

Eviran tutkimuksia 5/2008

***Fusarium*-toksiinit:** saanti viljasta ja viljatuotteista aikuisilla Suomessa



Eviran tutkimuksia 5/2008

***Fusarium*-toksiinit:**
saanti viljasta ja viljatuotteista
aikuisilla Suomessa

Anja Hallikainen, Evira

Tero Hirvonen, Evira

Kirsi-Helena Liukkonen, Evira

Mirja Kartio, Evira

Taneli Rautala, Evira

Veli Hietaniemi, MTT

Tauno Koivisto, MTT

Sari Rämö, MTT

Carina Kronberg-Kippilä, KTL

Marja-Leena Ovaskainen, KTL

Harri Sinkko, KTL

Kuvailulehti

Julkaisija	Elintarviketurvallisuusvirasto Evira
Julkaisun nimi	<i>Fusarium</i> -toksiinit: saanti viljasta ja viljatuotteista aikuisilla Suomessa
Tekijät	T. Rautala, V. Hietaniemi, S. Rämö, T. Koivisto, M.-L. Ovaskainen, H. Sinkko, C. Kronberg-Kippilä, T. Hirvonen, K.-H. Liukkonen, M. Kartio ja A. Hallikainen
Tiivistelmä	<p>Yleisiä suomalaisissa viljoissa esiintyviä homeiden tuottamia <i>Fusarium</i>-toksiineja ovat deoksinivalenoli, zearalenoni, nivalenoli sekä T-2- ja HT-2-toksiinit. <i>Fusarium</i>-toksiineja esiintyy erityisesti kaurassa. EU:ssa on asetettu enimmäispitoisuusrajat deoksinivalenolille ja zearalenonille. T-2- ja HT-2-toksiinien lainsäädäntö on EU:ssa työn alla.</p> <p>Pitkäaikainen altistuminen <i>Fusarium</i>-toksiineille voi aiheuttaa terveydellisiä haittavaikutuksia, kuten immuunijärjestelmän heikkenemistä. Kaikkia pitkäaikaisen altistumisen vaikutuksia ei kuitenkaan toistaiseksi tunneta. Akuuteissa myrkytystapauksissa oireita ovat esimerkiksi pahoinvointi, oksentelu ja vatsakivut.</p> <p>Suomalaisten altistuminen <i>Fusarium</i>-toksiineille arvioitiin Evirassa yhteistyössä Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksen ja Kansanterveyslaitoksen kanssa. Saannit ovat alle siedettävän päivittäisen enimmäissaantimäärän lukuun ottamatta T-2- ja HT-2-toksiineja, joita kauran suurkuluttajat voivat teoriassa saada raakaviljasta liikaa.</p> <p>Toksiinipitoisuudet vaihtelevat vuosittain erityisesti satokauden sään perusteella. Lisäksi viljan lajittelulla ja kuorinnalla voidaan vähentää toksiinien määrää merkittävästi.</p> <p>Viljoille asetettuja <i>Fusarium</i>-toksiinien enimmäispitoisuuksia on syytä valvoa jatkuvasti. Valvonnan kohdentamista suositellaan erityisesti kauralle ja kauravalmisteille, joissa esiintyy suurimmat pitoisuudet toksiineja.</p>
Julkaisu-aika	Marraskuu 2008
Asiasanat	<i>Fusarium</i> -toksiinit, DON, ZEA, NIV, T-2- ja HT-2-toksiini, vilja, saanti
Julkaisusarjan nimi ja numero	Eviran tutkimuksia 5/2008
Sivuja	40
Kieli	Suomi
Luottamuksellisuus	Julkinen
Julkaisija hinta	Elintarviketurvallisuusvirasto Evira 15,00 €
Julkaisun kustantaja	Elintarviketurvallisuusvirasto Evira
Painopaikka ja -aika	Multiprint Oy, Helsinki 2008
	ISSN 1796-4660, ISBN 978-952-225-017-9 ISSN 1797-2981, ISBN 978-952-225-018-6 (pdf)

Beskrivning

Utgivare	Livsmedelssäkerhetsverket Evira
Publikationens titel	<i>Fusarium</i> toxiner: intag hos vuxna ur spannmål och spannmålsprodukter i Finland
Författare	T. Rautala, V. Hietaniemi, S. Rämö, T. Koivisto, M-L. Ovaskainen, H. Sinkko, C. Kronberg-Kippilä, T. Hirvonen, K-H. Liukkonen, M. Kartio och A. Hallikainen
Resumé	<p>Allmänna av mögel altrade <i>Fusarium</i>toxiner i finska spannmål är deoxynivalenol, zearalenon, nivalenol och toxinerna T-2 och HT-2. <i>Fusarium</i>toxiner förekommer särskilt i havre. EU har fastställt de högsta tillåtna gränsvärdena för deoxynivalenol och zearalenon. Lagstiftningen gällande toxinerna T-2 och HT-2 är under arbete.</p> <p>En långvarig exponering för <i>Fusarium</i>toxiner kan medföra hälsoskador, såsom försvagad immunitet. Än så länge känner man ändå inte till alla följder av långvarig exponering. Vid akut förgiftning är symptomen till exempel illamående, kräkningar och magsmärtor.</p> <p>Finländarnas exponering för <i>Fusarium</i>toxiner utreddes i Evira i samarbete med Forskningscentralen för jordbruk och livsmedelsekonomi och Folkhälsoinstitutet. Intagen ligger under de tolerabla dagliga intag med undantag för toxinerna T-2 och HT-2 som storkonsumenterna av obearbetad havre kan få för mycket av.</p> <p>Toxinhalterna varierar årligen särskilt beroende på vädret under skördeperioden. Med sortering och skalning av spannmål kan man betydligt reducera mängden av toxiner.</p> <p>Det är skäl att kontinuerligt utöva tillsyn över gränsvärden av <i>Fusarium</i>toxinerna som fastställts för spannmål. Inriktning av tillsynen rekommenderas särskilt för havre och havreprodukter som uppvisar de högsta halterna av toxinerna.</p>
Utgivningsdatum	November 2008
Referensord	<i>Fusarium</i> toxiner, DON, ZEA, NIV, T-2- och HT-2-toxiner, spannmål, intaget
Publikationsseriens namn och nummer	Eviras forsknings rapporter 5/2008
Antal sidor	40
Språk	Finska
Konfidentialitet	Offentlig handling
Utgivare pris	Livsmedelssäkerhetsverket Evira 15,00 €
Förläggare	Livsmedelssäkerhetsverket Evira
Tryckningsort	Multiprint Oy, Helsingfors 2008
	ISSN 1796-4660, ISBN 978-952-225-017-9 ISSN 1797-2981, ISBN 978-952-225-018-6 (pdf)

Description

Publisher	Finnish Food Safety Authority Evira
Title	<i>Fusarium</i> toxins: adult intake from cereals and cereal-based products in Finland
Authors	T. Rautala, V. Hietaniemi, S. Rämö, T. Koivisto, M-L. Ovaskainen, H. Sinkko, C. Kronberg-Kippilä, T. Hirvonen, K-H. Liukkonen, M. Kartio and A. Hallikainen
Abstract	<p>In Finland, the most common <i>Fusarium</i> toxins produced by molds found in cereals include deoxynivalenol, zearalenone, nivalenole and T-2 and HT-2 toxins. <i>Fusarium</i> toxins are found particularly in oat. Maximum levels have been set in EU for deoxynivalenol and zearalenone, and regulations regarding T-2 and HT-2 toxins are in progress.</p> <p>Long-term exposure to <i>Fusarium</i> toxins may have health impacts, such as weakening of the immune system. All the effects of long-term exposure are not known at present. The symptoms induced in acute poisoning include e.g. nausea, vomiting and stomach pain.</p> <p>The exposure of Finnish population to <i>Fusarium</i> toxins was evaluated in a project implemented by Evira in collaboration with Agrifood Research Finland and the National Public Health Institute. Intake levels remain below the tolerable daily intake, with the exception of T-2 and HT-2 toxins, the intake of which may exceed the limit for people who eat a lot of unprocessed oat products.</p> <p>The toxin levels vary from one year to the other, depending on the weather during the growing season, in particular. The amount of the toxins can also be significantly reduced through sorting and dehulling of the grain.</p> <p>The maximum limits set for the levels of <i>Fusarium</i> toxins in cereals should be controlled on a continual basis. Control should especially focus on oat and oat products, which have the highest toxin levels.</p>
Publication date	November 2008
Keywords	<i>Fusarium</i> toxins, DON, ZEA, NIV, T-2 and HT-2 toxins, cereals, intake
Name and number of publication	Evira Research Reports 5/2008
Pages	40
Language	Finnish
Confidentiality	Public
Publisher price	Finnish Food Safety Authority Evira 15,00 €
Publisher	Finnish Food Safety Authority Evira
Printed in	Multiprint Oy, Helsinki 2008
	ISSN 1796-4660, ISBN 978-952-225-017-9 ISSN 1797-2981, ISBN 978-952-225-018-6 (pdf)

Yhteenveto

Fusarium-homeet ovat tärkeimpiä toksineja tuottavia homeita viljoissa pohjoisen pallonpuoliskon lauhkeilla vyöhykeillä. *Fusarium*-homeiden tuottamista homemyrkyistä, mykotoksiineista, tunnetuimpia ovat deoksinivalenoli (DON), zearalenoni (ZEA), T-2- ja HT-2-toksiini sekä nivalenoli (NIV). Mykotoksiinien on havaittu aiheuttavan terveydellisiä haittavaikutuksia ihmisille ja eläimille.

EU:n Elintarvikealan tiedekomitea on määrittänyt *Fusarium*-toksiineille siedettävät päivittäiset enimmäissaantimäärät (Tolerable Daily Intake, TDI), jotka kuluttajat voivat saada ravinnosta ilman terveydellisiä haittavaikutuksia. Keskipainoisille suomalaisille 25–74-vuotiaille naisille (70,8 kg) siedettävät päivittäiset enimmäissaantimäärät ovat deoksinivalenolia 70,8 µg, T-2- sekä HT-2-toksiineja 4,2 µg, zearalenonia 14,2 µg ja nivalenolia 49,6 µg. Vastaavasti miehille (keskipaino 85,3 kg) siedettävät päivittäiset enimmäissaantimäärät ovat deoksinivalenolia 85,3 µg, T-2- sekä HT-2-toksiineja 5,1 µg, zearalenonia 17,1 µg ja nivalenolia 59,7 µg.

MTT:n tutkimusten mukaan viljojen, erityisesti kauran, lajittelulla ja kuorinnalla voidaan alentaa *Fusarium*-toksiinien pitoisuuksia merkittävästi. Esimerkik-

si lajittelu ja kuorinta voivat vähentää kauran sisältämän DONin ja T-2- sekä HT-2-toksiinien pitoisuuksia jopa 90 %.

Tässä tutkimuksessa viljan hometoksiinien saannin arvioitiin käytettiin MTT:n, Eviran ja ProAgria Maaseutukustusten Liiton 1999–2007 hometoksiinituloksia. Ruoankäyttötietona käytettiin suomalaisten aikuisten ravintotutkimusta, Finravinto 2007. Tulosten mukaan 25–74-vuotiaat suomalaiset naiset saavat viljoista henkeä kohden deoksinivalenolia päivittäin keskimäärin yhteensä 5,4 µg ja miehet 6,3 µg. Laskettaessa viljojen suurkuluttajille vastaavat saantimäärät käyttäen kulutustietojen 95. persentiiliä saadaan naisille päivittäiseksi kokonaissaanniksi 12,4 µg (n. 18 % TDI:stä) ja miehille 15,3 µg (n. 18 % TDI:stä).

T-2- ja HT-2-toksiineille laskettiin yhteissaantimäärät, koska näille toksineille on yhteinen siedettävä päivittäinen enimmäismäärä. 25–74-vuotiaat suomalaisten T-2- ja HT-2-toksiinien saanti on keskimäärin naisilla yhteensä 1,8 µg ja miehillä 2,2 µg. Suurkuluttajille vastaavat saantimäärät ovat naisilla 3,9 µg (n. 92 % TDI:stä) ja miehillä 5,1 µg (n. 100 % TDI:stä).

Zearalenonia ja nivalenolia suomalaiset saavat ravinnosta keskimäärin yhtä paljon. Naisten päivittäinen saantimäärä on molemmilla toksiineilla 1,6 µg ja miehillä 2,0 µg. Laskettaessa suurkuluttajille vastaavat saantimäärät saadaan naisten kokonaissaanniksi 3,2 µg ja miesten 4,3 µg. Zearalenonin kohdalla tämä tarkoittaa noin 23–25 % TDI:stä ja nivalenolin kohdalla noin 6–7 % TDI:stä.

Tuloksista havaitaan, että T-2- ja HT-2-toksiineja lukuun ottamatta *Fusarium*-toksiinien saanti on huomattavasti vähäisempää kuin siedettävät päivittäiset enimmäissaantimäärät. Lisäksi tuloksia tarkastettaessa on syytä muistaa, että saantiarvioinneissa ei ole otettu huomioon lajittelun ja kuorinnan vaikutuksia. Käytettävissä ei ollut riittävästi yksityiskohtaista tietoa kuorinnan vaikutuksista hometoksiinipitoisuuksiin.

Lyhenteitä

DON	= deoksinivalenoli
EFSA	= Euroopan elintarviketurvallisuusvirasto (European Food Safety Authority)
IARC	= Kansainvälinen syöväntutkimuslaitos (International Agency for Research on Cancer)
KTL	= Kansanterveyslaitos
LOQ	= määrittäysraja (limit of quantification)
MMM	= Maa- ja metsätalousministeriö
MTT	= Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus
NIV	= nivalenoli
PROAGRIA	= Maaseutukeskusten Liitto
rp	= ruumiinpaino
SCF	= Elintarvikealan tiedekomitea (Scientific Committee on Food)
SCOOP	= tieteellinen yhteistyö (Scientific Co-operation)
TDI	= siedettävä päivittäinen enimmäissaantimäärä (Tolerable Daily Intake)
WHO	= Maailman terveysjärjestö (World Health Organization)
ZEA	= zearalenoni

Sisällysluettelo

Yhteenveto.....	6
Lyhenteitä	8
1 Johdanto	10
2 Yleistä <i>Fusarium</i> -toksiineista	11
2.1 Deoksinivalenoli.....	13
2.2 T-2- ja HT-2-toksiini.....	14
2.3 Zearalenoni.....	15
2.4 Nivalenoli	16
3 Lainsäädäntö	17
4 Menetelmät.....	18
4.1 Pitoisuusmittaukset	18
4.2 Pitoisuuksien vaihtelu alueittain ja vuosittain	18
4.3 Kauran lajittelun ja kuorinnan vaikutus.....	20
4.4 Kulutustiedot	20
4.5 Saannin arvioinnista	21
5 Tulokset ja tulosten tarkastelu	23
5.1 Deoksinivalenoli.....	23
5.2 T-2- ja HT-2-toksiini.....	25
5.3 Zearalenoli ja nivalenoli	28
6 SCOOP-raportti.....	31
7 Tuontielintarvikkeet	33
8 Johtopäätökset	34
Lähdeluettelo.....	35
Liite I MTT:n ja Eviran 1999-2007 viljan hometoksiinien pitoisuustulokset	37
Liite II Eviran 2007 viljan hometoksiinien valvontatulokset	38
Liite III <i>Fusarium</i> -toksiinien pitoisuudet alueittain MTT:llä 1999-2007 tehdyn tutkimuksen mukaan	39
Liite IV Finravinto 2007	40

1 Johdanto

Fusarium-toksiinien saanti Suomessa arvioitiin elintarvikkeisiin käytettävistä viljoista Elintarviketurvallisuusvirasto Evirassa yhteistyössä Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksen MTT:n sekä Kansanterveyslaitoksen kanssa.

Saantilaskelmien avulla selvitettiin, kuinka paljon suomalaiset saavat viljasta ja viljatuotteista (vehnä, ruis, kaura ja ohra) *Fusarium*-toksiineja, deoksinivalenolia (DON), zearalenonia (ZEA), nivalenolia (NIV) sekä T-2- ja HT-2-hometoksiineja. Saannin arviointia varten oli käytettävissä MTT:n, Eviran ja ProAgrian turvallisuustietoseurannan tulokset vuosilta 1999–2007 sekä Eviran valvontatulokset vuodelta 2007.

Tarve seurata *Fusarium*-toksiinien saantia nousi ajankohtaiseksi vuonna 2006 Euroopan komission annettua suosituksen niiden vähentämisestä viljassa. Lisäksi vuonna 2006 Euroopan komissio asetti *Fusarium*-toksiineista deoksinivalenolille ja zearalenonille käsittele-

mättömässä viljassa ja viljavalmisteissa enimmäispitoisuusrajat, joita valvotaan. Muiden hometoksiinien, T-2- ja HT-2-toksiinien ja nivalenolin lainsäädäntötyö on meneillään.

Tuloksia verrattiin EU:n Elintarvikealan tiedekomitean määrittämiin *Fusarium*-toksiinien siedettäviin päivittäisiin enimmäissaantimääriin, jotka ovat deoksinivalenolille 1,0 µg ruumiinpainokiloa kohti (/kg rp), T-2- ja HT-2-toksiineille yhteisesti 0,06 µg/kg rp, zearalenonille 0,2 µg/kg rp sekä nivalenolille 0,7 µg/kg rp.

Aiemmin *Fusarium*-toksiinien saantia Suomessa ravintona käytetystä viljasta on arvioitu EU:n tieteellisen yhteistyön (SCOOP) vuonna 2003 julkaisemassa raportissa. Tällöin saanniksi arvioitiin 0,144 µg/kg rp deoksinivalenolia, 0,037 µg/kg rp T-2- ja HT-2-toksiineja, 0,027 µg/kg rp zearalenonia ja 0,027 µg/kg rp nivalenolia [SCOOP, 2003; Schothorst & van Egmond, 2004].

2 Yleistä *Fusarium*-toksiineista

Fusarium- eli punahomeet ovat hyvin tavallisia viljoissa esiintyviä homeita lauhkean ilmastovyöhykkeen alueella (mm. Pohjois-Eurooppa). Punahomeisiin kuuluu useita homelajeja, jotka aiheuttavat erilaisia kasvitauteja. Tämän lisäksi monet punahomelajit kykenevät tuottamaan aineenvaihduntatuotteina mykotoksiineja eli homemyrkyjä, joita esiintyy yleisesti mm. viljoissa ja viljatuotteissa. Mykotoksiineilla voi olla yksi tai useampi myrkyllinen ominaisuus, ja siten ne saattavat vaikuttaa haitallisesti ihmisten ja eläinten terveyteen. Akuutit myrkytystapaukset ovat harvinaisia. Pitkäaikaisen altistumisen kaikkia vaikutuksia ei tunneta.

Fusarium-sukuun kuuluvat homesienet tuottavat lukuisia erilaisia toksiineja. Usein yksi homesienilaji voi tuottaa useita eri toksiineja samanaikaisesti. Taulukossa 1 on esitetty eri *Fusarium*-homesienten tuottamia toksiineja. *Fusarium*-toksiineihin kuuluvat muun muassa trikotekeenit, joista yleisimpiä ovat deoksinivalenoli, nivalenoli sekä T-2- ja HT-2-toksiini. Yhteensä erilaisia trikotekeenejä tunnetaan noin 170. Lisäksi *Fusarium*-sienet tuottavat myös muita toksiineja, kuten zearalenonia ja fumonisiineja. Fumonisiineja esiintyy lähinnä maississa. Ne eivät ole mukana tässä raportissa.

Valtaosaa erilaisista *Fusarium*-toksiineista ei ole toistaiseksi tarkemmin tutkittu, mutta edellä mainittujen toksiinien haitoista on sen verran näyttöä, että näiden toksiinien määrää elintarvikkeissa pyritään rajoittamaan [Eriksen & Alexander, 1998].

Uusi aikaisemmin tuntematon laji *Fusarium langsethiae* löydettiin Suomesta vuonna 2001. Löydetty laji tuottaa jyvien sen kehityksen aikana T-2- ja HT-2 toksiinia [Hietaniemi et al., 2008].

MTT teki vuosina 2005 ja 2006 tutkimuksen, jonka tavoitteena oli selvittää suomalaista viljaa tartuttava *Fusarium*-lajisto sekä sen muodostamat mykotoksiinit. Tutkimusvuodet olivat hyvin erilaisia sääoloiltaan, ja olosuhteet suosivat eri *Fusarium*-lajeja. *Fusarium*-tartunta oli 2005 kerätyissä näytteissä homeiden kasvulle suotuisien olojen takia runsas. *Fusarium avenaceum* oli yleisin sekä ohralla, kevätvehnällä että kauralla. Deoksinivalenolin muodostajat *Fusarium culmorum* ja *Fusarium graminearum* olivat yleisempiä ohralla ja kauralla, kun taas kevätvehnällä tartuntaa oli vähemmän. Syysviljanäytteitä tutkittiin vähän ja niissä myös *Fusarium*-tartunta oli alhaisin. T-2- ja HT-2-toksiinien muodostajia *Fusarium sporotrichioides* ja *Fusarium langsethiae* tavattiin runsaimmin kau-

Taulukko 1. Eri *Fusarium*-lajikkeiden tuottamia toksiineja [Eriksen & Alexander, 1998].

Lajike*	Toksiinit**
<i>Fusarium acuminatum</i>	T-2, HT-2, DAS, MAS, MON, NEO
<i>Fusarium avenaceum</i>	MON, FUS C
<i>Fusarium cerealis</i> (=F. <i>crookwellence</i>)	NIV, FUS X, ZEA, FUS C
<i>Fusarium culmorum</i>	DON, ZEA, NIV, FUS X, FUS C, A-DON
<i>Fusarium equiseti</i>	DAS, ZEA, FUC
<i>Fusarium graminearum</i>	DON, ZEA, A-DON, NIV, FUS X, FUS C
<i>Fusarium langsethiae</i>	T-2, HT-2
<i>Fusarium oxysporum</i>	MON
<i>Fusarium poae</i>	DAS, MAS, NIV, FUS X, T-2, HT-2, FUS C
<i>Fusarium proliferatum</i>	FUM, MON
<i>Fusarium sacchari</i> (=F. <i>subglutinans</i>)	MON
<i>Fusarium sambucinum</i>	DAS, MAS
<i>Fusarium torulosum</i>	WOR
<i>Fusarium semitectum</i> (=F. <i>incarnatum</i>)	ZEA
<i>Fusarium sporotrichioides</i>	T-2, HT-2, DAS, NEO, FUS C
<i>Fusarium tricinctum</i>	FUS C
<i>Fusarium verticillioides</i> (=F. <i>moniliforme</i>)	FUM, FUS C

* Sulussa vaihtoehtoinen nimi

** Tärkeimmät kyseisten homeiden toksiinit tummennetulla. Lyhenteet: A-DON = asetyylideoksinivalenoli, DAS = diasetoksisirpenoli, DON = deoksinivalenoli, FUC = fusarokromanoni, FUM = fumonisiini, FUS C = fusariini C, FUS X = fusarenoni X, MAS = monoasetoksisirpenoli, MON = moniliformiini, NEO = neosolanioli, NIV = nivalenoli, WOR = wortmanniini, ZEA = zearalenoni

ranäytteistä, mutta myös jonkin verran ohrasta.

Vuoden 2006 kuivan kesän sadossa DONin muodostajia oli niukemmin. Sen sijaan T-2- ja HT-2-toksiinien muodostajia ja *Fusarium poae*-lajia oli runsaammin kuin 2005. Viimemainittuja, erityisesti *Fusarium langsethiae*-lajia esiintyi varsin runsaana joissain kauralajikkeissa. *Fusarium langsethiae*-lajia voidaan tavata kaikista viljoista ja kaikilta viljanviljelyalueilta, mutta tartunta on yleisin

ja runsain kauralla. *Fusarium langsethiae* on todettu pääasialliseksi trikotekeeniinien tuottajaksi Norjassa ja laji näyttää myös olevan tärkein T-2- ja HT-2-toksiinien tuottaja suomalaisessa viljassa. Ohrassa esiintyy myös samoja toksiineja tuottavaa *Fusarium sporotrichioides*-lajia. Deoksinivalenolin tuottajista *Fusarium culmorum* on yleisempi ja runsaampi kuin *Fusarium graminearum*. Nivalenolia muodostava *Fusarium poae* viihtyy lämpimässä ja kuivassa. Lajia esiintyy eniten kaurassa [Rämö et al., 2008].

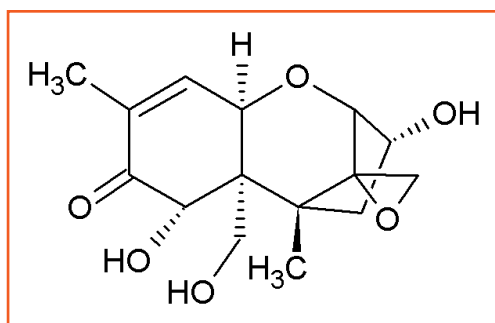
2.1 Deoksinivalenoli

Deoksinivalenoli on erityisesti *Fusarium graminearum*- ja *Fusarium culmorum*-homesientien tuottama mykotoksiini. Edellä mainittujen homesientien maantieteellinen jakautuminen määräytyy ensisijaisesti lämpötilan mukaan. *Fusarium graminearum*-homesientä esiintyy pääsääntöisesti lämpimässä ilmastossa, optimaalisen kasvulämpötilan ollessa 25 °C.

Nämä homesienet aiheuttavat erilaisia kasvitauteja viljoille. Viljojen kukinta-aikana vallitseva kosteus vaikuttaa suuressi tautien syntyyn. Sateiden ajankohdalla on myös ratkaisevan tärkeä tekijä.

Kaikista trikotekeeneistä DON on useimmin esiintyvä ja sitä tavataan kaikkialla maailmassa, erityisesti viljoissa, kuten vehnässä, rukiissa, kaurassa, ohrassa, maississa ja harvemmin riisissä.

Kemialliselta rakenteeltaan deoksinivalenoli kuuluu trikotekeeneihin, jotka ovat nelirenkaisia seskviterpeenejä (Kuva 1). DON kuuluu B-tyyppin trikotekeeneihin, joiden tunnusmerkki on C-8 sitoutunut karbonyyliryhmä. DON kiteytyy neulamaisiksi, värittömiksi kiteiksi ja liukenee veteen sekä joihinkin polaarisiin liuottimiin, kuten metanoliin, asetonitriiliin ja etyyliasetaatiiin [EFSA, 2004b].



Kuva 1. Deoksinivalenolin rakenne

Terveydelliset haittavaikutukset

Koe-eläimillä tehtyjen kokeiden perusteella deoksinivalenolilla voi olla terveydelle haitallisia vaikutuksia sekä lyhytkestoisen että pitkäaikaisen altistumisen seurauksena. Kerta-annostuksella DONilla on havaittu kaksi tyypillistä toksikologista vaikutusta: ruokahaluttomuus ja oksentelu. Kerta-annoksina DONin on myös havaittu vahingoittavan soluja ruoansulatuselimissä. Näitä vaikutuksia on havaittu myös muilla trikotekeeneillä, joskin vaikutusten voimakkuudessa on eroja. Deoksinivalenolia sisältävät viljat ovat aiheuttaneet ihmisille Aasiassa useita sairauksia, joihin on liittynyt pahoinvointia, oksentelua, ruoansulatuselimistön häiriöitä, huimausta, ripulia ja päänsärkyä. Näissä tapauksissa deoksinivalenolin pitoisuus viljoissa on ollut 3-93 mg/kg [WHO, 2002].

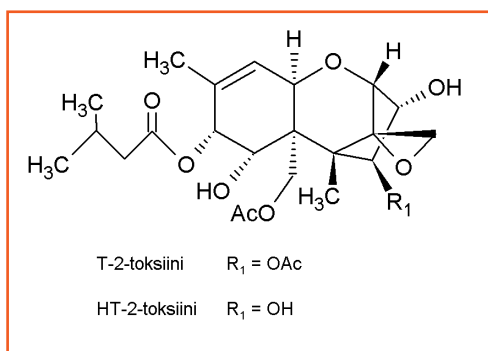
Tärkein deoksinivalenolin terveydellinen haittavaikutus on koe-eläinkokeissa havaittu elimistön vastustuskyvyn aleneminen. Koe-eläimillä yhdenmukaisimpia vaikutuksia sekä lyhytkestoisen että pitkäkestoisen DONin annostuksella oli vähentynyt kasvu. Suuremmat annokset heikensivät kateenkorvan, pernan, maksan ja sydämen kasvua.

Hiirillä tehdyissä kokeissa ei ole saatu osoituksia deoksinivalenolin syöpävaarallisuudesta. Kansainvälinen syöpätutkimuskeskus (IARC) on luokitellut deoksinivalenolin luokkaan 3 eli yhdisteeksi, jota ei voida luokitella ihmiselle syöpää aiheuttavaksi [IARC, 1993].

EU:n Elintarvikealan tiedekomitea päätyi vuonna 1999 määrittämään deoksinivalenolin siedettäväksi päivittäiseksi enimmäissaantimääräksi 1 µg kilogrammaa ruumiinpainoa (rp) kohti yleisen toksisuuden ja immunotoksisuuden perusteella [SCF, 1999; Wijnands & van Leusden, 2000].

2.2 T-2- ja HT-2-toksiini

T-2- ja HT-2-toksiinit kuuluvat A-tyypin trikotekeeneihin eli niissä ei ole karbonyyliryhmää kuten deoksinivalenolilla (Kuva 2). T-2- ja HT-2-toksiineja tuottavat esimerkiksi *Fusarium acuminatum*, *Fusarium equiseti*, *Fusarium poae* ja *Fusarium sporotrichioides*. Suomessa tärkein T-2- ja HT-2-toksiinien tuottaja on *Fusarium langsethia*.



Kuva 2. T-2- ja HT-2-toksiinien rakenne

Terveystieteelliset haittavaikutukset

T-2- ja HT-2-toksiinien toksikologisia vaikutuksia on hyvin hankala erottaa toisistaan, koska T-2 metaboloituu nopeasti HT-2-toksiiniksi. T-2-toksiinin toksikologisia tutkimuksia on käytetty perustana arvioitaessa HT-2-toksiinin haittavaikutuksia. Muutamat tehdyt vertailevat tutkimukset näiden kahden toksiinin välillä ovat antaneet näyttöä niiden samankaltaisista haittavaikutuksista.

T-2-toksiinin myrkyllisyyttä koskevat tiedot perustuvat pääasiallisesti tutkimuksiin, joissa mykotoksiinia on annosteltu hiirille päivittäin alle kuukauden aikajaksona. Immuunijärjestelmä on T-2-toksiinin pääasiallinen vaikutusalue. Vaikutuksiin kuuluvat esimerkiksi muutokset leukosyyttien määrässä ja alentunut vasta-aineiden muodostuminen. T-2-toksiinin on myös havaittu vaikuttavan mikrobisten tulehdusten vastustuskykyyn [WHO, 2002].

Hiirillä tehdyissä syöpätutkimuksissa ei ole saatu näyttöä T-2-toksiinin syöpävaarallisuudesta. Kansainvälinen syöpätutkimuskeskus on luokitellut T-2-toksiinin luokkaan 3 eli yhdisteeksi, jota ei voida luokitella ihmiselle syöpää aiheuttavaksi [IARC, 1993].

Tutkittaessa T-2-toksiinin genotoksisuutta mikro-organismeilla tulokset olivat tasaisesti negatiivisia. Viljelyillä nisäkkäiden soluilla alhaiset T-2-pitoisuudet aiheuttivat kuitenkin geenimutaatiota, kromosomipoikkeamia ja solujen välisen viestinnän estymistä.

Saatavilla olevat tutkimustulokset ihmisiin kohdistuvista haittavaikutuksista rajoittuvat muutamaankin tutkittuun akuuttiin myrkytystapaukseen, joissa havaittuja oireita olivat pahoinvointi, oksentelu, nielun ärsytys, vatsakivut sekä pullistumat, ripuli, veriset ulosteet, huijaus ja väritykset [WHO, 2002]. Näiden tapausten on päätelty aiheutuneen T-2-toksiinia sisältäneistä viljoista. Muiden trikotekeenien läsnäoloa samoissa viljoissa ei kuitenkaan ole pystytty sulkemaan pois.

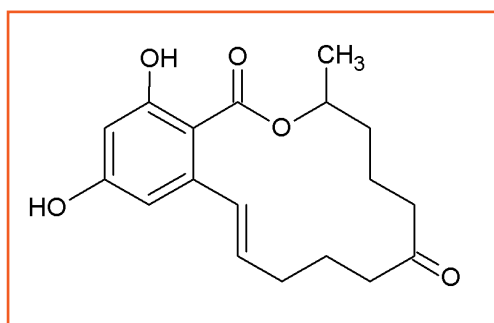
EU:n Elintarvikealan tiedekomitea määrittä vuonna 2001 T-2- ja HT-2-toksiineille yhteisen siedettävän päivittäisen enim-

mäissaantimäärän 0,06 µg/kg rp. Tähän oli syynä nimenomaan se, ettei T-2- ja HT-2-toksiinien haittavaikutuksia kyetty varmuudella erottamaan toisistaan [SCF, 2001; Wijnands & van Leusden, 2000].

2.3 Zearalenoni

Zearalenonia tuottavat useat homesienet, kuten *Fusarium graminearum*, *Fusarium culmorum*, *Fusarium cerealis*, *Fusarium equiseti* ja *Fusarium semitectum*. Nämä homesienet tartuttavat viljat tavallisesti kukintakautena, mutta zearalenonia voi myös muodostua sadonkorjuun jälkeenkin huonojen varastointimenetelmien seurauksena.

Zearalenoni (ZEA) on resorisyklinen laktoni (kuva 3), joka muodostaa valkoisia, veteen liukenemattomia kiteitä. Zearalenoni on stabiili yhdiste sekä säilytyksessä että prosessoinnissa, eikä se hajoa korkeissa lämpötiloissa [EFSA, 2004a].



Kuva 3. Zearalenonin rakenne

Terveydelliset haittavaikutukset

Zearalenonilla on alhainen akuutti toksisuus hiirillä, rotilla ja marsuilla tehtyjen kokeiden perusteella. Zearalenoni aiheuttaa muutoksia koe-eläinten lisääntymiselimissä. Pitempiaikaisessa kokeessa on zearalenonin havaittu aiheuttavan

koe-eläimillä hormonaalisia (estrogeenisia) vaikutuksia, kuten vähentynyttä hedelmällisyyttä, pienentyneitä poikueiden kokoja sekä hormonitoiminnan muutoksia. Teratogeenisia vaikutuksia ei ole havaittu [EFSA, 2004a].

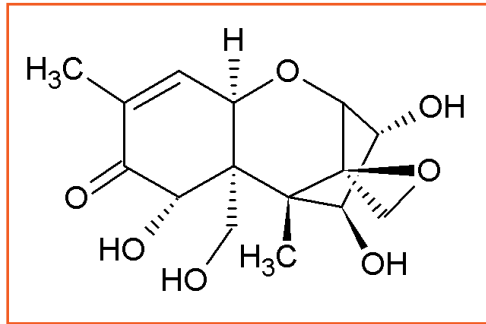
Korkeat ZEA-pitoisuudet ovat aiheuttaneet hiirille kasvainten muodostumista, mutta tutkimuksissa ei ole pystytty havaitsemaan lisääntyneitä syöpäriskiä. Kansainvälinen syöväntutkimuskeskus on luokitellut myös zearalenonin luokkaan 3, eli yhdisteeksi, jonka syöpävaarallisuutta ihmisille ei ole pystytty osoittamaan [IARC, 1993].

Tällä hetkellä saatavilla olevat tutkimustulokset eivät mahdollista täsmällisen arvion tekemistä zearalenonin genotoksisuudesta, eli perimän kautta aiheutuvasta syöpävaarallisuudesta [WHO, 2000].

EU:n Elintarvikealan tiedekomitea päätyi siihen tulokseen, että zearalenonin turvallisuutta arvioitaessa lähtökohdaksi otettiin annoskoko, joka ei aiheuttanut hormonaalisia muutoksia sioilla, jotka ovat kaikista koe-eläimistä herkimpiä. Komitea määrittä vuonna 2000 zearalenonin siedettäväksi päivittäiseksi enimmäissaantimääräksi tällä perusteella 0,2 µg/kg rp [SCF, 2000a; Wijnands & van Leusden, 2000].

2.4 Nivalenoli

Nivalenoli on B-tyyppin trikotekeeni (kuva 4), jota tuottavat muun muassa *Fusarium cerealis* ja *Fusarium poae* sekä vähemmässä määrin *Fusarium culmorum* ja *Fusarium graminearum*. Muiden trikotekeeniinien tapaan nivalenoli on erittäin stabiili yhdiste [SCF, 2000b].



Kuva 4. Nivalenolin rakenne

Terveystieteelliset haittavaikutukset

Yleinen toksisuus ja immunotoksisuus ovat nivalenolin kriittisiä vaikutuksia. Hiirillä tehtyjen pitkäaikaisten kokeiden perusteella nämä vaikutukset ovat samantapaisia kuin muilla trikotekeeneillä [Eriksen & Alexander, 1998].

Nivalenoli on vähemmän akuutisti toksinen kuin T-2-toksiini, mutta vaikuttaa olevan akuutisti toksisempi kuin deoksinivalenoli. Pitkäaikainen altistuminen voi johtaa leukopeniaan eli valkosolukatoon [Eriksen & Alexander, 1998].

Kansainvälisen syöväntutkimuskeskuksen mukaan nivalenolin syöpävaarallisuudesta ei ole riittävästi näyttöä, joten myös nivalenoli luokiteltiin luokkaan 3 [IARC, 1993].

Nivalenolin genotoksisuudesta ei ole saatu riittävästi näyttöä luotettavaa arviointia varten. Hamstereilla on tosin havaittu lisääntyneitä kromosomien poikkeamia [SCF, 2000b].

EU:n Elintarvikealan tiedekomitea määrittä vuonna 2000 nivalenolin siedettäväksi päivittäiseksi enimmäissaantimääräksi 0,7 µg/kg rp [SCF, 2000b; Wijnands & van Leusden, 2000].

3 Lainsäädäntö

Fusarium-toksiineja koskevat Euroopan yhteisöjen komission asetus (EY) N:o 1881/2006 ja tätä täydentävä asetus (EY) N:o 1126/2007, jotka vahvistavat tiettyjen elintarvikkeissa olevien vierasaineiden enimmäispitoisuudet. Taulukossa 2 on esitettyinä deoksinivalenolille ja zearalenonille asetetut enimmäispitoisuudet eri elintarvikeryhmissä.

Komission asetuksessa (EY) N:o 401/2006 annetaan ohjeet näytteenotto- ja määrittämenetelmistä elintarvikkeiden mykotoksiinipitoisuuksien virallista valvontaa varten.

Lisäksi komissio antoi vuonna 2006 suosituksen 2006/583/EY, jossa käsitellään viljatuotteissa esiintyvien *Fusarium*-toksiinien ehkäisemistä ja vähentämistä.

Taulukko 2. Deoksinivalenolin (DON) ja zearalenonin (ZEA) korkeimmat sallitut enimmäismäärät eri elintarvikkeissa.

Elintarvikeryhmä	Enimmäispitoisuus µg/kg	
	DON	ZEA
Käsittelemättömät viljat, muut kuin durumvehnä, kaura ja maissi	1250	100
Käsittelemätön durumvehnä ja kaura	1750	100
Käsittelemätön maissi, lukuun ottamatta märkäjauhatuskseen tarkoitettua käsittelemätöntä maissia	350	350
Viljat, jotka on tarkoitettu suoraan ihmisravinnoksi, jauhettu vilja, leseet ja alkiot lopputuotteina ja suoraan ihmisravinnoksi myytävänä, lukuun ottamatta alla lueteltuja elintarvikkeita	750	75
Imeväisten ja pikkulasten viljapohjaiset valmisruoat ja muut lastenruoat	200	20
CN-koodeihin 1103 13 tai 1103 20 40 luokiteltavat maissin fraktiot, joiden karkeus on > 500 mikronia, sekä CN-koodiin 1904 10 10 luokiteltavat muut maissista valmistetut myllytuotteet, joiden karkeus on > 500 mikronia ja joita ei käytetä suoraan ihmisravinnoksi	750	200
CN-koodiin 1102 20 luokiteltavat maissin fraktiot, joiden karkeus on ≤ 500 mikronia, sekä CN-koodiin 1904 10 10 luokiteltavat muut maissista valmistetut myllytuotteet, joiden karkeus on ≤ 500 mikronia ja joita ei käytetä suoraan ihmisravinnoksi	1250	300
Jalostettu maissiöljy	-	400
Leipä (mukaan luettuna pienet leipomotuotteet), kakut ja leivokset, keksit ja pikkuleivät, viljaväliäpalat sekä aamiaishiutaleet, lukuun ottamatta maissiväliäpaloja ja maissipohjaisia aamiaishiutaleita	500	50
Maissi, joka on tarkoitettu suoraan ihmisravinnoksi. Maissiväliäpalat ja maissipohjaiset aamiaishiutaleet	500	100
Pasta (kuiva)	750	-

4 Menetelmät

4.1 Pitoisuusmittaukset

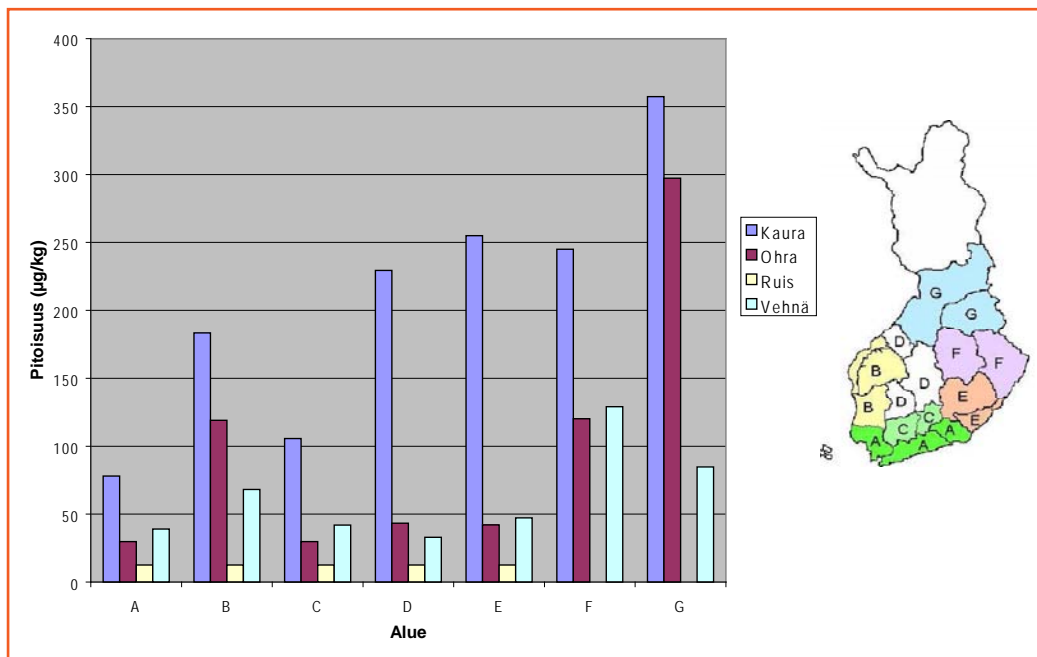
MTT on kemiallisesti analysoinut viljoissa olevia toksiinipitoisuuksia johdonmukaisesti vuodesta 1999 alkaen. Evira on vastannut näytteenotosta. Näytteet on otettu suoraan viljelijöiltä osana vuosittaista Eviran viljan laadun valvontaineistoa. Näissä saantilaskelmissa on käytetty tärkeimpänä lähdemateriaalina MTT:n turvallisuustietoseurannan mittauksia 989 viljanäytteestä vuosilta 1999–2007 (Liite I). Lisäksi tarkasteltiin vertailun vuoksi Eviran valvontatuloksia vuodelta 2007 (Liite II).

Pitoisuusmittausten määrittäminen LOQ oli 25 µg/kg. Tämän alle jääneistä mitaustuloksista käytettiin arvoa LOQ/2 eli 12,5 µg/kg. Pitoisuustuloksista suurin osa jäi suhteellisen vähäiseksi, mutta joukossa oli myös muutamia erittäin korkeita yksittäisiä pitoisuuksia. Tämän takia päätettiin saantilaskelmissa käyttää pitoisuuksien mediaania, jolloin suuresti poikkeavien arvojen vaikutus vähenee. Keskiarvopitoisuuksilla laskettaessa poikkeuksellisen korkeiden pitoisuuksien vaikutus voimistuu, mikä aiheuttaa vääristymää saantiarvioihin.

4.2 Pitoisuuksien vaihtelu alueittain ja vuosittain

MTT 1999–2007 tutkimustulokset on jaoteltu myös alueittain (Liite III). Muiden *Fusarium*-toksiinien kuin deoksinivalenolin mediaanipitoisuudet ovat lähes kaikki määrittämissä rajojen alapuolella, joten näistä ei ole mahdollista tarkemmin analysoida alueellisia pitoisuusvaihteluita. Sen sijaan deoksinivalenolin pitoisuuden alueellista jakaumaa voidaan tarkastella lähemmin (kuva 5, s. 19).

Rukiin DON-pitoisuudet ovat kaikilla alueilla alle määrittämissä rajojen. Muilla viljoilla suurimmat pitoisuudet on mitattu Itä- ja Pohjois-Suomessa.

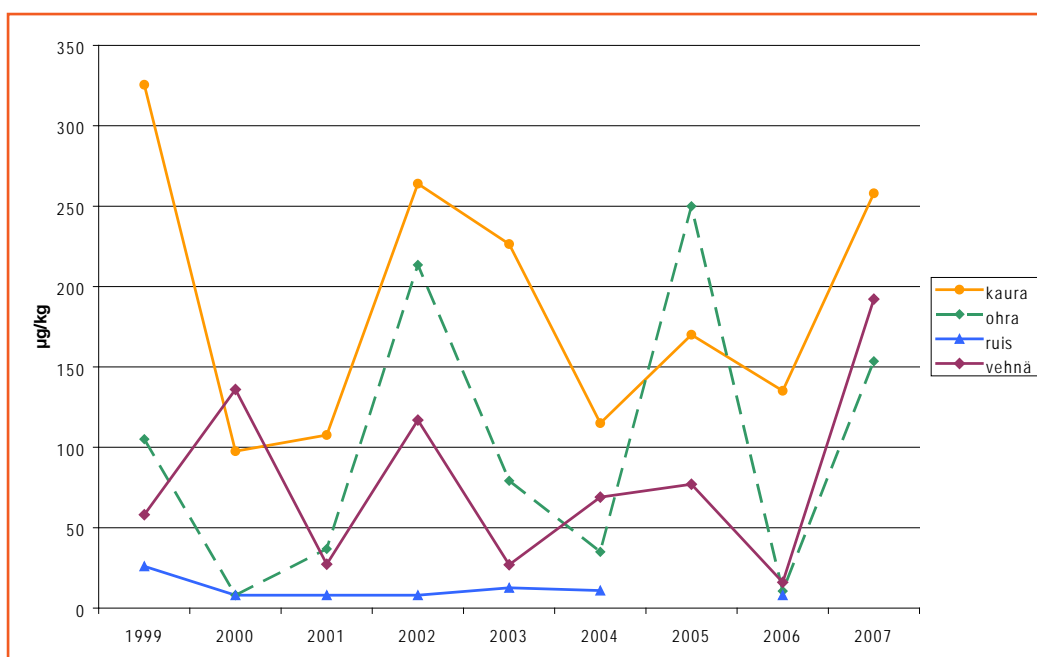


Kuva 5. Deoksinivalenolin pitoisuudet alueittain 1999–2007 MTT:n, Eviran ja ProAgrian tutkimuksen mukaan [Hieta-niemi et al., 2008].

Fusarium-toksiinien pitoisuudet viljassa vaihtelevat vuosittain riippuen erityisesti vallinneista sääolosuhteista. Kuvassa 6 on esitettyä DON-pitoisuuksien vuotuiset vaihtelut vuosilta 1999–2007.

Sateisuus lisää tartuntojen määrää ja korkeat lämpötilat suosivat toksiinin-

muodostusta. Toisaalta kuivuus ja lämpö suosivat T-2- ja HT-2-toksiinien muodostajia. Esimerkiksi *Fusarium culmorum* ja *Fusarium graminearum* viihtyvät lämpimässä, ja siksi niitä oli 2005 varsin runsaasti. Toisaalta lämpimänä kesänä 2006 kuivuus esti tartuntaa [Parikka et al., 2008].



Kuva 6. Deoksinivalenolin vuotuiset pitoisuusvaihtelut eri viljoissa MTT 1999–2007 mittausten mukaan.

4.3 Kauran lajittelun ja kuorinnan vaikutus

MTT:n tutkimusten mukaan viljasadon huolellinen kuivaus on viljaraaka-aineen korkean laadun tae. Tämän lisäksi esipuhdistuksella, lajittelulla ja kuorinnalla voidaan vaikuttaa merkittävästi DONin, nivalenolin ja T-2- ja HT-2-toksiinien pitoisuuksiin sekä kauralla että ohralla. Satokaudet ovat erilaisia johtuen sääolosuhteiden vaihteluista. Mykotoksiineja tuottavien *Fusarium*-sienten tartunta tapahtuu vuodesta riippuen eri aikoina. Hyvin aikainen tartunta heti viljojen kukintavaiheen jälkeen antaa aikaa myös toksiinien muodostumiselle. Tällöin myös viljojen jyvien kehityksessä on havaittu ongelmia ja loppusadosta saattaa löytyä paljon pieniä ja surkastuneita jyviä. Mikäli *Fusarium*-tartunta tapahtuu satokauden loppuvaiheissa, se ei vaikuta niinkään jyvien kehitykseen, mutta *Fusarium*-sieniä on silminnähtävissä. Vastaavasti toksiinien muodostus tapahtuu viljan tuleentumisvaiheessa.

Kauran ja ohran lajittelulla voidaan vaikuttaa kaikkien edellä mainittujen toksiinien määriin. Suurin vaikutus saadaan aikaan vuosina, jolloin *Fusarium*-tartunta on tapahtunut aikaisin. MTT:n tutkimusten mukaan lajittelulla on ollut eniten vaikutusta T-2- ja HT-2-toksiinin määriin. Pitoisuudet alenivat jopa 90 % lähtötasoon verrattuna. Vastaava vaikutus on havaittu myös DONille, vaihdellen 20–72 % välillä. Myös nivalenolilla vaikutus on ollut 50–80 %:n luokkaa. Erot DONin ja T-2- ja HT-2-toksiinien välillä selittyvät osaltaan sillä, että DONia tuottavat sienet kuten *Fusarium graminearum* ja *Fusarium culmorum* lisääntyvät pääasiallisesti satokauden loppuvaiheissa.

Lajittelun ja kuorinnan yhteisvaikutuksella on ratkaiseva merkitys viljasadon laadun turvallisuuden varmistamisessa. MTT:llä on osoitettu, että teollisella kauran kuorinnalla voidaan alentaa DONin pitoisuutta jopa 90 %. Teollinen kuorinta tai todennäköisemmin lajittelun ja kuorinnan yhteisvaikutus alensi T-2- ja HT-2-toksiinien määrää 90 %.

Edellä on esitetty, että viljojen esipuhdistuksella on huomattava merkitys *Fusarium*-toksiinien pitoisuuksiin. MTT:n, Eviran ja ProAgrian turvallisuustietoseurannan 1999–2007 mukaan kauralla on esiintynyt eniten korkeita mykotoksiinipitoisuuksia ja siten lajittelulla ja kuorinnalla on ratkaiseva merkitys kauraraaka-aineen turvallisuuden varmistamisessa. Elintarvikekäyttöön menevä kauraraaka-aine sekä lajitellaan että kuoritaan [Rämö et al., Maa-seudun tiede, 13.10.2008].

4.4 Kulutustiedot

Tiedot suomalaisten elintarvikkeina kuluttamien viljojen määristä saatiin Kansanterveyslaitokselta sekä Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskukselta Tikeltä. Molemmat tilastot ovat laadittu omilla periaatteillaan, joista seuraavassa lyhyt yhteenveto.

Ravintotase

Tiken laatima ravintotase on yhteenveto maamme tärkeimpien elintarvikeryhmien tuotannosta, kotimaisesta käytöstä ja kulutuksesta. Ravintotase on kokonaislaskelma, jonka tiedot kootaan eri tietolähteistä. Tärkeimpiä lähteitä ovat Tiken tuotanto- ja satotilastot sekä maatilatutkimukset, Elintarviketeollisuusliitto ry:n kotimaan myyntitilastot, Tullihallituksen ulkomaankauppatilastot sekä Riista- ja

kalatalouden tutkimuslaitoksen tilastot. Elintarvikkeiden kulutusmäärät laske-
taan pääosin niiden tuotantotilastoista.
Kotimainen käyttö saadaan tällöin vä-
hentämällä kotimaisesta tuotannosta
vientimäärät ja lisäämällä siihen tuonti-
määrät. Laskentatavasta johtuen ravin-
totaseisiin perustuvat elintarvikkeiden
kulutuslaskelmat eivät kerro ruoanku-
lutuksen tarkkaa määrää. Esimerkiksi
ruoan hävikki sekä omatarveviljely pys-
tytään tarvittaessa ottamaan tilastoin-
nissa huomioon vain erilaisiin arvioihin
pohjautuen. Ravintotase laaditaan ka-
lenterivuositain [Tike, 2008].

Finravinto-tutkimus

Kansanterveyslaitos tekee viiden vuo-
den väliajoin väestön ravintotutkimusta,
jossa selvitetään suomalaisen aikuisvä-
estön ruoankäyttöä ja ravintoaineiden
saantia. Finravinto 2007-tutkimukses-
sa tutkittiin suomalaisten (25-74 vuoti-
aiden) eri viljojen päivittäistä kulutusta
kahden edeltävän päivän haastattelun
ja 6 päivän (2 x 3 päivän) ruokapäivä-
kirjojen avulla. Tutkimuksessa oli kaik-
kiaan mukana 846 naista ja 730 miestä
[KTL, 2008]. Tätä saantilaskelmaa var-
ten KTL toimitti viljan kulutustiedot niiltä
258 naiselta ja 184 mieheltä, joilta oli
kerätty kahdeksan päivän ruoankäyttö-
tiedot.

4.5 Saannin arvioinnista

Kulutustiedoista päätettiin käyttää
KTL:n Finravinto 2007-tutkimuksen tu-
loksia (Liite IV). Nämä tulokset osoit-
tautuvat tarkemmiksi tätä tutkimus-
ta varten. Tiken ravintotase antaa
lähinnä teoreettisen enimmäismää-
rän, paljonko eri viljoja voitaisiin syödä
Suomessa, kun taas Finravinto 2007-tut-
kimuksessa on kerätty todelliset syön-

timäärät. Kiinnostavaa on kuitenkin
huomata, että rukiin kulutusmäärä on
KTL:n mukaan hieman suurempi kuin
mikä Tiken mukaan olisi mahdollista.
Tähän on ainakin kaksi mahdollista se-
litystä. KTL:n tutkimus käsittää 25-74
-vuotiaat suomalaiset. Muut ikäluokat
saattavat kuluttaa huomattavasti vä-
hemmän ruista. Lisäksi on mahdollis-
ta, että KTL:n tutkimukseen osallistu-
neet henkilöt ovat hieman yliarvioineet
omaa rukiin kulutustaan. Rukiin yliarvi-
ointiin voi johtaa myös ruisleipä-käsite,
koska vain erittäin pieni osa käytetystä
ruisleivästä on 100 % rukiista valmistet-
tua ja kuitenkin myyntinimenä on tyy-
pillisesti ruisleipä tai ruissekaleipä.

Fusarium-toksiinien saantilaskelmiin
valittiin kaksi laskumenetelmää: me-
diaanipitoisuus kerrottuna keskiarvo-
kulutuksella sekä mediaanipitoisuus
kerrottuna 95. persentiili-kulutuksel-
la. Ensimmäisellä laskumenetelmällä
kuvataan normaalin päivittäisen kulu-
tuksen aiheuttamaa toksiinien saantia,
toisella menetelmällä puolestaan vilja-
tuotteiden suurkuluttajien saantimää-
riä. Naisten ja miesten hometoksiinien
saantimäärät laskettiin erikseen. Tulok-
set ilmoitettiin mikrogrammoina ruu-
miinpainokiloa kohti päivässä. Naisten
keskipaino 70,8 kg ja miesten keskipai-
no 85,3 kg oli laskettu KTL:n tutkimuk-
seen osallistuneilta henkilöiltä.

Mediaani tarkoittaa lukua, joka on jär-
jestetyn aineiston keskimäinen luku.
Muuttujan 95. persentiili on arvo, jon-
ka alapuolella jakaumassa jää 95 % ta-
pauksista.

Kulutustiedoista käytettiin saantilaskel-
missa keskiarvoa ja 95. persentiiliä. Kos-
ka ei voida pitää kuitenkaan todennä-

köisenä, että kuluttajat söisivät kaikkia viljoja päivittäin keskiarvon tai 95. persentiilin mukaisesti, päätettiin myös laskea sellaiset vaihtoehdot, joissa oletetaan kuluttajan syövän vain yhtä viljaa. Tätä laskelmaa varten KTL laski jokaisen tutkimukseen osallistuneen henkilön viljan kokonaissaannin, mistä laskettiin keskiarvo ja kulutuksen 95. persentiili sekä naisille että miehille. Näitä lukuja käytettiin saantilaskelmissa jokaiselle viljalle.

Kulutuksen 95. persentiilin mukaan lasketuista *Fusarium*-toksiinien saantiarvioista on laskettu summa kaikille viljoille,

vaikka samat henkilöt eivät todennäköisesti kuulu kunkin viljalajin suurkuluttajiin. Tätä tulosta käytettiin kuvaamaan pahimman altistuksen tilannetta ("worst case"). Samaa menetelmää on käytetty myös EU:n tieteellisen yhteistyön (SCOOP) tehtävien saantiarvioissa [SCOOP, 2003].

Saantilaskuissa ei ole huomioitu lajittelun ja kuorinnan vaikutuksia, koska näiden toksiinimäärää vähentävästä vaikutuksesta ei pystytä määrittämään täsmällistä prosenttiosuutta.

5 Tulokset ja tulosten tarkastelu

5.1 Deoksinivalenoli

MTT 1999–2007 ja Finravinto 2007 tutkimusten mukaan 25–74-vuotiaat suomalaiset naiset (keskipaino 70,8 kg) saavat viljoista henkeä kohden deoksinivalenolia päivittäin keskimäärin yhteensä 5,4 µg ja miehet (keskipaino 85,3 kg) 6,3 µg. Laskettaessa suurkuluttajille vastaavat saantimäärät käyttäen kulutustietojen 95. persentiiliä saadaan naisille päivittäiseksi kokonaissaanniksi 12,4 µg ja miehille 15,3 µg.

Taulukossa 3 tulokset ovat esitettyinä mikrogrammoina ruumiinpainokiloa kohti naisille ja miehille. Määrät ovat huomattavasti alle korkeimman siedettävän päivittäisen enimmäissaantimäärän. Suurimmat DON-pitoisuudet esiintyvät kauralla, mutta vehnän kulutus on niin paljon suurempaa, että vehnä on merkittävin DONin saantilähde. Käytettäessä kulutustiedoista 95. persentiiliä kauran osuus kasvaa paljon. Kuitenkin MTT:n tutkimukset osoittavat, että kauran sisältämistä *Fusarium*-toksiineista suurin osa häviää jyvien kuorinnan seurauksena [Rämö et al., Maaseudun tiede, 13.10.2008].

Kokonaisuutena miehet ja naiset saavat viljasta suunnilleen yhtä paljon deoksinivalenolia päivässä ruumiinpainokiloa kohti. Naiset syövät keskimäärin vähemmän kuin miehet, mutta naisten keskipainokin on pienempi, minkä seurauksena saanti ruumiinpainokiloa kohti on samaa luokkaa kuin miehillä. Viljojen kulutusmäärät eroavat miesten ja naisten välillä eniten rukiin kohdalla, erityisesti käytettäessä rukiin kulutuksen 95. persentiiliä. Käytettäessä kulutuksen keskiarvotietoja naiset saavat muista viljoista hieman enemmän deoksinivalenolia kuin miehet. Tämä selittyy kulutustietojen samankaltaisuudella. KTL:n tietojen mukaan miehet ja naiset syövät keskimäärin yhtä paljon kauraa ja ohraa. Laskettaessa kulutus 95. persentiilin mukaan nousee miesten deoksinivalenolin kokonaissaanti hieman suuremmaksi kuin naisten.

Taulukko 3. Deoksinivalenolin saanti ruumiinpainokiloa kohti MTT:n, Eviran, ProAgrian ja MMM:n turvallisuustietoseurannan 1997–2007 pitoisuusmittausten mukaan.

Deoksinivalenoli (TDI = 1,0 µg/kg rp/vrk)								
MTT 1999–2007: koko Suomi								
Vilja	Pitoisuudet (µg/kg)		Kulutus Naiset / Miehet (g/vrk) (N Naiset=258, Miehet=184)		Saanti (1) µg/kg rp/vrk		Saanti (2) µg/kg rp/vrk	
	N	Mediaani	Keskiarvo	95. persentiili	Naiset	Miehet	Naiset	Miehet
Kaura	361	169,00	8,1 / 8,1	29,5 / 33,5	0,019	0,016	0,070	0,066
Ohra	236	65,40	1,2 / 1,2	6,4 / 6,5	0,001	0,001	0,006	0,005
Ruis	67	12,50	42,2 / 63,4	89,3 / 146,7	0,007	0,009	0,016	0,021
Vehnä	325	46,16	74,5 / 88,7	126,7 / 159,2	0,049	0,048	0,083	0,086
Yht.	989				0,076	0,074	0,175	0,179

Saanti (1) = mediaanipitoisuus x keskiarvokulutus

Saanti (2) = mediaanipitoisuus x 95. persentiili-kulutus

Eviran 2007 valvontatuloksissa DON-pitoisuudet olivat alhaisempia kuin MTT:n 1999–2007 tuloksissa, erityisesti vehnällä. Nimenomaan vehnän pitoisuudesta johtuvat Evira 2007 valvontatuloksien mukaan tehtyjen saantilaskelmien

(Taulukko 4) pienemmät DONin saantimäärät. Muista hometoksiineista ei Eviran vuoden 2007 valvontatuloksissa löytynyt kuin vähäisiä pitoisuuksia (Liite II).

Taulukko 4. Deoksinivalenolin saanti ruumiinpainokiloa kohti Evira 2007 valvontatulosten mukaan.

Deoksinivalenoli (TDI = 1,0 µg/kg rp/vrk)								
Evira 2007								
Vilja	Pitoisuudet (µg/kg)		Kulutus Naiset / Miehet (g/vrk) (N Naiset=258, Miehet=184)		Saanti (1) µg/kg rp/vrk		Saanti (2) µg/kg rp/vrk	
	N	Mediaani	Keskiarvo	95. persentiili	Naiset	Miehet	Naiset	Miehet
Kaura	10	128,72	8,1 / 8,1	29,5 / 33,5	0,015	0,012	0,054	0,051
Ohra	6	53,13	1,2 / 1,2	6,4 / 6,5	0,001	0,001	0,005	0,004
Ruis	33	12,50	42,2 / 63,4	89,3 / 146,7	0,007	0,009	0,016	0,021
Vehnä	15	12,50	74,5 / 88,7	126,7 / 159,2	0,013	0,013	0,022	0,023
Yht.	64				0,036	0,035	0,097	0,099

Saanti (1) = mediaanipitoisuus x keskiarvokulutus

Saanti (2) = mediaanipitoisuus x 95. persentiili-kulutus

Lisäksi laskettiin turvallisuustietoseurannan 1999–2007 pitoisuusmittauksia käyttäen, millaiseksi DONin saanti muodostuu, jos oletetaan, että kuluttaja syö vain yhtä ainoaa viljatyyppeä (Taulukko 5). Todennäköisesti juuri kukaan ei nauti pelkästään ohraa ravinnoksi, mutta tämäkin luku on sisällytetty taulukkoon. Ylivoimaisesti suurimmat saantimäärät tulevat korkeimmat DON-pitoisuus-

det sisältävästä kaurasta, mutta siinäkin jäädään puoleen siedettävästä päivittäisestä enimmäissaantimäärästä. Yksinomaan kauraa syömällä naiset saavat päivittäin henkeä kohti DONia 21,3 µg ja miehet 27,3 µg. Finravinto 2007 -tutkimuksen keskiarvokulutuksen perusteella. Vastaavat saantimäärät kulutustietojen 95. persentiiliin perusteella ovat naisille 32,7 µg ja miehille 43,2 µg.

Taulukko 5. Deoksinivalenolin saanti, kun oletetaan kuluttajan syövän ainoastaan jotain tiettyä viljatyyppeä.

Deoksinivalenoli (TDI = 1,0 µg/kg rp/vrk)								
MTT 1999-2007: koko Suomi								
Vilja	Pitoisuudet (µg/kg)		Kulutus Naiset / Miehet (g/vrk) (N Naiset=258, Miehet=184)		Saanti (1) µg/kg rp/vrk		Saanti (2) µg/kg rp/vrk	
	N	Mediaani	Keskiarvo	95. persentiili	Naiset	Miehet	Naiset	Miehet
Kaura	361	169,00	125,9 / 161,5	193,5 / 255,4	0,301	0,320	0,462	0,506
Ohra	236	65,40	125,9 / 161,5	193,5 / 255,4	0,116	0,124	0,179	0,196
Ruis	67	12,50	125 / 161,5	193,5 / 255,4	0,022	0,024	0,034	0,037
Vehnä	325	46,16	125,9 / 161,5	193,5 / 255,4	0,082	0,087	0,126	0,138

Saanti (1) = mediaanipitoisuus x keskiarvokulutus
Saanti (2) = mediaanipitoisuus x 95. persentiili-kulutus

5.2 T-2- ja HT-2-toksiini

T-2- ja HT-2-toksiineille laskettiin yhteissaantimäärät, koska näille toksiineille on yhteinen siedettävä päivittäinen enimmäissaantimäärä. MTT:n Turvallisuustietoseurannan 1999–2007 perusteella 25–74-vuotiaat suomalaiset naiset saavat viljoista henkeä kohden T-2- ja HT-2-toksiineja päivittäin keskimäärin yhteensä 1,8 µg ja miehet 2,2 µg. Laskettaessa

suurkuluttajille vastaavat saantimäärät käyttäen kulutustietojen 95. persentiiliä saadaan naisille kokonaissaanniksi 3,9 µg ja miehille 5,1 µg.

Siedettävä päivittäinen enimmäissaantiraja saavutetaan laskettaessa miesten saantimäärät kulutuksen 95. persentiiliin perusteella (Taulukko 6). Tämä tapahtuu siitä huolimatta, että kauraa lukuun ottamatta muiden viljojen T-2- ja HT-2-

pitoisuudet jäävät alle määrittämissä rajojen. Käytettäessä pitoisuuksista mediaaniarvoa myös kauran T-2- ja HT-2-pitoisuudet jäävät hyvin pieneksi. Täytyy lisäksi ottaa huomioon, kuten deoksinivalenolin kohdalla tuotiin esille, että suurin osa kauran sisältämistä toksiineista häviää kuorinnan seurauksena.

Naisilla ja miehillä huomattavin ero-avaisuus saantimäärissä syntyy käytettäessä rukiin kulutuksesta 95. persentiiliä, joka on miehille suhteellisesti paljon suurempi kuin naisille. Muuten saantimäärät ovat hyvin samansuuruiset sukupuolesta riippumatta.

Taulukko 6. T-2- ja HT-2-toksiinien saanti ruumiinpainokiloa kohti MTT:n, Eviran, ProAgrian ja MMM:n turvallisuustietoseurannan 1997–2007 pitoisuusmittausten mukaan.

T-2 ja HT-2 (TDI = 0,06 µg/kg rp/vrk)								
MTT 1999-2007: koko Suomi								
Vilja	Pitoisuudet (µg/kg)		Kulutus Naiset / Miehet (g/vrk) (N Naiset=258, Miehet=184)		Saanti (1) µg/kg rp/vrk		Saanti (2) µg/kg rp/vrk	
	N	Mediaani	Keskiarvo	95. persentiili	Naiset	Miehet	Naiset	Miehet
Kaura	361	36,65	8,1 / 8,1	29,5 / 33,5	0,004	0,003	0,015	0,014
Ohra	236	12,50	1,2 / 1,2	6,4 / 6,5	0,000	0,000	0,001	0,001
Ruis	67	12,50	42,2 / 63,4	89,3 / 146,7	0,007	0,009	0,016	0,021
Vehnä	325	12,50	74,5 / 88,7	126,7 / 159,2	0,013	0,013	0,022	0,023
Yht.	989				0,025	0,026	0,055	0,060

Saanti (1) = mediaanipitoisuus x keskiarvokulutus

Saanti (2) = mediaanipitoisuus x 95. persentiili-kulutus

Eviran 2007 valvontatulosten pitoisuudet (Taulukko 7) ovat lähes samat kuin MTT:n 1999–2007 pitoisuudet. Ainoastaan ohran pitoisuus on suurempi, mutta ohran kulutus on niin vähäistä, ettei tällä ole juuri merkitystä kokonaissaannin kannalta.

Siedettävä päivittäinen enimmäissaantimäärä ei ylity laskuissa, mutta käytettäessä 95. persentiiliä kulutustiedoista päästään kuitenkin kohtalaisen lähelle näitä.

Taulukko 7. T-2- ja HT-2-toksiinien saanti ruumiinpainokiloa kohti Evira 2007 valvontatulosten mukaan.

T-2 ja HT-2 (TDI = 0,06 µg/kg rp/vrk)								
Evira 2007								
Vilja	Pitoisuudet (µg/kg)		Kulutus Naiset / Miehet (g/vrk) (N Naiset=258, Miehet=184)		Saanti (1) µg/kg rp/vrk		Saanti (2) µg/kg rp/vrk	
	N	Mediaani	Keskiarvo	95. persentiili	Naiset	Miehet	Naiset	Miehet
Kaura	10	36,71	8,1 / 8,1	29,5 / 33,5	0,001	0,001	0,005	0,005
Ohra	6	24,10	1,2 / 1,2	6,4 / 6,5	0,000	0,000	0,001	0,001
Ruis	33	12,50	42,2 / 63,4	89,3 / 146,7	0,007	0,009	0,016	0,021
Vehnä	15	12,50	74,5 / 88,7	126,7 / 159,2	0,013	0,013	0,022	0,023
Yht.	64				0,022	0,024	0,044	0,051

Saanti (1) = mediaanipitoisuus x keskiarvokulutus

Saanti (2) = mediaanipitoisuus x 95. persentiili-kulutus

Jos syödään ainoastaan kauraa, siedettävä päivittäinen enimmäissaantimäärä ylittyy T-2- ja HT-2-toksiinien osalta helposti (Taulukko 8). Tällöin naiset saavat päivittäin henkeä kohti T-2- ja HT-2-toksiineja yhteensä 4,6 µg ja miehet 5,9 µg keskiarvokulutuksen perusteella ja vas-

taavasti kulutustietojen 95. persentiilin perusteella 7,1 µg ja 9,4 µg. Muut viljat yksittäin nautittuna eivät näiltä osin aiheuta terveysriskejä. Taas täytyy kuitenkin muistaa, että kauran sisältämien toksiinien määrä vähenee merkittävästi kuorinnan seurauksena.

Taulukko 8. T-2- ja HT-2-toksiinien saanti ruumiinpainokiloa kohti, kun oletetaan kuluttajan syövän ainoastaan jotain tiettyä viljatyyppeä.

T-2 ja HT-2 (TDI = 0,06 µg/kg rp/vrk)								
MTT 1999-2007: koko Suomi								
Vilja	Pitoisuudet (µg/kg)		Kulutus Naiset / Miehet (g/vrk) (N Naiset=258, Miehet=184)		Saanti (1) µg/kg rp/vrk		Saanti (2) µg/kg rp/vrk	
	N	Mediaani	Keskiarvo	95. persentiili	Naiset	Miehet	Naiset	Miehet
Kaura	361	36,65	125,9 / 161,5	193,5 / 255,4	0,065	0,069	0,100	0,110
Ohra	236	12,50	125,9 / 161,5	193,5 / 255,4	0,022	0,024	0,034	0,037
Ruis	67	12,50	125,9 / 161,5	193,5 / 255,4	0,022	0,024	0,034	0,037
Vehnä	325	12,50	125,9 / 161,5	193,5 / 255,4	0,022	0,024	0,034	0,037

Saanti (1) = mediaanipitoisuus x keskiarvokulutus

Saanti (2) = mediaanipitoisuus x 95. persentiili-kulutus

5.3 Zearalenoni ja nivalenoli

Zearalenonilla ja nivalenolilla on erilliset siedettävät päivittäiset enimmäissaantimäärät, mutta tulokset niiden saantilaskelmista ovat täsmälleen identtiset sekä MTT:n 1999–2007 että Eviran 2007 mittauksista. Molempien toksiinien pitoisuudet nimittäin jäävät kaikilla viljoilla alle määritysrajojen. Tästä seuraa, etteivät kummankaan toksiinin saanti-

määrät lähesty siedettäviä päivittäisiä enimmäissaantimääriä (Taulukot 9-12).

25–74-vuotiaat suomalaiset naiset saavat viljoista henkeä kohden zearalenonia ja nivalenolia molempia päivittäin keskimäärin 1,6 µg ja miehet 2,0 µg. Laskettaessa suurkuluttajille vastaavat saantimäärät käyttäen kulutustietojen 95. persentiiliä saadaan naisille kokonaissaanniksi 3,2 µg ja miehille 4,3 µg.

Taulukko 9. Zearalenonin saanti ruumiinpainokiloa kohti MTT:n, Eviran, ProAgrian ja MMM:n turvallisuustietoseurannan 1997–2007 pitoisuusmittausten mukaan.

Zearalenoni (TDI = 0,2 µg/kg rp/vrk)								
MTT 1999-2007: koko Suomi								
Vilja	Pitoisuudet (µg/kg)		Kulutus Naiset / Miehet (g/vrk) (N Naiset=258, Miehet=184)		Saanti (1) µg/kg rp/vrk		Saanti (2) µg/kg rp/vrk	
	N	Mediaani	Keskiarvo	95. persentiili	Naiset	Miehet	Naiset	Miehet
Kaura	361	12,50	8,1 / 8,1	29,5 / 33,5	0,001	0,001	0,005	0,005
Ohra	236	12,50	1,2 / 1,2	6,4 / 6,5	0,000	0,000	0,001	0,001
Ruis	67	12,50	42,2 / 63,4	89,3 / 146,7	0,007	0,009	0,016	0,021
Vehnä	325	12,50	74,5 / 88,7	126,7 / 159,2	0,013	0,013	0,022	0,023
Yht.	989				0,022	0,024	0,044	0,051

Saanti (1) = mediaanipitoisuus x keskiarvokulutus

Saanti (2) = mediaanipitoisuus x 95. persentiili-kulutus

Taulukko 10. Nivalenolin saanti ruumiinpainokiloa kohti MTT:n, Eviran, ProAgrian ja MMM:n turvallisuustietoseurannan 1997–2007 pitoisuusmittausten mukaan.

Nivalenoli (TDI = 0,7 µg/kg rp/vrk)								
MTT 1999-2007: koko Suomi								
Vilja	Pitoisuudet (µg/kg)		Kulutus Naiset / Miehet (g/vrk) (N Naiset=258, Miehet=184)		Saanti (1) µg/kg rp/vrk		Saanti (2) µg/kg rp/vrk	
	N	Mediaani	Keskiarvo	95. persentiili	Naiset	Miehet	Naiset	Miehet
Kaura	361	12,50	8,1 / 8,1	29,5 / 33,5	0,001	0,001	0,005	0,005
Ohra	236	12,50	1,2 / 1,2	6,4 / 6,5	0,000	0,000	0,001	0,001
Ruis	67	12,50	42,2 / 63,4	89,3 / 146,7	0,007	0,009	0,016	0,021
Vehnä	325	12,50	74,5 / 88,7	126,7 / 159,2	0,013	0,013	0,022	0,023
Yht.	989				0,022	0,024	0,044	0,051

Saanti (1) = mediaanipitoisuus x keskiarvokulutus

Saanti (2) = mediaanipitoisuus x 95. persentiili-kulutus

Taulukko 11. Zearalenonin saanti ruumiinpainokiloa kohti Evira 2007 valvontatulosten mukaan.

Zearalenoni (TDI = 0,2 µg/kg rp/vrk)								
Evira 2007								
Vilja	Pitoisuudet (µg/kg)		Kulutus Naiset / Miehet (g/vrk) (N Naiset=258, Miehet=184)		Saanti (1) µg/kg rp/vrk		Saanti (2) µg/kg rp/vrk	
	N	Mediaani	Keskiarvo	95. persentiili	Naiset	Miehet	Naiset	Miehet
Kaura	5	12,50	8,1 / 8,1	29,5 / 33,5	0,001	0,001	0,005	0,005
Ohra	3	12,50	1,2 / 1,2	6,4 / 6,5	0,000	0,000	0,001	0,001
Ruis	1	12,50	42,2 / 63,4	89,3 / 146,7	0,007	0,009	0,016	0,021
Vehnä	6	12,50	74,5 / 88,7	126,7 / 159,2	0,013	0,013	0,022	0,023
Yht.	15				0,022	0,024	0,044	0,051

Saanti (1) = mediaanipitoisuus x keskiarvokulutus

Saanti (2) = mediaanipitoisuus x 95. persentiili-kulutus

Taulukko 12. Nivalenolin saanti ruumiinpainokiloa kohti Evira 2007 valvontatulosten mukaan.

Nivalenoli (TDI = 0,7 µg/kg rp/vrk)								
Evira 2007								
Vilja	Pitoisuudet (µg/kg)		Kulutus Naiset / Miehet (g/vrk) (N Naiset=258, Miehet=184)		Saanti (1) µg/kg rp/vrk		Saanti (2) µg/kg rp/vrk	
	N	Mediaani	Keskiarvo	95. persentiili	Naiset	Miehet	Naiset	Miehet
Kaura	10	12,50	8,1 / 8,1	29,5 / 33,5	0,001	0,001	0,005	0,005
Ohra	6	12,50	1,2 / 1,2	6,4 / 6,5	0,000	0,000	0,001	0,001
Ruis	33	12,50	42,2 / 63,4	89,3 / 146,7	0,007	0,009	0,016	0,021
Vehnä	15	12,50	74,5 / 88,7	126,7 / 159,2	0,013	0,013	0,022	0,023
Yht.	64				0,022	0,024	0,044	0,051

Saanti (1) = mediaanipitoisuus x keskiarvokulutus

Saanti (2) = mediaanipitoisuus x 95. persentiili-kulutus

Koska kaikilla viljoilla pitoisuudet ovat määrittämissä rajojen alle, jäävät saantimäärät hyvin pieniksi myös syötäessä ainoastaan yhtä ainoaa viljatyyppeä (taulukot 13 ja 14). Kaikille viljoille päivittäiset

saantimäärät sekä zearalenonille että nivalenolille ovat kulutuksen keskiarvon mukaan 2,0 µg ja 95. persentiilin mukaan 3,2 µg.

Taulukko 13. Zearalenonin saanti, kun oletetaan kuluttajan syövän ainoastaan jotain tiettyä viljatyyppeä.

Zearalenoni (TDI = 0,2 µg/kg rp/vrk)								
MTT 1999-2007: koko Suomi								
Vilja	Pitoisuudet (µg/kg)		Kulutus Naiset / Miehet (g/vrk) (N Naiset=258, Miehet=184)		Saanti (1) µg/kg rp/vrk		Saanti (2) µg/kg rp/vrk	
	N	Mediaani	Keskiarvo	95. persentiili	Naiset	Miehet	Naiset	Miehet
Kaura	361	12,50	125,9 / 161,5	193,5 / 255,4	0,022	0,024	0,034	0,037
Ohra	236	12,50	125,9 / 161,5	193,5 / 255,4	0,022	0,024	0,034	0,037
Ruis	67	12,50	125,9 / 161,5	193,5 / 255,4	0,022	0,024	0,034	0,037
Vehnä	325	12,50	125,9 / 161,5	193,5 / 255,4	0,022	0,024	0,034	0,037

Saanti (1) = mediaanipitoisuus x keskiarvokulutus

Saanti (2) = mediaanipitoisuus x 95. persentiili-kulutus

Taulukko 14. Nivalenolin saanti, kun oletetaan kuluttajan syövän ainoastaan jotain tiettyä viljatyyppeä.

Nivalenoli (TDI = 0,7 µg/kg rp/vrk)								
MTT 1999-2007: koko Suomi								
Vilja	Pitoisuudet (µg/kg)		Kulutus Naiset / Miehet (g/vrk) (N Naiset=258, Miehet=184)		Saanti (1) µg/kg rp/vrk		Saanti (2) µg/kg rp/vrk	
	N	Mediaani	Keskiarvo	95. persentiili	Naiset	Miehet	Naiset	Miehet
Kaura	361	12,50	125,9 / 161,5	193,5 / 255,4	0,022	0,024	0,034	0,037
Ohra	236	12,50	125,9 / 161,5	193,5 / 255,4	0,022	0,024	0,034	0,037
Ruis	67	12,50	125,9 / 161,5	193,5 / 255,4	0,022	0,024	0,034	0,037
Vehnä	325	12,50	125,9 / 161,5	193,5 / 255,4	0,022	0,024	0,034	0,037

Saanti (1) = mediaanipitoisuus x keskiarvokulutus

Saanti (2) = mediaanipitoisuus x 95. persentiili-kulutus

6 SCOOP-raportti

Direktiivin 93/5/ETY puitteissa toteutettiin tieteellisen yhteistyön (SCOOP) tehtävä 3.2.10 "Collection of occurrence data on *Fusarium* toxins in food and assessment of dietary intake by the population of EU Member States", josta julkaistiin raportti huhtikuussa 2003. Raporttiin oli kerätty tietoja *Fusarium*-toksiinien saannista 11 EU-maassa sekä Norjassa [SCOOP, 2003].

Raportissa esitettiin myös arvio *Fusarium*-toksiinien saannista Suomessa perustuen vuosina 1998–2001 otettuihin viljanäytteisiin ja KTL:n Finravinto 2002-tutkimukseen. Näistä lähtökohdista saatiin laskettua suomalaisten *Fusarium*-toksiinien saantiarviot: DON 0,144 µg/kg rp/vrk, T-2- ja HT-2-toksiinit 0,037 µg/kg rp/vrk, ZEA 0,027 µg/kg rp/vrk ja NIV 0,027 µg/kg rp/vrk.

Raportin suurimpia puutteita on se, että siihen osallistuneilla mailla on lähes kaikilla ollut käytössä erilaiset menetelmät saantiarvioiden laskemiseksi. Ainoastaan Norjassa toksiinipitoisuudet oli mitattu Suomen tapaan raakaviljasta. Norjalaisten *Fusarium*-toksiinien saantiarviot oli laskettu sekä keskiarvopitoisuuksien ja keskiarvokulutuksen mukaan että keskiarvopitoisuuksien ja kulutuksen 95. persentiiliin mukaan. Tässä uudessa saantilaskelmassa päätettiin käyttää pitoisuuksien mediaaniarvoja, mutta taulukkoon 15 on vertailun vuoksi otettu Suomestakin uudet keskiarvopitoisuudet [SCOOP, 2003; Schothorst & van Egmond, 2004].

Norjalaisten syömästä viljasta lähes kaikki on vehnää. Kauraa norjalaiset eivät syö juuri lainkaan toisin kuin suomalaiset, mikä selittääkin suomalaisten suuremmat saantimäärät käytettäessä kulutustiedoista 95. persentiiliä.

Taulukko 15. Suomen ja Norjan viljan hometoksiinien saantimäärien vertailu [SCOOP, 2003].

Toksiini	Tutkimus	Alue	Laskuissa käytetyt arvot		Päivittäinen saanti painoa kohti (µg/kg rp/vrk)	
			pitoisuus	kulutus	NAISET	MIEHET
DON	MTT 1999–2007	Suomi	keskiarvo	keskiarvo	0,259	0,250
			keskiarvo	95. persentiili	0,572	0,582
	SCOOP 3.2.10	Norja	keskiarvo	keskiarvo	0,300	0,343
			keskiarvo	95. persentiili	0,530	0,627
T-2 ja HT-2	MTT 1999–2007	Suomi	keskiarvo	keskiarvo	0,045	0,044
			keskiarvo	95. persentiili	0,127	0,130
	SCOOP 3.2.10	Norja	keskiarvo	keskiarvo	0,055	0,064
			keskiarvo	95. persentiili	0,117	0,137
ZEA	MTT 1999–2007	Suomi	keskiarvo	keskiarvo	0,032	0,032
			keskiarvo	95. persentiili	0,080	0,085
	SCOOP 3.2.10	Norja	keskiarvo	keskiarvo	0,006	0,008
			keskiarvo	95. persentiili	0,014	0,017
NIV	MTT 1999–2007	Suomi	keskiarvo	keskiarvo	0,029	0,029
			keskiarvo	95. persentiili	0,065	0,071
	SCOOP 3.2.10	Norja	keskiarvo	keskiarvo	0,050	0,057
			keskiarvo	95. persentiili	0,094	0,110

7 Tuontielintarvikkeet

Suomeen tuotiin vuonna 2007 Tiken tilastojen mukaan noin 214 milj. kg viljoja. Näistä 159 milj. kg oli vehnää ja 52 milj. kg ruista. Tuontimaat vaihtelevat vuosittain, mutta Ruotsi, Saksa, Iso-Britannia ja Puola kuuluvat yleensä suurimpiin tuontimaihin.

Tullilaboratorio toimitti tulokset 145 tuontielintarvikkeelle tehdystä deoksinivalenolin pitoisuuden mittauksesta vuosilta 2004–2008 sekä 20 tuontielintarvikkeelle tehdystä zearalenonin pi-

toisuuden mittauksesta vuosilta 2007 ja 2008. ZEA-mittauksissa ei tullut esiin yhtään enimmäispitoisuusrajat ylittävää elintarviketta. DON-mittauksistakin löytyi ainoastaan 10 maissituotteen osalta huomautettavaa ja yksi maissituote hylättiin korkeiden DON-pitoisuuksien takia.

Tässä saantiarviossa ei erityisesti laskettu hometoksiinien saanteja tuontiviljasta, vaan tuontivilja oli mukana kotimaisen viljan kanssa kulutusmäärien laskennassa.

8 Johtopäätökset

Korkeimmat hometoksiinipitoisuudet on havaittu kaurassa ja alueellisesti korkeimmat Itä- ja Pohjois-Suomessa. Kulutustiedoista päätettiin käyttää Kansanterveyslaitoksen Finravinto 2007-tutkimuksen tuloksia. Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskuksen Tiken ravintotase antaa lähinnä teoreettisen enimmäismäärän, paljonko eri viljoja voitaisiin syödä Suomessa, kun taas Finravinto 2007-tutkimuksessa on selvitetty todellisempia yksilökohtaisia syöntimääriä.

Käytetyillä saantilaskelmamenetelmillä havaittiin, että suomalaisten viljasta saamat *Fusarium*-toksiinimäärät ovat pääsääntöisesti siedettävien päivittäisten enimmäissaantimäärien alapuolella. Ainoastaan hyvin paljon kauraa syöville henkilöillä T-2- ja HT-2-toksiinien saanti voi nousta siedettävien päivittäisten enimmäissaantimäärien yläpuolelle. Käytännössä nämäkin tulokset jäävät siedettävien päivittäisten enimmäissaantimäärien alle, koska suurin osa kauran sisältämistä toksiineista häviää jyvien kuorinnan yhteydessä.

Fusarium-toksiinien terveysvaikutuksista ihmisille on toistaiseksi varsin vähän tietoa saatavilla. Erityisesti pitkäaikaisen altistumisen vaikutukset ihmisille ovat hyvin puutteellisesti tutkittuja.

Viljojen *Fusarium*-toksiinien pitoisuuksia on syytä analysoida jatkuvasti. Tärkeintä on tutkia *Fusarium*-toksiinien muodostumista jo viljan kasvukaudella. Suomessa on tutkittu viime vuosina *Fusarium*-homesientien esiintymistä ja toksiinien määrää, minkä tuloksena on saatu ajantasainen kuva suomalaisen viljan *Fusarium*-hometartunnasta ja sadossa esiintyvistä mykotoksiineista. Samalla on saatu tietoa *Fusarium*-hometartunnasta viljasadon kehityksen eri vaiheissa sekä viljelyteknisten toimenpiteiden vaikutuksesta tartuntaan ja toksiiniriskiin.

Fusarium-toksiinien pitoisuuksien alueellista vaihtelua tarkasteltaessa havaitaan deoksinivalenolin pitoisuuksien olevan suurempia Itä- ja Pohjois-Suomessa kuin Länsi- ja Etelä-Suomessa. Muiden *Fusarium*-toksiinien pitoisuuksien alueellisesta vaihtelusta ei mediaanitietojen perusteella voi tehdä johtopäätöksiä.

Kauralla esiintyi korkeimmat pitoisuudet deoksinivalenolia sekä T-2- ja HT-2-toksiineja. Tutkimustuloksia voidaan hyödyntää kauran valvonnan suunnittelussa. Tulevaisuudessa kauravalmisteiden toksiineja tulee analysoida, jotta varmistutaan kuorinnan toksiineja vähentävästä vaikutuksesta.

Lähdeluettelo

EFSA, Opinion of the Scientific Panel on Contaminants in the Food Chain on a request from the Commission related to Zearalenone as undesirable substance in animal feed, The EFSA Journal (2004a) 89, 1-35
http://www.efsa.europa.eu/EFSA/Scientific_Opinion/opinion_contam06_ej89_zearalenone_v3_en1,0.pdf

EFSA, Opinion of the Scientific Panel on Contaminants in the Food Chain on a request from the Commission related to Deoxynivalenol (DON) as undesirable substance in animal feed, The EFSA Journal (2004b) 73, 1-42
http://www.efsa.europa.eu/EFSA/Scientific_Opinion/contam_op_ej73_DON.pdf

Eriksen G.S., Alexander J. 1998. *Fusarium* toxins in cereals – a risk assessment. Nordic Council of Ministers, Tema Nord, 502, Copenhagen, Denmark.

Hietaniemi V, Rämö S, Koivisto T, Pitkänen T, Ketoja E, Kartio M, Varimo K, Peltonen S. Viljojen mykotoksiinit Suomessa. Maataloustieteen päivät 2008.
http://www.smts.fi/mpol2008/index_tiedostot/Esitelmat/es061.pdf

IARC. 1993. Some Naturally Occurring Substances: Food Items and Constituents, Heterocyclic Aromatic Amines and Mycotoxins. Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans 56.
<http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol56/volume56.pdf>

KTL, Finravinto-tutkimus, 2008
http://www.ktl.fi/attachments/suomi/julkaisut/julkaisusarja_b/2008/2008b23.pdf

Parikka, P, Hietaniemi, V, Rämö, S, Jalli, H. Viljelytekniikan vaikutus viljan punahomeisiin ja toksiineihin. Maataloustieteen päivät 2008.
http://www.smts.fi/mpol2008/index_tiedostot/Esitelmat/es062.pdf

Rämö S, Hietaniemi V, Parikka P, Viljan *Fusarium*-tartunta ja -toksiinit 2005–2006. Maataloustieteen päivät 2008.
http://www.smts.fi/mpol2008/index_tiedostot/Posterit/ps065.pdf

Rämö S, Hietaniemi V, Parikka P, Hankomäki J. Lajittelu ja kuorinta vähentävät viljojen hometoksiineja, Maaseudun Tiede, 13.10.2008

SCF (Scientific Committee on Food) 1999. Opinion on *Fusarium* toxins, Part 1: Deoxynivalenol (DON), expressed on 2 December 1999. European Commission
http://ec.europa.eu/food/fs/sc/scf/out44_en.pdf

SCF (Scientific Committee on Food) 2000a. Opinion of the Scientific Committee on Food on *Fusarium* toxins - Part 2: Zearalenone (ZEA), expressed on 20 June 2000. European Commission
http://ec.europa.eu/food/fs/sc/scf/out65_en.pdf

SCF (Scientific Committee on Food) 2000b. Opinion of the Scientific Committee on Food on *Fusarium* toxins Part 4: Nivalenol, expressed on 19 October 2000. European Commission
http://ec.europa.eu/food/fs/sc/scf/out74_en.pdf

SCF (Scientific Committee on Food) 2001. Opinion of the Scientific Committee on Food on *Fusarium* toxins, part 5: T-2 toxin and HT-2 toxin, adopted on 30 May 2001. European Commission http://ec.europa.eu/food/fs/sc/scf/out88_en.pdf

Schothorst RC, van Egmond HP. Report from SCOOP task 3.2.10 "collection of occurrence data of *Fusarium* toxins in food and assessment of dietary intake by the population of EU member states" Subtask: trichothecenes. *Toxicology Letters* 2004; 153: 133-143

SCOOP, Reports on tasks for scientific cooperation, Task 3.2.10, "Collection of occurrence data of *Fusarium* toxins in food and assessment of dietary intake by the population of EU Member States", 2003. <http://ec.europa.eu/food/fs/scoop/task3210.pdf>

Tike, Ravintotase, 2008 http://www.matilda.fi/servlet/page?_pageid=524,193&_dad=portal30&_schema=PORTAL30

WHO Technical Report Series, No. 906, 2002. Evaluation of certain mycotoxins (Fifty-sixth report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives). http://whqlibdoc.who.int/trs/WHO_TRS_906.pdf

WHO Technical Report Series, No. 896, 2000. Evaluation of certain food additives and contaminants (Fifty-third report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives). http://whqlibdoc.who.int/trs/WHO_TRS_896.pdf

Wijnands LM, van Leusden FM. An overview of adverse health effects caused by mycotoxins and bioassays for their detection. National Institute of Public Health and the Environment 2000: RIVM report 257852 004 <http://rivm.openrepository.com/rivm/bitstream/10029/9410/1/257852004.pdf>

Liite I

MTT:n ja Eviran 1999–2007 viljan hometoksiinien pitoisuustulokset (µg/kg)

Fusariumtoksiini	Vilja	N	Keski-arvo	Minimi	Maksimi	Mediaani*	95. persentiili**
DON	Kaura	361	488,59	12,50	8800,00	169,00	2146,00
	Ohra	236	237,56	12,50	6801,63	65,40	1210,00
	Ruis	67	21,83	12,50	178,00	12,50	59,00
	Vehnä	325	176,90	12,50	5865,13	46,16	948,36
T-2 + HT-2	Kaura	361	195,20	12,50	3500,00	36,65	862,58
	Ohra	236	22,53	12,50	315,99	12,50	72,64
	Ruis	67	15,21	12,50	106,00	12,50	27,30
	Vehnä	325	12,87	12,50	46,50	12,50	12,50
ZEA	Kaura	361	93,31	12,50	1690,00	12,50	695,00
	Ohra	236	14,41	12,50	175,00	12,50	12,50
	Ruis	67	12,50	12,50	12,50	12,50	12,50
	Vehnä	325	13,35	12,50	133,00	12,50	12,50
NIV	Kaura	361	51,78	12,50	644,05	12,50	200,00
	Ohra	236	19,79	12,50	351,00	12,50	50,83
	Ruis	67	12,50	12,50	12,50	12,50	12,50
	Vehnä	325	14,42	12,50	200,00	12,50	12,50

* mediaani = järjestetyn aineiston keskimäinen luku.

** 95. persentiili = muuttujan arvo, jonka alapuolella jakaumassa jää 95 % tapauksista.

Liite II

Eviran 2007 viljan hometoksiinien valvontatulokset ($\mu\text{g}/\text{kg}$)

Fusarium-toksiini	Vilja	Tuote	N	N >LOQ	Keski-arvo	Minimi	Maksimi	Medi-aani	95. per-sentiili
DON	Kaura	jyvä	10	8	176,27	12,50	521,26	128,72	521,26
	Ohra	jyvä	6	4	89,54	12,50	314,39	53,13	314,39
	Ruis	jauho	16	6	28,03	12,50	104,57	12,50	104,57
		jyvä	17	5	35,94	12,50	261,39	12,50	261,39
	Vehnä	jauho	9	4	97,33	12,50	609,30	12,50	609,30
		jyvä	6	2	22,67	12,50	54,98	12,50	54,98
T-2 + HT-2	Kaura	jyvä	10	3	36,71	12,50	210,47	12,50	210,47
	Ohra	jyvä	6	2	24,10	12,50	67,87	12,50	67,87
	Ruis	jauho	16	0	12,50	12,50	12,50	12,50	12,50
		jyvä	17	0	12,50	12,50	12,50	12,50	12,50
	Vehnä	jauho	9	0	12,50	12,50	12,50	12,50	12,50
		jyvä	6	0	12,50	12,50	12,50	12,50	12,50
ZEA	Kaura	jyvä	5	0	12,50	12,50	12,50	12,50	12,50
	Ohra	jyvä	3	0	12,50	12,50	12,50	12,50	12,50
	Ruis	jauho	0	0	-	-	-	-	-
		jyvä	1	0	12,50	12,50	12,50	12,50	12,50
	Vehnä	jauho	2	0	12,50	12,50	12,50	12,50	12,50
		jyvä	4	0	12,50	12,50	12,50	12,50	12,50
NIV	Kaura	jyvä	10	4	23,61	12,50	49,78	12,50	49,78
	Ohra	jyvä	6	1	20,18	12,50	58,56	12,50	58,56
	Ruis	jauho	16	0	12,50	12,50	12,50	12,50	12,50
		jyvä	17	0	12,50	12,50	12,50	12,50	12,50
	Vehnä	jauho	9	0	12,50	12,50	12,50	12,50	12,50
		jyvä	6	0	12,50	12,50	12,50	12,50	12,50

* mediaani = järjestetyn aineiston keskimäinen luku.

** 95. persentiili = muuttujan arvo, jonka alapuolella jakaumassa jää 95 % tapauksista.

Liite III

Fusarium-toksiinien pitoisuudet alueittain MTT:llä 1999–2007 tehdyn tutkimuksen mukaan

Toksiini	Vilja	Alue															
		Etelä-Suomi		Häme, Päijät-Häme		Keski-Pohjanmaa, Keski-Suomi, Pirkanmaa		Mikkeli, Etelä-Karjala		Oulu, Kainuu		Pohjois-Savo, Pohjois-Karjala		Satakunta, Etelä-Pohjanmaa, Österbottens Svenska Lantbruks			
		N	pitoisuus (µg/kg)	N	pitoisuus (µg/kg)	N	pitoisuus (µg/kg)	N	pitoisuus (µg/kg)	N	pitoisuus (µg/kg)	N	pitoisuus (µg/kg)	N	pitoisuus (µg/kg)		
DON	Kaura	79	78,00	33	105,66	50	229,40	25	255,00	36	357,35	43	244,95	94	183,44		
	Ohra	49	29,72	10	29,79	34	43,38	17	42,00	22	297,33	25	120,23	54	119,00		
	Ruis	36	12,50	10	12,50	4	12,50	6	12,50					11	12,50		
	Vehnä	157	39,00	46	41,90	12	32,88	18	47,27	10	84,77	10	129,05	72	68,15		
T-2 ja HT-2	Kaura	79	50,83	33	12,50	50	94,34	25	12,50	36	12,50	43	12,50	94	161,63		
	Ohra	49	12,50	10	12,50	34	12,50	17	12,50	22	12,50	25	12,50	54	12,50		
	Ruis	36	12,50	10	12,50	4	12,50	6	12,50					11	12,50		
	Vehnä	157	12,50	46	12,50	12	12,50	18	12,50	10	12,50	10	12,50	72	12,50		
ZEA	Kaura	79	12,50	33	12,50	50	12,50	25	12,50	36	12,50	43	12,50	94	12,50		
	Ohra	49	12,50	10	12,50	34	12,50	17	12,50	22	12,50	25	12,50	54	12,50		
	Ruis	36	12,50	10	12,50	4	12,50	6	12,50					11	12,50		
	Vehnä	157	12,50	46	12,50	12	12,50	18	12,50	10	12,50	10	12,50	72	12,50		
NIV	Kaura	79	26,00	33	12,50	50	12,50	25	12,50	36	12,50	43	12,50	94	12,50		
	Ohra	49	12,50	10	12,50	34	12,50	17	12,50	22	12,50	25	12,50	54	12,50		
	Ruis	36	12,50	10	12,50	4	12,50	6	12,50					11	12,50		
	Vehnä	157	12,50	46	12,50	12	12,50	18	12,50	10	12,50	10	12,50	72	12,50		

Liite IV

FINRAVINTO 2007, 25–74-vuotiaat [KTL, 2008]

Laskennassa mukana ne henkilöt, joilta 48-tunnin haastattelu ja 6 päivän ruokapäiväkirjat eli yhteensä 8 vrk:n ruoankulutus

Kotimaisten viljojen kulutus g/vrk/henkilö

	kaura		ohra ¹		ruis		vehnä ²	
	NAISET (n=258)	MIEHET (n=184)	NAISET (n=258)	MIEHET (n=184)	NAISET (n=258)	MIEHET (n=184)	NAISET (n=258)	MIEHET (n=184)
Keskiarvo	8,1	8,1	1,2	1,2	42,2	63,4	74,5	88,7
95. persenttiili	29,5	33,5	6,4	6,5	89,3	146,7	126,7	159,2

¹ Ei sisällä oluen valmistukseen käytettyä ohraa

² Vehnän kulutusluvussa on makaronin ja pastan käyttö (kuivapainona)

Kokonaisviljan kulutus g/vrk/henkilö

	NAISET	MIEHET
Keskiarvo	125,9	161,5
95. persenttiili	193,5	255,4

Elintarviketurvallisuusvirasto Evira
Riskinarviointiyksikkö
Mustialankatu 3, 00790 Helsinki
Puhelin 020 690 999 • Faksi 020 77 24350
www.evira.fi

Eviran tutkimuksia 5/2008
ISSN 1796-4660
ISBN 978-952-225-017-9
ISSN 1797-2981
ISBN 978-952-225-018-6 (pdf)

