

# MTT RAPORTTI 18

## Uudet menetelmät elintarviketurvallisuuden parantamiseksi – esiselvitystyö

Jenni Ypyä, Iiro Hietanen, Tuula Palmén, Elina Virtanen



---

**Uudet menetelmät  
elintarviketurvallisuuden  
parantamiseksi –  
esiselvitystyö**

---

**Jenni Ypyä, Iiro Hietanen, Tuula Palmén, Elina Virtanen**

**ISBN:** 978-952-487-317-8

**ISSN:** 1798-6419

**www-osoite:** <http://www.mtt.fi/mttraportti/pdf/mttraportti18.pdf>

**Copyright:** MTT

**Kirjoittajat:** Iiro Hietanen, Jenni Ypyä, Tuula Palmén, Elina Virtanen

**Julkaisija ja kustantaja:** MTT Jokioinen

**Julkaisuvuosi:** 2011

**Kannen kuva:** MTT:n kuva-arkisto / Yrjö Tuunanen



---

# Uudet menetelmät elintarviketurvallisuuden parantamiseksi - esiselvitystyö

---

Ypyä Jenni<sup>(1)</sup>, Hietanen Iiro<sup>(1)</sup>, Palmén Tuula<sup>(2)</sup>, Virtanen Elina<sup>(1)</sup>

<sup>1)</sup>MTT, Biotekniikka- ja elintarviketutkimus, Rakentajantie 3, 90014 Oulun yliopisto, [etunimi.sukunimi@mtt.fi](mailto:etunimi.sukunimi@mtt.fi)

<sup>2)</sup>Business Oulu, Elektroniikkatie 5, 90590 Oulu, [etunimi.sukunimi@ouka.fi](mailto:etunimi.sukunimi@ouka.fi)

## Tiivistelmä

Elintarviketurvallisuus-esiselvitys koostui viranomais- ja teollisuuskatsauksista sekä teknologiaselvityksestä. Teollisuuskatsauksessa kartoitettiin 14 kotimaisen elintarviketuotantolaitoksen tarpeet määrittää vierasesineitä, vierasaineita tai laadullisia tekijöitä online-tekniikalla tulevaisuudessa. Tuotantolaitoksiin sisältyi liha-, kala-, meijeri-, mylly-, lastenruoka-, makeis-, kahvi-, kastike- sekä perunanjalostusteollisuutta. Teknologiaosuudessa selvitettiin hankkeen alussa valikoituneen XRF- eli röntgenfluoresenssi-menetelmän soveltuvuutta vierasainehavainnointiin teollisuudessa. Lisäksi tutkittiin ns. laitealustakonseptia (platform), jossa saman laitekokonaisuuden ympärille voitaisiin joustavasti koota erilaisia, kunkin elintarviketuottajan tarpeet huomioivia mittalaiteyksiköitä.

Kaikilla elintarviketuotantolaitoksilla oli halukkuutta ja tarvetta tehostaa omavalvontaa jollakin tasolla reaaliaikaiseen mittaukseen. Mittauksen kohteet olivat tuotantolaitoksissa hyvin samantyyppisiä, vaikka kullakin alalla oli omat erityispiirteensä. Tärkeimmiksi koetut tarpeet tehostaa omavalvontaa online-tekniikalla olivat vierasesineet, mikrobiologinen laatu sekä pakkausten tarkistaminen. Mikrobiologista laatua vaarantavista tekijöistä oleellisimpina pidettiin patogeenejä, etenkin kampakyobakteeria sekä *Salmonella*-, *E.coli* (EHEC)- ja *Listeria monocytogenes* -bakteereita. Kartoituksessa ilmeni myös, ettei elintarvikkeessa olevia vierasesineitä nähdä riittävän tarkasti nykytekniikalla, varsinkaan heterogeenisista matriiseista. Valmiista elintarvikepakkauksista sen sijaan haluttaisiin tarkistaa reaaliaikaisella valvonnalla etenkin saumausten pitävyyttä sekä pakkausten oikeellisuus.

Teknologisessa selvityksessä osoittautui, että alkuaineita havainnoivan XRF-tekniikan käyttö elintarviketeollisuuden vierasainevalvonnassa ei ole mielekästä puutteellisen herkkyyden vuoksi. Sen sijaan erilaisten vierasainevalvontalaitteiden yhdistäminen yhteen laitealustakonseptiin olisi järkevää. Tällöin perusajatuksena on elintarvikkeiden eri tarkastusmenetelmien yhdistäminen yhteiseen laitemekaniikkaan, tietojenkäsittelyjärjestelmään ja automaatiojärjestelmään. Selvitystyön tuloksena määritettiin viisi tärkeintä suunnitteluperiaatetta laitealusta-ajatuksen perustuvilla laitteilla.

Vierasasetunnistukseen on laiteanalytiikkaa kaupallisesti tarjolla monipuolisesti, ja oletettavasti tällä taholla tehdään jatkuvaa tuotekehitystyötä. Mikrobiologisessa laadunvarmistuksessa perinteisistä ja hitaista patogeenien määrittämismenetelmistä halutaan päästä teollisuutta paremmin palveleviin määrittämiin. Nopeampien, mutta riittävän herkkien määrittämismenetelmien kehittämiseen tulee keskittyä tulevaisuudessa entistä enemmän.

## Avainsanat:

Elintarviketurvallisuus, elintarvikelainsäädäntö, mikrobiologia, vierasaine, vierasesine, analytiikka

---

# New Methods for Improving Food Safety - Prestudy

---

Ypyä Jenni<sup>(1)</sup>, Hietanen Iiro<sup>(1)</sup>, Palmén Tuula<sup>(2)</sup>, Virtanen Elina<sup>(1)</sup>

<sup>1</sup>MTT Agrifood Research Finland, Biotechnology and Food Research, Rakentajantie 3, 90014 Oulun yliopisto, Oulu, Finland. [firstname.lastname@mtt.fi](mailto:firstname.lastname@mtt.fi)

<sup>2</sup>Business Oulu, Elektroniikkatie 5, 90590 Oulu, Finland. [firstname.lastname@ouka.fi](mailto:firstname.lastname@ouka.fi)

## Abstract

This food safety prestudy included a review of authority control regulations, food production industrial requirements and a technology evaluation. The industrial requirements were approached by conducting visits and interviews to 14 domestic foodstuff production sites covering various meat, fish, dairy, grain, baby food, confectionery, coffee, dressing and potato products. Producers' future needs in on-line detection of foreign objects, foreign substances or other quality factors were studied in detail.

At the preparatory phase of the project X-ray fluorescence (XRF) had been selected as a promising candidate method for detecting foreign substances in food products. Applicability of XRF was evaluated by comparing commercially available equipment. As a further task, a Machine Platform concept was investigated in order to assess whether it would be technologically feasible to construct an inspection machine frame that would allow flexible integration of various measurement modules into one machine entity. This would enable adaptation to the different needs encountered at the various foodstuff production lines within the industry.

It appeared that all foodstuff producers have willingness and need to streamline the self-monitoring towards on-line measurement, at least at some level. The measurement needs and targets were very similar at the various production sites although each foodstuff industry section had its unique and specific characteristics. Self-monitoring by on-line measurements was found to be most important for detection of foreign objects, microbiological quality and possible packaging problems of the foodstuff products. Pathogenic, bacterial contaminants, such as *Salmonella*, *Campylobacter*, *Escherichia coli* and *Listeria monocytogenes* were found to be most severe problems affecting microbiological quality of foodstuff products. The industrial study showed that the presently available inspection technology cannot detect foreign objects at the required accuracy, especially in case of heterogeneous products. Real time, on-line verification of airtight seams and general packing quality are most important aspects in case of inspection of completed, already packaged foodstuff products.

The technological part of the prestudy revealed that the use of XRF technology for detection of foreign substances in food products is not feasible due to insufficient sensitivity and too high detection limit. XRF may be used for detection of some of the harmful elements in foodstuff, but not at the level of accuracy needed. However, it was concluded that it would be highly feasible to integrate several foreign substance measurement functions or modules into one Machine Platform. This would enable use of shared mechanical structures, data acquisition system and automation system for various foodstuff inspection methods and sensors. As a result of this part of the study, five of the most important design principles were defined for an inspection machine utilizing the Platform approach.

A large variety of foodstuff inspection equipment is currently commercially available, and it is assumed that all manufacturers constantly develop such equipment further to overcome the shortages in inspection of more heterogeneous products. In the area of microbiological quality control, there is a clear will and trend towards faster and possibly on-line adaptable inspection methods which would serve better the needs of the foodstuff industry. Presently applied, traditional and slow methods are not anymore sufficient. It is obvious that considerable efforts should be put in developing faster and adequately sensitive methods for detection of pathogenic contaminants of the foodstuff products.

## Keywords:

*Food safety, food legislation, microbiology, foreign substance, foreign object, analytics*

---

# Sisällysluettelo

---

1 Johdanto .....	6
1.1 Elintarviketurvallisuus .....	6
1.2 Mittausteknologia elintarviketeollisuudessa .....	6
2 Esiselvityksen kuvaus ja taustatiedot .....	7
2.1 Viranomais- ja teollisuusselvitys .....	7
2.2 Teknologiaselvitys .....	7
3 Tulokset .....	8
3.1 Viranomaiskatsaus .....	8
3.1.1 Tullivalvonta .....	8
3.1.2 Nopean hälytyksen RASFF -järjestelmä .....	8
3.1.3 Yleistilanne .....	9
3.2 Teollisuusselvitys .....	10
3.3 Alustava vierasainemääritysmenetelmien selvitys .....	12
3.4 XRF- menetelmä vierasaineanalyysissä .....	12
3.4.1 Röntgenfluoresenssi yleisesti (XRF, X-ray Fluorescence) .....	12
3.4.2 Käytännön kenttäkelpoiset XRF -laitteet .....	13
3.4.3 Mihin tarkkuuteen kenttäkelpoiset XRF -laitteet pääsevät? .....	14
3.4.4 Johtopäätökset XRF -menetelmästä online-vierasaineanalysointiin .....	14
3.5 Laittealustan selvitystyö .....	15
3.5.1 Tietojenkäsittely .....	15
3.5.2 Elintarvikkeiden kuljetinjärjestelmä .....	16
3.5.3 Laitteen runkomekaniikka ja jalakaosa .....	16
3.5.4 Platform lähestymistavan potentiaaliset haittapuolet .....	16
4 Yhteenveto .....	17
5 Kirjallisuus .....	18
6 Liitteet .....	20

---

# 1 Johdanto

---

## 1.1 Elintarviketurvallisuus

Elintarviketurvallisuudesta on nousemassa hyvin tärkeä yhteisvastaullinen kysymys maailmalla (Lawley 2010). Kehitysmaissa ruoan ja veden epäpuhtaus johtavat miljoonien ihmisten kuolemiin vuosittain. Ruokaturvallisuus on myös kehittyneissä maissa suuri yhteiskunnallinen ongelma, sillä joka kolmas kärsii vuosittain elintarvikewälitteisistä taudeista teollistuneissa maissa (WHO 2007). On arvioitu, että Suomessa ruokamyrkytyksiin sairastuu noin 500 000 ihmistä vuosittain (Niemi ym., 2004, VNS 2010).

Elintarviketurvallisuutta uhkaavat riskitekijät voidaan jaotella fysikaalisiin, kemiallisiin ja mikrobiologisiin vaaroihin. Fysikaalisiin vaaroihin luokitellaan kaikki vierasesineet, jotka eivät kuulu elintarvikkeisiin. Keskeisiin kemiallisiin riskitekijöihin kuuluvat raskasmetallit ja muut ympäristöstä kulkeutuvat haitalliset aineet, homemyrkyt, kasvinsuojelujäämät tai ilmoittamattomat allergeenit. Tärkeimpiin mikrobiologisiin riskeihin luetaan elintarvikewälitteisiä tauteja aiheuttavat zoonootit, kuten salmonella, kampylobakteeri, E. coli ja listeria. Näiden lisäksi mm. *Vibrio cholerae* -bakteeri on maailmanlaajuisesti merkittävän taudin, koleran välittäjä (VNS 2010; WHO 2007).

Tämä esiselvitystyö rajattiin käsittämään suomalaista ruokaturvallisuutta. Rinnakkaiskäsittelyyn otettiin sekä viranomais- että teollisuuskanta, sekä molempien toimialojen suhtautuminen nykyisiin elintarviketurvallisuushaasteisiin. Teollisuusselvityksellä haluttiin saada esille tämän päivän ja tulevaisuuden painopisteet elintarviketuotannossa: mitä vierasaineita tai -esineitä teollisuudessa pitäisi pystyä mittaamaan online-mittauksella. Keskeinen tutkimuskysymys oli myös, kohtaavatko kyseisten toimijoiden määrittelemät elintarviketurvallisuushaasteet toisensa. Esiselvitys toteutettiin yhteistyössä Oulu Innovation Oy:n (nykyinen BusinessOulu), MTT:n Biotekniikka- ja elintarviketutkimuksen sekä teknologiayritysten Inspex Oy:n, SR-Instruments Oy:n sekä Technopolis Oyj:n kanssa. Pohjois-Pohjanmaalle perustettavan Elintarviketurvallisuusklusterin tavoitteena on edistää kuluttajien ruokaturvallisuutta. Klusterin toimintaideana on työskennellä tiiviisti yhteistyössä elintarviketeollisuuden kanssa. Näin osataan vastata tarpeisiin kaikkein tehokkaimmin.

## 1.2 Mittausteknologia elintarviketeollisuudessa

Koska elintarviketeollisuus tarvitsee toimivan omavalvonnan toteutumiseksi online-mittaamiseen soveltuvaa teknologiaa, selvitettiin ensin hankkeen valmisteluvaiheessa esille tulleen XRF- eli röntgenfluoresenssimenetelmän soveltuvuutta vierasaineiden mittaamiseen elintarvikkeista. XRF-menetelmää sovelletaan monilla teollisuudenaloilla, mm. metalli- ja kemianteollisuudessa määrättyjen alkuaineiden pitoisuuksien nopeaan mittaamiseen materiaalinäytteistä.

Hankkeen edetessä tuli esille, että elintarviketehdoksilla on hyvinkin erilaisia mittaustarpeita sisältäen mm. elintarvikkeiden seassa olevat vierasesineet, pakkauksen oikeellisuus, kemialliset aineet sekä mikrobiologinen laatu. Osa teollisuuden mittaustarpeista löytyy tai saattaisi löytyä jo hyvinkin saatavilla oleva teknologinen ratkaisu (mm. metallinpaljastin tai röntgenlaite vierasesineiden havainnointiin), toisaalta merkittävään osaan tarpeista ei ole olemassa olevaa, ainakaan online-tyyppiseen mittaamiseen soveltuvaa teknologiaa. Tällaisten uusien menetelmien kehittäminen tai soveltaminen online-mittaukseen vaatii laajimmillaan koko mittausprosessin kehittämisen: tuotteen kuljetuksen mittalaitteelle, näytteenoton, mittausmenetelmän, mittausdatan käsittelyn ja toimenpiteet tuotantolinjalla mittaustuloksen perusteella.

Tämän selvityksen puitteissa ei ollut mahdollista valita mitään yksittäistä mittausten menetelmää niin yksityiskohtaiseen tarkasteluun, että koko mittausprosessin suunnittelu olisi ollut mahdollista – haluttiin kuitenkin selvittää vierasaineiden mittaamiseen soveltuvien laitteiden yleisiä, toivottavia ominaisuuksia. Tämän pohjalta selvitettiin ns. laitealustakonseptia (platform), missä saman laitekokonaisuuden ympärille voitaisiin joustavasti koota erilaisia, kunkin elintarviketuottajan tarpeet huomioivia mittalaitteyksiköitä (module). Eri mittaukset voisivat näin hyödyntää yhteistä elintarviketuotteen kuljetusmekaniikkaa, mittaustiedon käsittelyä ja jaettua automaatiotekniikkaa mm. laitteen käyttäjäturvallisuuden takaamiseksi.



---

## 2 Esiselvityksen kuvaus ja taustatiedot

---

### 2.1 Viranomais- ja teollisuusselvitys

Elintarviketurvallisuutta vaarantavista riskitekijöistä elintarvikevälitteiset epidemiat ovat yhteiskunnallisesti suurin uhka. Puhjetessaan ne aiheuttavat suuria kansanterveydellisiä haittoja sekä taloudellisia tappioita yhteiskunnalle mm. hoito- ja saneeraustoimien sekä ennaltaehkäisytyön muodossa. (Heikinheimo ym. 2010). Tutkimuksen ja riskinarvioinnin perusteella viranomaiset saavat jatkuvasti uusia huomionarvoisia valvontakohteita. Elintarviketurvallisuutta on tarpeen tasapainottaa maailmanlaajuisesti, sillä suurten tuottajamaiden, kuten Kiinan, kohtaamat laajat haasteet elintarviketurvallisuudessa ovat globaaleja jatkuvasti kiihtyvän elintarvikekaupan johdosta (Lawley 2010).

Elintarviketeollisuuden näkökulmasta katsottuna vierasaineiden ja -esineiden mahdollisimman tarkka havainnointi on tarpeellista niin asetettujen vaatimusten kuin myös yritysten toiminnan kannattavuuden vuoksi. Elintarviketuottajalle takaisinvento aiheuttaa aina merkittäviä kustannuksia, jotka koostuvat mm. saastuneen tuotteen selvitystyön sekä myynti- ja imago tappioiden aiheuttamista kuluista.

Viranomaiskatsauksen tavoitteena oli selvittää tärkeimmät elintarviketurvallisuutta vaarantavat riskitekijät tällä hetkellä niin kotimaassa kuin maailmanlaajuisestikin. Tämän lisäksi elintarvikeosuuden pääpaino oli teollisuuskartoituksella, jossa selvitettiin tuotantolaitosten tarpeet tehostaa omavalvontaa reaaliaikaisilla mittauksilla. Kartoitus tehtiin yhteensä 14 kotimaisessa elintarvike-tuotantolaitoksessa, jotka edustavat liha-, kala-, meijeri-, mylly-, makeis-, lastenruoka-, kahvi-, kastike- sekä perunanjalostusteollisuutta. Keskustelu käytiin laadunhallinnasta tai tuotannosta vastaavan / vastaavien henkilön / henkilöiden kanssa. Perustietojen (toimiala, käytettävät raaka-aineet, tuotteet, tuotantolinjastot) lisäksi kartoitettiin raaka-aineille ominaiset sekä prosessissa ilmenneet riskitekijät tai haasteet kattaen fysikaaliset, kemialliset ja mikrobiologiset elintarviketurvallisuutta vaarantavat tekijät. Lisäksi haluttiin tietää, onko tuotantolaitoksella tarvetta online-valvontaan, mitä parametreja pidetään tärkeänä mitata, ja mitä teknologisia tarpeita reaaliaikaisessa mittauksessa nähdään (haastattelupohja liitteenä 1).

### 2.2 Teknologiaselvitys

Elintarviketeollisuudessa käytetään hyvin rajoitetusti online-mittausmenetelmiä. Tässä selvityshankkeessa haluttiin selvittää, mitä online-mittaukseen soveltuvaa teknologiaa voitaisiin hyödyntää elintarviketeollisuuden vierasainetunnistuksessa. Esille tulleista vaihtoehdoista päätettiin tutkia tarkemmin XRF (X-Ray Fluorescence) eli röntgenfluoresenssimenetelmää, pääasiassa johtuen sen laajasta käytöstä alkuainetunnistuksessa joillakin teollisuuden aloilla sekä hyvästä sovellettavuudesta online-mittalaitteisiin.

XRF -menetelmän teorian ja taustan lisäksi perehdyttiin eri laitevalmistajien olemassa oleviin laitteisiin, ja suoritettiin vertailua niiden suorituskyvyn osalta. XRF -laitteiden osalta selvitystyö rajattiin online-mittauksiin soveltuviin, käsikäyttöisiin laitteisiin. Teollisuusselvityksen edetessä selvitettiin, mitä mahdollisia alkuaineita elintarviketeollisuus haluaisi tuotteistaan havaita.

Tämän esiselvityshankkeen osana tutkittiin myös ns. laitealustakonseptia (machine platform), missä perusajatuksena on se, että saman, elintarviketuotteiden online-tarkastukseen suunnitellun laiterakenteen ympärille voitaisiin asentaa eri mittalaitteita hyödyntämään yhteistä laitemekaniikkaa, tietojenkäsittelyä ja automaatiotekniikkaa. Selvityksessä tutkittiin, mitä perusperiaatteita laitteen suunnittelussa tulisi käyttää, jotta kuvatuolainen, laitetekninen lähestymistapa olisi mahdollinen. Tavoitteeksi asetettiin, että itse runkolaitteen (machine platform) ympärille voitaisiin suoraviivaisin toimenpitein asentaa ainakin 1-5 erilaista mittayksikköä (module) siten, että kukin mittayksikkö ei tarvitsisi erillistä mekaanista tukirakennetta, tuotteen kuljetusmekaniikkaa, tietokone-, näyttö- ja massamuistiyksikköä, eikä automaatiojärjestelmää.

---

## 3 Tulokset

---

### 3.1 Viranomaiskatsaus

Elintarvikevalvonta kattaa koko tuotantoketjun alkutuotannosta kuluttajalle. Elintarviketuotantolaitoksille suunnatut ohjaukset ja tuotteisiin kohdistetut minimisäännökset ovat keinoja vähentää elintarviketurvallisuutta uhkaavia tekijöitä. Vastuu riskinhallinnasta on siirretty toimijalle, jonka tehtävänä on varmistaa, että kaikki vaiheet tuotannossa, jalostuksessa ja jakelussa täyttävät niille asetetut säädökset, jotka määräytyvät kansallisen ja kansainvälisen lainsäädännön mukaan. Viranomaisen velvoitteena on valvoa, että asetettuja säädöksiä noudatetaan. EU:n virallinen riskinhallinta perustuu ns. yleiseen elintarvikelakiin EY N:o 178/2002, joka kattaa riskinhallintatoimet koko ketjun pellolta pöytään (Heikinheimo ym., 2010; MMM 2010).

Niin kansalliset kuin kansainvälisetkin elintarvikeviranomaiset tekevät jatkuvaa tutkimus, riskinarviointi- ja valvontatyötä tähdäten yhdenmukaiseen, oikein kohdennettuun sekä tasapuoliseen riskinhallintaan. Tieteelliseen näyttöön perustuvan riskinarvioinnin tavoitteena ovat kansalliset voimavarat ja päämäärät huomioonottavat raja-arvot ja välitavoitteet. Eriarvoiset elintarviketurvallisuusvaatimukset voivat kuitenkin toimia myös kuuluina kansainvälisessä kaupassa, joten on hyvin tärkeää lisätä rajojen yli ulottuvaa yhteistyötä myös elintarviketurvallisuudessa. Maailmanlaajuinen Codex Alimentarius -järjestö on merkittävässä roolissa kansainvälisessä elintarvikekaupassa; se toimii linkkinä mantereiden välillä laatien ja yhteen sovittaen elintarvikestandardeja (CAC 2006). Suomi on toiminut Codex Alimentarius-järjestön jäsenenä jo 1960-luvulta lähtien (MMM 2010).

#### 3.1.1 Tullivalvonta

Tullilaboratorio tutkii vuosittain tuhansia elintarvikenäytteitä, jotka tulevat Suomeen joko EU-alueelta tai EU:n ulkopuolelta. Vuonna 2009 Tullilaboratorio otti näytteitä yhteensä 3459 tuontierästä. Näistä 37 % oli muissa jäsenmaissa tuotettuja ja 62 % muualla tuotettuja elintarvikkeita. Yhdessä prosentissa erän alkuperämaata ei voitu selvittää. Tutkittavana olivat marjat, hedelmät, vihannekset, viljat, pähkinät ja mausteet. Lisäksi näyte-erissä oli paljon prosessoituja elintarvikkeita, kuten keittoja, kastikkeita, vihannes- ja hedelmävalmisteita sekä makeisia. Tutkituista elintarvikenäytteistä 13,2 % todettiin määrätystenvastaisiksi, minkä lisäksi lieviä normien rikkomuksia tai muuta huomautettavaa oli 13,3 % näytteissä. Määrätystenvastaisissa näytemäärissä oli merkitystä alkuperämaan suhteen: EU:n ulkopuolella tuotetuista näytteistä määrätystenvastaisia oli 392, kun EU:n jäsenmaissa tuotetuista elintarvikkeista hylättiin vain 62 näytettä (Tulli 2009a).

Suhteessa tutkittuun näytemäärään vuonna 2009 eniten tuotteita hylättiin pakkausmerkintöjen (63 %) tai lainsäädäntöön verrattuna virheellisen elintarvikekoostumuksen takia (50 % tutkituista eristä). Tuoteryhmittäin ravintolisistä ja urheilijoiden erityisruokavalmisteista puolet jouduttiin hylkäämään määrätystenvastaisuuden takia. Syinä hylkäykseen olivat mm. geenimuuntelu sekä säteilytys, jota ei ollut ilmoitettu pakkausmerkinnöissä. Kastikkeista ja keitoista hylättiin 23 % pääosin virheellisesti ilmoitettujen suolapitoisuuksien takia. Tuoreissa ja pakastetuissa vihanneksissa ja hedelmissä määrätystenvastaisuudet (vihannekset ja sienet 14,2 %, hedelmät ja marjat 9,7 %) johtuivat yleensä torjunta-ainejäämistä tai mikrobiologisesti heikosta laadusta (Tulli 2009a).

Mikrobiologisissa tutkimuksissa ilmeni, että yleisin hylkäysten syy oli raja-arvot ylittävä koliformibakteerien määrä, toiseksi yleisin patogeeni on ollut Salmonella. Vuonna 2009 salmonellaa löydettiin viidestä erilaisesta thaimaalaisesta kasvierästä, ja jokaisella kerralla kyseessä oli eri salmonella-bakteeri. Viimeaikaisten RASFF- ilmoitusten perusteella on ilmennyt, että samasta elintarvikkeesta on löydetty jopa 7 erilaista patogeenistä bakteeria. Tämä kielii entistä huolestuttavammasta hygieniaongelmasta (Tulli 2009a; Tulli 2009b).

#### 3.1.2 Nopean hälytyksen RASFF -järjestelmä

EU:n alueella toimii nopean hälytyksen RASFF (Rapid Alert System for Food and Feed) -järjestelmä. Sen avulla voidaan tiedottaa jäsenvaltioille nopeasti elintarvikkeista tai rehuista ihmisten terveydelle

aiheutuvista välittömistä tai välillisistä vaaroista. (European Commission 2009) Esimerkiksi Suomesta tehtiin vuonna 2009 ilmoituksia ennätysmäärä 141 kpl, joiden yleisimmät syyt olivat pääosin torjunta-ainejäämät, lisäaineet ja mykotoksiinit (Evira 2010). RASFF- raportin perusteella allergeeni-ilmoitukset ovat nousseet huomattavasti viime vuosien aikana, jolloin ilmoitusten määrä kohosi reippaasti yli sadan / vuosi. Elintarvikkeissa havaitut kasvinuojelujäämät ylittivät RASFF -ilmoitusrajan 173 kertaa, joka oli samansuuruinen edellisenäkin vuonna. Eläinlääkintäjäämistä ylivoimaisesti tärkein ilmoitusten aiheuttaja oli nitrofuraanin metaboliitti etenkin äyriäisissä, joka aiheutti yli 90 ilmoitusta (European Commission 2009).

Homemyrkyt eli mykotoksiinit ovat homesienten tuottamia terveydelle haitallisia aineita. Mykotoksiineista aflatoksiinit ovat myrkyllisin aineryhmä voimakkaan karsinogeenisyyden takia. (Hallikainen ym. 2009). Aflatoksiineista on tehty vuonna 2009 yhteensä 638 RASFF- ilmoitusta, joista jopa 517 oli kohdistunut pähkinöihin. Tämä on huolestuttavan suuri määrä, vaikka määrä olikin pienentynyt melkein kolmanneksen vuodesta 2008. Sen sijaan geenimuuntelun takia saaneet ilmoitukset kasvoivat räjähdysmäisesti edellisvuodesta: ilmoituksia saatiin vuonna 2009 yhteensä 149 kertaa, kun vastaava määrä oli vuonna 2008 vain 34. Suurin osa ilmoituksista kohdistui pellavansiemenen FP967- tapauksiin. Tärkeimpiin ympäristömyrkyihin lukeutuvia dioksiinia ja dioksiinin kaltaisia PCB- yhdisteitä ilmoitettiin 13 eri tapausta. Raskasmetalleista sen sijaan elohopea ja kadmium keräsivät eniten ilmoituksia (n. 100 / 80 ilmoitusta). Seuraavaksi eniten ilmoituksia oli tullut lyijystä ja arseenista molemmista noin kahdenkymmenen ilmoituksen määrällä (European Commission 2009).

Patogeenisistä bakteereista selkeästi eniten saatiin RASFF -ilmoituksia salmonellasta, kuten edellisinäkin vuosina. Yksistään rehusta / rehun ainesosista sekä siipikarjan lihasta tuli molemmista 70 ilmoitusta, kun muu liha (siipikarjaa lukuun ottamatta) tuotti yhteensä noin 50 ilmoitusta vuonna 2009. Salmonellaa oli ilmoitettu olevan huomattavia määriä myös pähkinöissä, kasviksissa ja hedelmissä. Muista patogeeneistä *Listeria monocytogenes* -bakteeri tuotti eniten ilmoituksia samana vuonna. Vajaasta 80 ilmoituksesta yli puolet koostui kalatuotteiden aiheuttamista ylityksistä, kun seuraavaksi tärkeimmät tuoteryhmät olivat maito- ja lihatuotteet. *Escherchia coli* -patogeenistä ilmoitettiin noin 35 kertaa ja *Bacillus cereus* -bakteerista vajaat 20 kertaa. Muita huomattavia patogeenejä olivat kampylobakteeri ja *Enterobacter sakazakii* (European Commission 2009).

### 3.1.3 Yleistilanne

Elintarviketurvallisuusvirasto Evira tekee jatkuvaa riskinarviointityötä kuluttajien terveyttä vaarantavista elintarvikeriskitekijöistä. Käynnissä olevat projektit kertovat siitä, mistä viranomaisten tulisi saada enemmän tietoa. Tiedonkeräystä tekee myös EU:n elintarvikeviranomaisen EFSA. Kemiallisista riskitekijöistä tietoa kerättiin vuoden 2010 lopussa mm. akryyliamidin saannista, orgaanisista, haitallisista aineista (kuten dioksiinit sekä polyklooratut bifenyylit eli PCB -yhdisteet, elohopea), lasten furaanin saannista, lasten ja aikuisten altistumisesta nitriitille / nitraatille sekä ravinnon sisältämistä kasvinuojeluainejäämistä ja mykotoksiineista (EFSA 2010, Evira 2010). Elintarvikelainsäädäntöä No. 1881/2006 ollaan EU-komission työryhmän mukaan päivittämässä parasta aikaa mm. polyaromaattisten hiilivetyjen (PAH -yhdisteet), kadmiumin, arseenin ja akryyliamidin osalta (Bitterhof 2010).

Suomessa elintarvikkeiden mikrobiologinen turvallisuus on ollut erittäin korkealla kansainvälisessä vertailussa. Syynä tähän ovat kotimaisia raaka-aineita runsaasti käyttävä elintarviketeollisuus, alusta loppuun pitävä kylmäketju sekä ennen kaikkea suomalainen laatuketjuajattelu, jossa varsinainen laatu lähtee eurooppalaisittain pienimuotoisesta alkutuotannosta (VNS 2010). On arvioitu, että Suomessa sairastuu elintarvikevälitteisiin infektioihin noin puoli miljoonaa ihmistä vuosittain. Terveyden ja hyvinvoinnin laitoksen (THL) ylläpitämään tartuntatautirekisteriin päättyy vain pieni osa sairaustapauksista, mutta aliraportoinnista huolimatta rekisterin avulla voidaan seurata eri bakteerien aiheuttamia tautiaaltoja pidemmällä aikavälillä. Tilastojen mukaan merkittävimmät taudinaiheuttajat ovat olleet viime vuosina kampylobakteeri, salmonella sekä *Yersinia* -bakteeri. Näiden lisäksi norovirusilmoitukset ovat nousseet huomattavasti parantuneen diagnostiikan myötä. Kampylobakteerin aiheuttamia tartuntoja on ollut vuosina 2008–2009 noin 4000 tartuntaa / vuosi, kun salmonellan ja noroviruksen rekisteröidyt vuosittaiset tautitapaukset ovat olleet 2000 – 3000 tartuntaa samalla aikavälillä (Hallanvuori & Johansson, 2010; VNS 2010).

Kaiken kaikkiaan viranomaiskatsauksen tuloksena oli, että elintarviketurvallisuus on kokonaisuutena hyvin haastava hallita. Yhtä ainutta kuluttajien terveyttä vaarantavaa tekijää on vaikea nimetä, vaan jokaisella osa-alueella on omat haasteensa. Eniten esiin nousivat kuitenkin mikrobiologiset haasteet, joista

elintarvikevälitteiset zoonoosit aiheuttavat eniten sairastavuutta ja kuolemia maailmalla. Huolta tulevaisuudessa aiheuttavat myös ympäristöstä peräisin olevat myrkyt (kuten raskasmetallit), erilaiset luontoon kumuloituvat teollisuuskemikaalit (kuten dioksiini, pfas- / pfos- yhdisteet), torjunta-ainejäämät, hometoksiinit sekä prosessissa tai ruoanvalmistuksessa tuotteeseen syntyvät haitalliset aineet, kuten furaani ja akryyliamidi. Kuluttajan harhaanjohtaminen on myös huomionarvoinen asia, josta vaarallisin riski on allergeenien tai tiettyjen kemikaalien ilmoittamatta jättäminen. Elintarvikesabotaasit ovat lisäksi nousemassa vaarallisesti esiin. Esim. Kiinan elintarviketeollisuutta on kritisoitu ankarasti useiden melamiinilöydösten takia. Kiinassa useita lapsia on kuollut, ja suuri määrä joutunut sairaalahoitoon korvikkeisiin lisätyn melamiinilla saastutetun maidon vuoksi (WHO 2009).

## 3.2 Teollisuus selvitys

Elintarviketeollisuuden kohdistuneessa tarveselvityksessä kävi ilmi, että esiselvitykseen suhtauduttiin positiivisesti, ja että omavalvonnan todentamista online-tekniikalla pidettiin tärkeänä. Mitä enemmän valvontaa saadaan muutettua reaaliaikaiseen muotoon, sitä parempi hyötysuhde tuotannolla saavutetaan. Yleisimmät mittaustarpeet olivat kaikissa tuotantolaitoksissa hyvin samantyyppisiä, vaikkakin kullakin alalla oli omat erityispiirteensä. Taulukossa 1 on kooste yleisimmistä tarpeista, jotka koettiin tärkeäksi useammassa kuin yhdessä tuotantolaitoksessa.

*Taulukko 1. Elintarviketeollisuudessa ilmenneet tarpeet määrittää vierasesineitä, vierasaineita tai laadullisia tekijöitä tuotannossa reaaliaikaisella mittauksella.*

<i>Mittaustarve</i>	<i>Mittauksen kohde</i>	<i>Tarpeen yleisyys</i>
<i>Vierasesineet</i>	<i>Lopputuote: lasi, muovi, hiukset, puu, muu luonnon materiaali</i>	<i>11 / 14 tuottajaa</i>
<i>Mikrobiologinen laatu</i>	<i>Raaka-aine / prosessi / lopputuote / linjasto / ilma / muut</i>	<i>10 / 14</i>
	<i>ympäristönäytteet: patogeeneet, pilaajabakteerit, hiivat, homeet</i>	
<i>Lopputuotteen tarkistaminen</i>	<i>Lopputuote: pakkauksen oikeellisuus, saumaukset</i>	<i>8 / 14</i>
<i>Suola</i>	<i>Prosessi: lihamassa / nestemäiset tuotteet</i>	<i>5 / 14</i>
<i>Allergeenit</i>	<i>Lopputuote / linjasto</i>	<i>4 / 14</i>
<i>Lämpötila</i>	<i>Prosessi: raaka-aineen vastaanotto – lopputuote /lämpökäsittely</i>	<i>3 / 14</i>
<i>pH</i>	<i>Prosessi: nestemäiset valmisteet, valmisruoat</i>	<i>3 / 14</i>
<i>Torjunta-aineet</i>	<i>Raaka-aine</i>	<i>3 / 14</i>
<i>Muuntogeeniset ainesosat</i>	<i>Raaka-aine</i>	<i>3 / 14</i>
<i>Rasva</i>	<i>Prosessi: tuotemassa</i>	<i>3 / 14</i>
<i>Hometoksiinit</i>	<i>Raaka-aine</i>	<i>2 / 14</i>
<i>Antibioottijäämät</i>	<i>Raaka-aine: kaikki käytössä olevat antibiootit</i>	<i>2 / 14</i>
<i>Mikrobien kokonaismäärä</i>	<i>Raaka-aine</i>	<i>2 / 14</i>
<i>(Raskas)metallit</i>	<i>Raaka-aine: etenkin kadmium, lyijy, arseeni, elohopea, alumiini</i>	<i>2 / 14</i>
<i>Fosfaatti</i>	<i>Prosessi: tuotemassa</i>	<i>2 / 14</i>
<i>Proteiini</i>	<i>Prosessi: tuotemassa</i>	<i>2 / 14</i>

Tulosten perusteella vierasesineet, mikrobiologinen laatu sekä pakkauksen tarkistaminen olivat tärkeimmät kohteet tehostaa omavalvontaa online-tekniikalla. Näiden lisäksi mm. reaaliaikaista suolapitoisuuden mittaamista sekä mahdollisten allergeenien osoittamista tuotteesta / linjastosta pidettiin tärkeinä ja tulevaisuudessa painottuvina tarpeina.

Vierasesineistä haasteellisimmiksi koetaan hiukset, luunsirut sekä pienet muovin palaset. Etenkin elintarvikkeen kanssa väriltään ja tiheydeltään samankaltaiset vierasesineet sekä esineet heterogeenisessä elintarvikematriisissa ovat vaikeimpia havaita nykytekniikalla. Mahdolliset vierasesineet tulisi nähdä mahdollisimman lähellä kuluttajaa, eli juuri ennen pakkaamista tai valmiista pakkauksesta. Pakkausteknologisiin laitteisiin nähtiin kehitystarvetta etenkin saumausten pitävyyden tarkistamisessa. Lisäarvoa online-mittaukseen toisi valmiin tuotteen oikeellisuuden tarkistaminen, johon sisältyisi ainakin tuotteen oikean pakkauksen, etiketin, päivämäärän sekä yleisulkonäön varmistus.

Mikrobiologista laatua vaarantavista tekijöistä oleellisimpina pidettiin patogeenejä, etenkin kampylobakteeria, *Salmonella*-, *E.coli (EHEC)*- sekä *Listeria monocytogenes* -bakteereita. Mikrobiologiset tekijät tulevat olemaan ikuinen haaste elintarviketeollisuudessa. Muun muassa lihamatriisi on otollinen kasvualusta pilaajabakteerien lisäksi myös patogeeneille, minkä takia koko prosessi teurastuksesta lopputuotteeksi on hyvin tarkkaan kontrolloitua. Vaikka salmonella on saatu melko

hyvin kuriin tehokkaan Salmonella-ohjelman ansiosta, sen esiintymisen vaara on edelleen olemassa. Muissa maissa se on edelleen tärkein ruokamyrkytysten aiheuttaja (WHO 2007). Kampylobakteeria voi esiintyä etenkin raa'assa siipikarjanlihassa, minkä takia sen online-valvontaa pidettiin tärkeänä jo teurastusvaiheessa. Sekä salmonella että kampylobakteeri ovat aina peräisin ulosteperäisestä kontaminaatiosta (Hallanvuo & Johansson 2010).

Raakamaidon tyypillisimmät patogeenit ovat *Listeria monocytogenes*, salmonella, *E.coli* sekä *Staphylococcus aureus* (Suwito 2010). Koska Suomessa kaikki käytettävä raakamaito pastöroidaan, maitotuotteiden saastuminen on lähinnä jälkikontaminaatio-ongelma. Kuumennuksen jälkeistä prosessin hygieenistä laatua voidaan mitata esim. enterobakteeri -pitoisuudella, joka paljastaa mahdollisen ulosteperäisen kontaminaation linjastossa. Enterobakteereihin kuuluu mm. *Salmonella* -, *Escherichia* - ja *Yersinia* -patogeenit (Evira 2010).

*Listeria monocytogenes* -patogeeni on tärkeää hallita linjastossa, etenkin tuotettaessa sellaisenaan syötäviä sekä pitkään säilyviä tuotteita, joissa bakteeri on otollinen kasvamaan. Sen takia etenkin pakkaamattomien ja helposti pilaantuvien elintarvikkeiden kanssa kosketuksiin joutuvien pintojen, kuten kuljetushihnojen ja siivutuskoneiden puhtaudessa on oltava erityisen tarkkana *Listeria* -löydösten suhteen (Evira 2005; Hallanvuo & Johansson, 2010). Kasvipohjaisissa jalosteissa riski patogeenisten bakteerien kontaminaatiolle kasvaa sen mukaan, mitä enemmän tuotetta käsitellään tuotantoketjun aikana. Valmisruoissa, kuten salaateissa, lämpötila ja pH ovat oleelliset tekijät patogeenien kasvun estämiseksi, minkä takia myös kyseisiä parametreja pidettiin tärkeinä kohteina online-tyyppiseen valvontaan (taul.1). Tällä hetkellä mikrobiologiset määritykset tehdään pääosin omavalvontalaboratoriossa perinteisin viljelymenetelmin. Kyseiset analyysit kestävät useita päiviä mikrobista riippuen, jolloin tuote voi olla jo kuluttajalla. Patogeenisten bakteerien epäilytilanteessa tuote vedetään pois markkinoilta.

Suolaa mitataan elintarviketuotannossa mm. lihatuotteista sekä nestemäisistä valmisteista, kuten kastikkeista ja valmisruoista. Suolapitoisuus vaikuttaa oleellisesti mikrobien kasvukykyyn (Salkinoja-Salonen 2002), mutta myös tuotteen makuun ja rakenteeseen. Tulevaisuudessa, jos halutaan vähentää lisäaineita, ml. säilöntäaineita, muiden säilyvyyteen vaikuttavien ainesosien, kuten suolan, on oltava hyvin tarkkaan kontrolloitua. Suolan reaaliaikaista mittaamista pidettiin tärkeänä valvontakohteena 5/14 tuotantolaitoksessa. Myös allergeenien reaaliaikainen seuranta tuli ilmi 4 tuotantolaitoksessa (taul.1). Etenkin pähkinän on todettu olevan todellinen ongelma, sillä se voi aiheuttaa jo pieninä pitoisuuksia hyvin vakavia reaktioita allergikoille (Lawley 2010). Tuotantolaitoksissa allergeenien kulkeutuminen estetään mm. hallituilla tuotevaihoilla. Hallittavuutta vaikeuttaa tuotevalikoiman jatkuva kasvu, mikä johtaa useisiin tuotevaihtoihin saman päivän aikana.

Teollisuuslaitoksista 3 / 14 ilmaisi online-mittaustarpeen lämpötilan, pH:n, rasvapitoisuuden, torjunta-aineiden sekä muuntogeenisten ainesosien suhteen (taul.1). Lämpötilan ja pH:n reaaliaikaisella mittauksella voitaisiin säästää huomattavan paljon aikaa ja työvoimaa nykyisiin mittausmenetelmiin verrattuna, sillä molemmat parametrit mitataan yleisimmin käsin. Tosin etenkin lihateollisuudessa tehdään samalla aistinvaraista arviointia, joten mittauksen muuttaminen online-muotoon ei ole joka mittauspisteessä järkevää. Rasvan mittaukseen ei ole muiden parametrien tapaan vielä toimivaa, koko tuotteen huomioon ottavaa online-mittaustekniikkaa kaupan. Prosessista riippuen tuotteesta pitäisi pystyä myös mittaamaan sisälämpötila, mahdollisimman hygieenisesti. Torjunta-aineiden sekä muuntogeenisten ainesosien reaaliaikainen valvonta ovat hyvin haastavat osa-alueet toteuttaa nopean kehityksen sekä spesifisen analytiikan takia. Tämän takia elintarviketuottajien on käytännössä luotettava raaka-aineiden toimittajan antamiin tietoihin tai teetettävä halutut analyysit pistokokein asiantuntija-laboratoriolla.

Raaka-aineiden mahdollisesti sisältämät hometoksiinit sekä antibiootit ovat tärkeitä laatu- ja turvallisuusparametreja tuottajalle. Meijereissä valvotaan jatkuvaluontoisesti antibiootteja, kuten myös hometoksiineja viljaraaka-aineen vastaanotossa (Evira 2010; Laitinen 2002). Seuranta-analyyseja olisi syytä nopeuttaa ja automatisoida niin pitkälle kuin mahdollista, jottei esim. helposti pilaantuvaa raakamaitoa seisoteta turhaan. Toisaalta kehittyneen teknologian avulla voitaisiin päästä tehokkaampaan laadunseurantaan esim. mykotoksiinien suhteen.

Vertaillaan teollisuuskartoituksen tuloksia Suomessa julkaistuihin takaisinvetoihin vuosina 2006 – marraskuu 2010 (102 kpl). Eniten takaisinvetoja tehtiin haitallisten kemikaalien, kuten lääke- ja



kasvinsuojelujäämien tai muuten haitallisen yhdisteiden takia (39 %). Seuraavaksi eniten tuotteita vedettiin markkinoilta mikrobien (24 %), allergeenien (23 %) ja vierasesinelöydösten (18 %) vuoksi. Tulokset korreloivat siinä määrin teollisuuskartoitukseen, että haitalliset kemikaalit, antibiootit, hometoksiinit sekä torjunta-aineet tulivat kyllä ilmi tuotantolaitoksissa, mutta ryhmä on hyvin laaja, ja jakautuu pieniin alaryhmiin, joten niiden yhteistulosta ei tässä käsitelty. Mikrobit olivat merkittävässä asemassa sekä takaisinvedoissa että teollisuuskartoituksessa. Allergeenilöydökset korostuivat takaisinvetomäärissä, kun taas vierasesinelöydöksiä ei ollut niin paljon, kuin teollisuuskäyntien suhteen olisi saattanut kuvitella (Evara 2010).

### 3.3 Alustava vierasainemääritysmenetelmien selvitys

Tärkeimmiksi koettujen vierasesine- ja pakkausteknologisten valvontalaitteiden kehitykseen sekä patogeenisten bakteerien määritysmenetelmien soveltamiseen tuotantoon tulee keskittyä laajemmissa jatkohankkeissa. Perinteisistä, mutta hitaista mikrobiologisista menetelmistä olisi hyvä päästä nopeampiin, teollisuutta paremmin palveleviin määrityksiin. Tavoitteena on mahdollisimman reaaliaikainen määrittäminen, joka on herkkyydeltään riittävä omavalvontaohjelmaan sisällytettäväksi. Tällöin sekä kuluttaja että elintarvikevalmistaja hyötyisi, eikä turhia takaisinvetoja tarvitsisi tehdä.

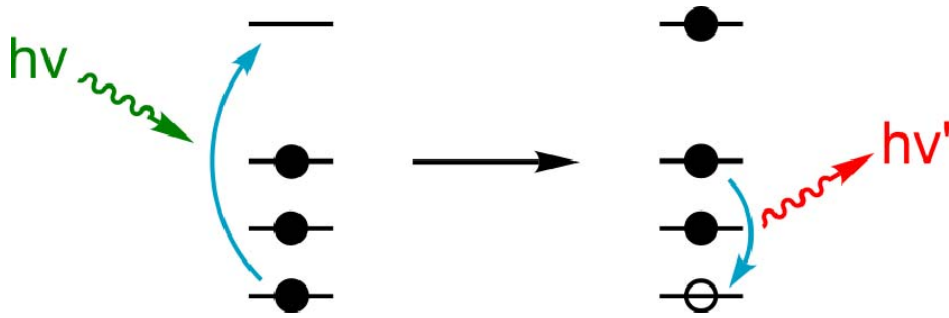
Viime vuosina patogeenisten bakteerien perinteisten viljelymenetelmien rinnalle ovat nousseet PCR-menetelmät, jotka perustuvat DNA:n monistamiseen polymeerasiketjureaktiolla. Menetelmä on hyvin tehokas, sillä tunnistukseen riittää jo muutama DNA-molekyylivarsinaisesta näytteestä, ja parissa tunnissa ajetaan jo suuri määrä DNA:ta (McLean ym., 2010). PCR-määrittäminen koostuu kolmesta vaiheesta: DNA-eristyksestä, DNA:n monistamisesta PCR:llä sekä monistetun DNA-sekvenssin detektoinnista (Lawley 2010). Erilaisia patogeenimääritysmenetelmiä on laajasti kaupan. Testit pohjautuvat usein immunokromatografiaan, reaaliaikaiseen PCR-, tai ELISA (entsyymivälitteinen immunosorbenttimääritys)- tekniikkaan (Ani Biotech 2010; PALL 2010; Progenus 2010). Immunokromatografiaan perustuvat pikamenetelmät ovat suurimmaksi osaksi ns. testitikkuja, joissa lisätty nestemäinen näyte kulkeutuu kiinnitettyjen spesifisten vasta-aineiden yli, jolloin negatiivinen / positiivinen tulos kehittyy visuaalisesti luettavaksi. Menetelmä on sovellettavissa periaatteessa kaikille analyyteille, jotka ovat analysoitavissa vasta-ainepohjaisilla menetelmillä (Lawley 2010).

Biosensorit tarjoavat myös todennäköisen työkalun herkkään ja (lähes) reaaliaikaiseen patogeenibakteerien määritykseen. Useilla biosensoreilla on sovelluksia, jotka perustuvat optisiin, sähkökemiallisiin sekä massapohjaisiin työkaluihin (Bhunja 2008). Bioteknisten määritysmenetelmien soveltuvuutta patogeenimäärityksiin nimenomaan elintarviketeollisuuden tarpeisiin olisi myös hyvä selvittää.

### 3.4 XRF- menetelmä vierasaineanalyysissä

#### 3.4.1 Röntgenfluoresenssi yleisesti (XRF, X-ray Fluorescence)

XRF-tekniikan soveltuvuutta elintarviketeollisuuden vierasainevalvontaan tutkittiin hankkeen teknologiaosuudessa. XRF-menetelmä on hyvin yleisesti mm. metalliteollisuudessa ja ympäristömittauksissa käytetty, pitkään tunnettu menetelmä, jolla voidaan mitata alkuaineiden pitoisuuksia materiaalinäytteissä ainetta rikkomatta. Eri alkuaineiden tunnistaminen perustuu alkuaineen atomien sisimpien elektronikuorien (K- ja L-kuoret) karakteristiseen röntgensäteilyyn. Tällä menetelmällä ei siis voida havaita alkuaineen hapetusastetta, vaan kaikki saman isotoopin atomit antavat saman signaalin hapetusasteesta riippumatta.



Kuva 1. XRF -menetelmän toimintaperiaate (Wikipedia 2010).

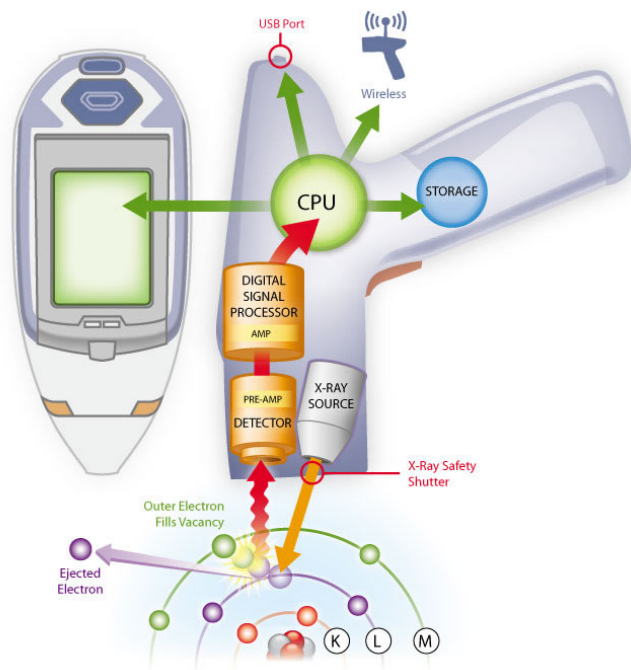
Röntgenfluoresenssimenetelmän toimintaperiaate on kuvattu yllä (kuva 1). Herätesäteilyn fotoni (vihreä), jonka energia ylittää atomin ionisaatioenergian, nostaa K- tai L-kuorella olevan elektronin vapaaseen tilaan valenssivyölle, jolloin jokin ylemmillä kuorilla olevista elektroneista siirtyy heti vapautuneelle paikalle. Prosessissa vapautuu karakteristinen röntgenfotoni (punainen), jonka energia  $h\nu'$  puolestaan vastaa siirroksessa vapautunutta kuorien sidosenergioiden erotusta.

K- ja L-kuorilla olevien elektronien sidosenergiat ovat jokaiselle alkuaineelle erilaisia ja ominaisia ja siten alkuaineiden erottaminen perustuu emittoituvien fotonien energian tai niiden emissiosuunnan mittaamiseen.

### 3.4.2 Käytännön kenttäkelpoiset XRF -laitteet

Nykypäivänä nämä laitteet ovat tyypillisesti pistoolimaisia, pienikokoisia laitteita, jotka kehitetty alun perin mm. metalliteollisuuden tarpeisiin, saastuneen maaperän mittauksiin ja elektroniikkateollisuudelle. Näitä XRF -mittalaitteita kutsutaan toimintaperiaatteensa johdosta EDX -spektrometreiksi (Energy Dispersive X-ray spectrometer).

Tällä hetkellä markkinoilla vallitsee selkeä jako "portable" -laitteisiin (kädessä pidettävät laitteet) ja "mobile" -laitteisiin (mukana kuljetettavat, ison laser-tulostimen kokoiset laitteet). Käsikäyttöisten laitteiden rakenne on tyypillisesti kuvan 2 mukainen. Tämän tyyppisiä laitteita on saatavissa sekä isotooppilähteellä (sisältää radioaktiivisen alkuaineen primäärisäteilyn tuottamiseen) että röntgenputkella varustettuna.



Kuva 2. Nitonin kädessäpidettävän XRF-laitteen kaaviokuva (Niton 2010).

### 3.4.3 Mihin tarkkuuteen kenttäkelpoiset XRF -laitteet pääsevät?

Taulukossa 2 on vertailtu eri valmistajien EDX -laitteiden havainnointirajoja viranomaisten ja/tai elintarvikevalmistajien asettamiin vaatimuksiin. On huomattava, että taulukon sisältämiin erotuskykyarvoihin on suhtauduttava suuntaa-antavina lukuina. Tämän esiselvityksen puitteissa ei ollut mahdollista perehtyä kaikkeen käytettävissä olevaan tietoon kunkin laitteen erotuskyvyn osalta, eikä laitteiden koekäyttöön ja koemittauksiin ollut mahdollisuutta.

Taulukko 2. Vertailuun valikoitujen EDX -laitteiden havainnointirajat sekä viranomaisten ja/tai elintarvikevalmistajien vaatimukset.

ALKUAINE	VALMISTAJAN ILMOITAMA DETECTION LIMIT (DL)					SELVITYSTYÖN PERUSTEELLA ASIAKKAIDEN TAI VIRANOMAISTEN VAATIMUS HAVAITTAVISTA MAKSIMIPITOISUUKSISTA	HUOM	
	PORTABLE-LAITTEET				MOBILE-LAITTEET			
	Valmistaja A	Valmistaja B	Valmistaja C	Valmistaja D	Valmistaja B			
Alumiini	Al	Ei tietoa	Ei havaitse	Arvio > 30ppm	Arvio 10-100ppm	Ei tietoa	0.1-1ppm	
Arseeni	As	10ppm	10-100ppm	5-30ppm	Arvio 10-100ppm	3-5ppm	0.01ppm	Myös juomaveden laatuvaatimus Suomessa
Elohopea	Hg				Arvio 10-100ppm	2ppm	0.5-1ppm	
Kadmium	Cd	50ppm	50-150ppm	5-30ppm	Arvio 10-100ppm	1ppm	0.05-0.1ppm	
Kromi	Cr	40ppm	20ppm	5-30ppm	Arvio 10-100ppm	5-10ppm	Ei tietoa	
Kupari	Cu	50ppm	10-100ppm	5-30ppm	Arvio 10-100ppm	5-8ppm	2ppm	
Lyijy	Pb	12ppm	10-100ppm	5-30ppm	Arvio 10-100ppm	3-5ppm	0.02-0.1ppm	
Rauta	Fe	75ppm	10-100ppm	Arvio >30ppm	Arvio 10-100ppm	Arvio 5-10ppm	0.4ppm ?	Juomaveden laatuvaatimus Suomessa
Vanadiini	V	12ppm	10-100ppm	Arvio >30ppm	Arvio 10-100ppm	Arvio 5-10ppm	Ei tietoa	

### 3.4.4 Johtopäätökset XRF -menetelmästä online-vierasaineanalysointiin

Edellä esitetystä taulukosta 2 voidaan hyvin selkeästi nähdä, että viranomaismääräysten mukaiset pitoisuusvaatimukset ovat hyvin alhaisia kannettavien laitteiden erotuskykyyn verrattuna. Markkinoilla on tällä hetkellä ainoastaan yksi "raahattava" laite (Mobile), mutta senkään erottelukyky ei yllä vaaditulle tasolle.

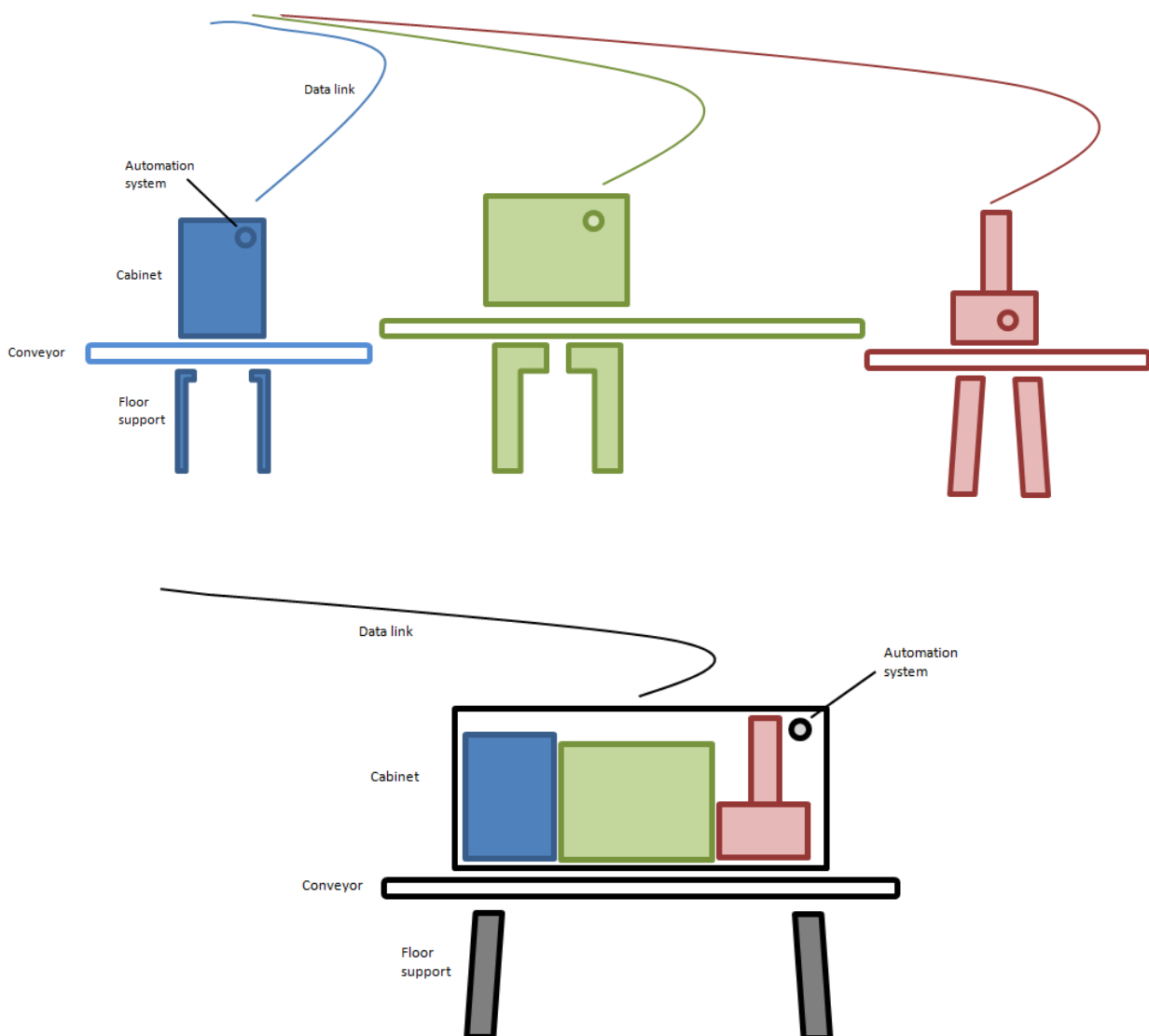


Suoritetun selvitystyön perusteella käsi­käyttöisten XRF -laitteiden käyttö elintarviketeollisuuden tarkastuslaitteissa ei siis vaikuta mielekkäältä pääosin juuri puutteellisen herkkyyden johdosta. Laboratorio-olosuhteisiin suunnitellut laitteet eivät ole soveltuvia online-mittaukseen, eivätkä ole integroitavissa esim. vierasesineitä havainnoiviin laitteistoihin vaikka niiden suorituskyky on parempi.

### 3.5 Laitealustan selvitystyö

Laitealustaan liittyvän selvitystyön alkuvaiheessa asetettiin selkeät rajoitukset ja tavoitteet mahdollisella laitealustakonseptilla toteutettavan vierasainelaitteen hahmotteluun. Tässä käytettiin hyväksi yritys­kartoituksen tuloksena elintarvike­yrityksiltä saatua tietoa sekä muuta saatavilla olevaa tietoa jo elintarviketeollisuuden käytössä olevista online-laitteista (mm. metallinpaljastimet, röntgenlaitteet, vaa'at). Joitakin edellä mainituista tavoitteista on pyritty havainnollistamaan kuvissa 3 ja 4.

Kuva 3. Kolmen erillisen mittalaitteen ongelmakenttä (erilliset laitekotelot, automaatiojärjestelmät, tiedonsiirto ja hihnaku­ljettimet).



Kuva 4. Modulaarinen platform-laitekokonaisuus (yhtenäinen laitekotelo, yksi automaatiojärjestelmä, yksi tiedonsiirtoyhteys ja yksi hihnaku­ljetin, yhteinen laitejalka).

#### 3.5.1 Tietojenkäsittely

Yksi merkittävimpiä laitealustakonseptin ja sen modulaarisuuden mukana tuomia etuja on mahdollisuus yhdistää eri mittausyksiköiden tietojenkäsittely yhdelle, riittävän tehokkaalle teollisuustietokoneelle (jäljempänä teollisuus-PC). Yhden tietokoneyksikön avulla kaiken mittaustiedon tallennus, käsittely ja

siirto edelleen elintarviketehtaan tehdasjärjestelmään yksinkertaistuvat huomattavasti. Yhden keskitetyn tietokoneen liittäminen elintarviketehtaan järjestelmään on yksinkertaisempaa.

### **3.5.2 Elintarvikkeiden kuljetinjärjestelmä**

Tuotantolaitosten yksi merkittävimmistä laitekomponenteista on kuljetinmekaniikka, joka siirtää tuotteen tarkastuslaitteen läpi. Tämä mekaniikka koostuu tyypillisesti kuljetinhihnasta, sitä liikuttavista hihnapyöristä ja -moottoreista sekä näihin liittyvästä tukimekaniikasta. Yhden, yhtenäisen kuljetinmekaniikan käytöllä vältetään hihnakatkokset ja hihnojen korkeuserot.

### **3.5.3 Laitteen runkomekaniikka ja jalkaosa**

Laitealustakonseptin mukainen yksinkertainen ja kaikille mittausyksiköille yhtenäinen laitekotelorakenne on edullinen laitteiden puhdistettavuuden ja hygienian kannalta. Monien erillisten mekaanisten rakenteiden ja elintarvikkeiden liikkeen johdosta syntyvien rajapintojen välttäminen on huomattavasti helpompaa, kun kotelointia voidaan yksinkertaistaa ja yhtenäistää.

### **3.5.4 Platform lähestymistavan potentiaaliset haittapuolet**

Laitealustakonsepti tuo luonnollisesti mukanaan myös haittapuoja, joiden tarkkaa analysointia ei sovi unohtaa, mikäli modulaarisen mittausjärjestelmän suunnitteluun ryhtyy. Laitealustakonsepti on väkisin yhden laitevalmistajan toteuttama laitetekninen lähestymistapa, ei ole realistista olettaa, että syntyisi tilanne, jossa useat laitevalmistajat sitoutuisivat yhteiseen standardointiin.

Yhden mittausmodulin huoltaminen tai korjaaminen ongelmatilanteessa saattaa olla hankalaa. Lisäksi käyttäjän kannalta ongelma voi myös olla sitoutuminen kaikkien mittausten osalta yhteen laitetoimittajaan. Uusimistilanteessa yhden mittaustarpeen kilpailuttaminen eri toimittajilla voi olla mahdotonta, jos on sitoutunut yhden toimittajan mekaaniseen moduulirakenteeseen.

---

## 4 Yhteenveto

---

Elintarviketurvallisuutta koskevassa viranomais selvityksessä ilmeni patogeenien lisäksi huoli kuluttajien altistumisesta torjunta-aineille, hometoksiineille, teollisuuskemikaaleille ja ympäristömyrkyille (kuten dioksiinille tai raskasmetalleille). Lisäksi elintarviketutkimuksissa tai ruoanvalmistuksessa syntyvistä aineista (mm. furaani ja PAH -yhdisteet) kaivataan lisää tutkimustietoa. Elintarvikesabotaasit ja olennaisten tietojen ilmoittamatta jättäminen (esim. allergeenit) ovat myös huolestuttava alue. Painopisteet osuivat osittain teollisuus selvityksen kanssa päällekkäin etenkin patogeenien ja allergeenien suhteen.

Teollisuuskartoituksen yhteenvetona todettakoon, että kotimaisessa elintarviketeollisuudessa oltiin hyvin tietoisia tuotannossa mahdollisesti esiintyvistä elintarviketurvallisuusriskeistä, ja niihin on halua puuttua. Kaksi yhteistä suurinta linjaa voidaan löytää kaikkien vierailujen summana: mikrobiologisen laadun ja mahdollisten vierasesineiden tarkastamiseen tarvitaan pikimmiten nopeampaa valvonta-analytiikkaa tuotantoon. Mikroobeista etenkin patogeenit olivat vahvasti esillä elintarviketeollisuuden alalajista huolimatta. Näiden lisäksi pakkausvaiheeseen kaivattiin monipuolista online-mittausta etenkin saumausten tarkistamiseksi ja pakkausvirheiden ehkäisemiseksi. Allergeenit olivat myös tärkeä, ja tulevaisuudessa luultavasti vielä enemmän esiin nouseva ryhmä, joka pitäisi hallita tehokkaammin. Näiden lisäksi mm. suolan, pH:n tai lämpötilan reaaliaikaisella mittauksella voitaisiin kontrolloida välillisesti tuotteiden mikrobiologista laatua. Kartoituksen tulokset eivät ole täysin vertailukelpoisia keskenään, sillä osassa tuotantolaitoksissa keskustelulle oli varattu vähemmän aikaa, kun taas suurimmassa osassa tuotantolaitoksista aiheeseen pystyttiin keskittymään syvemmin.

Teknologiaselvityksen perusteella EDX-periaatteella toimivien XRF-laitteiden teknologian käyttö elintarviketeollisuuden tarkastuslaitteissa ei ole mielekäästä puutteellisen herkkyyden johdosta. Viranomais määräysten mukaiset pitoisuusvaatimukset elintarviketurvallisuuden suhteen olennaisille alkuaineille ovat hyvin alhaisia ja selvästi näiden laitteiden havainnointirajan alapuolella.

Laitealustaan liittyvän selvitystyön tuloksena todettiin, että tällaiseen lähestymistapaan perustuvan laitteen suunnittelussa tulisi käyttää selkeästi etukäteen määriteltyjä ja paljolti myös elintarviketutkimustajien tarpeisiin perustuvia periaatteita. Älykkäästi suunnitellun laitealustan ympärille voitaisiin suoraviivaisin toimenpitein asentaa enintään viisi erilaista mittayksikköä (module). Suunnitteluperiaatteista tärkeimpinä voidaan mainita seuraavat: 1) Laiteplatform perustuu elintarviketuotteiden kuljettamiseen liukuhinnalla, 2) Platform -laitteen pitäisi olla huomattavasti pienikokoisempi kuin erilliset laitteet ja mahdollistaa esim. 5 mittausmodulin käyttö, 3) Laiteplatformin tulisi olla käyttäjän kannalta turvallisempi kuin useampi erillinen laite, 4) Laiteplatform kaikkine moduleineen tulisi perustua yhteen laitejalkaan ja hihnakuljettimeen sekä 5) Kaikkien mittausmodulien tulisi kytkeytyä samaan automaatiojärjestelmään.

Esiselvitystyön päätteeksi kartoituksessa mukana olleille teollisuuslaitoksille lähetettiin yhteenveto elintarviketurvallisuuskartoituksen tuloksista. Varsinaisessa jatkohankkeessa keskitytään patogeenisten bakteerien (pika)määritysmenetelmien soveltamiseen tuotantoon. Perinteisistä ja hitaista mikrobiologisista menetelmistä halutaan päästä teollisuutta paremmin palveleviin, mutta riittävän herkkiin määritysmenetelmiin. Lisäksi halutaan selvittää patogeenimääritykseen käytettävän teknologian yhdistämistä esim. vierasesineitä havainnoivaan teknologiaan niin, että niiden laitealustakonsepti olisi yhteinen.

---

## 5 Kirjallisuus

---

**Ani Biotech 2010.** Biocard EHEC Rapid Test. Viitattu 17.12.2010. Saatavissa: [http://www.anibiotech.fi/anibiotech/product\\_detail.asp?subcategoryID=34](http://www.anibiotech.fi/anibiotech/product_detail.asp?subcategoryID=34)

**Bhunja A. 2008.** Biosensors and Bio-Based Methods for the Separation and Detection of Foodborne Pathogenes. *Advances in Food and Nutrition Research*, 54.

**Bitterhof 2010.** Sähköpostikeskustelu 17.9.2010. Almut Bitterhof, Euroopan komissio, Yleisen terveyden ja kuluttajan Osasto, yksikkö E.3 kemikaalit, kontaminantit, pestisidit, Bryssel.

**CAC 2006.** Understanding of Codex Alimentarius. Third Edition. Codex Alimentarius Committee, World Health Organization, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. Saatavissa: [2006ftp://ftp.fao.org/codex/Publications/understanding/Understanding\\_EN.pdf](2006ftp://ftp.fao.org/codex/Publications/understanding/Understanding_EN.pdf)

**EFSA 2010.** European Food Safety Authority, DATEX calls for data. Viitattu 3.12.2010. Saatavissa: <http://www.efsa.europa.eu/en/datex/datexcallsfordata.htm>

**European Comission 2009.** The Rapid Alart System for Food and Feed (RASFF). Annual Report 2009. European Union 2010, Luxembourg. Saatavissa: [http://ec.europa.eu/food/food/rapidalert/docs/report2009\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/food/food/rapidalert/docs/report2009_en.pdf)

**Evira 2010.** Elintarvike- ja turvallisuusvirasto. Viitattu 15.11.2010. Saatavissa: <http://www.evira.fi>.

**Evira 2005.** Elintarvikkeiden mikrobiologiset vaatimukset, komission asetukset (EY) No 2073/2005 soveltaminen. Ohje elintarvikealan toimijoille. Eviran ohje 10501/1.

**Hallanvuo S. & Johansson T. 2010.** Elintarvikkeiden mikrobiologiset vaarat. Eviran julkaisu 1/2010. Elintarviketurvallisuusvirasto Evira. Verkko-versio. Viitattu 17.11.2010. Saatavissa: <http://www.evira.fi/portal/fi/evira/julkaisut/?a=category&cid=20>

**Hallikainen A., Rautala T., Kalström U., Kostamo P., Koivisto P., Pohjanvirta R., Hietaniemi V., Rajakangas L., Tuomaala V., Kankaanpää H., Verta M., Kostianen E., Kurttio P., Turtiainen T., Kiviranta H., Komulainen H., Rantakokko P., Viluksela, Niemi E., Nuotio K. & Siivinen, K. 2009.** Elintarvikkeiden ja talousveden kemialliset vaarat. Eviran julkaisu 13/2009, 148 s.

**Heikinheimo A., Kuusi M., Mylly V., Pietola K., Tuominen P., Valkonen & Korkeala H. 2010.** Tulevaisuuden tutkimustarpeet elintarviketurvallisuusriskien hallitsemiseksi. Sektoritutkimuksen neuvottelukunta, Osaaminen, työ ja hyvinvointi. 2010:2. 60s. Saatavilla: [http://www.minedu.fi/export/sites/default/OPM/Tiede/setu/liitteet/Setu\\_2-2010.pdf](http://www.minedu.fi/export/sites/default/OPM/Tiede/setu/liitteet/Setu_2-2010.pdf)

**Laitinen H. 2002.** Antibioottimaidon synkkä vuosi. Maidon laatu ja eläinten terveys 20.11.2002. Maito ja Me. Viitattu 18.11.2010. Saatavissa: [http://www.valio.fi/maitojame/laatuterveys\\_02/synkka.htm](http://www.valio.fi/maitojame/laatuterveys_02/synkka.htm).

**Lawley R. 2010.** Food Safety and Traceability Strategies. Key hazards, risks and technological developments. *Business Insights*. 144 s.

**McLean S., Dunn L. & Palombo E. 2010.** Application of polymerase chain reaction in the dairy industry. *The Australian Journal of Dairy Technology*. 65:2.

**MMM 2010.** Maa- ja metsätalousministeriö. Viitattu 15.11.2010. Saatavissa: [www.mmm.fi](http://www.mmm.fi)

**Niemi V-M., Rahkio M. & Siitonen A. 2004.** Ruokaturvallisuuden käsikirja. Art House Oy, Helsinki. 291 s.

**Niton 2010.** Internet-sivut, Thermo Fisher Scientific/Niton , <http://www.niton.com/portable-XRF-technology/how-xrf-works.aspx?sflang=en>

**PALL 2010.** Pall Corporation: GeneDisc® Rapid Microbiology System - Food Testing Applications. Viitattu 17.12.2010. Saatavissa: [http://www.pall.com/biopharm\\_52281.asp](http://www.pall.com/biopharm_52281.asp).

**Progenus 2010.** Quick Alert –hygieniatestit. Progenus. Viitattu 17.12.2010. Saatavissa: <http://www.progenus.fi/prof.htm>

**Salkinoja-Salonen M. 2002.** Mikrobin elintoiminnat Teoksessa Mikrobiologian perusteita (toim.) Salkinoja-Salonen Mirja. Mikrobiologian julkaisu 49/2001. Helsingin yliopisto.

**Suwito W. 2010.** Bacteria commonly contaminating milk: detection, pathogenesis, epidemiology and control strategies. Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 2010. 29: 3, 96–100.

**Tulli 2009a.** Tullilaboratorion toimintavuosi 2009, Elintarviketutkimukset 2009. Saatavissa: [http://www.tulli.fi/fi/suomen\\_tulli/tullilaboratorio/toiminta\\_2010/toiminta\\_2009/tiedostot/elintarviketutkimukset\\_2009.pdf](http://www.tulli.fi/fi/suomen_tulli/tullilaboratorio/toiminta_2010/toiminta_2009/tiedostot/elintarviketutkimukset_2009.pdf)

**Tulli 2009b.** Tutkimustuloksia, Mikrobiologiset tutkimukset. Saatavissa: [http://www.tulli.fi/fi/suomen\\_tulli/tullilaboratorio/tutkimustuloksia/tiedostot/mikrobiologia.pdf](http://www.tulli.fi/fi/suomen_tulli/tullilaboratorio/tutkimustuloksia/tiedostot/mikrobiologia.pdf)

**VNS 3/2010 vp.** Valtioneuvoston selonteko elintarviketurvallisuudesta.

**[WHO] World Health Organization 2009.** Toxicological and Health Aspects of Melamine and Cyanuric Acid. Report of a WHO Expert Meeting In collaboration with FAO Supported by Health Canada. Geneva, 2009. Saatavilla: [http://whqlibdoc.who.int/publications/2009/9789241597951\\_eng.pdf](http://whqlibdoc.who.int/publications/2009/9789241597951_eng.pdf)

**[WHO] World Health Organization 2007.** Food Safety and foodborne illnesses. Fact Sheet N°237, Reviewed March 2007. Viitattu 23.11.2010. Saatavissa: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs237/en/>

**Wikipedia 2010.** Internetin tietosanakirjasivusto, [http://en.wikipedia.org/wiki/X-ray\\_fluorescence](http://en.wikipedia.org/wiki/X-ray_fluorescence)

---

## 6 Liitteet

---

### Liite 1. Elintarviketuotantolaitoksen vierailun keskustelupohja

#### 1. Toimiala

- Raaka-aineet
- Mitä elintarvikkeita valmistetaan / pakataan?
- Tuontantolinjat

#### 2. Raaka-aineelle ominaiset riskitekijät?

#### 3. Prosessissa ilmenneet riskitekijät / haasteet?

#### 4. Onko tarvetta valvontaan online-tekniikalla?

- Mistä tarve nousee?
- Mitä parametreja tulevaisuudessa halutaan mitata?
  - a. 1-5 tärkeintä parametria
  - b. eniten painoarvoa
  - c. vähiten painoarvoa

#### 5. Jatkosuunnitelmat

MTT TEKEE TIETEESTÄ ELINVOIMAA

# MTT RAPORTTI<sub>18</sub>

[www.mtt.fi/julkaisut](http://www.mtt.fi/julkaisut)

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

MTT, 31600 Jokioinen.

Puh. (03) 4188 2327, sähköposti [julkaisut@mtt.fi](mailto:julkaisut@mtt.fi)

