12.10.2010, jolloin anturit sijoitettiin varastolaatikoihin. Raaka-aineesta otettiin näytteet, joista määritettiin kokonaismikrobien, hiivojen ja homeiden määrät KVVY:n laboratoriossa. Toinen varastolaatikko oli muovilla vuorattu ja toinen ilman muovia. Laatikot purettiin ja laitettiin tuotantoon 8.11.2010. Näytteet otettiin raaka-aineesta ja lähetettiin laboratorioon. Kokonaiset porkkanat pestiin ja pakattiin. Osa porkkanoista meni välivarastoon ja tämän jälkeen kuorimoon. Valmiit tuotteen kuljetettiin tukkuun ja sieltä edelleen kaappoihin. Lämpötila-anturit olivat koko ajan tuotteiden mukana. Tuotteet haettiin kaupoista 15.11.2010 ja näytteet toimitettiin laboratorioon. Taulukossa 28 on esitetty porkkanan kokonaismikrobimäärät sekä hiivojen ja homeiden määrät lyhytaikaisen varastoinnin aikana sekä kaupassa. Anturien sijoittelu varastossa on kuvassa 35. Lämpötilakuvaajat on esitetty kuvissa 36 - 39.

Taulukko 30. Porkkanan laadun seuranta lyhytaikaisen varastoinnin aikana (lajike Nanda).

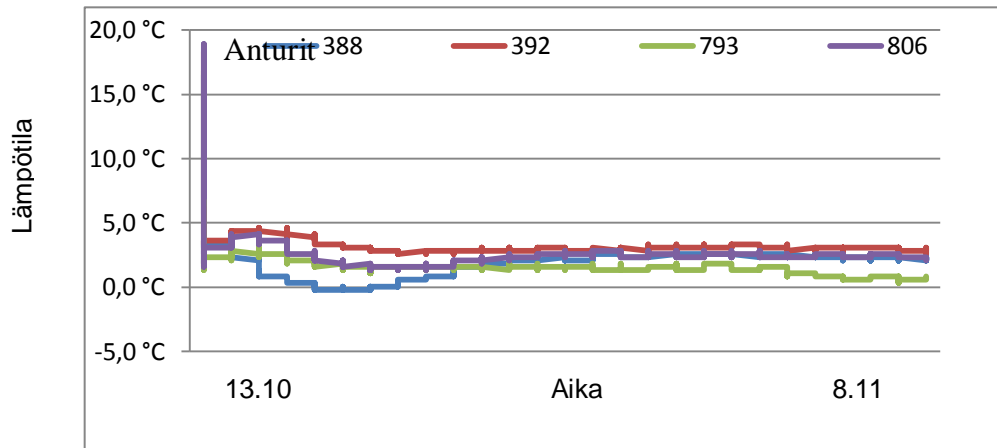
Vaihe	Kok.mikrobit (pmy/g)	Hiivat (pmy/g)	Homeet (pmy/g)
Nosto 12.10.	$4,0 \cdot 10^4$	100	<100
Purku 8.11. muovi	$2,3 \cdot 10^5$	400	100
Purku 8.11. ilman muovia	$1,8 \cdot 10^5$	100	100
Kauppa 15.11.			
Kuorittu porkkana	$1,3 \cdot 10^6$	7000	<100
Kuorittu porkkana	$2,9 \cdot 10^5$	8000	<100
Kuorittu porkkana	$1,0 \cdot 10^5$	$2,8 \cdot 10^4$	<100
Kokonainen porkkana	$1,8 \cdot 10^6$	--	--
Kokonainen porkkana	$6,0 \cdot 10^4$	--	--
Kokonainen porkkana	$7,0 \cdot 10^5$	2000	<100

-- ei mitattu

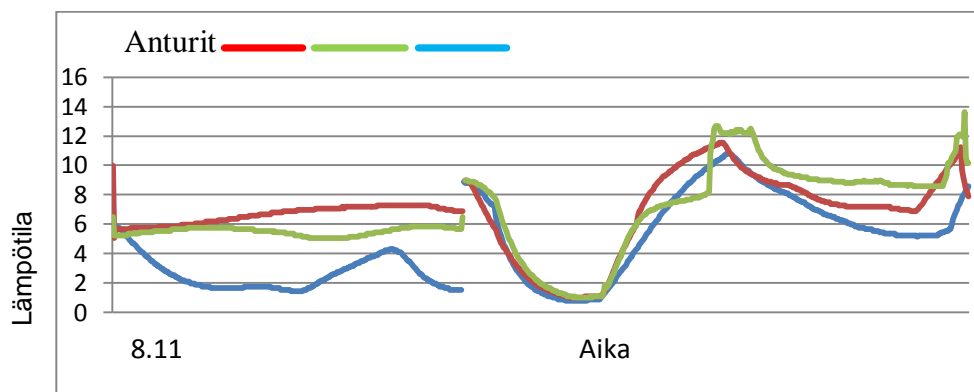
Antureiden sijoittelu varastossa on esitetty kuvassa 35.



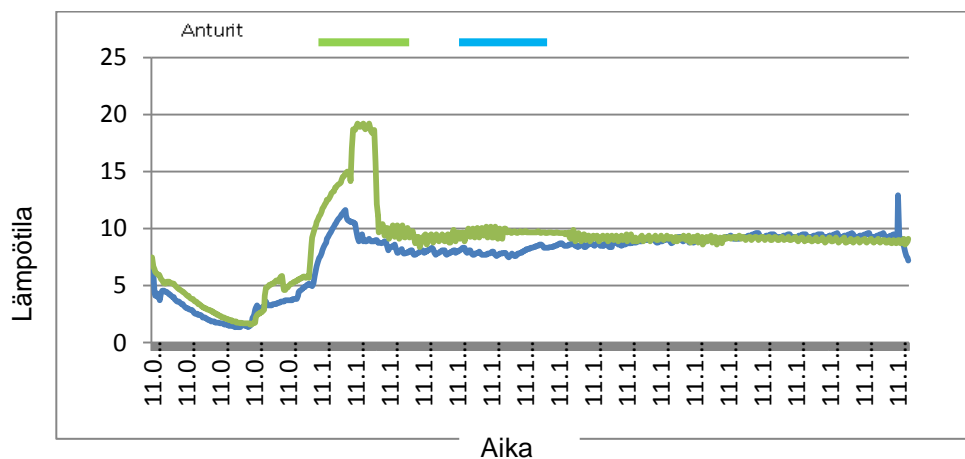
Kuva 35. Lämpotila-anturien sijainti lyhytaikaisen varastoinnin aikana 13.10.- 8.11.



Kuva 36. Lämpötilat välivarastossa ennen prosessointia 8. – 11.11. 12.11.2010. Kuorittujen porkkanoiden kuljetus tukkuun ja kauppaan 13.11. (anturi 291) ja 15.11. (anturit 296 ja 290).



Kuva 37. Lämpötilat kuorittujen porkkanoiden tuotanto- ja kuljetusketjusta 8.-15.11.2010. Kolminumeroiset luvut ovat antureiden numeroita.

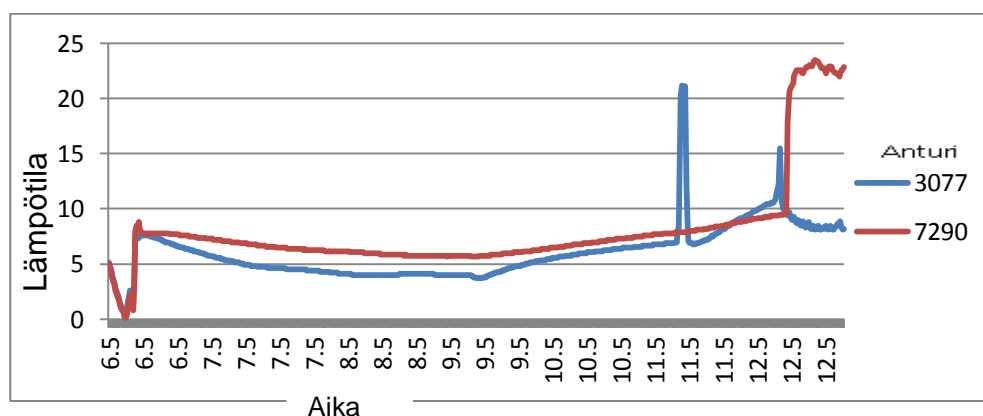


Kuva 38. Lämpötilat ennen kuljetusta 8.11. sekä kokonaisten porkkanoiden kuljetuksesta tukkuun 9.11 ja kauppoihin 10.11.2010.

Seuranta toistettiin pitkäaikaisen varastoinnin aikana. Lämpötila pysyi pitkäaikaisvarastoinnin aikana lähellä nolaa astetta. Mikrobiologisten määritysten tulokset ovat taulukossa 31. Porkkana nostettiin 6.10.2010 ja purettiin korjuulaatikoista 6.5.2011. Tuotteet haettiin kauposta 16.5.2011.

Taulukko 31. Porkkanan laadun seuranta pitkäaikaisen varastoinnin aikana (lajike Panther).

Vaihe	Kok.mikrobit (pmy/g)	Hiivat (pmy/g)	Homeet (pmy/g)
Nosto 6.10.2010	$<1,0 \cdot 10^4$	<100	<100
Purku 6.5.2011 muovi	$1,9 \cdot 10^5$	500	<100
Purku 6.5.2011 ilman muovia	$8,0 \cdot 10^4$	<100	<100
Kauppa 16.5.2011			
Kuorittu porkkana	$4,4 \cdot 10^6$	1700	<100
Kuorittu porkkana	$1,2 \cdot 10^6$	1700	<100
Kuorittu porkkana	$3,2 \cdot 10^6$	6600	<100
Kokonainen porkkana	$2,8 \cdot 10^6$	1100	<100
Kokonainen porkkana	$3,2 \cdot 10^6$	1600	<100
Kokonainen porkkana	$7,0 \cdot 10^6$	6400	<100



Kuva 39. Lämpötilat kokonaisten porkkanoiden kuljetuksesta kauppaan 6.5 – 12.5.

Varastoinnin aikana lämpötilat pysyivät tasaisen alhaisina. Kuljetuksen aikana lämpötila pääsi nousemaan lyhytaikaisesti, mutta pääosin lämpötila pysyi alle 10 asteen.

7.3 Säilyvyysajat

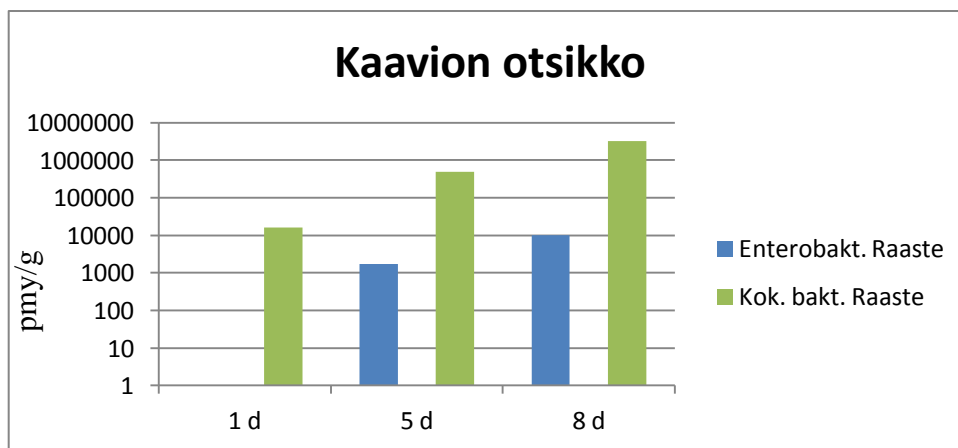
Veitsikuoritun porkkanan säilyvyyskoe

Veitsikuoritusta porkkanasta otettiin näytteet tuoreesta juureksesta, viimeisenä myyntipäivänä, 5 vuorokauden jälkeen, sekä 8 vuorokauden jälkeen. Näytteistä määritettiin kokonaispesäkemäärä sekä enterobakteerien, hiivojen ja homeiden määrät. Tulokset ovat taulukossa 30.

Taulukko 32. Veitsikuoritusta porkkanasta valmistetun raasteen säilyvyyden seuranta 5 – 6 °C säilytyslämpötilassa.

Pvm	Näyte	Enterobakteerit (pmy/g)	Kokonaispesäkemäärä (pmy/g)	Hiivat (pmy/g)	Homeet (pmy/g)
17.2.	Tuore	<10	1,6*10 ⁴	100	<100
21.2.	Viimeinen myyntipäivä	1,7*10 ³	4,9*10 ⁵	<100	<100
24.2.	8 vrk	10 ⁴	3,2*10 ⁶	<100	<100

Mikrobien määrä kasvaa tasaisesti säilytysajan kasvaessa. Kuva 41.



Kuva 40. Enterobakteerien ja kokonaispesäkkeiden määrä veitsikuoritussa porkkanassa yhden, viiden ja kahdeksan vuorokauden jälkeen.

7.4 Huuhteluvesien kierrätys ja hygienisointi

Suomessa kasvisten viimeisen huuhteluveden pitää olla laadultaan puhdasta talousvettä. Tämä vaikeuttaa veden säästöä ja kierrättämistä yrityksissä.

Euroopan neuvoston asetuksen EC 852/2004 elintarvikehygieniasta mukaan puhdas juomavesi on ainoa hyväksytty dekontaminaatioaine. Lisäainelainsäädännön perusteella veden käsittelyä kasvisten prosessoinnissa on rajoitettu (EY N:o 1333/2008, Komission asetu (EU) N:o 1129/2011 sekä MMM asetus 1020/2011).

Valmistuksen apuaineella tarkoitetaan ainetta, joka ei ole elintarvikkeen varsinainen aineosa, mutta jota käytetään tiettyyn teknologiseen tarkoitukseen ja jota saattaa esiintyä lopullisessa elintarvikkeessa terveydelle haitattomana vähäisenä jäämänä. Apuaineita ei merkitä elintarvikkeiden pakkausmerkintöihin. (MMM:n asetus 1020/2011)

Elintarvikelisiäaineella tarkoitetaan ainetta, jota ei tavanomaisesti sellaisenaan käytetä elintarvikkeena ja jota ei tavanomaisesti käytetä elintarvikkeelle ominaisena ainesosana riippumatta siitä, onko elintarvikelisiäaineella ravitsemuksellista arvoa ja jonka lisääminen elintarvikkeeseen teknologista tarkoitusta varten elintarvikkeen valmistuksen, prosessoinnin, käsittelyn, pakkaamisen, kuljetuksen tai varastoinnin aikana johtaa tai sen voidaan perustellusti olettaa johtavan siihen, että elintarvikelisiäaine sellaisenaan tai muuttuneessa muodossa tulee joko suoraan tai epäsuorasti kyseisen elintarvikkeen ainesosaksi.

UV-käsittely ei ole lisäaineellista eikä apuaineellista käsittelyä. Kemiallinen vedenkäsittely voidaan tulkita apuaineelliseksi ja se on sallittua, jos kemikaalia sisältävä vesi pestään pois kasviksista puhtaalla talousvedellä. Lisäaineiden käyttö prosessoimattomiin kasviksiin on kielletty. Sallittujen lisäaineiden käytöstä kasviksiin on määritelty aineittain Komission asetuksessa (EU) N:o 1129/2011 liite II.

8 Yhteenveto

Tuorevihannesten hygienia -hankkeen tavoitteena oli tuoreena syötävien kasvien laadun ja turvallisuuden parantaminen. Raaka-aineen laatu vaihtelee paljon, riippuen mm. lajikkeesta, viljelymenetelmistä ja varastoinnista. Kasvisraaka-aineessa on luontaisesti erilaisia mikrobeja. Kun kasvista prosessoidaan eli pestään, kuoritaan, pilkotaan, silputaan tai raastetaan, solut rikkoutuvat ja tuote on paljon herkempi pilaantumiselle ja parempi kasvualusta mikrobeille kuin käsittelemätön kasvis. Kylmäketjusta huolehtiminen on erityisen tärkeää prosessoituille kasvituotteille, samoin prosessointiin ja prosessihygieneiaan on kiinnitettävä erityistä huomiota.

Hankkeessa tehdyllä viljelytutkimuksella pyrittiin parantamaan varastoitavan porkkanan säilyvyyttä. Hankkeessa kehitettiin testimenetelmää porkkanan pahimman varastotaudin, porkkananmustamädän, määrän arvioimiseksi maassa. Lisäksi testattiin kalsium- ja kaliumlannoituksen vaikutuksia porkkanan säilyvyyteen. Porkkanamustamätättestillä voitiin osoittaa peltomaissa esiintyvä mustamätä sekä sen esiintymisen vaihtelu peltolohkojen välillä. Porkkanan korkeampi kalsiumpitoisuus paransi sadon varastosäilyvyyttä, mutta näyttäisi siltä, että porkkanan kaliumpitoisuuden noustessa sen säilyvyys heikkenisi.

Jatkojalostusyriyten pintahygieniatasoa selvitettiin hygieniakartoituksilla. Tavoitteena oli hygieniatason parantaminen, kriittisten pisteiden tunnistaminen ja turvallisemman lopputuotteen aikaansaaminen. Kartoitusten yhteydessä selvitettiin myös raaka-aineen, tuotteen sekä prosessivesien hygieenistä laatua. Hankkeen tulosten perusteella erityisesti laitteiden ja kuljettimien puhdistusta tulee tehostaa ja omavalvontaa tehdä säännöllisesti. Kartoitukset osoittivat, että tuotantolaitosten kokonaisygieniataso oli kohentunut hankkeen aikana. Yrityksissä oli tehty erilaisia toimenpiteitä hygienian parantamiseksi, esimerkiksi kuluneita pintoja oli vaihdettu uusiin ja puhdistusta oli parannettu. Hankkeessa tutkittujen prosessoitujen kasvituotteiden laatu oli hyvä.

Suomessa on viime vuosina todettu kasvisvälitteisiä *Yersinia*-epidemioita. Hankkeessa tutkituista kasvituotteista ei löydetty tautia aiheuttavaa *Yersinia*-mikrobia. *Yersinia pseudotuberculosis* ei todettu, mutta *Y. enterocolitica* todettiin porkkanasta yleisesti.

Jos huuhteluvettä kierrätetään, olisi huolehdittava kierrätysveden puhtaudesta, etteivät epäpuhtaudet pääse leviämään veden välityksellä tuotteisiin. Kasvien viimeisen huuhteluveden pitää olla puhdasta talousvettä. Huuhteluveden hygienisoinnilla voidaan vähentää mikrobien määrää huuhteluvedessä. Käyttökohteen valinta ja menetelmän soveltuvuus on ensin selvitettävä. Jos on riski, että hygienisoinnista voi jäädä jäämiä lopputuotteeseen, tuotteet tulee huuhdella lopuksi puhtaalla talousvedellä.

Jätevesien kemiallinen ja fysikaalinen laatu vaihtelee paljon erityyppisissä laitoksissa. Tietoa jätevesien mikrobiologisesta laadusta on vähän. Tässä hankkeessa selvitettiin jätevesien mikrobeja ja tutkittiin *E.colien*, kokonaiskoliformien, fekaalisten koliformien sekä enterokokkien määriä. Mikrobipitoisuudet jätevesissä olivat samaa tasoa kaikilla laitoksilla, vaikka vaihtelu laitosten sisällä olikin melko suurta.

Hankkeessa julkaistiin puhtausopas tuorevihannesten tuotantolaitoksille.

9 Kirjallisuus

- Bintsis T., Litopoulou-Tzanetaki E. & Robinson R. 2000. Existing and potential applications of ultraviolet light in the food industry - a critical review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80: 637–645
- Bichai, F., Payment, P. & Barbeau, B. 2008. Protection of waterborne pathogens by higher organisms in drinking water: a review. *Canadian Journal of Microbiology*. 54, 7: 509–524.
- Casani, S. & Knøzel, S. 2002. Application of HACCP to water reuse in the food industry. *Food Control* 13, 315-327
- Chanway, CP. 1998. Bacterial endophytes: ecological and practical implications. *Sydovia* 50, 149 – 170.
- Eisen, R.J., Petersen, J.M., Higgins, C.L., Wong, D., Levy, C.E., Mead, P.S., Schriefer, M.E., Griffith, K.S., Gage, K.L. & Beard, C.B. 2008. Persistence of *Yersinia pestis* in Soil Under Natural Conditions. *Emerging Infectious Diseases* 14, 6: 941-943.
- Evira 2003. Puhdistusohjelma ja puhtauden tarkkailuohjelma hygienia-lain mukaisessa laitoksessa. OHJE Dnro 662/32/03
- Evira 2009. *Yersinia enterocolitica* ja *Yersinia pseudotuberculosis* suomalaisissa elintarvikkeissa - riskiprofiili. *Eviran tutkimuksia* 2/2009, Helsinki. 73 s.
- FDA 2001. Outbreaks Associated with Fresh Produce: Incidence, Growth, and Survival of Pathogens in Fresh and Fresh-Cut Produce
<http://www.fda.gov/Food/ScienceResearch/ResearchAreas/SafePracticesforFoodProcesses/ucm091270.htm>
- Fukushima, H., Matsuda, Y., Seki, R., Tsubokura, M., Takeda, N., Nikolaevich Shubin, F., Paik, I.K. & Zheng, X.B. 2001. Geographical Heterogeneity between Far Eastern and Western Countries in Prevalence of the Virulence Plasmid, the Superantigen *Yersinia pseudotuberculosis*-Derived Mitogen, and the High-Pathogenicity Island among *Yersinia pseudotuberculosis* Strains. *Journal of Clinical Microbiology*. 39, 10: 3541-3547.
- Hakala, L-L. 2001. Kasvisten prosessihygienia ja mikrobiologinen turvallisuus. Helsingin yliopisto. Pro gradu-tutkielma. 89 s.
- Hallanvuo, S. & Johansson, T. 2010. Elintarvikkeiden mikrobiologiset vaarat. *Eviran julkaisuja* 1/2010, Helsinki. s.103-115.
- Harris, J.L., Farber, J.N., Beuchat, L.R., Parish, M.E., Suslow, T.V., Garrett, E.H. & Busta, F.F. 2003. Outbreaks associated with fresh produce: incidence, growth, and survival of pathogens in fresh and fresh-cut produce. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* CRTSFS 2(1), 78 – 141.
- Helcom. 1996. Baltic Marine Environment Protection Commission, Helcom Recommendation 17/10, Basic principles for realization of BAT and BEP in food industry, Helsinki.
www.helcom.fi/Recommendations/en_GB/rec17_10/
- Husman, T. Roto, P. & Seuri, M. 2002. Sisäilma ja terveys-Tietoa rakentajille. Kansanterveyslaitos. Kuopion yliopiston painatuskeskus. 42 s.

Jalava, K., Hakkinen, M., Valkonen, M., Nakari, U.-M., Palo, T., Hallanvuoto, S., Ollgren, J., Siitonen, A. & Nuorti, J. P. 2006. An Outbreak of Gastrointestinal Illness and Erythema Nodosum from Grated Carrots Contaminated with *Yersinia pseudotuberculosis*. *Journal of Infectious Diseases* 194, 9: 1209-1216.

Kangas, S., Takkinen, J., Hakkinen, M., Nakari, U.M., Johansson, T., Henttonen, H., Virtaluoto, L., Siitonen, A., Ollgren, J. & Kuusi, M. 2008. *Yersinia pseudotuberculosis* O:1 traced to raw carrots, Finland. *Emerg Infect Dis.* 14, 12: 1959-1961.

Kim, J.G., Yousef, A.E., Dave, S. 1999. Application of ozone for enhancing the microbiological safety and quality of foods: A review more options. *Journal of Food Protection* 62 (9), 1071-1087.

Korkeala, H. & Fredriksson-Ahomaa, M. 2007. *Yersinia*-suku. Teoksessa Korkeala, H. (toim.): *Elintarvikehygieniä*. WSOY, p. 89-97.

Kuisma, R., Pienmunne, E., Lehto, M., Mäki, M., Kymäläinen, H-R 2012. Puhtausopas tuorevihannesten tuotantolaitoksille. Helsingin yliopisto, Maataloustieteiden laitoksen julkaisu 11/2012. <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/28072>

Langeland, G. 1983. *Yersinia enterocolitica* and *Yersinia enterocolitica*-like bacteria in drinking water and sewage sludge. *Acta Pathol Microbiol Immunol Scand B* 91, 3: 179-85.

Lehto, M., Kuisma, R., Määttä, J., Kymäläinen, H.-R. & Mäki, M. 2011. Hygienic level and surface contamination in fresh-cut vegetable production plants. *Food Control* 22, 469-475.

Litvin, V.Yu., Shustrova, N.M., Gordeiko, V.A., Pushkareva, V.I. & Misurenko, E.N. 1991. Experimental study of *Yersinia* in plants. *Zh Microbiol. Epidemiol. Immunobiol.* 9-07.

Orion Diagnostica, 2008. Hygicult® Instructions for use. Orion Diagnostica Oy, Finland.

Rahkio, M., Wirtanen, G., Salo, S., Syyrakki, S., K., Leivo, S., Niemi, V.-M. 2006. In: Välikylä, T. (Ed.) *A guide book to monitoring surface hygiene*. Vammalan kirjapaino Oy, Vammala. (in Finnish).

Rimhanen-Finne, R., Niskanen, T., Hallanvuoto, S., Makary, P., Haukka, K., Pajunen, S., Siitonen, A., Ristolainen, R., Pöyry, H., Ollgren, J. & Kuusi, M. 2009. *Yersinia pseudotuberculosis* causing a large outbreak associated with carrots in Finland, 2006. *Epidemiology and Infection* 137, 342-347.

Rothe, M. 2012. Water treatment. Luento Prominentin desinfiointiseminaarissa 13.3.2012.

Salustiano, V.C., Andrade, N.J., Brandao, S.C.C., Azeredo, R.M.C. & Loma, S.A.K. 2003. Microbiological air quality of processing areas in a dairy plant as evaluated by the sedimentation technique and a one-stage air sampler. *Brazilian Journal of Microbiology* 34, 255-259.

Selma, M.V., Allende, A., López-Gálvez, F., Conesa, M.A., Gil, M.I. 2008. Disinfection potential of ozone, ultraviolet-C and their combination in wash water for the fresh-cut vegetable industry. *Food Microbiology* 25, 809 – 814.

Sidorenko, M.L., Buzoleva L.S. & Kostenkov, N.M. 2006. The effect of soil properties on the preservation and reproduction of *Listeria* and *Yersinia*. *Eurasian Soil Science* 39, 2: 211-217.

Sturz, A.V., Novak, J. 2000. Endophytic communities of rhizobacteria and the strategies required to create yield enhancing associations with crops. *Applied Soil Ecology.* 15: 183-190.

Sveum, W.H., Moberg, L.J., Rude, R. & Frank, J.F. 1992. Microbiological monitoring of the food processing environment.

Vanderzant, C. & Splittstoesser, D.F. (toim.): Compendium of methods for the microbiological examination of foods. APHA. Luku 3, s. 51-75.

THL 2009. Yersinia.

http://www.ktl.fi/portal/suomi/tietoa_terveydesta/terveys_ja_sairaudet/infektiaudit/suolistoinfektiot/yersinia. (viitattu 25.4.2012)

Tirziu, E., Cumpanasoiu, C., Gros, R.V. & Seres, M. 2011. *Yersinia enterocolitica*. Monographic study. Animal Science and Biotechnologies 44, 2: 144-149.

Vanhala, P. (toim.). 2008. Porkkanan kuluttajalaadun parantaminen. Maa- ja elintarviketalous128: 105-121. Sähköinen julkaisu: <http://www.mtt.fi/met/pdf/met128.pdf>

Whangchai, K., Saengnil, K., Singkananee, C., Uthaibutra, J. 2010. Effect of electrolyzed oxidizing water and continuous ozone exposure on the control of *Penicillium digitatum* on tangerine cv. "Sai Nam Puag" during storage. Crop Protection 29 (4), 386 – 389.

WHO 1996. Guidelines for drinking water quality – Second edition – Volume 2 - Health criteria and other supporting information. Austria. 94 p. http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/2edvol2p1.pdf (viitattu 14.5.2012)

Porkkananmustamätätesti - työohje

Porkkananmustamätätestin tekemiseen tarvittavat:

- 1-3 kpl laakeita astioita /testattava peltoalue
- maanäytteet testattavilta peltoalueilta
- porkkanaa: käytettäessä uutta satoa porkkanat saavat olla esim. viileäkaapissa seisseitä tai muuten hieman vanhentuneita, käytettäessä pitkään kevättalveen varastoitua satoa valitaan mahdollisimman hyväkuntoisia porkkanoita.

Testin onnistumiseen vaikuttavia tekijöitä

- Testin tulosten luotettavuuden kannalta on tärkeää että vertailtavien peltojen maanäytteet testataan yhtä aikaa ja kaikissa testirasioissa on samanlaiset olosuhteet.
 - o Testirasioiden tulee olla keskenään samankokoisia
 - o Rasioissa tulee olla yhtä paljon multaa
 - o Mullan tulee olla yhtä kosteaa kaikissa rasioissa
 - o Multanäytteet tulee koota eri pulilta tutkittavaa aluetta kerätyistä osanäytteistä
 - o Porkkanakiekkojen tulee olla samasta porkkanaerästä. Leikatut porkkanakiekkot tulee sekoittaa siten että jokaiseen testirasiaan tulee porkkanakiekkoja eri porkkanoista.
- Testirasioita kannattaa tehdä 1-3 /testattava peltomaa, isommista peltolohkoista useampia testirasioita. Porkkanakiekkoja kannattaa laittaa n. 20 kpl/testirasia. Eri testirasiat antavat jonkin verran toisistaan poikkeavia tuloksia. Suuremmalla testirasioiden ja porkkanakiekkojen lukumäärällä saa luotettavampia arvioita peltomaiden tautipaineesta.

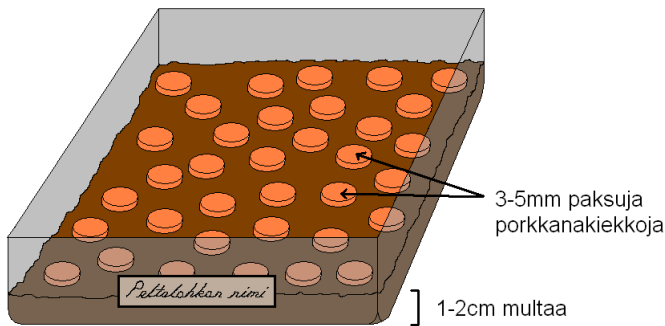
Maanäytteiden kerääminen

Maanäytteet kerätään samoin kuin viljavuusanalyysiä varten maan muokkauskerroksesta. Tutkittava näyte kootaan osanäytteistä jotka kerätään eripuolilta tutkittavaa peltoaluetta esim. maanäytekairalla. Maanäytteet voidaan säilyttää pakastamalla myöhemmin tehtävää testiä varten.

Kokeen perustaminen

1. Nimeä rasiat
2. Laita multaa rasian pohjalle. Mullan tulee olla kosteaa. Irtovetä ei saa olla. Kostuta multa tarvittaessa lisäämällä vettä.
3. Painele multa tasaiseksi 1-2cm paksuiseksi kerrokseksi rasian pohjalle.
4. Kuori ja huuhtelee porkkanat.
5. Leikkaa porkkanoista n. 3-5mm paksuja kiekkoja.
6. Sekoita eri porkkanoista leikatut porkkanakiekkot keskenään.
7. Asettele porkkanakiekkoja rasioihin mullan pinnalle. Kiekkoja ei tule painaa mullan sisään, riittää kun porkkanakiekkot ovat kosketuksissa multa. Porkkanakiekkot eivät saa olla kosketuksissa toisiinsa, jotta sieni ei kasva porkkanakiekosta toiseen. Porkkanakiekkoja saa olla eri määrät eri rasioissa.

8. Sulje rasiat. Porkkanakiekot eivät saa koskettaa rasian kanteen.



Sienen kasvattaminen mullasta porkkanakiekkoihin

9. Sijoita testirasiat varastoon +15 asteeseen kuuden viikon ajaksi. Pidä testirasiat varastoinnin aikana pimeässä (esim. mustalla muovilla peitettynä).
10. Mullan kosteustilanne kannattaa tarkistaa 2-3 viikkoa kokeen perustamisen jälkeen. Tarvittaessa voi lisätä vettä. Samalla voidaan poistaa rasioihin mahdollisesti kasvaneet rikkaruohot.

Tulosten tulkinta

11. Jaottele erikseen jokaisesta testirasiasta porkkanakiekot porkkananmustamädän vioittamiin ja muihin (sis. terveet ja muiden sieni- ja bakteeritautien vioittamat). Huomaa että porkkananmustamätä on alkuvaiheessa usein näkyvissä ainoastaan porkkanakiekon maata vasten olevalla pinnalla.
 - a. porkkananmustamätä tekee tummia, lähes mustia, mätälaikkuja porkkanoihin
 - b. muut sienet tekevät homemaista rihmastoja porkkanoihin ja mullan päälle
 - c. bakteeritaudit tekevät ruskeita, usein limaisia, mätälaikkuja porkkanoihin
 - d. porkkanoihin muodostuu toisinaan valkea kuuramainen pinta, joka ei ole tauti
12. Laske erikseen jokaisesta testirasiasta porkkananmustamädän vioittamien porkkanakiekkojen osuus porkkanakiekkojen kokonaismäärästä.
13. Vertaa eri peltolohkojen saamia tuloksia toisiinsa. Jaottele peltolohkot suuren tautipaineen peltolohkoihin ja pienen tautipaineen peltolohkoihin. Peltolohkoilla joista porkkananmustamätätesti ei osoita ollenkaan porkkananmustamätää on oletettavasti matala tautipaine, mutta todennäköisesti peltolohkolla on kuitenkin porkkananmustamätää.

Huomaa että porkkananmustamätätestin antama tulos ei kerro täsmällisesti porkkananmustamädän määrästä varastoidussa sadossa, koska porkkananmustamädän määrään vaikuttaa tautipaineen lisäksi monet muut kasvukauden ja varastointikauden aikaiset tekijät.

Kuuden viikon varastoinnin aikana osaan porkkanakiekoista kehittyy valkea kuuramainen pinta. Se ei ole tauti.



Porkkananmustamätä



Bakteeritaudit



MTT TEKEE TIETEESTÄ ELINVOIMAA

MTT RAPORTTI 86

www.mtt.fi/julkaisut

MTT Raportti -verkkójulkaisusarjassa julkaistaan maatalous- ja elintarviketutkimusta sekä maatalouden ympäristötutkimusta käsitteleviä tutkimusraportteja. Lukijoille tarjotaan tietoa MTT:n kaikilta tutkimusaloilta eli biologiasta, teknologiasta ja taloudesta.

MTT, 31600 Jokioinen.

