

# Kvantitatiivinen riskinarviointi lasten ja aikuisten altistumisesta nitraatille ja nitriitille





Eviran tutkimuksia 2/2013

# **Kvantitatiivinen riskinarviointi lasten ja aikuisten altistumisesta nitraatille ja nitriitille**

### **Projektiryhmä**

Elintarviketurvallisuusvirasto Evira

Johanna Suomi

Tiina Putkonen

Christina Bäckman

Terveyden ja hyvinvoinnin laitos THL

Suvi Virtanen

Marja-Leena Ovaskainen

### **Lisäksi kiitämme seuraavia asiantuntijoita**

Terhi Andersson, Tullilaboratorio

Heini Haverinen, Päivittäistavarayhdistys/Kesko

Marina Heinonen, Helsingin yliopisto

Heikki Hyöty, Tampereen yliopisto

Jorma Ilonen, Itä-Suomen yliopisto

Merja Isoniemi, Evira

Mari Jääskeläinen, Elintarviketeollisuusliitto ETL

Kirsi-Helena Kanninen, Evira

Tomi Kekki, Evira

Mikael Knip, HUS

Pirkko Kostamo, Evira

Ulla Luhtasela, Evira, nykyisin Suomen Nestlé Oy

Marika Lyly, Evira, nykyisin Vaasan Oy

Tapani Lyytikäinen, Evira

Vera Mikkilä, Evira, nykyisin Helsingin yliopisto

Raimo Pohjanvirta, Helsingin yliopisto

Eero Puolanne, Helsingin yliopisto

Liisa Rajakangas, Maa- ja metsätalousministeriö

Susanna Raulio, Terveyden ja hyvinvoinnin laitos THL

Marita Ruusunen, Helsingin yliopisto

Ursula Schwab, Itä-Suomen yliopisto

Olli Simell, Turun yliopisto

Marleena Tanhuanpää, Elintarviketeollisuusliitto ETL

Heli Tapanainen, Terveyden ja hyvinvoinnin laitos THL

Riitta Veijola, Oulun yliopisto

Outi Zacheus, Terveyden ja hyvinvoinnin laitos THL

# Kuvailulehti

Julkaisija	Elintarviketurvallisuusvirasto Evira
Julkaisun nimi	Kvantitatiivinen riskinarviointi lasten ja aikuisten altistumisesta nitraatille ja nitriitille
Tekijät	Johanna Suomi, Jukka Ranta, Pirkko Tuominen, Anja Hallikainen, Tiina Putkonen, Christina Bäckman, Marja-Leena Ovaskainen, Suvi Virtanen ja Kirsti Savela
Tiivistelmä	<p>Nitraattia esiintyy luonnostaan monissa kasviksissa ja talousvedessä. Osa syödyistä nitraatista muuttuu elimistössä nitriitiksi. Nitraattia ja nitriittiä käytetään myös elintarvikelisiä aineina, koska ne hillitsevät haitallisten mikrobien kasvua. Toisaalta niiden suuren saannin katsotaan aiheuttavan terveyshaittoja.</p> <p>Esitetty probabilistinen riskinarviointi perustuu vuosina 2004 – 2012 tutkittuihin valvonta- ja tutkimusprojektinäytteisiin sekä kirjallisuustietoihin. Lisäksi käytettiin Terveyden ja hyvinvoinnin laitokselta saatuja Finravinto 2007- ja DIPP-ravintotutkimuksen tuottamia aikuisten ja lasten ruoankulutustietoja.</p> <p>Nitraattialtistus lisäainelähteistä on vähäistä. Valtaosa nitraattialtistuksesta saadaan luontaisista lähteistä: vihanneksista, hedelmistä ja vedestä. Kasvisten käsittely ja hyvä viljelykäytäntö vähentävät saantia. Paljon nitraattia sisältävien kasvien suurkuluttajien altistus voi ylittää nitraatin hyväksyttävän päivittäissaannin (ADI).</p> <p>Nitriittialtistus elintarvikkeista ja talousvedestä voi ylittää ADI-arvon noin 14 %:lla 3-vuotiaista ja 11 %:lla 6-vuotiaista suomalaislapsista. Suurin altistuslähde ovat ruokamakkarat. Toisaalta jos nitriittipitoisuuksia alennettaisiin nykytasosta, hygieniavaatimuksia ja kylmäketjuhallintaa olisi tehostettava.</p>
Julkaisuaika	Joulukuu 2013
Asiasanat	Nitraatti, nitriitti, lisäaineet, kasvikset, lihavalmistet, makkara, leikki-ikäiset, aikuiset, altistus, ADI
Julkaisusarjan nimi ja numero	Eviran tutkimuksia 2/2013
Sivuja	104
Kieli	Suomi
Luottamuksellisuus	Julkinen
Julkaisun kustantaja	Elintarviketurvallisuusvirasto Evira
Taitto	Elintarviketurvallisuusvirasto Evira, virastopalveluyksikkö
	ISSN 1797-2981    ISBN 978-952-225-126-8

## Beskrivning

Utgivare	Livsmedelssäkerhetsverket Evira
Publikationens titel	Exponeringen av barn och vuxna för nitrater och nitriter. Kvantitativ riskvärdering
Författare	Johanna Suomi, Jukka Ranta, Pirkko Tuominen, Anja Hallikainen, Tiina Putkonen, Christina Bäckman, Marja-Leena Ovaskainen, Suvi Virtanen och Kirsti Savela
Resumé	<p>Nitrat är en naturlig komponent i många grönsaker och hushållsvatten. En del av nitraten förvandlas av kroppen till nitrit. Nitrater och nitriter används också som tillsatssämnen i livsmedel för att förhindra tillväxt av skadliga mikrober. Å andra sidan kan ett stort intag av de här ämnena orsaka hälsoskador.</p> <p>Den här probabilistiska riskvärderingen baserar sig på nitrat- och nitrithalter i bevakningsprover samt forskningsprover som analyserades mellan 2004 och 2012 och på litteratur. Institutet för Hälsa och Välfärd tillhandahöll matanvändningsdata från Findiet 2007 studien för vuxna och DIPP-studien för barn.</p> <p>Exponeringen för nitrat via tillsatssämnen är låg. Nitratintaget härstammar främst från naturliga källor, dvs. vegetabilier, frukt och vatten. Behandling av grönsaker och goda odlingsrutiner minskar intaget. För dem som äter mycket vegetabilier med höga nitrathalter kan exponeringen överstiga det acceptabla dagliga intaget (ADI) för nitrat.</p> <p>För cirka 14 % av finska 3-åringar och 11 % av 6-åringarna kan exponeringen för nitrit från mat och vatten överstiga ADI. Den största nitritkällan är korv. Å andra sidan skulle minskade nitrithalter kräva skärpta krav på hygien och temperaturkontroll för köttprodukter.</p>
Utgivningsdatum	December 2013
Referensord	Nitrat, nitrit, tillsatssämne, växter, barn i lekålder, vuxna, exponering, ADI
Publikationsseriens namn och nummer	Eviras undersökningar 2/2013
Antal sidor	104
Språk	Finska
Konfidentialitet	Offentlig handling
Förläggare	Livsmedelssäkerhetsverket Evira
Layout	Livsmedelssäkerhetsverket Evira, Enhet för ämbetsverkstjänster
	ISSN 1797-2981    ISBN 978-952-225-126-8

## Description

Publisher	Finnish Food Safety Authority Evira
Title	Quantitative risk assessment on dietary exposure of children and adults to nitrate and nitrite
Authors	Johanna Suomi, Jukka Ranta, Pirkko Tuominen, Anja Hallikainen, Tiina Putkonen, Christina Bäckman, Marja-Leena Ovaskainen, Suvi Virtanen and Kirsti Savela
Abstract	<p>Nitrate is a natural component of many plants and tap water. A part of the ingested nitrate is transformed into nitrite in the body. Nitrate and nitrite are also used as food additives to prevent growth of dangerous microbes. On the other hand, high exposure to these compounds can cause health damage.</p> <p>This probabilistic risk assessment is based on monitoring and research project samples analysed during the years 2004 – 2012 as well as on literature. The National Institute for Health and Welfare supplied the Findiet 2007 and DIPP food study consumption data for adults and children.</p> <p>Nitrate exposure from food additives is low. Dietary nitrate exposure mainly comes from natural sources, i.e., vegetables, fruit and water. Processing of vegetables and good agricultural practices decrease the intake. High consumers of vegetables with high nitrate content may exceed the acceptable daily intake (ADI) of nitrate.</p> <p>Nitrite exposure from foods and tap water may exceed the ADI for approximately 14% of Finnish 3-year-olds and for 11% of 6-year-olds. The main source of exposure is sausages. If the nitrite content of processed meat were decreased from current levels, the demands on hygiene and temperature control would need to be tightened.</p>
Publication date	December 2013
Keywords	Nitrate, nitrite, additives, vegetables, preschoolers, adults, exposure, ADI
Name and number of publication	Evira Research Reports 2/2013
Pages	104
Language	Finnish
Confidentiality	Public
Publisher	Finnish Food Safety Authority Evira
Layout	Finnish Food Safety Authority Evira, In-house Services
	ISSN 1797-2981      ISBN 978-952-225-126-8

# Sisällys

Johdanto ja tavoitteet .....	8
Lyhenteet ja määritelmät .....	9
<b>1 Vaaran tunnistaminen</b> .....	11
1.1 Nitraatti ja nitriitti: määritelmät.....	11
1.2 Katsaus nitraatin ja nitriitin lähteisiin .....	12
1.2.1 Nitraatin ja nitriitin luontaiset lähteet.....	12
1.2.2 Katsaus nitraatin ja nitriitin lisäainekäyttöön .....	13
1.2.3 Säädöksiä nitraatin ja nitriitin enimmäismääristä .....	15
1.2.4 Suosituksia ja asiantuntija-arvioita nitraatti- tai nitriittipitoisten elintarvikkeiden käytöstä .....	16
1.3 Nitraatin ja nitriitin käyttäytyminen elimistössä.....	17
1.3.1 Nitraatti, nitriitti ja typpioksidikierto .....	17
1.3.2 Ravinnon nitraatin ja nitriitin imeytyminen, jakautuminen elimistössä, aineenvaihdunta ja erittyminen.....	19
<b>2 Vaaran kuvaaminen</b> .....	20
2.1 Nitraatin ja nitriitin toksisuus ja annos – vaste -suhteet .....	20
2.1.1 Nitraatin ja nitriitin haitalliset vaikutukset ihmisissä.....	20
2.1.2 Annos – vaste -suhteet kroonisessa toksisuudessa .....	23
2.2 Nitraatin ja nitriitin mahdolliset terveyshyödyt .....	24
2.3 Herkät väestöryhmät .....	26
2.4 Kirjallisuudessa esitettyjä altistusarvoja nitraatille ja nitriitille.....	27
2.5 Yhteenvetoa nitraatin ja nitriitin vaikutuksista terveyteen .....	29
<b>3 Altistuksen arviointi</b> .....	31
3.1 Projektissa käsitelty mittausaineisto .....	31
3.2 Näytteiden otto, esikäsittely ja analysointi .....	33
3.3 Suomalaisen ruoankulutustiedot .....	36
3.4 Tilastolliset menetelmät .....	37
3.4.1 Elintarvikkeiden pitoisuustiedot.....	37
3.4.2 Kulutustiedot .....	37
3.4.3 Monte Carlo -simulaatio .....	38
3.5 Ruoankäyttöaineiston luokittelu elintarvikeryhmiin.....	40
3.6 Prosessoinnin vaikutus nitraatti- ja nitriittipitoisuuksiin .....	40
3.7 Oletukset ja taustatietoon liittyvät epävarmuustekijät .....	42



<b>4 Altistuksen arvioinnin esitysmuodot</b> .....	44
<b>5 Riskin luonnehdinta</b> .....	45
5.1 Krooninen altistus nitraatille .....	45
5.1.1 Nitraattialtistuksen lähteet eri ikäkausina .....	45
5.1.2 Nitraattialtistus suhteessa nitraatin ADI-arvoon .....	49
5.1.3 Luontaisista lähteistä peräisin olevan nitraatin ja lisäaineenitraatin suhteelliset osuudet altistuksesta.....	54
5.2 Krooninen altistus nitriitille .....	55
5.2.1 Nitriittialtistuksen lähteet eri ikäkausina .....	55
5.2.2 Nitriittialtistus suhteessa ADI-arvoon .....	58
5.2.3 Lisäaineperäinen yhteisaltistus nitraatille ja nitriitille.....	62
5.3 Eri altistusskenaarioita ja niiden vaikutus riskiin .....	62
5.3.1 Lihavalmisteista koituva nitriittialtistus erilaisilla pitoisuustasoilla .....	62
5.3.2 Makkaroiden ja leikkeleiden turvalliset syöntitiheydet .....	64
5.3.3 Nitriittialtistuksen muutos, jos käytetään tuotteita, joissa lisäainetta ei ole .....	67
5.3.4 Suomalaisten ja ulkomaalaista alkuperää olevien kasvien erot.....	68
5.3.5 Harvemmin käytettyjä lehtivihanneksia: rucola ja punajuuren naatit ...	70
5.3.6 Lastenruoista koituva nitraattialtistus.....	71
5.4 Epävarmuustekijät ja puuttuvat tiedot .....	72
5.4.1 Virhelähteet .....	73
5.4.2 Puuttuvat tiedot.....	74
<b>6 Pohdinta ja johtopäätökset</b> .....	75
6.1 Nitraatti.....	75
6.2 Nitriitti.....	76
6.3 Yhteenveto johtopäätöksistä.....	79
<b>7 Viitteet</b> .....	80
Liite 1. Elintarvikkeiden jaottelu ryhmiin .....	86
Liite 2. Ruoankäyttö .....	91
Liite 3. Elintarvikkeiden nitraatti- ja nitriittipitoisuudet kirjallisuudessa .....	94
Liite 4. Mittausaineistossa esiintyvät nitraatti- ja nitriittitasot .....	97

## Johdanto ja tavoitteet

---

Suomalaisten lasten ja aikuisten altistuminen nitraatille ja nitriitille lisäainekäytön ja luontaisten lähteiden kautta on viime vuosina ajoittain herättänyt keskustelua. Ajantasaista tutkimustietoa altistusmääristä ja tärkeimmistä altistuslähteistä ei ole kuitenkaan ollut saatavilla. Tämän tutkimuksen tarkoitus on selvittää altistumisen taso eri ikäkausina ja arvioida, aiheuttavatko nykyiset altistusmäärät terveysriskin kuluttajalle. Tutkimusta käytetään taustatietona mahdollisille riskinhallintatoimille, joilla altistusmääriä pyritään vähentämään.

Kemiallisten aineiden riskinarviointi tehdään Codex Alimentarius Commissionin periaatteiden mukaisesti (CAC 2004). Riskinarviointi on tieteellinen prosessi, joka koostuu (1) vaaran tunnistuksesta, (2) vaaraan liittyvien haitallisten terveysvaikutusten laadullisesta tai määrällisestä arvioinnista, annos-vastesuhteen arvioinnista, (3) altistuksen arvioinnista ja (4) riskin luonnehdinnasta. Riskin luonnehdinta käsittää riskin todennäköisyyden ja vakavuuden sekä riskiin liittyvän epävarmuuden kuvaamisen.

### Tavoitteet

Projektin tavoitteina oli:

1. määrittää Suomessa yleisimmin käytettyjen kasvisien nitraatti- ja nitriittipitoisuudet (nitraatin ja nitriitin luontaisten lähteet)
2. määrittää Suomessa yleisimmin käytettyjen lihavalmisteiden, makkaraleikkeiden ja juustojen nitraatti- ja nitriittipitoisuudet (lisäainekäyttö)
3. arvioida suomalaisten aikuisten ja lasten altistumista nitraatille ja nitriitille elintarvikkeiden välityksellä
4. tehdä erilaisia altistusskenaarioita erityisesti lisäainekäytön osalta.

## Lyhenteet ja määritelmät

### **ADI**

Acceptable Daily Intake. Hyväksyttävä päivittäissaanti. Se määrä (tarkoituksellisesti tuotteeseen lisättyä) kemiallista ainetta, jonka ihminen voi saada joka päivä ravinnostaan ilman terveyshaittoja. ADI-arvot ovat erilaisia eri aineille, ja ne johdetaan eläinkokeista turvakertoimen (tavallisesti 100) avulla. ADI ilmoitetaan tutkitun aineen massayksikkönä (yleensä mg) henkilön ruumiin painokiloa kohti vuorokaudessa, ts. mg / kg rp / vrk. Luontaisesti tuotteessa esiintyville kemiallisille aineille käytetään ADIn sijasta lyhennettä **TDI** (Tolerable Daily Intake, siedettävä päivittäissaanti) (Janssen ym. 1998). Koska nitraatti ja nitriitti voivat olla elintarvikkeessa joko lisäaineena tai luontaisesti, tässä tutkimuksessa käytetään päivittäissaannin enimmäismäärälle lyhennettä ADI myös silloin, kun käsitellään luontaisia pitoisuuksia.

### **Mediaani, P50**

Keskiluku, joka ilmoittaa jakauman tyypillisen arvon. Keskimäinen havaintoarvo, kun havainnot on asetettu suuruusjärjestykseen.

### **Määrittämiss raja (LOQ, limit of quantification)**

Analyysimenetelmän herkkyyttä kuvaava arvo, joka kertoo pienimmän menetelmällä määrällisesti mitattavissa olevan pitoisuuden. LOQ on jonkin verran suurempi kuin LOD.

### **Nitraatti**

Typpihapon suola. Nitraatti-ioni  $\text{NO}_3^-$ , natriumnitraatti  $\text{NaNO}_3$  eli E 251, kaliumnitraatti  $\text{KNO}_3$  eli E 252. ADI nitraatti-ionina ilmoitettuna 3,7 mg/kg rp/vrk eli 3 700 µg/kg rp/vrk.

### **Nitriitti**

Typpihapokkeen suola. Nitriitti-ioni  $\text{NO}_2^-$ , natriumnitriitti  $\text{NaNO}_2$  eli E 250, kaliumnitriitti  $\text{KNO}_2$  eli E 249. ADI nitriitti-ionina ilmoitettuna 0,07 mg/kg rp/vrk eli 70 µg/kg rp/vrk.

### **NOAEL (No Observed Adverse Effect Level)**

Annostaso, joka ei aiheuta koe-eläimelle terveyshaittaa.

### **rp**

Ruumiinpaino. (Esim. µg/kg rp/vrk = mikrogrammaa / ruumiin painokilo / vuorokausi.)

### **Toteamisraja (LOD, limit of detection)**

Analyysimenetelmän herkkyyttä kuvaava arvo, joka kertoo pienimmän menetelmällä mitattavissa olevan pitoisuuden. Toteamisraja määritetään pitoisuudeksi, joka tuottaa analyysimenetelmällä kolme kertaa taustakohinan suuruisen signaalin.

### **Upper bound (UB) ja Lower bound (LB)**

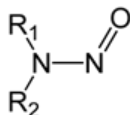
Pitoisuustietojen käsittelytapoja. Jos yhdisteiden pitoisuusmittauksissa osa tuloksista jää alle menetelmän toteamisrajan, nämä voidaan ottaa laskuissa huomioon joko nolllina (lower bound) tai toteamisrajan jonakin murto-osana. Upper bound -laskuissa toteamisrajan alittavat pitoisuudet lasketaan toteamisrajaa vastaavina pitoisuuksina.

# 1 Vaaran tunnistaminen

## 1.1 Nitraatti ja nitriitti: määritelmät

Nitraatti (nitraatti-ioni  $\text{NO}_3^-$ ) on luonnossa esiintyvä yhdiste, joka liittyy tyypin kiertokulkuun. Sitä käytetään maataloudessa lannoitteena. Lannoitteena käytettyjä nitraatteja on kutsuttu myös salpietareiksi (salpietari  $\text{KNO}_3$ ; natronsalpietari  $\text{NaNO}_3$  jne.).

Nitraattia kertyy lannoituksesta tai luontaisesti syntymällä kasviksiin, varsinkin vihreiden lehtivihannesten lehtiin, sekä juomaveteen. Luontaiset nitraattipitoisuudet vaihtelevat suuresti ja riippuvat kasvilajikkeesta, kasvuolosuhteista ja prosessoinnista. Nitraattia muodostuu myös ihmisen elimistössä ravinnon tyyppiyhdisteistä, ja se muuttuu aineenvaihdunnassa osittain nitriitiksi (nitriitti-ioni  $\text{NO}_2^-$ ). Nitraatin ja nitriitin aineenvaihdunnan myöhempiä tuotteita ovat mm. typpioksidi (NO). Myös nitrosoamiinien muodostuminen on mahdollista. Nitrosoamiinien yleinen rakenne on:



Julkisuudessa nitraatti ja nitriitti tunnetaan paremmin lisäaineina kuin luontaisissa esiintymismuodoissaan. Lisäaineena käytetyn nitraatin (E 251 tai E 252) saanti on vähäistä verrattuna luontaisista lähteistä saatavaan nitraattisaantiin. Ravinnon nitriitti on sitä vastoin pääosin lisäaineena (E 249 tai E 250) makkaroissa ja nitriittisuolatusta lihassa (lämpö-

käsittelemättömät tai lämpökäsitellyt lihajalosteet, suolatut lihavalmisteet). Suuri osa nitriittialtistuksesta syntyy kuitenkin, kun nitraatti muuttuu elimistössä nitriitiksi. Paaston aikana syljen nitriittipitoisuus on luonnostaan noin 2 mg/l (2 000 µg/l), mutta se voi nousta monikymmenkertaiseksi nitraattipitoisten kasvien nauttimisen jälkeen (Katan 2009).

Nitraatilla ja nitriitillä on sekä edullisia että haitallisia vaikutuksia kuluttajan terveyteen. Niiden käyttö lisäaineina elintarvikkeissa on perusteltua, koska ne hillitsevät haitallisten mikrobien kasvua. Toisaalta niiden suuren saannin katsotaan kuitenkin olevan yhteydessä terveyshaittoihin kuten methemoglobinemiaan (hemoglobiinin raudan hapestumiseen muotoon, joka ei kykene kuljettamaan happea) sekä – N-nitrosoyhdisteiden muodostumisen kautta – joidenkin syöpien riskin mahdolliseen kasvuun. Viime aikoina on tieteellisissä julkaisuissa kuitenkin raportoitu tutkimuksista, jotka kyseenalaistavat aiempia käsityksiä nitriitin ja nitraatin haitallisuudesta terveydelle. Näitä tutkimuksia referoidaan luvussa 2.2, mutta riskinarviointi tehdään Euroopan Elintarviketurvallisuusviranomaisen EFSA:n käyttämien hyväksyttävien päivittäisaantirajojen (ADI, acceptable daily intake) pohjalta.

N-nitrosoamiinien muodostumista nitraatin ja nitriitin reaktioissa vähentää hapettumisenestoaineiden käyttö elin-

tarvikkeissa. Tämän tutkimushankkeen puitteissa ei ollut mahdollista selvittää elintarvikkeiden nitrosoamiinipitoisuuksia. Edempänä kirjallisuuskatsausosiossa käsitellään uusimpien julkaisujen tuomaa näkökulmaa nitrosoamiinien muodostumiseen ja sen todennäköisyyteen.

## 1.2 Katsaus nitraatin ja nitriitin lähteisiin

### 1.2.1 Nitraatin ja nitriitin luontaiset lähteet

Monet kasvikset, erityisesti lehtivihannekset, sisältävät luonnostaan suuria määriä nitraattia. Sitä esiintyy pieninä määrinä myös eläimissä.

Kasveissa nitraatti kulkeutuu vesijohtosolukossa, joka kuljettaa vettä ja ravintoaineita juurista lehtiin. Tämän vuoksi lehtivihanneksissa (esim. salaattit) ja muissa lehtiosaltaan syötävissä kasviksissa on korkeammat nitraattipitoisuudet kuin niissä, joista syödään juuria tai siemeniä (esim. peruna, porkkana, sipuli, palkokasvit). Vanhempiin lehtiin on ehtinyt kertyä korkeampia nitraattipitoisuuksia kuin vasta puhjenneisiin (EFSA 2008). Siemeniin päätyneet nitraatit on kulkeutunut sinne lehdistä johtosolukkoa pitkin yhdessä yhteytystuotteiden kanssa.

Kasvien nitraattipitoisuuksiin vaikuttavat monet ympäristö- ja viljelystekijät, kuten maaperän kosteus, valon voimakkuus, lämpötila, typpilannoitteiden käyttö, kasvilaji ja erilaiset kasvinsuojelutoimet. Typpipitoisten lannoitteiden erilaiset typpiyhdisteet (esim. urea, ammonium, nitraatti) muuttuvat maaperässä pääosin nitraateiksi. Sekä kuivassa että hyvin kosteassa maaperässä nitraattipitoisuus kasvilla laskee, koska kuivassa kasvin kyky ottaa nitraattia kärsii, ja toisaalta maaperän ollessa hyvin kosteaa maassa oleva nitraatti laimenee. Tällaisissa olosuhteissa maa voi käydä hapettomaksi, jolloin kasvi-

en kasvu pysähtyy ja niissä tapahtuu denitrifikaatiota, ts. nitraatin hajoamista muiksi typpituotteiksi (EFSA 2008).

Kasviksissa nitraattipitoisuuksiin vaikuttavat lajin lisäksi kasvupaikka ja -aika. Peitettynä kasvatetuissa on luonnostaan korkeammat pitoisuudet kuin avomaalla kasvaneissa kasviksissa, ja talvella kerätyt kasvikset ovat nitraattipitoisempia kuin kesällä kerätyt. Myös lannoitus lisää nitraattipitoisuuksia. EU:n komission asetuksessa N:o 1881/2006 sekä sitä muuttavassa asetuksessa N:o 1258/2011 on annettu nitraatin enimmäispitoisuusrajat pinaatille, jäävuorisalaatille, salaatille ja rucolalle sekä imeväisille ja pikkulapsille tarkoitetuille viljapohjaisille valmisruoille ja muille lastenruoille.

Koska nitraatti on vesiliukoinen aine, lehtivihannesten, kuten salaatin, peseminen ennen käyttöä voi alentaa sen nitraattipitoisuuksia 10 – 15 % (Dejonckheere 1994; EFSA 2008). Pesu ja kuoriminen alentavat myös perunoiden nitraatti- ja nitriittipitoisuuksia, mutta määrät vaihtelevat jonkin verran eri kirjallisuuslähteissä. Keskimäärin näyttäisi siltä, että kuoriminen vähentää nitraattipitoisuutta perunassa noin kolmasosalla, banaanissa noin kahdella kolmasosalla ja melonissa noin 40 %. Salaatin varren ja keskiruodin poistaminen alentaa nitraattipitoisuutta 30 – 40 % (EFSA 2008). Perunoiden nitraattipitoisuutta alentaa myös keittäminen (Blomberg & Hallikainen 2000).

Talousvedessäkin voi olla nitraattia, ja sen enimmäismäärää rajoitetaan säädöksin. Joidenkin lähteiden mukaan talousvesi on vihannesten jälkeen toiseksi suurin nitraattilähde ruokavaliossa (Tamme ym. 2010). STM:n talousvesi-asetuksessa määritetty talousvedessä sallittu nitraatin enimmäismäärä on 50 mg/l, ja nitriitin 0,5 mg/l. Vesilaitokselta lähtevässä vedessä nitriitin enimmäismäärä on 0,10 mg/l, eikä nitraattipitoisuus / 50 + nitriittipitoisuus / 3 saa ylittää arvoa 1 (STMa 461/2000).

Nitriittiä käytetään elintarvikkeiden pilaantumista ehkäisevänä lisäaineena, mutta sitä on kasviksissa jonkin verran myös luonnostaan. Ihminen altistuu nitriitille kuitenkin ennen kaikkea nitraatin aineenvaihdunnassa syntyvästä nitriitistä (EFSA 2008). Tässä tutkimuksessa syödyn nitraatin lasketaan muuttuvan nitriitiksi 7 %:n teholla, kuten EFSA:n vuonna 2008 julkaisemassa lausunnossa (EFSA 2008). Luku vastaa terveen aikuisen elimistössä tapahtuvan nitraatin pelkistymisen ylärajaa.

### 1.2.2 Katsaus nitraatin ja nitriitin lisäainekäyttöön

Nitriittiä ( $\text{NO}_2^-$ ) käytetään lisäaineena, koska sillä on pitoisuudesta riippuva mikrobien kasvua estävä tai hillitsevä vaikutus lihavalmisteteissa (EFSA 2003). Näin ollen se riittävän suurina määrinä ja sopivan matalassa pH:ssa suojelee kuluttajaa ruokamyrkytyksiltä, ennen kaikkea *Clostridium botulinum* -bakteerin aiheuttamalta hengenvaaralliselta botulismilta. *C. botulinum* -bakteerin tuottama botuliinotoksiini on yksi voimakkaimmista ihmisen tuntemista myrkyistä. Myrkytystapauksissa kuolleisuus on noin 10 %. Tämän bakteerin itiöitä on maaperässä kaikkialla maapallossa. Koska itiöt selviävät käytännössä kaikista muista lämpökäsittelyistä paitsi niistä, joissa käytetään sterilointilämpötiloja, ne voivat suotuisissa olosuhteissa alkaa lisääntyä elintarvikkeissa.

Nitriittien kyky tappaa mikrobeja riippuu tuotteen pH:sta ja se kasvaa kymmenkertaiseksi pH:n laskiessa yhdellä yksiköllä. Säilyvyyteen eli tuotteen kykyyn estää mikrobien kasvua vaikuttavat eri tutkimuslähteiden mukaan lisätyn nitriitin määrä ja säilytyksen jälkeen jäljellä oleva nitriitti, tuotteen suolapitoisuus, askorbaattien (E301, E302) eli C-vitamiinin suojojen tai erytorbiiniyhdisteiden (E315, E316) lisääminen, lämpökäsittely, säilytyslämpötila, lihan alkuperäinen pH sekä tuotteessa alun perin oleva mikrobi-itiöiden määrä. Säilyvyys ei siis riipu vain yhdestä tekijästä

vaan monen eri tekijän yhteisvaikutuksesta. Jos tuote sisältää rautaa muodossa, joka voi sitoutua nitriittiin, se inaktivoi nitriitin eikä mikrobeilta suojaavaa vaikutusta näin ollen ilmene siinä määrin kuin ilman raudan läsnäoloa. Askorbaatti sitoo rautaa ja muita metalli-ioneja. Nitriitin-/nitraatinkäytön yhteydessä lihavalmisteteisiin lisätään pääsääntöisesti 200 – 400 mg/kg askorbiiniyhdisteitä, jotka toisaalta reagoivat nitriitin kanssa synnyttäen typpioksidia, toisaalta ehkäisevät N-nitrosoamiinien muodostumista. EFSA:n biologisia vaaroja tutkivan asiantuntijapaneelin (EFSA 2003) mukaan vain lisätyn nitriitin määrällä on merkitystä *C. botulinum* -bakteerin kasvua estävänä tekijänä, ei jäljelle jääväällä nitriittipitoisuudella.

Sen lisäksi, että lisäaine-nitriitti estää patogeenisten mikrobien kasvua lihavalmisteteissa, sillä on myös muita, turvallisuuden kannalta vähemmän tärkeitä vaikutuksia tuotteen laatuun. Nitriitti on yksi lipidien hapettumista estäviä tekijöistä, ja kypsennettyjen nitriittipitoisten lihavalmisteteiden punainen väri syntyy nitriitin vaikutuksesta. Askorbaatit stabilisoivat syntynyttä väriä ja ehkäisevät samalla nitrosoamiinien muodostumista. Lisäksi nitriitti on yhtenä tekijänä lihavalmisteteille tyypillisen maun synnyssä, vaikka tarkkaa mekanismia ei tältä osin vielä tunneta. (EFSA 2003)

Nitraatti ( $\text{NO}_3^-$ ) ei vaikuta suoraan *C. botulinum* -bakteerin kasvuun, mutta perinteisissä kuivasuolatuissa lihavalmisteteissa, kuten prosciutto-tyyppisissä kinkuissa, se toimii nitriittivarastona. Mikrobit, joissa on nitraattireduktaasi-entsyymiä, pelkistävät nitraattia nitriitiksi, joka sitten toimii mikrobien kasvua estävänä tekijänä.

Euroopan Komissio lähetti vuonna 2011 jäsenmaille kyselyn direktiivin 2006/52/EC toteutumisesta teollisuuden eri lihavalmisteteissa käyttämien nitriittimäärien suhteen. Vastausten yhteenvedosta (European Commission

Health and Consumers Directorate-General, 2011) kävi ilmi, että sekä lämpökäsitelyihin että ei-lämpökäsitelyihin lihavalmisteisiin lisätään Suomessa enintään 120 ppm (120 mg/kg) natriumnitriittiä  $\text{NaNO}_2$  tai kaliumnitriittiä  $\text{KNO}_2$ . 120 mg/kg natriumnitriittiä vastaa nitriitti-ionin pitoisuutta 80 mg/kg. Tyypilliset  $\text{NaNO}_2$  tai  $\text{KNO}_2$  -lisät olivat 80 – 120 mg/kg seuraavilla tuoteryhmillä: kokonaisista lihapaloista tai siivuista valmistetut lämpökäsitellyt (esim. keittokinkku) tai lämpökäsittelemättömät (esim. kuivakinkku, pekoni) tuotteet sekä lämpökäsitellyt siipikarjanlihavalmisteet. Jauhelihasta tai siivutetusta lihasta valmistetuilla lämpökäsitellyillä tuotteilla (esim. mortadella ja pate) tyypilliset  $\text{NaNO}_2$  tai  $\text{KNO}_2$  -lisät olivat 75 – 120 mg/kg, ja lämpökäsittelemättömillä (esim. salamin ja chorizon tyypiset kestromakkarat) 90 – 120 mg/kg. Taulukoissa 1 ja 2 on esitetty lisäainetitriitin, lisäainetitriitin ja kasvien luontaisen nitraatin sallittuja enimmäismääriä.

Suomalaisten lihavalmisteiden normaalit lämpökäsitelyt eivät riitä tuhoamaan *Clostridium botulinum* -bakteerin itiöitä, joten nitriitin käyttöä voidaan pitää välttämättömänä. Nitriitti myös muuttaa makkaran väriä ja makua miellyttävämmäksi. Tämä vaikutus on kuitenkin vain sivutuote, ja nitriitin käyttö elintarvikkeiden esteettiseen paranteluun on kielletty direktiivissä 95/2/EC. Toisaalta Elintarvikkeet ja terveys -ohjelman loppuraportin (Puolanne & Ruusunen 2003) mukaan nitriitin lisättyä määrää voidaan alentaa nykyisestä vaarantamatta lihavalmisteiden mikrobiologista turvallisuutta. Riittäväksi tasoksi arvioitiin 75 – 100 mg/kg, mutta sitä korkeampia pitoisuuksia tarvitaan vähäsuolaisissa tai pitkään myynnissä olevissa tuotteissa tai jos on epäilyksiä kylmäketjun riittävydestä. Jotta nitriitin pitoisuuksia voitaisiin alentaa, lihavalmisteiden valmistusprosessissa täytyy noudattaa hyvää hygieniää sekä elintarvikehuoneiston omavalvontaan kuuluvaa HACCP-järjestelmää tarkasti. Tämän lisäksi on

otettava huomioon se, että tuotteiden säilytysajat ovat lyhyempiä kuin nitriitipitoisempien vastaavien tuotteiden, joten säilytyksessä täytyy noudattaa tarkkaa lämpötilakontrollia. Kuitenkin lämpötilakontrolli saattaa pettää elintarvikeketjun kriittisimmässä vaiheessa tuotteen ollessa matkalla teollisuudesta kuluttajan jääkaappiin, jossa tuotetta saatetaan säilyttää vielä päiviä liian korkeissa lämpötiloissa.

EFSA:n asiantuntijaneeli (EFSA 2003) oli samoilla linjoilla ja arvioi julkaistujen tutkimusten perusteella, että useimpiin kypsennettyihin lihavalmisteisiin riittää 50 – 100 mg/kg suuruinen natriumnitriittilisa suojaamaan botulismilta, jos tuotteen valmistusolosuhteet ja tuotantohygienia ovat optimaaliset. Kypsentämättömille valmisteille ja tietynlaisissa valmistusolosuhteissa (vähäsuolaiset tuotteet, joiden säilytysaika on pitkä) voi kuitenkin olla välttämätöntä käyttää jopa 150 mg/kg suuruisia natriumnitriittilisiä, jotta koko tuote saisi riittävän nitriitipitoisuuden *C. botulinum* -bakteerin kasvun estämiseksi (EFSA 2010b).

Elintarvikkeeseen lisätty nitriitti reagoi nopeasti. Vuorokausi valmistuksen jälkeen sitä on alkuperäisessä muodossaan jäljellä enää noin 55 %, ja tuotteen viimeisen myyntipäivän koittaessa noin 24 % lisätystä määrästä (Puolanne & Ruusunen 2003). Toisissa tutkimuksissa on arvioitu samansuuntaisesti nakkien nitriitipitoisuuden olevan enää 20 – 25 % lisätystä määrästä sen jälkeen, kun valmista tuotetta on säilytetty viikon verran 2 – 5 °C lämpötilassa (EFSA 2003).

Lihavalmisteissa noin kolmannes nitriitistä hapettuu nitraatiksi ja lisäksi kirjallisuusarvioiden mukaan 10 – 15 % haihtuu pois tuotteesta (Puolanne & Ruusunen 2003). N-nitrosoamiinit ovat nitraatin ja nitriitin reaktiotuotteita, mutta niiden muodostumista vähentää hapettumisenestoaineiden (askorbiiniyhdisteiden, sitraatin ym.) käyttö. Kasvien sisältämät antioksidantit ja muut



bioaktiiviset yhdisteet vähentävät voimakkaasti kasvien nitraatista syntyvien nitrosoamiinien määrää (EFSA 2008; Brambilla & Martelli 2007). Näin ollen saattaisi olla mahdollista, että sama tai lihavalmisteisiin lisättyjä antioksidantteja jopa voimistava vaikutus saadaan, jos lihavalmisteiden kanssa syödään runsaasti vihreitä kasviksia.

### 1.2.3 Säädöksiä nitraatin ja nitriitin enimmäismääristä

Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksessa (EY) N:o 1333/2008 sekä sitä muuttavassa Komission asetuksessa (EU) N:o 1129/2011 on säädetty enim-

mäismäärät elintarvikkeiden valmistuksessa lisättävälle natriumnitriitille E250 ja kaliumnitriitille E249 sekä natriumnitraatille E251 ja kaliumnitraatille E252. Säädösten sallimat enimmäismäärät on koottu taulukkoon 1, josta on jätetty pois Suomessa harvinaisia upposuolattuja ja kuivasuolattuja tuotteita.

Kasviksissa luontaisesti esiintyvälle nitraatille on myös säädetty enimmäispitoisuusrajoja EU-komission asetuksessa (EY) N:o 1881/2006 sekä sitä muuttavassa Komission asetuksessa (EU) N:o 1258/2011. Enimmäispitoisuusrajoja on koottu taulukkoon 2.

**Taulukko 1.** Asetuksessa (EY) N:o 1333/2008 sekä sitä muuttavassa (EU) N:o 1129/2011 säädetty enimmäismäärät lisäainenitraatille (E251-252) ja -nitriitille (E249-E250) niissä elintarvikeryhmissä, joissa käyttö sallitaan.

Elintarvikeryhmä	Nitraatteja (E251 tai E252) (mg/kg tai mg/l)	Nitriittejä (E249 tai E250) (mg/kg tai mg/l)
Kypsytetty juusto (vain kova, puolikova ja puolipehmeä) ja vastaavat kypsytetyt juustotuotteet	150 <sup>§</sup>	-
Herajuusto (juustomaidossa), juustoa jäljittelevät maitotuotepohjaiset tuotteet	150 <sup>§</sup>	-
Lämpökäsittelemättömät lihajalosteet	150*	150*
Lämpökäsitellyt lihajalosteet, ei steriloidut	#	150*
Lämpökäsitellyt lihajalosteet, steriloidut	#	100*
Perinteiset upposuolatut lihavalmisteet, joihin ruiskutetaan suolaliuosta ja sen jälkeen upposuolataan 3-10 vrk myös mikrobiologisia hapatteita sisältävässä vesiliuoksessa	250 <sup>†</sup> ; #	100 <sup>†</sup> /175 <sup>†</sup>
Ei lämpökäsitellyt, 3-5 vrk upposuolatut tuotteet, joilla korkea vesiaktiivisuus	250 <sup>†</sup> ; #	175 <sup>†</sup>
Cured tongue (upposuolattu väh. 4 vrk ja esikypsennetty keittämällä)	10 <sup>†</sup> ; #	50 <sup>†</sup>
Kylmäsavustettu poronliha	300*	150*
Pekoni (bacon, filet de bacon ja vastaavat tuotteet)	250*; #; +	150*
Kuivasuolatut lihavalmisteet / dry cured bacon ja vastaavat	250 <sup>†</sup> ; #	175 <sup>†</sup>
Kuivasuolatut lihavalmisteet / dry cured ham ja vastaavat	250 <sup>†</sup> ; #	100 <sup>†</sup>
Muut perinteisesti suolatut tuotteet	250 <sup>†</sup> ; #	50 <sup>†</sup>
Jalostettu kala / vain suolasilli ja suolakilohaili	500	-

<sup>§</sup>) Juustomaidossa, tai vastaava taso, jos nitraatti lisätään heran poistamisen ja veden lisäämisen jälkeen

\* ) Suurin sallittu valmistuksessa lisättävä määrä

# ) Vähähappoisessa ympäristössä nitriitti voi luonnostaan muuttua nitraatiksi

<sup>†</sup>) Suurin sallittu jäämätasoisuus

+ ) Ilman lisättyä nitriittejä

**Taulukko 2.** Nitraatin enimmäispitoisuusrajat asetuksen (EY) N:o 1881/2006 ja sitä muuttavan asetuksen (EU) N:o 1258/2011 mukaan.

Elintarvike tai –ryhmä	Tarkentavia määritelmiä	Enimmäismäärä nitraattia (mg/kg)
Pinaatti ( <i>Spinacia oleracea</i> L.)	Tuore	3 500
Pinaatti	Säilötty, pakastettu, jäädytetty	2 000
Salaatti ( <i>Lactuca sativa</i> L.)	Tuore, korjattu 1.10. – 31.3. 1) katteen alla kasvatettu 2) avomaalla kasvatettu	1) 5 000 2) 4 000
Salaatti ( <i>Lactuca sativa</i> L.)	Tuore, korjattu 1.4. – 30.9. 1) katteen alla kasvatettu 2) avomaalla kasvatettu	1) 4 000 2) 3 000
Jäävuorisalaatit	1) katteen alla kasvatettu 2) avomaalla kasvatettu	1) 2 500 2) 2 000
Rucola ( <i>Eruca sativa</i> Mill., <i>Diplotaxis</i> sp L., <i>Brassica tenuifolia</i> L., <i>Sisymbrium tenuifolium</i> L.)	1) korjattu 1.10. – 31.3. 2) korjattu 1.4. – 30.9.	1) 7 000 2) 6 000
Imeväisten ja pikkulasten viljapohjaiset valmisruoat sekä muut lastenruoat		200

#### 1.2.4 Suosituksia ja asiantuntija-arvioita nitraatti- tai nitriittipitoisten elintarvikkeiden käytöstä

Nitraattia tai nitriittiä sisältävien elintarvikkeiden käytöstä on annettu lukuisia suosituksia. Seuraavassa käsitellään ensin käyttörajoituksia koskevat suositukset ja sen jälkeen suositukset, jotka koskevat yleisemmin kasvisten käyttöä eivätkä liity pelkästään niiden sisältämään nitraattiin.

Vääränlainen säilyttäminen voi saada keitettyjen kasvisten sisältämän nitraatin pelkistymään nitriitiksi. Tällöin on vaarana, että niistä koitua nitriittialtistus kohoaa kyllin suureksi aiheuttamaan methemoglobinemiaa kasvisten syöjälle (EFSA 2010). Korkeita nitriittipitoisuuksia kasviksissa voi esiintyä esimerkiksi, jos kypsennettyä pinaattia säilytetään ja lämmitetään uudelleen.

Myös ruoansulatuskanavan bakteerinfektio kasvattaa nitriittialtistusta lisäämällä elimistössä tapahtuvaa nitraatin muuttumista nitriitiksi, ja tämän vuoksi Euroopan elintarviketurvallisuusviranomaisen EFSA:n elintarviketieteen vierasaineita käsittelevän tiedelautakunnan (CONTAM) suositus on,

ettei suoliston bakteerinfektioista kärsiville lapsille syötettäisi pinaattia (EFSA 2010). Pinaatin merkitystä korostettiin asiantuntijalausunnossa sen vuoksi, että nitraattipitoisuudet pinaatissa ovat korkeat ja sitä todennäköisesti syödään kerta-annoksina suurempia määriä kuin esimerkiksi salaattia. Infektion aiheuttavat bakteerit muuttavat kuitenkin aineenvaihdunnassaan kaikki suuret nitraattiannokset nitriitiksi lähteesä riippumatta, joten laajemmin ottaen tällaisista infektiosta kärsivien ei olisi suositeltavaa nauttia nitraattipitoisimpia kasviksia. Nitraatin ja nitriitin haittoille herkistävä vaikutus kestää kuitenkin vain sen aikaa, kuin bakteerikanta on elimistössä.

EFSA:n asiantuntijoiden (EFSA 2010) mukaan on kuitenkin epätodennäköistä, että tuoreesta pinaatista keittämällä valmistetuista aterioista saisi nykyisillä tai lainsäädännön sallimilla enimmäismäärillä niin suuren nitraattialtistuksen, että siitä aiheutuisi terveydellisiä haittoja, jos pinaatin keitinvetä ei käytetä ruoanvalmistukseen. Pikkulapsilla, jotka syövät pinaattia useammalla kuin yhdellä aterialla päivässä, terveydellisten haittavaikutusten riskiä ei kuitenkaan voi täysin sulkea pois. Asiantuntijoiden

arvion mukaan salaatin nitraattipitoisuudet eivät ole lapsille haitaksi, ja koska on epätodennäköistä, että kasvisten syönnistä aiheutuva nitraattialtistus riittäisi aiheuttamaan haittaa terveydelle, tärkeimmäksi terveysvaikutukseksi nousivat kasvisten syönnin erilaiset terveyttä edistävät vaikutukset.

Vaaran kuvaamista koskevassa luvussa tehdään selkoa siitä, että pikkulapset ovat herkempiä mahdollisille haittavaikutuksille kuin aikuiset. Tämän vuoksi lasten ruoankäytöstä on annettu erityissuosituksia. Neuvoloissa jaettavassa esitteessä ”Ensimmäinen ruokavuosi” Mannerheimin Lastensuojeluliitto ja Suomen Sydänliitto suosittelevat, ettei alle yksivuotiaalle annettaisi lainkaan nitraattipitoisia vihanneksia tai juureksia (lanttu, nauris, pinaatti, punajuuri, nokkonen, retiisi, kiinankaali, pienet varhaisperunat, lehti- ja keräsalaatit, juuresmehut) eikä makkaroita, leikkeleitä tai marinoituja lihoja. Jatkoesitteessä ”Leikki-ikäisen ruokavuodet” MLL ja Suomen Sydänliitto varoittavat nitriitistä ja esittävät suosituksen, että makkaraa tai nakkeja syötettäisiin lapselle enintään kaksi kertaa viikossa. Myös leikkeleiden välttämistä suositellaan nitriitin vuoksi. Sosiaali- ja terveysministeriön suosituksessa vuodelta 2004 (Hasunen ym. 2004) neuvotaan samoin, että leikki-ikäisille annettaisiin makkaraa enintään 1 - 2 aterialla viikossa.

Vaikka kasviksia ja hedelmiä nauttimalla voi altistua korkeille nitraattipitoisuuksille, niiden syömisellä on myös monia terveyttä edistäviä vaikutuksia, osin sen vuoksi, että niissä ei ole tyydyttyntä rasvaa eikä transrasvahappoja ja niiden natriumpitoisuus on matala (esim. McKnight ym. 1999; Hord ym. 2009). Kasviksia pidetään ihmisen terveyttä edistävinä elintarvikkeina, koska ne ovat hyviä kuidun, tärkeiden ravintoaineiden, vitamiinien ja hivenaineiden lähteitä. Lisäksi niiden sisältämät bioaktiiviset aineet kuten antioksidantit voivat kemiallisesti suojella elimistöä kroonisilta taudeilta, mahdollisesti

syövätkin (EFSA 2008), kun niitä saadaan sellaisina määrinä ja sellaisina yhdistelminä kuin kasviksissa esiintyy. Eurooppalaisessa laajassa tutkimuksessa ruokavalion vaikutuksesta syövän ilmeneemiseen (EPIC 2009) havaittiin, että kasvisten ja hedelmien nauttiminen oli yhteydessä alentuneeseen paksunsuolensyövän riskiin.

WHOn arvion mukaan jopa 2,7 miljoonaa henkeä saattaisi säästyä vuosittain, jos hedelmien ja vihannesten käyttöä lisättäisiin suositusten mukaiselle tasolle (400 g vuorokaudessa). On arvioitu, että EU-alueella voitaisiin estää noin 26 000 sydänkohtauksen tai aivoinfarktin vuosittain aiheuttamaa alle 65-vuotiaan kuolemaa lisäämällä hedelmien ja vihannesten osuutta ruokavaliossa (EFSA 2008).

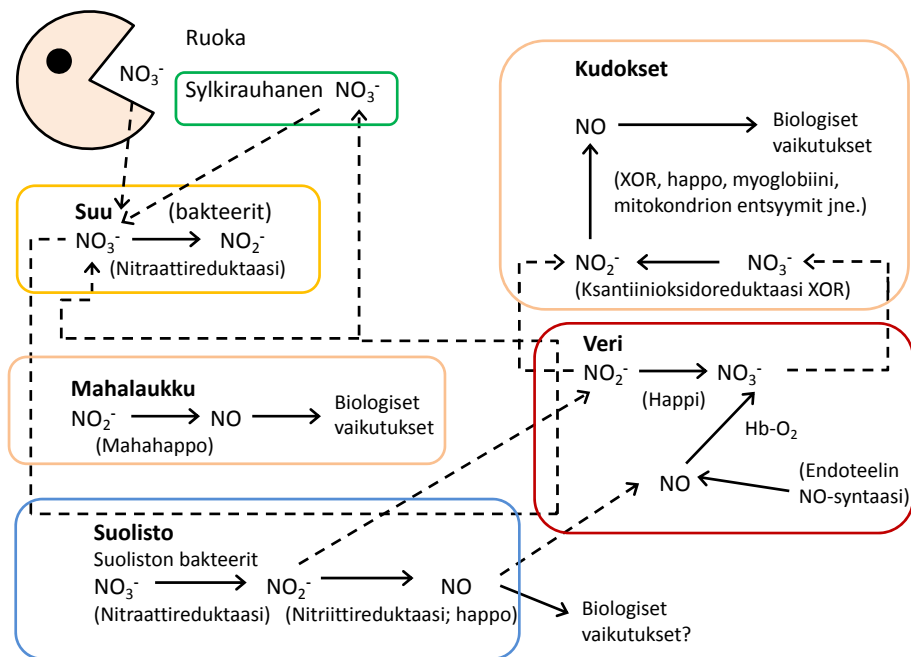
### 1.3 Nitraatin ja nitriitin käyttäytyminen elimistössä

#### 1.3.1 Nitraatti, nitriitti ja typpioksidikierto

Nitraatti, siitä elimistössä muuntuva nitriitti sekä niiden reaktioista syntyvä typpioksidiksi vaikuttavat elimistön toimintaan laajasti. Kuvassa 1 on esitetty ravinnosta saatavaan nitraattiin ja nitriittiin liittyvä typpioksidikierto ihmisen elimistössä. Ravinnon nitriitti käyttäytyy elimistössä samalla tavoin kuin suun bakteerien aineenvaihdunnassa nitraatista syntynyt nitriitti, joten sitä ei ole merkitty kuvaan mukaan.

Kuten kuvassa 1 esitetään, suuontelossa elävät bakteerit pelkistävät osan ruoan sisältämästä nitraatista nitriitiksi. Terveillä aikuisilla 5 – 7 % nitraatin kokonaissaannista muuttuu syljessä nitriitiksi, mutta imeväisikäisillä lapsilla sekä suolistotulehduksesta kärsivillä, joiden mahalaukun pH on tavallista korkeampi, nitriitiksi muuttuva osuus on tätä suurempi (EFSA 2008).

Mahalaukussa nitriitti pelkistyy osin mahahapon vaikutuksesta typpioksidiksi (NO).



**Kuva 1.** Typpioksidikierto nisäkkään elimistössä. Muokattu Lundberg & Weitzberg (2012) pohjalta.

Jäljelle jäänyt nitriitti ja nitraatti imeytyvät ohutsuolesta vereen, mutta munaiset suodattavat nitraattia virtsaan. Veressä olevat nitraatti ja nitriitti ovat vain osittain peräisin ruoasta, sillä myös elimistö tuottaa niitä typpioksidikierron yhteydessä. Sylkirauhaset keräävät aktiivisesti nitraattia verestä niin, että syljen nitraattipitoisuus on noin 10 kertaa korkeampi kuin plasman. Syljen mukana nitraatti päätyy takaisin suuonteloon, missä bakteerit voivat taas pelkistää sen nitriitiksi ja kierto alkaa uudelleen (Lundberg ym. 2008). Ravinnosta saadusta nitraatista vähintään neljäsosa kulkeutuu sylkeen. Nitraatin muuttumisella nitriitiksi on merkittävä mikrobeja tuhoava vaikutus mahalaukussa (EFSA 2008). Myös muilla nitraatin aineenvaihduntatuotteilla, erityisesti typpioksidilla, on tärkeä rooli elimistön toiminnassa.

Typpioksidia syntyy nisäkkäiden elimistössä proteiinien aminohaposta L-arginiinista ja hapestä typpioksidisyntetaasi-entsyymin vaikutuksesta. Typpioksidi on elimistölle välttämätön molekyyli. Se toimii hermostossa ja endoteelissä (verisuonen, imusuonen tai sydämen seinämän sisimmässä solukerroksessa)

viestimolekyylinä ja välittää tulehdusreaktiota entsyymien indusoituvan muodon tuottamana. Tulehdussairauksissa typpioksidia erittyy liikaa. Tällöin syntyy tyypillinen punainen turvotus: liiallinen typpioksidi muuttuu myrkyllisiksi radikaaleiksi, jotka suojaavat elimistöä epäspesifisesti monilta patogeeneilta kuten bakteereilta, loisilta, sieniltä ja alkueläimiltä, mutta jotka myös aiheuttavat kudusvaurioita.

Typpioksidi säätelee verenpainetta ja alueellista veren virtausta. Se rajoittaa myös verihiutaleiden paakkuuntumista. Keskushermostossa hermojen välittäjäaineena toimiva typpioksidi vaikuttaa muistiin, ruokahuuun ja vahingoittumisen havaitsemiseen (nosiseptioon). Ääreishermostossa typpioksidi säätelee muun muassa mahalaukun tyhjenemistä ja erektioon liittyvää veren virtausta. Typpioksidin verisuonia laajentavien vaikutusten vuoksi useissa verenkiertoelimistöön vaikuttavissa lääkkeissä kuten "nitroissa" on aineita, jotka kykenevät elimistössä luovuttamaan typpioksidimolekyyliä.

Elimistössä syntynyt typpioksidi hapetuu nitriitiksi, joka voi reagoida edel-

leen. Punaisissa verisoluissa nitriitti reagoi deoksihemoglobiinin kanssa typpioksidiksi, mutta happeen sitoutuneen hemoglobiinin kanssa reaktiossa syntyy nitraattia ja methemoglobiinia. Tämän luontaisen reaktion ansiosta veressä on normaalisti 1 – 3 % methemoglobiinia. Reaktioiden tasapaino saa aikaan sen, että veren happipitoisuuden ollessa matala syntyy enemmän typpioksidia, joka laajentaa verisuonia ja korjaa siten elimistön mahdollista happivajetta lisäämällä veren virtausta.

### 1.3.2 Ravinnon nitraatin ja nitriitin imeytyminen, jakautuminen elimistössä, aineenvaihdunta ja erittyminen

Nitraatti imeytyy ihmisen ohutsuolen yläpäästä nopeasti ja tehokkaasti, mitä kuvassa 1 esittää katkoviiva. Jo 10 min nitraattipitoisen ruoan nauttimisen jälkeen veriplasman nitraattipitoisuus nousee jopa 25-kertaiseksi syömistä edeltävään tasoon verrattuna, ja huippupitoisuutensa veren nitraatti saavuttaa 40 min kuluttua. Plasman nitraatti imeytyy sylkirauhasiin ja väkevöityy siellä kymmenkertaisesti, joten sylkeen erittyvä nitraatti vastaa noin neljäsosaa nautitusta annoksesta. Sekä ravinnon nitraatti että elimistössä itsessään syntynyt nitraatti erittyvät virtsaan, ja elimistöllä on oma mekanisminsa nitraatin takaisinottoon sekä esivirtsasta että syljestä ja suolistosta. (EFSA 2008)

Myös nitriitti imeytyy nopeasti ja tehokkaasti maha-suolikanavasta. Paasto-olosuhteissa jopa 95 % suun kautta nautitusta nitriitistä imeytyy, vaikkakin mahdollisesti muiksi typpiyhdisteiksi muuttuneena. Veriplasmasta mitattavat nitriittipitoisuudet ovat korkeimmillaan 15 – 30 min nauttimisen jälkeen, jos nitriitti on nautittu suun kautta, ja nitraatista muuntuneen nitriitin huippupitoisuus saavutetaan noin kolme tuntia nitraattipitoisen ruoan nauttimisen jälkeen (Lidder & Webb 2012). Se myös poistuu verestä nopeasti, sillä sen pitoi-

suus puoliintuu puolessa tunnissa. Nitriittipitoisuus veressä ei koskaan nouse yhtä korkeaksi kuin nitraatin pitoisuus, koska altistus on pienempää ja toisaalta hapettunut hemoglobiini hapettaa nitriitin nitraatiksi. Veren nitriitti- ja nitraattipitoisuuksien summa on siis lähes sama kuin pelkän nitraatin pitoisuus.

Nautitusta nitraattimäärästä 20 – 28 % erittyy sylkeen, ja noin 20 % tästä sylkeen erittyvästä nitraatista pelkistyy kielen takaosassa elävien symbioottisten mikro-organismien vaikutuksesta nitriitiksi. Kielen bakteeriflooraan vaikuttavat monet tekijät kuten esimerkiksi ravitsemustaso, mahdolliset infektiot, ympäristön lämpötila sekä ikä. Vanhemmilla ihmisillä nitriitiksi pelkistyy hiukan suurempi osuus nitraatista kuin nuoremmilla (EFSA 2008). Ihmisen verenkierrossa nitraatti muuntuu nitriitiksi vain hyvin vähäisessä määrin, ja pelkistysreaktio tapahtuu suurimmalta osin kielen taaimmaisella kolmasosalla sen jälkeen, kun nitraatti on väkevöitynyt sylkeen (Lidder & Webb 2012). Nielty nitriitti muuttuu mahahappojen vaikutuksesta nopeasti typpihapokkeeksi, joka puolestaan hajoaa erilaisiksi typen oksideiksi, mm. typpioksidiksi. Myös C-vitamiini ja polyfenolit pelkistävät nitriittiä typpioksidiksi (Lidder & Webb 2012).

Nitraatti ja nitriitti imeytyvät nopeasti ja tehokkaasti ruoansulatuselimistöä aina suuontelosta suoleen asti, joten niiden biosaatavuus ei ole altistusta määritettäessä erityisen keskeisessä roolissa. Laskelmissa voidaan olettaa kaiken ruoan sisältämän nitraatin tai nitriitin imeytyvän. Nitriitin biosaatavuudeksi on kirjallisuudessa arvioitu 95 – 98 % ja nitraatin biosaatavuudeksi keitetystä pinaatista tai punajuuresta tai ra'asta salaattista noin 100 % (Lidder & Webb 2012). Imeytyneestä nitraatista 65 – 75 % erittyy munuaisten kautta, ja myös nitriitti erittyy osin tätä reittiä, mutta munuaisten entsyymit saavat nitriitin imeytymään uudelleen elimistöön (Lidder & Webb 2012).

## 2 Vaaran kuvaaminen

### 2.1 Nitraatin ja nitriitin toksisuus ja annos – vaste -suhteet

#### 2.1.1 Nitraatin ja nitriitin haitalliset vaikutukset ihmisissä

Nitraatti itsessään on jokseenkin myrkytöntä, mutta sen aineenvaihdunta- ja reaktiotuotteet kuten nitriitti ja N-nitrosoyhdisteet saattavat olla suuriina pitoisuuksina terveydelle haitallisia. Epidemiologisissa tutkimuksissa ei ole kuitenkaan löydetty todisteita siitä, että ruokavaliosta tai juomavedestä saatu nitraatti lisäisi syöpäriskiä, ja vaikka kasvikset ovatkin merkittävä nitraattilähde, niiden runsaan käytön katsotaan yleisesti olevan terveydelle kuitenkin eduksi (EFSA 2008).

Nitraatin ja nitriitin haitallisia vaikutuksia ihmisen elimistöön esitellään tässä epidemiologisten tutkimusten, tapaus-verrokkitutkimusten, kohorttitutkimusten ja interventiotutkimusten pohjalta.

#### *Methemoglobinemia*

Akuutin nitraattialtistuksen tärkein toksikologinen vaste on nitraatin pelkistymisen nitriitiksi ja sen aikaansaama methemoglobiinin muodostuminen. Nitriitti sitoutuu elimistössä oksihemoglobiiniin eli happea sitoneeseen hemoglobiiniin ja saa aikaan sen muuttumisen methemoglobiiniksi, metHb (EFSA 2010). MetHb:ssa hemoglobiinin rauta on hapettunut kolmenarvoiseksi, eikä se kykene kuljettamaan happea.

Methemoglobiinia syntyy elimistössä normaalistikin: terveen aikuisen hemoglobiinista on noin 1 – 3 % metHb-muodossa. Ihmisessä methemoglobiinin muodostumiselle kriittisiä tekijöitä ovat nitriitin lisääntynyt pitoisuus elimistössä, suoliston infektio yhdessä mahalaukun limakalvon tulehduksen ja NADH-sytokromi b5-methemoglobiinireduktaasin heikentyneen aktiivisuuden kanssa. Mainittu entsyymi muuttaa methemoglobiinia takaisin hapenkuljetukseen kykeneväksi hemoglobiiniksi. Alle kolmikuisilla vauvoilla punasolujen reduktaasientsyymin teho on 40 – 50 % heikompi kuin aikuisilla, ja koska pikkuvauvat ovat lisäksi herkempiä mahainfektioille kuin aikuiset, heillä on suurempi methemoglobinemian riski (EFSA 2008).

Methemoglobiinin muodostumisen määrään pikkuvauvoilla ja lapsilla vaikuttaa nitraatti- ja nitriittialtistuksen lisäksi se, kärsivätkö he mahan tai suoliston infektioista, ripulista tai asidoosista (elimistön liika happamoituminen). Näiden tekijöiden lisäksi mahalaukun vähähappoisuus lisää methemoglobinemian riskiä (Tamme ym. 2010). Myös monet lääkeaineet kuten esimerkiksi paikallispuudutusaineet, hopeanitraatti ja sulfatyypiset antibiootit voivat lisätä methemoglobiinin muodostusta, mutta antioksidantit, kuten C- ja E-vitamiini, estävät methemoglobiinin muodostumiseen johtavan reaktion (EFSA 2010).

Normaalitasoa korkeammat metHb-pitoisuudet ilmenevät ensin syanoosina eli ihonvärin sinertymisenä. Sitä on havaittu matalista hemoglobiinipitoisuuksista kärsivillä (ts. aneemisilla tai anemian rajaa lähestyvillä) pikkuvauvoilla jo 3 %:n metHb-pitoisuuksilla. 10 %:n tai korkeammat metHb-pitoisuudet saavat jo aikaan kliinisesti vähentynyttä hapenkuljetuskykyä, yli 20 %:n pitoisuudet aiheuttavat syanoosia ja hypoksia eli hapen puutetta kudoksissa, ja yli 50 %:n pitoisuudet voivat tappaa, joskin vasta 70 %:n methemoglobiinipitoisuuden yläpuolella kuoleman riski on suuri (EFSA 2010).

Tang ym (2011) arvioivat nitraatin ja nitriitin vaikutusta metHb-pitoisuuksiin aiempien julkaisujen perusteella. Kun terveet vapaaehtoiset aikuiset nauttivat yksittäisiä suuria annoksia natriumnitriittiä (yläraja 290 – 380 mg/hlö, joka vastaa 70 kg painoisella henkilöllä noin 41 – 54 -kertaista annosta ADI:in nähden), koehenkilöiden veren metHb-pitoisuus kohosi 12,2 %:iin. Toisessa tutkimuksessa, jossa nitriitti annosteltiin suonensisäisesti, viiden minuutin aikana saatu yhteensä 0,55 mg/kg rp suuruisen annos (7,9 x ADI) tuotti aikuisilla vain 3,2 % suuruisen methemoglobiinitason. Bakteri-infektion voi odottaa kuitenkin kasvattavan methemoglobiinin osuutta.

Nitraatin (ja nitriitin) saannin sekä methemoglobinemian välinen yhteys ei kuitenkaan ole selkeä. Joidenkin tutkimusten perusteella ripulin tyyppisellä sairaudella tai muulla bakteri-infektiolla näyttäisi olevan merkittävä vaikutus methemoglobinemian ilmaantumiseen. EFSA:n CONTAM-asiantuntijajaneelin nitraatista antaman lausunnon (EFSA 2008) johtopäätöksenä oli, että nitraatin ja nitriitin aiheuttamista terveyshaitoista ei ole täyttä varmuutta, koska useimmat todisteet perustuvat menetelmällisesti heikkoihin tutkimuksiin, joiden kaikkia häiritseviä tekijöitä ei ole voitu ottaa huomioon.

### *Muut terveysriskit*

Nitraattien ja nitriittien saantiin liittyvistä muista terveysriskeistä on tutkijoiden keskuudessa vielä erimielisyyttä. Seurantatutkimuksissa ja meta-analyysissä havaitut haittavaikutukset eivät kiistattomasti liity nitraattiin ja nitriittiin, vaan niiden takana voi olla useita muitakin samoissa elintarvikkeissa esiintyviä aineita tai elintapojen eroista johtuvia tekijöitä, joiden vaikutusta ei ole kyetty täysin poistamaan.

Nitraattien ja nitriittien aineenvaihduntatuotteena syntyvät N-nitrosoyhdisteet, erityisesti nitrosoamiinit, on nostettu tutkimuksissa esille mahdollisina terveysriskin aiheuttajina. Hyöty ja Virtanen (2004) ovat todenneet nitrosoamiinien voivan lisätä tyyppin 1 diabeteksen puhkeamisriskiä lapsilla. Heidän tutkimustensa mukaan äidin raskaudenaikainen nitriittisaanti oli itsenäisessä ja lapsen nitriittisaannista riippumattomassa yhteydessä lapsen riskiin sairastua diabetekseen. Nitriittialtistusta oli arvioitu ennen muuta lihavalmistesta ja muista lisäainelähteistä syntyvän altistuksen pohjalta. On silti syytä korostaa, että tyyppin 1 diabeteksen puhkeamiseen on useita muitakin syitä ja altistustekijöitä. Esimerkiksi tietyillä viruksilla ja elinympäristön sterilisoinnilla on todennäköisesti suuri merkitys diabeteksen aiempaa suurempaan esiintyvyyteen.

Kahdessa tuoreessa kokooma-artikkelissa (Micha ym. 2012; Feskens ym. 2013) käsiteltiin lihavalmistesten kulutuksen vaikutusta diabetesriskin ja sepelvaltimotaudin riskin kasvuun. Micha ym. (2012) selittivät havaitsemaansa diabetesriskin lievää kasvua erityisesti hemiraudalla ja kolesterolin pitoisuuksilla ruoassa, mutta arvelivat nitraattista ja nitriitistä elimistössä syntyneiden reaktiotuotteiden myös vaikuttaneen asiaan. Toisaalla (Cross ym. 2003) on havaittu, että hemirauta voi lisätä N-nitrosoamiinien muodostumista. Feskens

ym. (2013) totesivat kuitenkin, että vain muutamassa tutkimuksessa on havaittu tyyppin 1 diabeteksen riskin kasvavan lihavalmisteiden kulutuksen myötä. Sen sijaan tyyppin 2 diabeteksen riskin kasvua samoin kuin sepelvaltimotaudin riskin kasvua saattaa heidän mukaansa osittain selittää nitrosoamiinien muodostuminen korkeita nitraatti- ja nitriitipitoisuuksia nautittaessa.

Myös Micha ym. (2012) havaitsivat seurantalutkimusten meta-analyyseista sepelvaltimotaudin riskin kasvua. He arvioivat, että noin kaksi kolmasosaa havaitusta riskin lisääntymisestä selittyi lihavalmisteissa käytettyjen suolojen natriumilla. Jäljelle jäävää kolmasosaa selittämään he nostivat yhtenä mahdollisena tekijänä lihavalmisteiden nitraatin ja nitriitin. Micha ym. (2012) huomauttivat kuitenkin, että tutkimuksen kohorteissa oli havaittavissa yhteys runsaan lihansyönnin ja joidenkin terveydelle haitallisten elintapojen kuten liikunnan puutteen, tupakoinnin ja transrasvojen saannin kanssa. Nämä selittämättömästä jäännösvaihtelusta johtuvat tekijät eivät heidän tulkintansa mukaan voi selittää kaikkia lihavalmisteiden käytön ja sepelvaltimotaudin tai diabeteksen lisääntyneen riskin yhteyksiä. On silti mahdollista, että selittämätön jäännösvaihtelu on saanut lihavalmisteiden syöntiin liitetyt haittavaikutukset vaikuttamaan todellista suuremmilta.

Nitraattien, nitriittien ja nitrosoamiinien saannin yhteyttä erilaisten kasvainten esiintymisriskin kasvuun on tutkittu useita kertoja. Epidemiologisissa tutkimuksissa ei ole löydetty todisteita siitä, että nitraatti lisääisi syöpäriskiä (EFSA 2008). FAO:n ja WHO:n yhteinen lisäaineita käsittelevä asiantuntijakomitea JECFA on todennut tutkimusten pohjalta, että sen paremmin nitraattia kuin nitriittiäkään ei ole aiheellista luokitella genotoksiseksi yhdisteeksi, eikä JECFAn 44. kokouksessa esitettyjen epidemiologisten tutkimusten tulosten perusteella ole liioin osoitettavissa, että nitriitti

tai nitraatti olisi ihmiselle syöpää aiheuttava aine (JECFA 2002; JECFA 2002b). Yksi näistä epidemiologisista tutkimuksista oli suomalainen 24 vuotta kestänyt seurantalutkimus (Knekt ym. 1999), jossa ei havaittu yhteyttä nitriittialtistuksen ja mahalaukun, peräsuolen tai pään ja kaulan alueen kasvainten välillä. Tässä tutkimuksessa keskimääräinen nitriittialtistus oli 5,3 mg/vrk (vastaa 0,076 mg/kg rp/vrk 70 kg painoiselle henkilölle).

Tuoreissa seurantalutkimuksissa tulokset ovat samantapaisia. Kolmen yhdysvaltalaisen seurantalutkimuksen meta-analyysissä ei löydetty yhteyttä nitraatin, nitriitin tai nitrosoamiinien saannin ja gliooman (aivojen tukisolu-kasvaimen) riskin välillä (Michaud ym. 2009) eikä näillä yhdisteillä uusien epidemiologisten seurantalutkimusten perusteella ole vaikutusta mahalaukun syövän kehittymiseen (Bryan ym. 2012). Eräs tutkimus (DellaValle ym. 2013) antoi viitteitä siitä, että eläinperäisistä lähteistä saatava nitriittialtistus saattaisi lisätä munuaissolukarsinooman ja kirkassoluadenokarsinooman riskiä. Tässä tutkimuksessa oli seurattu lähes puolimiljoonaista ihmisryhmää (amerikkalaisia 50 – 71 -vuotiaita) ja arvioitu käyttömääriä ruoankäyttökyselykaavakkeiden avulla. Kasviksista saatavalla nitriitillä tai koko ravinnon nitraatilla ei tutkimuksessa havaittu yhteyttä syöpäriskin kasvuun. Aiemmissä tutkimuksissa, joihin DellaValle ym. (2013) viittaavat, oli osassa havaittu munuaissolukarsinooman riskin kasvavan lihavalmisteiden suurkuluttajilla, mutta suurimmassa osassa ei tällaista yhteyttä löytynyt.

### *Ristiriitaisia tuloksia*

Useat tutkijat (esim. Katan 2009; Lightsey 2012) ovat huomauttaneet, että keskustelussa nitriitin haitallisuudesta pitäisi ottaa huomioon myös nitraattipitoisista kasviksista elimistössä syntyvä nitriitti, joka muodostaa valtaosan kuluttajan kokonaisaltistuksesta nitriitil-



le. Haittavaikutuksia on havaittu vain lihavalmisteista ja muista eläinperäisistä lähteistä saatavan nitriitin yhteydessä, ja kirjallisuudessa on selitetty tätä kasvien sisältämien bioaktiivisten yhdisteiden (kuten C-vitamiinin) kyvyllä jopa puolittaa nitraatista ja nitriitistä syntyvien nitrosoamiinien määrä (Brambilla & Martell 2007). Koska runsas (nitriittisuolattujen) lihavalmisteiden käyttö yhdistyy usein terveydelle haitallisiin elintapoihin, kuten vähäiseen kasvien saantiin, runsaaseen alkoholin käyttöön, transrasvojen saantiin, tupakointiin ja vähäiseen liikuntaan, näiden vaikutus voi saada lihavalmisteiden ja niiden sisältämän nitriitin terveyshaitat näyttämään suuremmilta kuin ne ovat yksistään (Micha ym. 2012; Lightsey 2012).

Jotkut tutkijat (esim. Lightsey 2012) selittävät runsaan punaisen lihan ja lihavalmisteiden käytön ja joidenkin syöpien riskin kasvun välisen yhteyden johtuvan näistä huonoista elintavoista eikä lihan nitriiteistä. Toisen selitystavan mukaan kasvien sisältämät antioksidantit ja/tai muut niissä luontaisesti esiintyvät yhdisteet estävät nitrosoamiinien syntyä, mutta punaisessa lihassa olevat amiinit ja amidit voivat edistää nitrosoamiineja tuottavien reaktioiden tapahtumista (DellaValle ym 2013). Tämä selitys ei ota huomioon sitä, että lihavalmisteisiin lisätään hapettumisenestoaineena askorbiiniyhdisteitä estämään nitrosoamiinien muodostumista. Myös hemiraudan on havaittu lisäävän N-nitrosoamiinien muodostumista (Cross ym. 2003), ja tämä saattaisi selittää kasvien ja eläinperäisten tuotteiden eroa, koska kasviksissa rauta ei esiinny hemirautana. Tarkempia tutkimuksia tarvitaan silti vielä lisää.

### 2.1.2 Annos - vaste -suhteet kroonisessa toksisuudessa

Tässä tutkimuksessa keskitytään nitraatin ja nitriitin pitkäaikaisvaikutuksiin. Aineista on tehty myös lyhytkestoisien suuren altistuksen vaaroja selvittäviä

eläinkokeita ja arvioitu niiden akuuttia myrkyllisyyttä ihmiselle. Natriumnitraatin tappava kerta-annos ihmiselle lienee välillä 67 – 833 mg NaNO<sub>3</sub> henkilön painokiloa kohti, keskimäärin 330 mg/painokilo (EFSA 2010). Natriumnitriitti on hiukan myrkyllisempää, ja sen tappava kerta-annos ihmiselle lienee välillä 15 – 150 mg NaNO<sub>2</sub> henkilön painokiloa kohti, joskin yksilöllinen vaihtelu on suurta (IPCS INCHEM). Näin suurille annoksille ei kuitenkaan altistuta elintarvikkeiden välityksellä.

Kolmea kuukautta vanhemmilla vauvoilla ja lapsilla ei ole havaittu methemoglobiinitason kohoamista, jos altistus nitraatille juomaveden tai kasvien välityksellä on pienempi kuin 15 mg/kg rp/vrk (EFSA 2008). Tätä arvoa voidaan EFSan vuonna 2010 esittämän lausunnon mukaan pitää jonkinlaisena mittatikkuna haittaa aiheuttamattomalle lyhytaikaisen altistuksen tasolle. Tieteellisesti riittävää näyttöä akuutin altistuksen vertailuannoksen ARfD määrittämiseksi nitraatille ei kuitenkaan vielä ole (EFSA 2010).

Pitkäaikaisen altistuksen turvallinen annos eri aineille määritetään eläinkokeiden avulla selvittämällä korkein annostaso, joka ei aiheuta koe-eläimelle terveyshaittaa (NOAEL-taso). Tämä pitoisuus jaetaan sen jälkeen turvakertoimella, jonka suuruus on tavallisesti 100. Turvakerroin ottaa huomioon eron, joka koe-eläimen ja ihmisen herkkyydessä voi olla tutkittavan aineen haittoille, ja sen lisäksi siinä huomioidaan ihmislajin sisäinen herkkyysvaihtelu. Tarkoituksena on löytää taso, joka on turvallinen herkimmillekin ihmisille.

FAO:n ja WHO:n yhteinen lisäaineita käsittelevä asiantuntijakomitea JECFA arvioi vuonna 2002 (JECFA 2002; JECFA 2002b) nitraatin ja nitriitin myrkyllisyyttä sekä lyhytaikaisen altistuksen että pitkäaikaisten toksisuuskokeiden (2 v jyrsijöillä) perusteella. Myös aineiden karsinogeenisuus ja genotoksisuus tutkittiin, samoin mahdolliset lisääntymi-

seen kohdistuvat haittavaikutukset. Arviossa otettiin huomioon eläinkokeiden lisäksi ihmisistä epidemiologisissa tutkimuksissa, tapaus-verrokkitutkimuksissa, kohorttitutkimuksissa ja interventio-tutkimuksissa kootut tiedot nitraatin ja nitriitin vaikutuksesta. Epidemiologisten tutkimusten perusteella asiantuntijakomitea ei pitänyt nitraattia eikä nitriittiä syöpää aiheuttavana aineena.

JECFAn arvioinnin tuloksena nitraatin hyväksyttävän päivittäissaannin (ADI) ylärajaksi vahvistettiin 3,7 mg/kg rp/vrk ja nitriitin vastaavaksi arvoksi 0,07 mg/kg rp/vrk eli 70 µg/kg rp/vrk. Nitriitin ADI-arvo perustuu kaksivuotiseen rottakokeeseen, jossa tutkittiin sydämeen tai keuhkoihin kohdistuvia toksikologisia haittavaikutuksia, ja nitraatin ADI-arvo sekä rotilla (2 vuotta) että koirilla (125 vrk) tehtyihin kokeisiin, joissa tutkittuna haittavaikutuksena oli kasvun hidastuminen. Viimeisimmän EFSA:n asiantuntijalausannon (2010b) mukaan ei ole riittävää näyttöä (ml. nitrosoamiinien karsinogeenisuus) siitä, että nitriitin ADI-arvoa olisi aiheutta arvioida uudelleen.

NOAEL-tason käyttö ADI-arvon määrittämiseen saa aikaan sen, että eläinkokeisiin valituilla altistustasoilla on suuri merkitys tuloksiin. Esimerkiksi nitriitin ADI-arvoa määritettäessä NOAEL-tasoa (10 mg NaNO<sub>2</sub> /kg rp/vrk) seuraava altistustaso oli kymmenen kertaa suurempi. Sillä havaittiin rotissa 5 %:n metHb-pitoisuuksia sekä jonkin asteista keuhkoputkien laajenemaa ja keuhkopöhön oireita. Todellinen korkein haittavaikutuksia aiheuttamaton taso voi kuitenkin olla näiden kahden pitoisuuden välillä. Myös eläinlaji vaikuttaa tuloksiin, sillä hiirikokeista määritetty NOAEL-taso natriumnitriitille oli 19-kertainen rottakokeista saatuun arvoon nähden.

Eläinkokeista saatujen nitriitin annos – vaste -suhteita koskevien tulosten soveltuvuutta ihmiselimestössä tapahtuvien reaktioiden arviointiin on kritisoitu

(mm. Katan 2009) sen perusteella, että eläimille kokeissa syötetyt nitriittimäärät ovat suuria ja niiden yhteydessä annetun ravinnon amiinit hyvin spesifisiä. Näin ollen näissä kokeissa havaittu nitriitin ja amiinien reaktio nitrosoamiineiksi voi olla suurempaa kuin ihmiselimestössä tavallisesti esiintyy. McKnight ym (1999) huomauttavat lisäksi, että nitraatti ei helposti reagoi ruoan mukana saatujen amiinien kanssa, sillä nitrosoamiinien muodostumisnopeus riippuu vahvasti pH:sta. Mahalaukun pH kohoaa ruoan nauttimisen jälkeen niin korkeaksi, että se on nitrosoamiinien muodostukselle otollinen vasta noin kahden tunnin kuluttua. Sitä paitsi ruoassa olevat pelkistävät aineet kuten C-vitamiini ja tiolit estävät nitrosoaatiota. C-vitamiinia erittyy myös mahanesteissä. Ruoansulatuksen myöhemmissä vaiheissa nitrosoamiinien muodostumisen reaktionopeus riippuu nitriitin pitoisuudesta.

## 2.2 Nitraatin ja nitriitin mahdolliset terveyshyödyt

Lisäaineena käytetty nitriitti ja nitraatti estävät vaarallisten mikrobien kasvua elintarvikkeissa. Tätä vaikutusta ei laskea varsinaiseksi terveyshyödyksi sen vuoksi, että kyse on elintarvikkeiden laadun ylläpitämisestä. Keskustelussa nitraatin ja nitriitin haitallisuudesta on kuitenkin otettava huomioon se, että botuliinitoksiinin aiheuttama mahdollisesti hengenvaarallinen myrkytys on huomattavasti suurempi vaara kuin ADI-arvojen ylityksestä johtuva vaara.

EFSA on molemmissa nitraattia koskevissa tieteellisissä lausunnoissaan (EFSA 2008; EFSA 2010) painottanut sitä, että suositus nauttia 400 g kasviksia ja hedelmiä päivässä ei vaaranna kuluttajia nitraatin (tai siitä syntyvän nitriitin) suhteen, koska kasvien ja hedelmien syönnistä aiheutuvat myönteiset terveysvaikutukset ovat merkittävämpiä kuin haitat.

Useat viimeaikaiset tutkimukset (Maccha & Schechter 2011 viitteineen; Maccha & Schechter 2012 viitteineen) viittaavat siihen, että nitriitti ja nitraatti suojaavat verenkiertoelimistöä monien erilaisten mekanismien välityksellä. Verenkiertoelimistöön sen laajimmassa merkityksessä lasketaan tässä sydän, verisuonisto sekä veren kaikki komponentit. Nitriitti ja nitraatti pelkistyvät elimistössä reaktiivisiksi typpioksideiksi (kts. Kuva 1) ja niiden hyödyt syntyvät ainakin osittain siitä, että ne edistävät verisuoniston ja muidenkin kudosten typpioksidin saantia. Vaikuttaisi siltä, että nitraatti ja nitriitti ovat typpioksidin pääasialliset varastomuodot veressä ja kudoksissa (Zhu ym. 2011). Kudoksen hapenpuute ja asidoosi edistävät nitraatin pelkistymistä typpioksidiksi osana tasapainotilan palauttamiseen pyrkivää mekanismia.

Mitokondriot tuottavat patologisissa verenkiertoelimistön häiriötiloissa liikaa reaktiivisia happiyhdisteitä, mutta nitriitti ja nitraatti estävät sen vaikuttamalla yhteen mitokondrion entsyymeistä (Maccha & Schechter 2011). Nitriitti ja nitraatti myös rentouttavat verisuoniston sileitä lihaksia sekä *in vitro* että *in vivo*, ja tästä aiheutuva verisuonten laajeneminen alentaa verenpainetta (Maccha & Schechter 2011; Katan 2009). Joidenkin tutkimusten mukaan verenpaineen lasku on ihmisillä havaittavissa jo ravinnosta saatavilla nitraattimäärillä, ja tehokkain vaikutus nitraatilla on silloin, kun sitä nauttivalla henkilöllä on korkea verenpaine (Lidder & Webb 2012; Tang ym. 2011 viitteineen; EFSA 2008). Vaikutus kohdistuu sekä systoliseen että diastoliseen paineeseen (Hobbs ym. 2012). Erityisen kiinnostavaa on se, ettei elimistö turru epäorgaaniseen nitriittiin, vaan sen vaikutus pysyy yhtä suurena pitkälläkin aikavälillä (Maccha & Schechter 2011). Nitriitti rentouttaa verisuoniston lihaksia myös liuksena suoraan verisuoneen annettuna (Maccha & Schechter 2011), mutta nitraattiliuos vaikuttaa vain suun kautta nautittuna, koska nitraatin pelkistymi-

nen nitriitiksi suuontelon Gram-negatiivisten bakteerien vaikutuksesta on reaktion ensimmäinen vaihe.

Nitraatti, nitriitti ja niistä syntyvät reaktiiviset typpioksidit säätelevät myös verihuutaleiden aktiivisuutta sekä vähentävät niiden paakkuuntumista (Lidder & Webb 2012; EFSA 2008; McKnight ym. 1999). Myös tämä vaikutus on havaittu ihmiselimistössä jo punajuurimehuanoksesta saatavalla nitraattimäärällä (Maccha & Schechter 2011).

Eläinkokeissa suun kautta annettu nitraatti sekä nitriitti vähentävät sydäninfarktista, aivoinfarktista jne. syntyviä vammoja (Maccha & Schechter 2011) jopa silloin, kun nitriittiä annettiin 24 tuntia ennen hapenpuutteella aiheutettua vauriota verenkiertoelimistölle (Tang ym. 2011). Eläinkokeissa nitraatista ja nitriitistä pelkistyvän typpioksidin on havaittu lisäävän verenkiertoa myös mahalaukun limakalvossa ja paksuntavan mahalaukun seinämän limakerrosta, jolloin mahahaavan kehittyminen on epätodennäköisempää (Björne ym. 2004).

EFSA:n lausunnossa (2008) kuitenkin todetaan, ettei ihmiskehon normaalien toimintojen ylläpito vielä sinällään ole terveyshyöty. Vaikka tyypilliset nitraattialtistukset elintarvikkeista eivät olekaan haitallisia, niiden ei voida sanoa edistävän terveyttä vain sillä perusteella, että nitraatilla ja siitä reagoivilla yhdisteillä on useita elimistön toimintaan vaikuttavia myönteisiä vaikutuksia. Joissakin tapauksissa nitraattia alle ADI-arvon sisältävä ruokavalio voi hyödyllisesti ylläpitää elimistön luontaisia nitraatti- ja nitriittivarantoja (Lundberg ym. 2008), mutta tästä ei voi vielä tehdä johtopäätöstä, että korkeanitraattinen ruokavalio olisi välttämättä terveellinen.

Silti McKnight ym. (1999) totesivat jo viime vuosituhanella, että puhtaasti evoluution näkökulmasta on epätodennäköistä, että elimistö aktiivisesti keräisi ja väkevöisi nitraattia sylkeen muut-

tumaan nitriitiksi ja edelleen muiksi reaktiotuotteiksi, jos sen vaikutus olisi pelkästään haitallinen. Tämä väite ei toki sulje pois sitä, ettei haittavaikutuksia voisi esiintyä. Mahdollisten haittojen ohella ilmenevien hyötyjen on kuitenkin oltava haittoja suurempia, jotta mekanismi olisi säilynyt eri nisäkäslajeilla. Esimerkkinä hyödystä todettakoon, että mahahappo tappaa patogeenisia bakteereja, kuten kampylobakteeria, yersiniaa ja salmonellaa vasta, kun happoon on sekoittunut nitraattia sellaisina pitoisuuksina kuin elimistöön kertyy vihreitä kasviksia syömällä (EFSA 2008; Björne ym. 2004). Nitraatti (nitriitin ja typpioksidin kautta) voi siis olla yksi tekijä ihmiskehon puolustusmekanismeissa taudinaiheuttajia vastaan.

## 2.3 Herkät väestöryhmät

Terveistä aikuisista noin kolmasosalla mahalaukun paastonaikainen pH on vähintään 5, joten heidän mahalaukussaan bakteerit kykenevät jatkamaan toimintaansa ja muuntamaan nitraattia nitriitiksi. Myös pikkuvauvoilla (alle 3 kk:n ikäisillä) on vähähappoinen mahalauku, ja näin ollen heillä nitraatin muuntuminen nitriitiksi on suurempaa kuin keskivertoaikuisilla eikä haittavaikutusten mahdollisuuttakaan voi sulkea pois. On silti huomattava, että jopa pikkuvauvojen kaikkein luonnollisimmasta ravinnosta, äidinmaidosta, on vuonna 1975 julkaistussa tutkimuksessa raportoitu jopa 5 mg/kg suuruisia nitraattipitoisuuksia (EFSA 2008).

Imeväisikäisillä vauvoilla methemoglobinemian riski on suurempi kuin jo vieroitetuilla vauvoilla, vanhemmilla lapsilla sekä aikuisilla lähinnä seuraavista syistä (McKnight ym. 1999): 1) vauvojen mahalauku on huomattavasti vähemmän hapan (pH jopa yli 4) kuin vanhemmilla ikäryhmillä, ja näin ollen syöty nitriitti hajoaa hitaammin; 2) vauvojen mahassa on vähemmän pelkistäviä aineita, kuten C-vitamiinia, kuin

vanhemmilla yksilöillä; 3) vauvojen veden- ja ruoankäyttö ruumiinpainoa kohti on noin kolme kertaa niin suuri kuin aikuisilla, ja 4) methemoglobiinireduktaasi-entsyymi alkaa toimia täydellä tehollaan vasta vieroitusiän jälkeen. Pikkuvauvoilla tämän entsyymin teho on vain 50 – 60 % aikuisen elimistössä toimivan vastaavan entsyymin aktiviteettista.

Tässä tutkimuksessa keskitytään kuitenkin yli 1-vuotiaisiin lapsiin, joilla nitraatti pelkistyy nitriitiksi jokseenkin yhtä suuressa määrin kuin nuorilla aikuisilla.

Haittavaikutusten riski on vauvaikää vanhemmillakin lapsilla suurempi kuin aikuisilla, sillä lapset syövät kokoonsa nähden enemmän, ja toisaalta heidän kehittyvä elimistönsä voi olla herkempi haittavaikutuksille kuin aikuisten. Nautittujen määrien suuruuden ja mahdollisesti aikuista tehokkaamman imeytymisen ansiosta kolmi-kuusivuotiaat ovat usein ne ikäryhmät, joilla altistuminen erilaisille ravinnon sisältämille vahingollisille aineille on suurinta.

Perinnöllisen herkyyden tai ohimenevän infektion vuoksi osa väestöstä voi olla keskimääräistä herkempää reagoimaan nitraattiin tai nitriittiin. Glukoosi-6-fosfaattidehydrogenaasi -entsyymin puutteesta kärsivät ovat herkempiä nitriittien haittavaikutuksille kuin perusterveet ihmiset, koska entsyyminpuutos voi johtaa methemoglobiinireduktaasin puutteeseen. Tällöin methemoglobiini ei palaudu hemoglobiinimuotoon yhtä tehokkaasti kuin ihmisillä keskimäärin. Tämä perinnöllinen vaiva on yleinen joissakin aasialaisissa ja Välimeren maiden ihmisryhmissä (Erkekoğlu & Giray 2007; McKnight ym. 1999).

Lapsille sekä suoliston bakteeri-infektioista kärsiville henkilöille on annettu joitakin ruoankäyttösuosituksia nitraatti- ja nitriittipitoisista elintarvikkeista. Näitä suosituksia käsiteltiin tarkemmin luvussa 1.2.4.

## 2.4 Kirjallisuudessa esitettyjä altistusarvoja nitraatille ja nitriitille

EFSAn lausunnossa (EFSA 2008) esitettiin konservatiivinen arvio nitraattialtistukselle. Se laskettiin keskikokoista (60 kg) kuluttajaa kohden erilaisilla vihannesten ja hedelmien kulutusmäärillä. Yksi arvioista perustui kasvien arvioituun kulutukseen EU-alueen ravintotaseiden perusteella (GEMS/Food). Konservatiivisin, ts. varovaisin, arvio tehtiin olettamalla, että vihanneksiä ja hedelmiä kulutetaan päivittäin suositusten mukainen määrä: 400 g. Arvioissa otettiin huomioon myös muista lähteistä kuten juomavedestä ja lihavalmisteista saatava altistus (35 – 44 mg/henkilö/vrk). Kasviksista saatavan altistuksen arvioitiin olevan keskimäärin 157 mg/henkilö/vrk, kun laskut tehtiin tyypillisiä nitraatin mediaanipitoisuuksia käyttäen, ja 400 g:n suuruisen kasvien käytön arvioitiin koostuvan useista eri kasviksista. Arviossa ei otettu huomioon sitä, että useimmilla kuluttajilla jopa puolet kasvien ja hedelmien käytöstä koostuu hedelmistä, ja näiden nitraattipitoisuudet ovat vain 10 mg/kg luokkaa. Hedelmien osuus huomioon ottaen valtaosalla EU-alueen (aikuisista) kuluttajista todellinen nitraattisaanti lieene välillä 81 – 106 mg/vrk, ja kasvien prosessointi esimerkiksi pesemällä, kuorimalla ja/tai keittämällä alentaa altistusta vielä siitäkkin.

Rucolan aiheuttama nitraattialtistus on kuitenkin sen suurkuluttajilla huomattava. Rucolan mediaanipitoisuudella 4 800 mg nitraattia/kg (EFSA 2008) jo 47 g:n suuruisen kerta-annos riittää sinällään ylittämään lievästi 60 kg painoisen kuluttajan koko ADI-määrän. (70 kg painoisella kuluttajalla lievästi ADI-arvon ylittävän kerta-annoksen koko olisi 54 g.). Tämän lisäksi mukaan on laskettava vielä muusta ravinnosta kertyvä nitraattialtistus.

Kirjallisuudessa esitetyistä nitraatti- ja nitriittialtistusarvioista huomaa, että

yleisesti ottaen aikuiset altistuvat suhteessa vähäisemmille nitraatti- ja nitriitimäärille kuin lapset. Havainto selittyy sillä, että lapset syövät ruumiinpainoonsa nähden enemmän kuin aikuiset.

Suomalaisten aikuisten altistumista nitraatille ja nitriitille tutkittiin 1990-luvulla (Dich ym. 1996) vuosina 1967–72 kerättyjen ruoankäyttötietojen pohjalta. Keskimääräinen altistus oli laskettu milligrammoina vuorokaudessa. Jos taulukossa 3 esitettyjä Dich ym. tutkimuksen lukuja soveltaa 70 kg painoiseen henkilöön, nitraattialtistus vastaa noin 30 %:a ADI-arvosta, mutta nitriittialtistus on peräti 108 % ADI-arvosta (5,3 mg/vrk). Tuolloinkin, ts. 1960 – 1970-lukujen taitteessa, valtaosa nitriittialtistuksesta saatiin makkaroista. Nyt tehdyssä tutkimuksessa aikuisten keskimääräinen nitriittialtistus on laskenut selvästi noin neljän vuosikymmenen takaisesta.

Tuoreemmassa suomalaisessa altistusarviossa (Ovaskainen ym. 2000) havaittiin, samoin kuin nyt tehdyssä tutkimuksessa, että miesten nitriittialtistus oli suurempaa kuin naisten. Altistusmäärät Ovaskaisen ym. (2000) esittämässä arviossa oli laskettu väestön keskimääräisen ja elintarvikkeista analysoitujen pitoisuuksien pohjalta. Aikuisväestön keskimääräinen nitriittialtistus oli vain 6 – 14 % ADI-arvosta, mutta käyttäjien altistus oli jopa yli kymmenkertainen koko aineiston keskisaantiin verrattuna.

Lapsia koskeva aiempi altistusarvio (Salminen & Penttilä 1999) oli tehty 13 kk – 6 v ikäisten turkulaislasten ruoankäyttötietojen ja elintarvikkeista analysoitujen pitoisuuksien pohjalta. Tyttöjen keskimääräinen nitraattisaanti vaihteli eri ikäryhmissä välillä 31,3 – 34,0 % ADI-arvosta ja poikien välillä 31,5 – 34,1 % ADI-arvosta. Keskimääräinen nitriittisaanti oli puolestaan tytöillä 42,0–70,4 % ADI-arvosta ja pojilla 38,6 – 76,6 % ADI-arvosta. Tutkimuksessa käytettiin ikäryhmien keskimääräisiä kulutusarvoja, joten suurkuluttajien sama altistus ei tullut esille.

**Taulukko 3.** Kirjallisuudessa esitettyjä arvioita nitraatti- ja nitriittialtistuksen suuruudesta eri maissa ja eri ikäryhmille. Altistumäärät on ilmoitettu nitraatti- tai nitriitti-ionina.

Maa	Altistuslähteet	Keskimääräinen altistus (aine, kuluttajaryhmä)	Viite
Australia	Lihavalmisteet ja kasvikset	267 mg NO <sub>3</sub> /vrk (aikuinen); 5,3 mg NO <sub>2</sub> / vrk (aikuinen)	Hsu ym. 2009
Teneriffa, Espanja	Juomavesi	15,1 – 58,6 mg NO <sub>3</sub> /vrk (aikuinen) (vastaa 5,7 – 22,6 % ADIsta)	Caballero ym. 2003
P-Kiina	Kasvikset	422,8 mg NO <sub>3</sub> /vrk (aikuinen); 0,68 mg NO <sub>2</sub> /vrk (aikuinen) (altistus laskettu eri kasvien keski-kulutusten summasta; 70 kg painoiselle 163 % NO <sub>3</sub> -ADIsta ja 14 % NO <sub>2</sub> -ADIsta)	Zhong ym. 2002
Uusi-Seelanti	Elintarvikkeet ja juomavesi	Aikuisella keskimäärin 16 % NO <sub>3</sub> -ADIsta ja 13 % NO <sub>2</sub> -ADIsta, mutta maksimialtistuksella jopa 750 % NO <sub>3</sub> -ADIsta.	Thomson ym. 2007
Suomi	Kasvikset, hedelmät, juustot, liha, kalatuotteet	77 mg NO <sub>3</sub> /vrk (aikuinen); 5,3 mg NO <sub>2</sub> /vrk (aikuinen) (altistus laskettu 1967 – 1972 tehdyn terveystutkimuksen ruoankäyttötiedoista)	Dich ym. 1996
Suomi	Makkarat, kalasäilykkeet, juustot, mehut, hillot, leipä, maustekastikkeet	0,3 mg NO <sub>2</sub> /vrk eli 0,004 mg NO <sub>2</sub> /kg rp/vrk (aikuiset naiset); 0,8 mg NO <sub>2</sub> /vrk eli 0,01 mg NO <sub>2</sub> /kg rp/vrk (aikuiset miehet). Lisäainepitoisten tuotteiden käyttäjillä kokonaissaanti 4,0 – 7,3 mg NO <sub>2</sub> /vrk. Altistus laskettu Finravinto 1997 -tutkimuksen ruoankäyttötiedoista.	Ovaskainen ym. 2000
Suomi	Makkarat, kinkut, leipä, kalasäilykkeet, makeiset, virvoitusjuomat, mehut, hillot, maustekastikkeet	16,8 – 34,8 mg NO <sub>3</sub> /vrk (lapset); 0,4 – 1,1 mg NO <sub>2</sub> /vrk (lapset). Altistus laskettu STRIP-projektin ruoankäyttötiedoista 13 kk – 6 v ikäisille lapsille.	Salminen & Penttilä 1999
Alankomaat	Total Diet Study	31 – 33 mg NO <sub>3</sub> / vrk (1 – 4 v); 84 – 94 mg NO <sub>3</sub> /vrk (aikuinen) (keskimääräinen altistus; 3 – 23 % kuluttajista ylitti NO <sub>3</sub> -ADIn)	Brussaard ym. 1996
Alankomaat	123 yksilön 24 h ruokavalio v. 1994	80 mg NO <sub>3</sub> / vrk (aikuinen); mediaani 0,6 mg NO <sub>2</sub> /vrk (aikuinen)	Vaessen & Schothorst 1999
Tanska	Kasvikset, hedelmät ja vesi	61 mg NO <sub>3</sub> /vrk (aikuinen); 0,5 mg NO <sub>2</sub> /vrk (aikuinen)	Petersen & Stoltze 1999
Tanska	Lihavalmisteet	0,6 – 0,74 mg NO <sub>3</sub> /vrk (4 – 5 v); 0,59 – 0,72 mg NO <sub>3</sub> /vrk (15 – 75 v); 0,01 mg NO <sub>2</sub> /kg rp/vrk (4 – 5 v, korkean altistuksen keskiarvo)	Leth ym. 2008
Viro	Lihavalmisteet	1,7 mg NO <sub>3</sub> /vrk (lapset); 0,83 mg NO <sub>2</sub> /vrk (lapset). 1 – 6 v lapsilla laskettu nitriittialtistus ylitti ADI-arvon 40 %:lla lapsista 2000 – 2001 ja 29 %:lla lapsista 2003 – 2004.	Reinik ym. 2005
Ranska	Kasvikset, juustot, vesi ja lihavalmisteet	1,5 mg NO <sub>3</sub> /kg rp/vrk (aikuinen); 1,9 – 2,0 mg NO <sub>3</sub> /kg rp/vrk (3 – 14 v); 0,02 – 0,04 mg NO <sub>2</sub> /kg rp/vrk (aikuinen); 0,04 – 0,08 mg NO <sub>2</sub> /kg rp/vrk (lapset). 0,7 – 16,4 % aikuisista ja 10,5 – 66,2 % lapsista ylitti nitriitin ADI-arvon yksilöllisillä altistuksilla laskettuna	Menard ym. 2008

Ranska	Total Diet Study (82,4 % aikuisen ja 83,7 % lapsen ruokavaliosta)	NO <sub>2</sub> -altistus: 95 % aikuisista alle 11,1 % ADIsta ja 95 % lapsista alle 19,6 % ADIsta. Tulokset matalampia kuin aiemmissä tutkimuksissa.	Bemrah ym. 2012
EU-alue	Lihavalmisteet (Ranskan ja Tanskan nitriittipitoisuudet)	0,009 – 0,06 mg NO <sub>2</sub> /kg rp/vrk (3 – 14 v); ikäryhmän P95/P99 0,11 – 0,17 mg/kg rp/vrk; 0,005 – 0,03 mg NO <sub>2</sub> /kg rp/vrk (aikuinen); aikuisten P95/P99 0,06 – 0,09 mg/kg rp/vrk	EFSA 2010b
EU-alue	Kasvikset ja muu ruoka	1,67 mg NO <sub>3</sub> /kg rp/vrk (1 – 3 v); 1,30 mg NO <sub>3</sub> /kg rp/vrk (4 – 6 v); 0,97 mg NO <sub>3</sub> /kg rp/vrk (yli 7 v). Laskelmat mediaanipitoisuuksien ja yksilöllisten ruoankäyttötietojen pohjalta; pinaatti ja salaatti laskettiin erillään muista vihanneksista (joiden mediaani 225 mg/kg) ja muista elintarvikkeista (joiden mediaani 5 mg/kg)	EFSA 2010
Ruotsi	Vihannekset, hedelmät, lihavalmisteet, vesi; nitriitti vain lihavalmisteista	0,84 mg NO <sub>3</sub> /kg rp/vrk (4 v); 13 µg NO <sub>2</sub> /kg rp/vrk (4 v); 0,45 mg NO <sub>3</sub> /kg rp/vrk (11 – 12 v); 7 µg NO <sub>2</sub> /kg rp/vrk (11 – 12 v). NO <sub>2</sub> -ADI ylittyi 0,1 %:lla tutkituista lapsista. Jos NO <sub>3</sub> :sta muuntuva (5 % muuntumiskerroin) NO <sub>2</sub> lasketaan, 12 % lapsista ylittää ADIn. 4-vuotiailla yli 35 g broilerinakkia riittää ADIn ylitykseen.	Larsson ym. 2011
Belgia	Kasvikset, vesi, lihavalmisteet	Yli 15-vuotiailla NO <sub>3</sub> -altistus keskimäärin 38 % ADIsta ja 97,5 % tutkituista kuluttajista alle 2,76 mg NO <sub>3</sub> /kg rp/vrk (= 76 % ADIsta). NO <sub>2</sub> -altistus keskimäärin 6 % ADIsta, valtaosin keitetystä kinkusta.	Temme ym. 2011

Taulukossa 3 on aiempien suomalaisten altistusarvioiden lisäksi esitetty muita kirjallisuudesta löytyviä eri maiden nitraatti- ja nitriittialtistusarvioita. Useimmissa arvioissa kuluttajien keskimääräinen altistuminen ei ylitä ADI-arvoja.

## 2.5 Yhteenvetoa nitraatin ja nitriitin vaikutuksista terveyteen

Micha ym. (2012) nostavat meta-analyysitutkimuksessaan esille tärkeän näkökulman, joka usein unohdetaan: elintarvikkeiden käsittelyllä on suuri vaikutus niiden terveysvaikutuksiin, olivat nämä sitten haitallisia tai hyödyllisiä. Erilaiset valmistusmenetelmät ja erilaiset ravintoaineiden pitoisuudet alkuperäisessä tuotteessa (esim. energia-pitoisuus, rasvojen määrä ja laatu, rauta, säilöntäaineet) voivat saada aikaan toisistaan poikkeavia terveysvaikutuksia. Tutkimusten tulokset voivat olla

keskenään ristiriidassa, jos samaan elintarvikeryhmään on luokiteltu eri tavoin käsiteltyjä elintarvikkeita, joilla voi olla erilaisia vaikutuksia.

Tämä voi selittää sen, miksi kirjallisuudessa todetaan yhtäältä nitriitin ja nitraatin voivan olla terveellisiä sydämelle ja verisuonistolle (typpioksidin synnyn kautta) ja toisaalla ehdotetaan, että lihavalmisteiden nitriitti ja nitraatti saattavat olla yksi selittävä tekijä kohonneessa sydän- ja verisuonitautien riskissä.

Viime vuosina julkaistujen tutkimusten (esim. EFSA 2008) perusteella kasvien ja hedelmien käyttö näyttäisi olevan keskivertokuluttajalle kokonaisvaikutukseltaan terveyttä edistävä huolimatta niiden suuristakin nitraattipitoisuuksista. Bakteeri-infektiosta kärsivät kuluttajat tai perinnöllisistä syistä entsyymipuutteen vuoksi methemoglobiinia hemoglobiiniksi tehottomammin

muuntava ihmisryhmä voivat kuitenkin saada methemoglobinemian oireita suurilla altistusmäärillä, kun veren hapenkuljetukseen kykenemätön osa hemoglobiinista kasvaa.

Lisäaineina nitraattia ja nitriittiä käytetään parantamaan elintarvikkeiden säilyvyyttä ja suojelemaan kuluttajaa ennen kaikkea *Clostridium botulinum*-bakteerin aiheuttamalta hengenvaaralliselta botuliinimyrkytykseltä. Lainsäädäntö kieltää tuomasta markkinoille elintarvikkeita, jotka ovat terveydelle vaarallisia. On huomattava, että botuliinimyrkytyksen seuraukset ovat akuutisti vakavammat kuin lapsuuden aikainen nitriittialtistus terveillä yksilöillä.

Kirjallisuudessa (Katan 2009 viitteinen) on esitetty väitteitä, joiden mukaan nitraatti ei olisi ihmisille niin haitallista kuin uskotaan vaan jopa terveydelle edullista. Väitteet perustuvat siihen, että korkeatkaan nitraattipitoisuudet (100 mg/kg rp/vrk) eivät vuonna 1948 suoritetussa tutkimuksessa aiheuttaneet vauvoille methemoglobinemiaa, vaan tila ilmeni vasta, kun vauvat olivat saaneet bakteereja kontaminoituneista kaivoista (McKnight ym. 1999). Toisaal-

ta tutkimuksissa on todettu nitraatin aineenvaihduntatuotteena syntyvän typpioksidin (NO) laajentavan verisuonia. Typpioksidi on elimistön viestimolekyylillä ja "nitrotabletin" vaikuttava aine, ja sillä on monia muitakin tärkeitä terveysvaikutuksia elimistössä. Tällä hetkellä käytävissä olevien tietojen perusteella ei kuitenkaan voida yksiselitteisesti todeta, että kasviksissa olevat nitraattipitoisuudet riittäisivät alentamaan verenpainetta merkittävästi tai suojelemaan mahalaukun limakalvoa ärsyttäviltä aineilta, vaikka tutkimuksista onkin saatu tämänsuuntaisia viitteitä.

Tässä tutkimuksessa kuluttajalle koituvaa riskiä arvioidaan nykyhetkellä käytössä olevien hyväksyttävien päivittäisaantiarvojen (ADI) perusteella, koska ne ovat viimeisimmät numeeriset vertailuarvot, joista vallitsee yleinen tieteellinen yhteisymmärrys. Lisäaineiden uudelleenarviointiohjelman (EU) N:o 257/2010 puitteissa lisäainenitriitin ja -nitraatin turvallisuus arvioidaan uudelleen 31.12.2015 mennessä. Silloin arvioidaan myös nitriitin hyväksyttävää päivittäisaantia uusimpien tutkimustulosten pohjalta.



## 3 Altistuksen arviointi

Tässä tutkimuksessa altistuminen laskeettiin todennäköisyyspohjaisesti ja määritettiin altistuksen jakautuminen väestötasolla sekä suurimmat altistuslähteet. Kokonaisaltistus nitriitille koostuu suoraan saadun nitriittialtistuksen lisäksi osuudesta, joka nautitusta nitraatista pelkistyy elimistössä. Elintarvikkeiden mukana nautitaan siinä määrin enemmän nitraattia kuin nitriittiä, että nitraatista pelkistyvän nitriitin osuus kokonaisaltistuksesta on suurempi kuin syödystä nitriitistä saatavan altistuksen.

### 3.1 Projektissa käsitelty mitausaineisto

Kasvien nitraattipitoisuuksia määritettiin projektia varten vain niistä kasviksista, joiden kulutus kasvistaseen (Kotimaiset kasvikset r.y. 2008) mukaan on vähintään 1 % kokonaiskulutuksesta. Poikkeuksena oli ruola, jonka kulutus on ainakin joissakin väestöryhmissä kasvanut viime vuosina voimakkaasti. Lisäksi pitoisuustietoja määritettiin tuotteista, joihin saa lisätä nitraattia tai nitriittiä. Mittaustietoja on täydennetty kirjallisuusarvoilla.

Käytettävissä oli Tullilaboratorion vuosien 2004 – 2009 valvontamittausten tiedot kasvisnäytteiden ja lastenruokien nitraattipitoisuuksista, THL Vesi ja terveys -yksikön luovuttamia viranomaisvalvontatietoja erikokoisten laitosten (tarkemmin: Zacheus 2010) toimitta-

man talousveden nitraatti- ja nitriittipitoisuuksista vuonna 2008, ja Eviran sekä sitä edeltäneen Elintarvikeviraston valvontatuloksia kasvisnäytteiden nitraattipitoisuuksista sekä lastenruokien nitraatti- ja nitriittipitoisuuksista. Raportissa talousvedellä tarkoitetaan tästä eteenpäin kuluttajien juomaa talousvettä.

Lisäksi Eviran Kemian ja toksikologian tutkimusyksikössä mitattiin projektia varten nitriitti- ja nitraattipitoisuudet erilaisista lihavalmisteista, juusto- ja matjessillinäytteistä (kerätty vuosina 2010 – 2012) sekä nitraattipitoisuudet kasvisnäytteistä (kerätty vuonna 2009). Marinoitujen sianlihanäytteiden kohdalla havaittiin, etteivät osanäytteiden tulokset olleet homogeenisoinnista huolimatta keskenään vertailukelpoisia. Tämän tulkittiin johtuvan siitä, että nitraatti ja nitriitti olivat jakautuneet epätasaisesti lihaan.

Mitattujen näytteiden lukumäärät ja jakautuminen eri elintarvikeryhmiin käyvät ilmi taulukosta 4. Mitattuja näytteitä oli tilastollisesti katsoen melko vähän, mutta niiden lajit oli valittu siten, että ne kattavat mahdollisimman suuren osan suomalaisen kuluttajan ruoankäytöstä näissä elintarvikeryhmissä.

Laskuissa käytettiin lisäksi kirjallisuustietoja EFSA:n julkaisemista lausunnoista (EFSA 2008; EFSA 2010) sekä muita julkaisuista (mm. Hord ym. 2009;

Ysart ym. 1999; Tamme ym. 2006; Reinik ym. 2008; Sušin ym. 2006; Fineli-tietokanta) sellaisten ruoankäyttötiedoissa esiintyvien tuotteiden osalta, joista ei ollut tuoretta mittausaineistoa. Perunan nitraattipitoisuustietoja täydennettiin myös vuonna 2000 julkaistussa raportissa (Blomberg & Hallikainen 2000)

esitettyillä eri perunalajikkeiden nitraattipitoisuuksilla.

Mitattujen pitoisuuksien ja kirjallisuudesta otettujen täydentävien tietojen keskiarvoja eri elintarvikeryhmille esitetään liitteissä 3 ja 4.

**Taulukko 4.** Raporttia varten käyttöön saadut näytteet lukumäärineen ja tuloksia luovuttaneet tahot. Lähdemerkintä "Evira" tarkoittaa projektin käyttöön vuosina 2009 – 2012 kerättyjä ja analysoituja näytteitä, "Eviran tuotevalvonta" v. 2000 – 2008 tutkittuja valvontanäytteitä. Tullilaboratorion valvontanäytteet v. 2004 – 2009 ja THL:n kokoamat talousveden valvontanäytteet v. 2008 on merkitty toimijan nimellä.

Elintarvikeryhmä	Tarkemmin	Näytteiden lähde	Näytteitä/NO <sub>3</sub>	Näytteitä/NO <sub>2</sub>
<b>Kasvikset</b>			<b>693</b>	<b>0</b>
Kaalit	parsakaali	Evira	12	-
	valkokaali	Evira	16	-
	kukkakaali	Evira	13	-
	kyssäkaali	Evira	2	-
Sipulit	keltasipuli	Evira	20	-
	purjo	Evira	6	-
Hedelmäkasvikset	kurkku	Evira	26	-
	tomaatti	Evira	20	-
	paprika	Evira	11	-
	kesäkurpitsa	Evira	12	-
Tuoreet yrtit	basilika	Eviran tuotevalvonta	6	-
	persilja	Eviran tuotevalvonta	5	-
	tilli	Eviran tuotevalvonta	5	-
	ruohosipuli	Eviran tuotevalvonta	1	-
	muut yrtit	Eviran tuotevalvonta	15	-
Lehtivihannekset	salaatit	Tullilaboratorio	98	-
		Eviran tuotevalvonta	112	-
		Evira	4	-
	rucola	Tullilaboratorio	33	-
		Eviran tuotevalvonta	3	-
	pinaatti	Tullilaboratorio	87	-
		Eviran tuotevalvonta	1	-
		Evira	6	-
	selleri	Eviran tuotevalvonta	3	-
	mangoldi ja paksoi	Eviran tuotevalvonta	1	-
	idut	Eviran tuotevalvonta	4	-
punajuuren naatit	Tullilaboratorio	4	-	
Palkokasvit	herne	Evira	14	-

Juurekset	peruna	Evira	34	-
		Tullilaboratorio	1	-
		Eviran tuotevalvonta	34	-
	porkkana	Evira	31	-
	lanttu	Evira	14	-
	punajuuri	Evira	14	-
Varsikasvikset	raparperi	Evira	11	-
Hedelmät	omena	Evira	3	-
Marjat	mansikka	Evira	11	-
<b>Lihavalmisteet</b>			<b>193</b>	<b>193</b>
Makkarat	kestromakkara	Evira	11	11
	leikkelemakkara	Evira	12	12
	ruokamakkara	Evira	57	57
	maksamakkara	Evira	6	6
	raakamakkara	Evira	2	2
Leikkeleet	kinkkuleikkele	Evira	25	25
	broileri- tai kalkkuna-leikkele	Evira	8	8
	prosciutto	Evira	3	3
	poroleikkele	Evira	3	3
	pekoni	Evira	2	2
Sianliha	marinoitu sianliha	Evira	64	64
<b>Muut teolliset valmisteet</b>			<b>125</b>	<b>54</b>
Juusto	tuorejuusto	Evira	11	11
	kypsytetty juusto	Evira	20	20
Kalasäilykkeet	silli (maustesilli)	Evira	2	2
Lastenruoat		Eviran tuotevalvonta	34	21
		Tullilaboratorio	58	-
<b>Juomavesi</b>			<b>1 502</b>	<b>2 947</b>
Vesi	Talousvesi	THL	1 502	2 947

### 3.2 Näytteiden otto, esikäsittely ja analysointi

Kaikki valvontanäytteet otettiin ja analysoitiin komission asetuksen 1882/2006 mukaisesti. Asetus määrää tutkittavasta erästä otettavien perusnäytteiden vähimmäismäärän ja kokoomanäytteen muodostamiseksi otettavien perusnäytteiden lukumäärän, jos erä koostuu erillisistä pakkauksista.

Eviran toimesta projektia varten kerätyistä kotimaisista kasvisnäytteistä annettiin kunnille näytteenotto-ohjeet, ja Eviran näytteenottajat ja projektiryhmän jäsenet keräsivät osan näytteistä saman ohjeistuksen mukaisesti. Annettujen ohjeiden mukaan kukin näyte otettiin siten, että se edustaa koko tavaraerää eli yhdellä kertaa toimitettua määrää elintarviketta, jonka oletetaan olevan ominaisuuksiltaan (alkuperä, vil-

jelijä, lajike jne.) yhdenmukaista. Osanäytteet otettiin eri puolilta erää, jotta niiden edustavuus olisi mahdollisimman hyvä. Osanäytteiden lukumäärä riippui tavaraerän painosta tai siihen sisältyvien pakkausten määrästä siten, että jos pakkauksia oli erässä enintään 25, osanäytteitä otettiin yksi. Jos erä painoi alle 50 kg, osanäytteitä koottiin 3 kpl. Jos erään kuului enintään 100 pakkausta tai se oli enintään 500 kg:n suuruinen, osanäytteitä koottiin 5 kpl, ja jos erä oli sitäkin suurempi, osanäytteitä otettiin 10 kpl. Pakattua perunaa otettiin kuitenkin vain kaksi vähintään 2,5 kg suuruisia kuluttajapakkausta / näyte, koska tuote oli sekoittunut jo pakkausvaiheessa.

Valmiiksi pakattu tuote otettiin näytteeksi sellaisenaan. Muut otettiin puhtaaseen, kuivaan ja hajuttomaan astiaan. Yksittäisiä tuotteita ei rikottu millään tavoin. Näytteen vähimmäiskokona mansikan osalta oli 1 kg, herneiden ja paprikan osalta 2 kg ja kaalien, juuresten, perunoiden, porkkanoiden, kesäkurpitsojen sekä sipulien osalta 4 kg.

Juusto-, maustesilli- ja lihavalmistenäytteet otettiin vuosina 2010 – 2011 tuotteista, jotka valmistusaineluettelonsa mukaisesti sisälsivät lisäaineenitraatteja tai -nitriittejä. Eri valmistajien tuotteiden suhteellisia osuuksia valittaessa otettiin huomioon käytettävissä ollut tieto lihavalmisteiden markkinaosuuksista sillä tasolla kuin se oli saatavilla. Tuotteet kerättiin siten, että niiden parasta ennen -päivä tai viimeinen käyttöpäivä oli jokin näytteenottosuunnitelmassa esitetystä.

Nitriitin määrä lihanäytteissä vähenee merkittävästi kypsytysten ja varastoinnin aikana. Kirjallisuuden perusteella (Puolanne & Ruusunen 2003) vuorokausi valmistuksen jälkeen nitriittiä on mitattavissa enää noin 55 % ja viimeisen myyntipäivän kohdalla noin 24 % alun perin lisätystä määrästä. Nitriitti ei kuitenkaan häviä, vaan se reagoi muiksi typpiyhdisteiksi.

Projektin alkumetreillä tehtiin kerta-luontoinen mittaussarja lenkkimakkaran nitriitti- ja nitraattipitoisuuksien muuttumisesta säilytyksen aikana. Näiden mittausten (esitetty liitteessä 4) perusteella päätettiin sopiva elinkaarivaihe lihavalmisteiden pitoisuusmittauksille. Näytteenottosuunnitelmaan valittiin parasta ennen -päiväykset ja viimeiset käyttöpäivät siten, että näytteet olisivat analysoitaessa mahdollisimman samassa vaiheessa elinkaartaan.

Alkuperäisessä näytteenottosuunnitelmassa lenkkimakkarojen osuudeksi liha- ja makkara- ja makkaravalmisteista oli suunniteltu 12 %, grillimakkarojen 19 %, nakkien 16 % ja mustanmakkaran 0,7 %; palvi- ja keittokinkkujen osuudeksi 14 %, broileri- ja kalkkunaleikkeiden 5 %, suikalemuotoisten tuotteiden 2 %, porotuotteiden 1 %, ilmakeitteen kinkun samoin 1 %; pekonin 1 %, leikkelemakkarojen 8 %, keuhkomakkaran osuudeksi 10 %, raakalihavalmisteiden 4 % ja maksamakkarojen osuudeksi 5 %. Prosenttiosuudet valittiin eri valmisteiden vuoden 2009 määrällisistä myyntikaumista saatujen tietojen perusteella. Raakalihavalmisteita (marinoituja porsaanlihoja) päädyttiin alustavien tulosten perusteella kuitenkin keräämään lisää vuoden 2011 lopussa ja vuoden 2012 alussa.

Tullilaboratoriossa mitatut lehtivihannes- ja lastenruokanäytteet otettiin Tullilaboratorion voimassa olevan valvontasuunnitelman mukaisesti ja komission asetusta 1882/2006 noudattaen.

### **Projektia varten kerättyjen näytteiden käsittely**

Kukka- ja parsakaaleista poistettiin uloimmat lehdet ja tarvittaessa osa kannasta, kaali huuhdottiin ja lohkot leikattiin irti kannasta. Kiinanakaalit huuhdottiin ja kuivattiin, valko- ja punakaaleista poistettiin uloin lehti, jos se oli kuivettunut. Punajuuret ja porkkanat pestiin, kuorittiin ja huuhdeltiin; pork-

kanat lisäksi pilkottiin. Perunat, kurkut, tomaatit ja pinaatti pestiin/huuhdeltiin ja kuivattiin. Paprikat pestiin, halkaistiin sekä poistettiin kanta, siemenet ja vaalea osa. Kesäkurpitsat pestiin, kanta poistettiin ja muu osa pilkottiin. Sipulista poistettiin kuivat kuoret ja kanta ja leikattiin pieniksi kuutioiksi. Purjoista poistettiin kuivat latvat sekä halkaistiin, huuhdeltiin ja kuivattiin. Herneistä poistettiin palot ja mansikoista kannat. Raparperista poistettiin vanhempien varsien uloimmat karkeat rihmat, varret huuhdeltiin ja leikattiin paloiksi. Omenat pestiin, pilkottiin ja poistettiin siemenkota.

Kypsennetystä kasviksesta tehtäviä mittauksia varten useimmat kasvikset keitettiin pehmeiksi / kypsiksi. Kesäkurpitsa, sipuli ja raparperi kuitenkin kypsennettiin uunissa, ja pinaatti höyrytettiin. Lihavalmisteet kypsennettiin ennen analyysia.

### Valvontänäytteiden käsittely

Komission asetuksen 1882/2006 mukaisesti valvontänäytteistä poistettiin multa, hyvin likaiset ja muut syömäkelpottomat ulkolehdet ja vahingoittuneet lehdet. Valvontänäytteiden peseminen ei kuitenkaan ole sallittua, jotta nitraattipitoisuudet näytteissä eivät laske. Koko näyte homogenoitiin.

### Analyysimenetelmät

Tullilaboratorion tekemissä analyyseissa nitraatti määritettiin näytteistä validoidulla menetelmällä, jossa näytteen ja veden seosta ensin lämmitettiin entsyymitoiminnan lopettamiseksi ja nitraatin liuottamiseksi elintarvikkeesta. Tämän jälkeen proteiinit saostettiin ja nitraatti määritettiin nestekromatografisesti. Menetelmässä käytettiin 5 µm partikkeleilla täytettyä 4,6 x 250 mm C18-kolonnia, 20 % metanolia ja 80 % oktyyliamiinia sisältävää ajoliuosta ja UV-detektointia aallonpituudella 214 nm. Toteamisraja (LOD) menetelmälle on noin 1 mg/kg ja määritysraja (LOQ)

vaihtelee välillä 2 – 5 mg/kg näytematriisista ja punnitusta näytemäärästä riippuen. Menetelmä soveltuu kasviksille ja kasvisvalmisteille.

Eviran tekemissä analyyseissa juustonäytteistä nitraatti ja nitriitti määritettiin entsyymaattisella menetelmällä, joka perustuu nitraatin pelkistymiseen nitriitiksi ja nikotiiniamidiadeniinidinukleotidin pelkistymiseen nitraattireduktaasientsyymin läsnä ollessa. Juustonäytteet homogenoitiin ja noin 3 g punnittiin astiaan, jossa siihen lisättiin 50 ml kiehuvaa vettä ja homogenoitiin, kunnes juusto sulii maitomaiseksi seokseksi. Kiehutettu näyte jäähdytettiin, pH säädettiin arvoon 8 ja liuos laimennettiin vakiotilavuuteen ennen pelkistysreaktioiden aloittamista. Muodostunut nitriitti reagoi sulfanilamidin ja N-(1-naftyl)-etylenamiidihydrokloridin kanssa ja muodostaa punavioletin värin, joka on mitattavissa spektrofotometrisesti aallonpituudella 540 nm. Mittauksen määritysraja on 0,2 mg/ml analyyssiliuosta, mutta näytettä punnitaan tarvittaessa suurempia määriä pienten pitoisuuksien määrittämiseen.

Eviran tekemissä analyyseissa kasvis- ja lihanäytteet homogenoitiin ja niille tehtiin vesiuutto 60 °C:n lämpötilassa. Ultrasuodatetusta uutteesta määritettiin nitraatti ja nitriitti validoidulla kapillaarivyöhyke-elektroforeettisella (CZE) menetelmällä. Tämä erotustekniikka perustuu ionisten yhdisteiden erilaisiin liikkuvuuksiin sähkökentässä, joka valitsee sähköä johtavalla nesteellä täytetyn ohuen kapillaarin päiden välillä. Ulkopinnaltaan polyimidillä pinnoitetun, käsitlelemättömän silikakapillaarin pituus oli 60 cm ja sisähalkaisija 75 µm. Kapillaari täytettiin vesipohjaisella sähköjohtavalla puskuriliuoksella (Ceofix Anions 2 -puskurikitti, valm. Analis), jossa initiaattorina oli fosfaatti-TRIS pH 7,9 (100 mM) ja akseleraattorina fosfaatti-TRIS pH 2,6 (135 mM). Erotus tehtiin 30 kV jännitettä käyttäen ja yhdisteet tunnistettiin UV-ilmaisimella aallonpituudella 214 nm.

### 3.3 Suomalaisen ruoankäyttötiedot

Tutkimuksessa käytetty ruoankäyttöaineisto on saatu Terveyden ja hyvinvoinnin laitokselta. Aikuisten ruoankäyttötiedot pohjaavat kolmen päivän ruokapäiväkirjoihin ja 48 tunnin ruoankäyttöhaastatteluihin, jotka kaikki kerättiin Finravinto 2007 -tutkimuksen yhteydessä. Tutkimukseen osallistui kaikkiaan 2038 henkilöä (53 % naisia) iältään 25 – 74 v. Vastaajien ikä oli keskimäärin (keskiarvo) 50,9 vuotta (mediानी 52,0 v), ja heidän painonsa 40,1 – 156,8 kg keskimääräisen painon ollessa 77,6 kg (miehet keskimäärin 84,7 kg ja naiset keskimäärin 71,2 kg). Finravinto 2007 -tutkimuksen osanottajista kaikki osallistuivat 48 tunnin ruoankäyttöhaastatteluun, 912 vastaajaa palautti hyväksytyin kolmen vuorokauden ruokapäiväkirjan ja 606 ruokapäiväkirjan täytäneistä palautti toisenkin hyväksytyin kolmen vuorokauden ruokapäiväkirjan. Näin ollen 606 henkilöltä ruoankäyttötietoja on kahdeksalta vuorokaudelta, ja 1126 henkilöä antoi ruoankäyttötietojaan vain 48 tunnin ruoankäyttöhaastattelussa (Paturi ym. 2008).

1-, 3- ja 6-vuotiaiden lasten ruoankäyttötiedot on kerätty ”Tyypin 1 diabeteksen ennustaminen ja ehkäisy (DIPP)” -projektin yhteydessä Pirkanmaan alueella asuivilta lapsilta vuosina 2003 – 2005. Tutkimuksen lapset olivat syntyneet vuosina 1998 – 2003.

DIPP-tutkimus on monivuotinen, edelleen käynnissä oleva väestöpohjainen seurantatutkimus, johon kutsutaan mukaan tyyppin 1 diabetekselle perinnöllisesti alttiit lapset. Tällainen perinnöllinen alttius on noin 15 %:lla Suomen väestöstä (Kyttälä ym. 2008). Ruoankäyttötiedot on kerätty lapsilta, joilla diabetes ei ole puhjennut ja joiden ruokavalioon sillä ei siis ole ollut vaikutusta. Ruokapäiväkirjat täytettiin kolmelta päivältä, joista täyttösuosituksen mukaan kaksi olisi peräkkäisiä arkipäiviä ja yksi viikonlopun päivä. Ruokamäärät merkittiin kappale- tai tilavuusmittoina, joista ravintotutkijat tallensivat aterioiden koostumukset tietokantaan. Tästä tietokannasta ruokalajit ja elintarvikkeet on jaettavissa raaka-aineiksi Fineli-tietokannan sisältämien reseptien avulla.

Käytettävissä olevat ruoankäyttöaineistot (DIPP-projektin aineisto ja Finravinto 2007) olivat laajimmat Suomessa saatavilla olevat. Tämän tutkimuksen yhteydessä ruokapäiväkirjojen ruoankäyttötietojen oletetaan kuvaavan ikäryhmän kuluttajien keskimääräistä päivittäistä ruoankäyttöä.

Tässä tutkimuksessa käytetty raaka-ainetasoinen ruoankäyttöaineisto perustui 1 471 lapsen ruokapäiväkirjoihin. Taulukossa 5 on esitetty näiden lasten jakautuminen eri ikäryhmiin sekä kunkin ikäryhmän painon tunnuslukuja.

**Taulukko 5.** DIPP-projektin lapsiaineisto, jonka ruoankäyttötiedot olivat projektin käytössä.

Ikä	Lapsia/kpl	Keskimääräinen paino/kg	Mediaani/kg	Min./kg	Max./kg
1 v	458 (49,3 % tyttöjä)	10,06	10,08	6,97	14,66
3 v	535 (48,8 % tyttöjä)	15,18	15,00	11,00	23,50
6 v	478 (47,3 % tyttöjä)	22,38	22,00	14,80	44,70

Kansallista Fineli-elintarvikekoostumus-tietokantaa pidetään jatkuvasti ajan tasalla. Vaikka se sisältää yli 7 000 elintarvikenimikettä, siitä puuttuu monia ruokia. Rucola puuttuu Finelistä toistaiseksi kokonaan. Tämän vuoksi sekä Finravinto- että DIPP-ravintotutkimuksissa rucola on jouduttu tallentamaan muina salaatteina eikä sen käyttötietoja ole pystytty käyttämään hyväksi tässä selvityksessä.

Koska rucola kuitenkin on merkittävä nitraattilähde niille kuluttajille, jotka sitä käyttävät, rucolan syöntiä ja siitä saatavia nitraattimääriä on arvioitu erikseen laskennallisesti. Pienet lapset eivät yleensä juuri käytä rucolaa, mutta silti käytettävissä olevien tietojen valossa ei voida sulkea pois mahdollisuutta, että jotkut lapset voivat nauttia nitraattialtistukseen nähden suuria rucola-annoksia. Tämän vuoksi laskelmat on tehty myös lasten altistumisesta rucolan nitraatille.

### 3.4 Tilastolliset menetelmät

#### 3.4.1 Elintarvikkeiden pitoisuustiedot

Kutakin näytettä varten otettiin useita osanäytteitä (kts. luku 3.2). Näin ollen yhden näytteen ja siitä saadun yksittäisanalyysin tuloksen voidaan katsoa edustavan yksittäistä tuote-erää. Koska kysymys on kroonisesta eli pitkäaikaisaltistuksesta, pitoisuustietojen keskiarvon voidaan olettaa kuvaavan elintarvikkeessa olevan aineen tyypillistä pitoisuutta.

Mittaustulokset elintarvikkeiden nitraatti- ja nitriittipitoisuuksista syötettiin altistusmalliin yksittäisanalyysien tuloksina. Määritysrajan alle jääneille pitoisuuksille merkittiin näkyviin kunkin elintarvikkeen analysoinnissa käytetyn menetelmän määritysraja, jolloin malli pystyi poimimaan asianomaisten

näytteiden pitoisuudeksi halutun murto-osan määritysrajasta. Koska EFSA:n nitraatista ja nitriitistä julkaisemissa lausunnoissa oli enimmäkseen käytetty altistuksen mahdollisesti yliarvioivaa korvauskerrointa 1 (eli määritysrajan allittava pitoisuus lasketaan määritysrajaan vastaavan pitoisuuden suuruiseksi, upper bound), samaa käytettiin myös tässä tutkimuksessa.

Mittaustulokset eivät kattaneet kaikkia ruoankäyttötiedoissa olleita kasviksia tai kasvisryhmiä, joissa kuitenkin kirjallisuuden pohjalta tiedettiin voivan olla nitraattia. Näistä lähteistä koituvan altistuksen arvioimiseksi malliin syötettiin puuttuville elintarvikkeille pitoisuustietoja, jotka oli poimittu kirjallisuudesta. Pitoisuustiedot saattavat jossakin määrin poiketa niistä pitoisuuksista, joita näissä kasviksissa ehkä Suomessa esiintyisi. Niiden katsottiin silti antavan kokonaistilanteesta luotettavamman käsityksen kuin jos laskelmat olisi tehty vain mitattujen näytteiden perusteella.

Mittaustulosten keskiarvot ja kirjallisuudesta poimitut pitoisuustiedot on esitetty tarkemmin liitteissä 3 ja 4.

#### 3.4.2 Kulutustiedot

Altistusmalliin syötettiin pitoisuustiedot ja kulutustiedot erillisinä tietokantoina. Kulutustiedot syötettiin muodossa, jossa kunkin yksilön jokainen tutkittavien elintarvikkeiden syöntikerta tutkimuspäivinä merkittiin erillisenä kulutuskertana (yksikkönä g). Yksilöiden ikä, sukupuoli ja paino yhdistettiin näihin kulutustietoihin. Tavoitteena oli määrittää ruumiinpainoa kohti saatava altistus. Käytännössä kukin lasten ikäryhmistä tutkittiin erikseen, koska aineisto oli osittain päällekkäistä, ts. samalta lapselta oli ruoankäyttötietoja useammalta ikäkaudelta. Aikuisten ruoankäyttötiedoissa sitä vastoin ei tällaista päällekkäisyyttä ollut, joten eri ikäryhmät (25 – 74 v) käsiteltiin yhdessä.

Altistusmalli pystyi näin ollen käsittelemään ruoankäyttötietoja kulutuksen ja kehonpainon jakaumana, joka kuvaa väestön altistumista luotettavammin kuin yksittäisillä pisteillä lasketut altistusmäärät.

Käytettävissä olleista kulutustiedoista jätettiin pois tiedot käsittelemättömän lihan käytöstä, koska tällaiseen lihaan ei ole lisätty nitriittiä ja sen luontaisen nitraatti- ja nitriittipitoisuuden voi arvioida nolllaksi.

### 3.4.3 Monte Carlo -simulaatio

Altistumista nitraatille ja nitriitille mallinnettiin todennäköisyyspohjaisesti eli probabilistisesti. Probabilistisesti mallinnettaessa on mahdollista ottaa huomioon väestön erilaiset ruoankulutustasot, jolloin altistusarvio kuvastaa paremmin todellisuutta kuin keskiarvokulutuksen tai muun yksittäisten elintarvikkeiden käyttöön liittyvän tunnusluvun pohjalta lasketut deterministiset arviot. Probabilistisen lähestymistavan etuna on myös se, että se antaa tietoa riskinarviointiin liittyvästä epävarmuudesta.

Perusmalli pitkäaikaisaltistusta koskevassa riskinarvioinnissa tehtävälle altistuksen määrittämiselle on:

$$Annos_{ij} = \sum_{k=1}^p \frac{Kulutus_{ijk} \times Pitoisuus_k}{Kehonpaino_i}$$

missä yksilön i päivänä j saaman annoksen yksiköksi tulee  $\mu\text{g}/\text{kg rp}$ , kulutuksen yksikkönä on g, pitoisuus on keskiarvo tutkittavan aineen pitoisuuksista ruoassa k ja p on mallin sisältämien ruokien lukumäärä. Tämän projektin yhteydessä "ruoka" tarkoittaa raaka-ainetta, esim. omenaa tai makkaraa, millä tasolla ruoankäyttöaineisto oli saatavilla. Yksilön ruoankäytön ja ruumiinpainon vaihtelujakaumat perustuivat empiiriin havaintoihin, joten niihin vaikuttivat

käytössä olevan aineiston koko ja saatavuus.

Koska ruoankäytön voidaan olettaa olevan riippumatonta elintarvikkeessa havaituista pitoisuustasoista, yksilön i nauttima määrä tutkittavaa ainetta päivänä j voidaan laskea yllä esitettyllä kaavalla aggregoituneena summuna yli syötyjen ruokien määrän kertaa keskimääräinen pitoisuus ruoassa per ruumiinpaino.

Empiirisessä pitoisuusjakaumamallissa ruoan k keskimääräistä pitoisuutta mallinnetaan kaavalla:

$$Pitoisuus_k = \frac{1}{n_k} \sum_{i=1}^n x_{ik}$$

jossa n on mittaustulosten lukumäärä,  $x_{ik}$  on havaittu pitoisuusarvo ruoalle k näytteessä x ja  $Pitoisuus_k$  on logaritmisella asteikolla ruoan k keskimääräinen tutkittavan aineen pitoisuus. Laskuissa määritysrajan alle jääneet pitoisuudet voidaan korvata jollakin määritysrajan pitoisuuden murto-osalla, kuten aiemmin on esitetty.

Altistuslaskelmat muiden lähteiden kuin talousveden osalta tehtiin käyttäen probabilistisen mallinnuksen välineenä Alankomaiden National Institute for Public Health and the Environment:in (RIVM:n) ja Wageningenin yliopiston ja tutkimuskeskuksen (Wageningen UR:n) kehittämää MCRA v. 7.1 -ohjelmistoa (<https://mcra.rivm.nl>).

Ohjelmaan syötettiin yksilötason tiedot tutkittujen henkilöiden iästä, sukupuolesta ja painosta, ruoankäyttötiedot raaka-ainetasolla kerta-annoksen grammamäärinä kutakin tutkimuspäivää kohti, analyysista tai kirjallisuudesta saadut raaka-ainetason pitoisuustiedot tutkittuista elintarvikkeista (yksikössä  $\text{mg}/\text{kg}$  tuorepainoa) ja tutkittujen yhdisteiden toksikologiset raja-arvot (ADI-arvot, yksikössä  $\mu\text{g}/\text{kg rp/vrk}$ ).



Ohjelmisto käyttää laskuissa kunkin elintarvikkeen (tai raaka-aineen tai elintarvikeryhmän, ruoankäyttötietojen merkintätasosta riippuen) pitoisuuksien keskiarvotietoja. Tätä perustellaan sillä, että pitkäaikaisaltistuksessa elintarvikkeissa esiintyvien pitoisuuksien vaihtelun voidaan arvioida keskiarvoistuvan pitkällä aikavälillä (De Boer ym. 2009). Vaikka pitoisuustiedot syötettiinkin ohjelmaan yksittäisten mittausten tuloksina aina, kun siihen oli mahdollisuus, mittausepävarmuutta ei otettu lukuun edellä selitetystä syystä.

MCRA-ohjelman asetukset valittiin seuraaviksi:

Muutos ylärhyhmätasolle sallittiin (ts. jos ruoankäyttötiedolle ei löytynyt vastaavaa pitoisuustietoa elintarvikkeesta, ohjelmisto etsi pitoisuustietoa elintarvikkeen ylärhyhmän tasolta).

Ne elintarvikkeet, joista aineistossa ei ollut yhtään määritysrajan ylittävää mitaustulosta, jätettiin pois laskuista. Elintarvikkeille, joilla oli pitoisuustiedoissa sekä positiivisia että määritysrajan alittavia tuloksia, määritysrajan alittavat pitoisuudet laskettiin arvona 100 % määritysrajasta (upper bound). Pitoisuusjakaumamalliksi laskuissa valittiin empiirinen jakauma, eli pitoisuustuloksia käytettiin sellaisinaan.

Monte Carlo -simulaatioita tehtiin 100 000 kappaletta. Simulaation epävarmuuden määrittämiseen käytettiin bootstrap-menetelmää. Tässä menetelmässä ruoan käyttömäärien ja annoskokojen tiedoista ja tutkittavien aineiden pitoisuustiedoista muodostettiin sata uutta yhdistelmää, joille kullekin tehtiin 100 000 Monte Carlo -simulaatiota. Näin saatiin laskennan tuloksille epävarmuutta kuvastavat luottamusrajat. Tuloksissa oli paljon hajontaa, koska ruoankäyttöaineisto ja pitoisuusaineisto olivat rajalliset, jolloin yksittäiset tulokset pystyivät vaikuttamaan mallin sovittukseen.

Saantimalli oli tyypiltään beetabinomiaalis-normaalin (betabinomial/normal, BBN), ja se minimoi tutkittavan henkilön ruoankäytön vaihtelun eri päivinä keskiarvoistamalla ruoankäytön yksilötasolla. Ohjelma teki saannille logaritmisin muunnoksen ennen mallinnusta, ja sukupuolen vaikutus määritettiin sekä saannin frekvenssille että saantimäärille.

BBN-malli arvioi tavanomaisen altistuksen tason, ja sitä käyttäen voidaan mallintaa erikseen kovariaattien, kuten iän tai sukupuolen, vaikutusta sekä altistuksen tiheydelle että altistumäärille. Malli käyttää altistuksen tiheyden mallinnukseen beetabinomiaalista jakaumaa ja positiivisen altistuksen (= nollaa suurempi altistus) arviointiin normaali-jakaumaa. Nämä mallit yhdistetään lopuksi. Kun altistumääriä analysoidaan ohjelmaan kuuluvalla lineaarisella satunnaisvaikutusmallilla, yksilöiden välinen ja yksilön oma vaihtelu saadaan arvioitua.

Tavanomainen altistus mallissa määritellään odotetuksi altistumääräksi vuorokaudessa (sekä altistuspäivinä että niinä päivinä, jolloin altistusta ei tapahdu) satunnaiselle yksilölle.

Talousvedestä koitua altistus arvioitiin laskemalla vesilaitoksen päivässä tuottamilla vesimäärillä painotettu keskiarvo mitatuista nitraatti- ja nitriittipitoisuuksista sekä sen keskipoikkeama. Näillä arvoilla mallinnettiin altistusta tekemällä MS Excelillä 10 000 Monte Carlo -simulaatiota kulutettua litraa kohti saatavasta nitraatista ja nitriitistä. Eri ikäryhmien altistukset laskettiin keskimääräistä kokonaisvedentarvetta kohti, sillä yksilötietoja kuluttajien vedenkäytöstä ei ollut saatavilla. Näin ollen talousvedestä aiheutuvaan altistukseen liittyy enemmän epätarkkuutta kuin elintarvikkeista aiheutuvaan.

Talousveden keskiarvot laskettiin merkitsemällä määritysrajan alittavat pi-

toisuudet nolliksi (ts. lower bound -skenaariona), koska viranomaisvalvontatulokset talousvedestä on sovittu ilmoitettavaksi tässä muodossa. Myös tästä syystä talousvedestä saatava altistus ei ole suoraan verrattavissa muista elintarvikkeista saatavaan altistukseen, vaikka lower bound -skenaarion johtuva virhe onkin suhteessa pieni verrattuna tarkkojen vedenkäyttötietojen puutteesta johtuvaan virheeseen.

### 3.5 Ruoankäyttöaineiston luokittelu elintarvikeryhmiin

Lasten ruoankäyttötiedon (DIPP-tutkimus) ja aikuisten ruoankäyttötiedon (Finravinto 2007 -tutkimus) elintarvikeluokitukset soveltuivat suurelta osin sellaisinaan projektin käyttöön. Joitakin elintarvikealaryhmiä yhdistettiin. Kasvien osalta noudatettiin samantapaista ryhmittelyä kuin EFSA:n nitraattia käsittelevissä julkaisuissa (EFSA 2008; EFSA 2010).

Ruoankäyttöaineiston jaottelusta poikettiin sikäli, että tässä tutkimuksessa tuoreet yrtit käsiteltiin omana erillisenä ryhmänä eikä lehtivihannesten joukossa. Tuoreiden yrttien nitraattipitoisuudet olivat huomattavasti korkeammat kuin muiden lehtivihannesten. Myös perunat ja perunavalmisteet käsiteltiin yhdessä, vaikka tästä aiheutuukin hiukan virhettä arvioihin, koska perunavalmisteiden erilaisten prosessointimenetelmien vaikutusta nitraattipitoisuuksiin ei tunneta eikä keskimääräistä vaikutusta pystytä arvioimaan.

Liitteessä 1 on esitetty tutkimuksessa käytetty jaottelu elintarvikeryhmiin ja kunkin ryhmän sisältämät tuotteet.

Tutkimuksessa käsiteltyjä kasviksia olivat kaalit, sipulit, hedelmäkasvikset (joissakin lähteissä ryhmästä käytetty termiä vihanneshedelmät), sienet, tuoreet yrtit, lehtivihannekset, palkokasvit, juurekset, kasvissäilykkeet, varsivihan-

nekset, viljatuotteet, hedelmät ja marjat. Kuivattuja yrttejä ja mausteita ei tutkimuksessa tarkasteltu, koska niiden nitraattipitoisuuksista ei löytynyt tietoa kirjallisuudesta.

Lihavalmisteet jaettiin ryhmiin makkarat, leikkeleet ja muut lihavalmisteet. Viimeiseen ryhmään kuuluivat alaryhmät marinoitu sianliha, marinoitu kananliha ja säilykeliha. Käsittelemättömät lihat jätettiin tarkastelun ulkopuolelle, koska niiden luontaiset nitraatti- ja nitriittipitoisuudet voidaan katsoa merkityksettömiksi. Raakalihavalmisteisiin ei saa 1.6.2013 sovellettavaksi tulevan asetuksen mukaan lisätä nitraattia tai nitriittiä, mutta kaikista tutkituista tämän ryhmän näytteistä löytyi nitraattia ja osasta myös nitriittiä.

Juustot jaoteltiin tuorejuustoihin ja kypsytettyihin juustoihin. Kalatuotteista tutkittiin vain maustesillejä ja -silakoi- ta, koska nitraattia saa lisätä ainoastaan suolasilliin (ryhmitelty maustesilleihin) ja kilohailiin.

### 3.6 Prosessoinnin vaikutus nitraatti- ja nitriittipitoisuuksiin

Kasveista saatavaa nitraattialtistusta voidaan olennaisesti vähentää yksinkertaisin keinoin. Salaattien korkeimmat nitraattipitoisuudet ovat niiden ulkolehdissä, ja lehtiruodissa on enemmän nitraattia kuin lehden muissa osissa (EFSA 2008). Juureksissa, erityisesti perunassa, korkeimmat pitoisuudet ovat kuoreissa. Salaatin peseminen ilman uloimpia lehtiä vähentää nitraattipitoisuutta jo noin 14 %, ja perunan kuoriminen noin 34 % (Dejonckheere ym. 1994).

Myös joissakin keskimääräistä korkeampia nitraattipitoisuuksia sisältävissä hedelmissä, kuten meloneissa ja banaaneissa, suuri osa (41 – 62 %) nitraatista on kertynyt kuoreen, jota ei syödä (Temme ym. 2011).

RIVM:n raportissa hollantilaislasten altistumisesta kontaminanteille ja pestisidijämille (Boon ym. 2009) esitettiin useita kertoimia vedessä keittämisen vaikutuksesta nitraattipitoisuuksiin. Kesäkurpitsan nitraattipitoisuus kasvoi keitettäessä 11 %, mutta muilla kasviksilla nitraattipitoisuudet laskivat voimakkaasti, parsalla ja sipulilla peräti toteamisrajan alapuolelle. Pinaatin nitraattipitoisuus pieneni kolmasosaan alkuperäisestä. Keittäminen laski kasvien ja perunoiden nitraattipitoisuuksia keskimäärin 51 %. Raportissa ei tutkittu keittämisen vaikutusta nitriitin määrään.

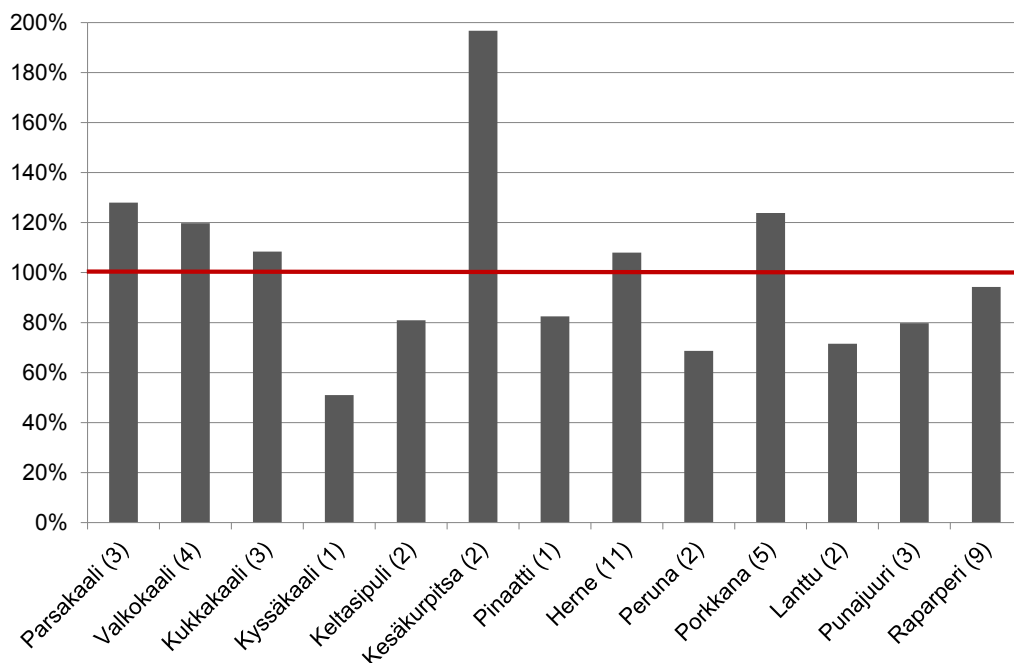
Tämän projektin yhteydessä tutkittiin joillakin kasviksilla, miten nitraattipitoisuus muuttui kypsennettäessä. Näytteitä mitattiin vain muutama, joten taulukossa 6 ja kuvassa 2 esitettiin tuloksiin liittyy epävarmuutta. Yhteenvedona havainnoista voi kuitenkin todeta, että useimpien kaalien, kesäkurpitsan, herneen ja porkkanan nitraattipitoisuudet kasvoivat kypsennettäessä, mutta sipulin, pinaatin, useimpien juuresten ja kyssäkaalin nitraattipitoisuudet pienenivät.

Väät. Vaikutukset olivat samansuuntaisia kuin RIVM:n raportissa esitetyt, mutta prosenttiosuudet poikkesivat niistä jonkin verran.

Tutkimuksessa useimmat kasvikset kypsennettiin keittämällä, mutta kesäkurpitsa, sipuli ja raparperi kypsennettiin uunissa (kts. luku 3.2). Analyysit tehtiin CZE-menetelmällä. Mozolewski ja Smoczyński (2004) vertailivat erilaisia kypsennystapoja paistamisesta ja höyrykypsennyksestä keittämiseen ja niiden sekä kuorimisen vaikutusta kolmen perunalajikkeen nitraatti- ja nitriittipitoisuuksiin. Kuoriminen alensi nitraattipitoisuuksia 25 – 75 % lajikkeesta riippuen ja nitriittipitoisuuksia (jotka olivat alun perin 1,7 – 4,3 mg/kg) 18 – 40 %. Keittäminen vähensi nitriittipitoisuuksia jopa 98 % ja paistaminen 82 %. Kuoriin keitettyä perunalla nitraattipitoisuus laski noin 25 % ja kuorinnan jälkeen keitettyä noin 40 %; paistetun perunan nitraattipitoisuus oli 50 – 62 % alempi kuin raakan. Keittämisen vaikutus nitraattipitoisuuksiin riippuu käytetyn veden määrästä ja perunalajikkeesta.

**Taulukko 6.** Nitraattipitoisuudet raaoissa ja kypsennetyissä kasviksissa kuiva-ainepitoisuutta (k-a %) kohti. Näytteiden lukumäärä on merkitty suluisissa kasviksen nimen jälkeen. Yli 20 %:n suuruinen muutos on merkitty lihavoivoinnilla.

Kasvis (näytteitä)	NO <sub>3</sub> (mg/kg/k-a %), raaka	NO <sub>3</sub> (mg/kg/k-a %), kypsä	Muutos (%)
Parsakaali (3)	38,2	48,9	<b>+ 28</b>
Valkokaali (4)	79,5	95,2	+ 19,7
Kukkakaali (3)	20,2	21,9	+ 8,4
Kyssäkaali (1)	194,9	99,4	<b>- 49</b>
Keltasipuli (2)	6,3	5,1	- 19
Kesäkurpitsa (2)	46,3	91,1	<b>+ 96,8</b>
Pinaatti (1)	461,4	380,6	- 17,5
Herne (11)	2,5	2,7	+ 8
Peruna (2)	8,3	5,7	<b>- 31,3</b>
Porkkana (5)	16,8	20,8	<b>+ 23,8</b>
Lanttu (2)	10,9	7,8	<b>- 28,4</b>
Punajuuri (3)	93	74,2	<b>- 20,2</b>
Raparperi (9)	59,2	55,8	- 5,7



**Kuva 2.** Kypsennetystä kasviksesta mitattu nitraattipitoisuus suhteessa raakan kasviksen pitoisuuteen, jota merkitsevä 100 % osuus on merkitty kuvaajaan punaisella viivalla. Mitattujen näytteiden lukumäärät on merkitty suluissa kasviksen nimen jälkeen.

### 3.7 Oletukset ja taustatietoon liittyvät epävarmuustekijät

Tuotteiden elinkaari vaikuttaa lisäainena käytettyjen nitriitin ja nitraatin pitoisuuksiin. Näytteenotto toteutettiin siten, että elinkaarivaihe vastasi todennäköistä kulutushetkeä. Nitraatti ja nitriitti ovat tällöin jo osittain reagoineet muiksi yhdisteiksi, joten analyysitulokset ovat pienempiä kuin teollisuuden ilmoittamat arvot. Hajonneesta nitraatista ja nitriitistä syntyneiden nitrosoamiinien määrä näytteissä on tuntematon. Nitriitin ja siitä syntyneiden hajoamistuotteiden yhteisvaikutuksen selvittämiseksi laskettiin käyttäjien keskimääräisten kulustietojen perusteella myös arvio altistuksesta, joka saataisiin makkarasta heti valmistuksen jälkeen käytettynä.

Näytteenotto projektia varten kerätyissä tuotteissa pyrittiin tekemään satunnaisesti, mutta valvontatutkimuksia varten kerätyt näytteet (Tullilaboratorio, Eviran tuotevalvonta) on otettu riskiperusteisesti, joten niissä nitraattipitoisuudet voivat olla korkeampia kuin näiden

elintarvikkeiden keskimääräiset pitoisuudet.

Tutkitut lapset edustavat noin 0,8 – 1,0 % ikäluokastaan, ja ruoankäyttötietojen keruun painottuminen Pirkanmaalle on todennäköisesti johtanut mm. mustanmakkaran Suomen keskimääräistä tilannetta runsaampaan esiintymiseen ruokamakkaroiden käytössä. Aineiston koon rajallisuuden vuoksi yksittäisten lasten ruoankäytöllä on suuri vaikutus erityisesti käyttöjakauman ääripäässä, ja tämä aiheuttaa malliin epävarmuutta, jota kuvastaa mallisovitusten jakauman keskimmäisten 95 %:n ympärille piirrettyjen luottamusvälien laajuus.

Ruoankäyttötiedot olivat käytettävissä raaka-ainetasolla, joten tieto elintarvikkeiden prosessoinnin (esim. pesu, kuoriminen, keittäminen) vaikutuksesta nitraatti- ja nitriittipitoisuuksiin ei ollut suoraan sovellettavissa altistuslaskelmissa. Lihavalmisteet oli analysoitu siinä muodossa kuin ne yleensä syödään, joten niistä kertyvä altistus kuvastanee todennäköisesti tilannetta tarkemmin

kuin kasviksista saatava altistus. Kypsennyksen vaikutusta kasviksiin tutkittiin erikseen, mutta perunaa lukuun ottamatta ei ollut mahdollista olettaa kasvisten tulleen valtaosin tai täysin syödyiksi kypsennetyssä muodossa. Muun prosessoinnin kuin kypsennyksen vaikutusta pitoisuuksiin ei laskuissa voitu ottaa huomioon.

Laskelmissa jäävuorisalaatti on niputettu yhteen kiinankaalin ja muiden salaattien (lehtisalaatti, ruukkusalaatti, lollo rosso) kanssa. Tämä antaa salaattista saatavasta nitraattialtistuksesta jossakin määrin yliarvioidun kuvan, sillä jäävuorisalaatin korkein sallittu pitoisuus on vain puolet tuoreelle salaatile sallitusta nitraattipitoisuudesta. Jäävuorisalaattia ja muita salaatteja kuitenkin käytetään samalla tavalla ja niitä voidaan käyttää toistensa sijasta. Tämän vuoksi tutkimuksessa päädyttiin yhdistämään eri salaattityypit. 1-vuotiaiden salaatinsyönnistä noin 29 % koostuu jäävuori- tai amerikansalaatista. 3-vuotiailla osuus on noin 38 %, 6-vuotiailla noin 41 % ja aikuisilla noin 27 %. Aikuisilla salaatti on merkittävin nitraatin lähde, kun taas lapsilla se on yksi monien joukossa.

Mittaustulosten mittausepävarmuutta ei syötetä MCRA-ohjelmaan erikseen eri

mittauksille, koska pitkäaikaiskäytössä voidaan olettaa keskiarvopitoisuuksien kuvastavan tilannetta tarkimmin. Liha- ja valmisteille validoidun analyysimenetelmän laajennettu mittausepävarmuus on 28 % sekä nitraatille että nitriitille. Vastaava mittausepävarmuus kasvisten nitraatille on 16 % pitoisuusvälillä 99 – 600 mg/kg ja 12 % pitoisuusvälillä 600 – 3 000 mg/kg.

Nitraatin ja nitriitin lisäainekäytöstä ei Suomessa ole käytettävissä juuri lainkaan markkinatietoa, etenkin tuoteryhmittäin, ja kilpailulaki asettaa rajoitukset sille, millaista tietoa on luvallista kerätä (Tanhuanpää, henkilökohtainen tiedonanto). Tämän vuoksi altistusarviot lisäainekäytöstä on tehty olettaen, että nitraattia ja/tai nitriittiä sisältävien tuotteiden markkinaosuudet tuoteryhmän kokonaiskäytöstä ovat 100 %. Todellinen altistus on siis jossakin määrin tätä alempi, mutta tarkkaa arvoa ei ole mahdollista määrittää käytettävissä olevilla tiedoilla.

TNS Gallupin maitomarkkinakatsauksen mukaan syödyistä juustoista peräti 43 % oli ulkomaista alkuperää vuonna 2011. Tutkitut juustot olivat valtaosin suomalaisia. Valmistusmaalla ei kuitenkaan ollut merkittävää vaikutusta juuston nitraattipitoisuuteen. (Kts. Liite 4.)

## 4 Altistuksen arvioinnin esitys muodot

Altistusarvot elintarvikkeille on tässä tutkimuksessa laskettu upper bound – skenaarioina (UB), toisin sanoen määritysrajan alle jäävät mittaustulokset on keskiarvoja laskettaessa otettu mukaan määritysrajaa vastaavina pitoisuuksina. Tähän riskiä jonkin verran yliarvioivaan ratkaisuun päädyttiin, koska myös EFSA:n nitraattia käsittelevissä lausunnoissa oli käytetty UB-arvoja.

Talousvedestä koituva altistus on kuitenkin arvioitu lower bound –arvoilla (eli määritysrajan alle jäävät tulokset on laskettu nolliksi), koska määritysrajan alle jäävät tulokset raportoidaan talousveden viranomaisvalvontatuloksissa nolliina. Yksilöllisten vedenkäyttötietojen puuttuessa talousvedestä koituvaa altistusta jouduttiin arvioimaan keskimääräisillä päivittäisen kokonaisvedentarpeen täyttävillä annoksilla eri ikäryhmille, minkä vuoksi arvioon liittyy huomattavasti suurempia virhelähteitä kuin elintarvikkeista saatavan altistuksen arvioihin. LB-arvojen käyttämisestä johtuva virhe on niiden rinnalla hyvin pieni.

Kasvien luontaiselle nitraatille sekä lihavalmisteiden, juustojen ja maustesilien lisäaineperäiselle nitraatille ja nitriitille yhteensä on jäljempänä esitetty altistuksen tärkeimmät lähteet eri ikäkausina sekä näiden lähteiden suhteelliset osuudet kokonaisaltistuksesta.

Pääasiallisten altistuskäytöiden selvittämisen lisäksi nitraatille ja nitriitille on laskettu kaksi erilaista altistuksen suu-

ruutta kuvaavaa arviota. Yksilöllinen tavanomainen altistus ottaa huomioon nitraatti- tai nitriittipitoisia tuotteita tutkimuspäivänä käyttäneet kuluttajat ja laskee altistusmäärien jakauman väestössä sen pohjalta. Näiden laskelmien pohjalta on kullekin ikäryhmälle esitetty käyttäjien altistusmäärät jakauman mediaanikohtalla sekä jakauman ylimpien prosenttipisteiden (P75, P90, P95, P99, P99.9) kohdalla.

Toinen altistuksen suuruutta kuvaava arvio ottaa huomioon koko populaation, siis myös ne, jotka eivät ole nauttineet tutkimuspäivänä nitraattia tai nitriittiä sisältäviä tuotteita. Näillä arvioilla on määritetty se osuus koko väestöstä, jonka päivittäinen altistus jää alle ADI-arvon. Luvut ovat siis pienempiä kuin yksilöllisen tavanomaisen altistuksen arviossa. Sukupuolen vaikutuksen selvittämiseksi samaan taulukkoon on yhdistetty yksilöllisen tavanomaisen altistuksen arvion tapaan laskien se osuus mies- ja naispuolisista nitraatti- tai nitriittipitoisten tuotteiden käyttäjistä, joka jää ADI-arvon alle.

Käytetyn altistusmallin sovituksen yhtenevyyttä mittaustulosten jakaumaan esitellään 3-vuotiaiden nitriittialtistuksen jakaumalla (kuva 11).

Aikuisväestölle esitetään myös altistusmäärät iän funktiona altistusjakauman prosenttipisteelle 99, toisin sanoen sen altistuksen suuruus, jonka alle jää 99 % tämänikäisten kuluttajien altistuksesta.

## 5 Riskin luonnehdinta

### 5.1 Krooninen altistus nitraatille

Kaikkien tutkittujen ikäryhmien nitraattialtistus syntyi pääosin luontaisista lähteistä eli kasviksista ja talousvedestä. Mitattujen pitoisuuksien perusteella laskettu lisäaineperäinen nitraattialtistus oli suurimmillaan hiukan yli 4 % siitä altistuksesta, joka saadaan elintarvikkeista yhteensä ilman talousvettä.

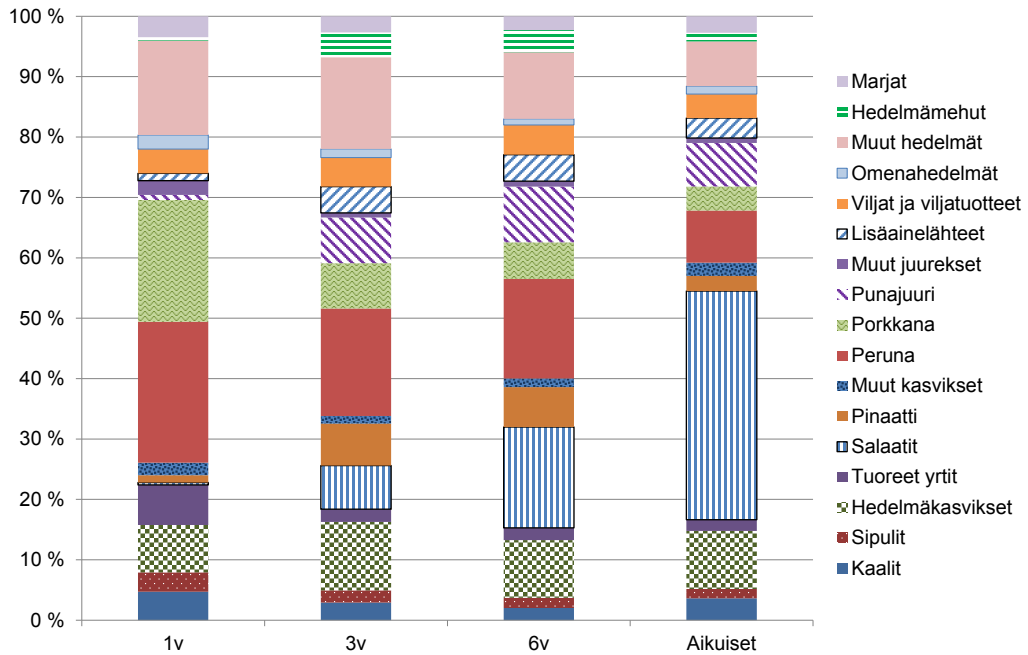
#### 5.1.1 Nitraattialtistuksen lähteet eri ikäkausina

*Elintarvikkeista ilman talousveden osuutta saatava nitraattialtistus*

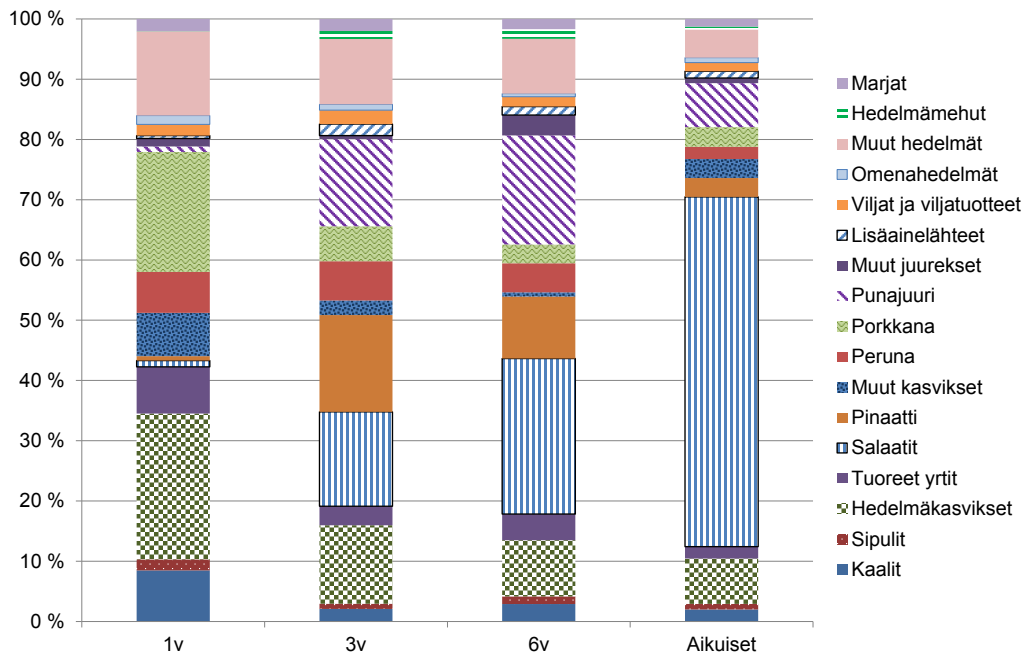
Kuvissa 3 – 5 esitetään graafisesti, mistä elintarvikkeista ja elintarvikeryhmistä nitraattialtistus kertyy eri ikäkausina. Altistus on laskettu MCRA-ohjelmalla upper bound -arvoja käyttäen. Kuvien 3 a

ja 3 b kokonaisaltistusta (100 %) vastaavat altistusmäärät löytyvät taulukosta 9 (mediaanitaso ja P95-taso).

Salaatit, jotka erityisesti aikuisilla ovat merkittävä nitraattialtistuksen lähde, on merkitty kuviin 3 a ja 3 b reunustettuna palkkina. Myös lisäainelähteistä saatava nitraattialtistus on korostettu reunustuksella, ja sen jakautuminen eri lisäainelähteiden kesken esitetään kuvassa 4. Kuvassa 5 esitetään marjoista ja hedelmistä saatavan nitraattialtistuksen lähteitä. "Muiden hedelmien" suuri osuus tässä kuvaajassa johtuu banaaneille ja meloneille kirjallisuudessa ilmoitetuista korkeahkoista (45 – 402 mg/kg) pitoisuuksista, jotka mahdollisesti ylärivioivat näiden hedelmien syötävässä osassa olevat nitraattimäärät. Marjojen osuuteen vaikuttaa se, että mittaustuloksia oli vain mansikoista ja täydentäviä kirjallisuustietoja karpaloista.

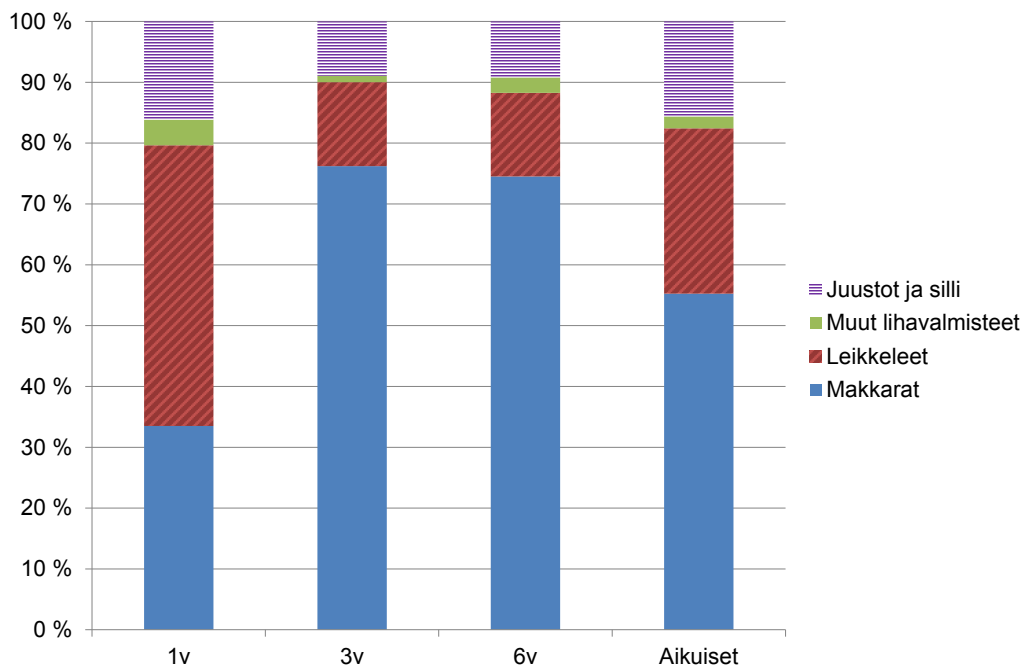


**Kuva 3 a.** Nitraattialtistuksen lähteet eri ikäkausina upper bound -arvoilla laskettuna. Kuvaajassa kaikki lisäainelähteet (makkarat, leikkeleet, muut lihavalmisteet, juustot, sillisäilykkeet) on yhdistetty yhteen siivuun. Ryhmä "muut juurekset" sisältää perunaa, porkkanaa ja punajuurta lukuun ottamatta kaikki tutkitut juurekset (ts. lanttu, nauris, retiisi, palsternakka, maa-artisokka, juuriselleri). Ryhmä "muut kasvikset" sisältää sienet, muut lehtivihannekset kuin salaattit ja pinaatti, palkokasvit, varsivihannekset, kasvissäilykkeet ja vihannesmehun. Perunasta syntyvä altistus on laskettu raakojen perunoiden perusteella. Huom. Elintarvikeryhmien järjestyksessä on alhaalta lukien sama kuin palkeissa.

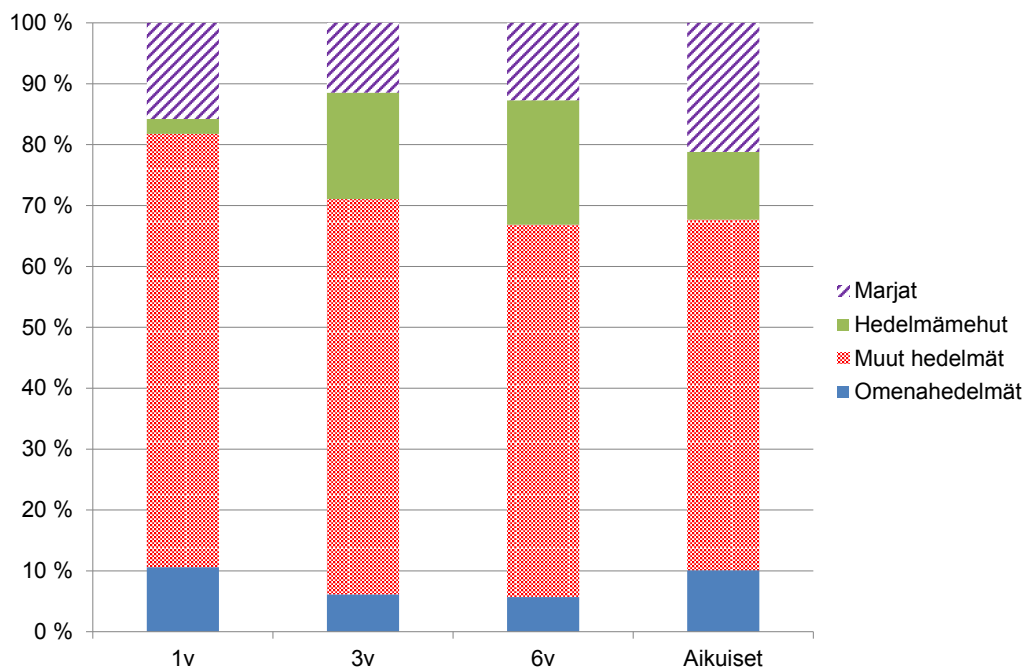


**Kuva 3 b.** Altistusjakauman yläpään viiteen prosenttiin kuuluvien kuluttajien nitraattialtistuksen lähteet eri ikäkausina upper bound -arvoilla laskettuna. Elintarvikkeet on järjestetty samalla tavoin kuin kuvassa 3 a. Ruoastaan eniten nitraattia saavilla kuluttajilla lisäainenitraatin osuus altistuksesta on pienempi kuin keskiarvokuluttajalla, ja altistuslähteissä painottuvat eniten nitraattia sisältävät kasvikset.





**Kuva 4.** Lisäaineperäisen nitraattialtistuksen lähteet eri ikäkausina. Lisäaineperäisen nitraattialtistuksen osuus elintarvikeperäisestä kokonaisaltistuksesta ilman talousveden osuutta oli 1-vuotiailla 1,2 %, 3-vuotiailla ja 6-vuotiailla 4,4 % ja aikuisilla 3,3 %.



**Kuva 5.** Marjoista ja hedelmistä saatavan nitraattialtistuksen jakautuminen. ”Muiden hedelmien” suuri osuus johtuu kirjallisuuden antamista korkeista pitoisuusarvoista. Kuvassa esitetyn altistuksen osuus elintarvikeperäisestä kokonaisaltistuksesta ilman talousveden osuutta oli 1-vuotiailla 22 %, 3-vuotiailla 23 %, 6-vuotiailla 18 % ja aikuisilla 13 %.

*Talovesdestä saatava nitraattialtistus*

Juomista ja ruoasta yhteensä saatavan riittävän kokonaisveden saanti on 1,3 – 3,7 l/vrk (Valsta ym. 2008). Talovesvedessä saa olla nitraattia enintään 50 mg/l ja nitriittiä enintään 0,5 mg/l (STM talusvesiasetus N:o 461/2000). Taulukossa 7 nitraatin ja nitriitin saanti on esitetty näillä enimmäismäärillä laskettuna.

Juodun veden riittäväksi määräksi aikuisille arvioidaan 1 l/vrk, mutta todellista vedentarvetta on vaikea arvioida, koska siihen vaikuttaa moni yksilöllinen tekijä (Valsta ym. 2008). Tässä tutkimuksessa esitetyissä laskelmissa otetaan huomioon myös ruoasta saatava vesi, koska ruoanvalmistuksessa käytetyn veden vaikutus ei näy raaka-aineiden nitraattitai nitriittipitoisuuksissa.

**Taulukko 7.** Talovesdestä saatavan nitraattialtistuksen ja nitriittialtistuksen enimmäismääriä talusvesiasetuksen raja-arvoilla (STMa 461/2000) ja kokonaisveden arvioiduilla tarvemäärillä eri ikäkausina.

Ryhmä	1 – 3 v.	4 – 8 v.	Naiset	Miehet
Kokonaisvedentarve (l/vrk) (Valsta ym. 2008)	1,3	1,7	2,7	3,7
Ikäryhmän keskipaino	10,1 kg (1 v) / 15,2 kg (3 v)	22,4 kg (6 v)	71,2 kg / 70 kg*	84,7 kg / 70 kg*
Nitraattialtistus / 50 mg/l	65 mg/vrk	85 mg/vrk	135 mg/vrk	185 mg/vrk
Nitraattialtistus (mg/kg rp/vrk) keskipainoa kohti	6,5 (1 v) / 4,3 (3 v)	3,8 (6 v)	1,9 / 1,9*	2,2 / 2,6*
Nitriittialtistus / 0,5 mg/l	0,65 mg/vrk	0,85 mg/vrk	1,35 mg/vrk	1,85 mg/vrk
Nitriitin saanti (µg/kg rp/vrk) keskipainoa kohti	64,6 (1 v) / 42,8 (3 v)	38,0 (6 v)	19,0 / 19,3*	21,8 / 26,4*

\*) EFSA:n suositus eurooppalaisen aikuisväestön laskennalliseksi painoksi on 70 kg (EFSA 2012).

Talusvesiasetuksessa sallitulla nitraatin enimmäismäärällä laskettuna ADI-arvo ylittyy kaikilla lapsilla, mutta talovesdestä saatava nitriittialtistus jää kaikilla ikäryhmillä ADI-arvon alle.

Nitraattipitoisuudet Suomen talovesvedessä ovat kuitenkin valtaosin selvästi alle asetuksen salliman maksimipitoisuuden. Tämän tutkimuksen käytettävissä oli nitraatin ja nitriitin viranomaisvalvontatutkimusten vesilaitoskohtaisia tuloksia vuodelta 2008 (Zacheus 2010). Aineistosta oli mahdollista tehdä läänikohtaisia tarkasteluja. Läänien erikoisten vesilaitosten nitraattipitoisuudet vaihtelivat jonkin verran, ja myös läänien välillä oli jonkin verran eroa. Etelä-Suomen talusveden nitraattipitoisuudet olivat keskimäärin hiukan korkeammat kuin muissa lääneissä

mitatut pitoisuudet, mutta yhtä Länsi-Suomen pientä vesilaitosta lukuun ottamatta kaikki tulokset alittivat talusvesiasetuksen enimmäisraja-arvon. Mediaanipitoisuudet olivat alle kymmenesosan talusvesiasetuksen raja-arvosta 50 mg/l.

Kun talusveden mittaustulokset painotettiin vesilaitosten päivittäisvolyymeilla, mediaanipitoisuus ylitti nitraatin toteamisrajan kaikissa muissa paitsi Oulun läänissä. Koko Suomen alueella mediaanipitoisuus oli näin laskettuna 1,13 mg/l. Liitteessä 4 on esitetty Suomen talusvesien nitraattipitoisuuksia tarkemmin.

Tyypillistä talusvedestä saatavaa nitraattialtistusta mallinnettiin koko Suomen alueelta tehtyjen havaintojen kes-

kiarvon ja keskihajonnan avulla Monte Carlo -simulaatioilla. Saadut keskimääräiset altistusarvot, joita esitellään taulukossa 8, ovat kuitenkin vain suuntaa-antavia, sillä yksilöllisiä vedenkäyttötietoja ei ollut käytettävissä, ja tämän vuoksi altistus on laskettu päivittäisen kokonaisvedentarpeen

keskiarvoa ja ikäryhmän painon keskiarvoa käyttäen. Altistus on laskettu lower bound -arvoilla eli merkitsemällä määritysrajan alittavat tulokset nolliksi. Nitraattialtistus näin laskettuna on huomattavasti matalampi kuin maksimiarvoilla ja jää jopa lapsilla alle kymmenesosaan nitraatin ADI-arvosta.

**Taulukko 8.** Talusvedestä saatava nitraattialtistus viranomaisvalvontatutkimusten mittauspitoisuuksien ja ikäryhmän kokonaisvedentarpeen perusteella.

	1 v	3 v	6 v	Aikuiset
Kokonaisvedentarve l/vrk (Valsta ym. 2008)	1,3	1,7	1,7	2,7 (naiset); 3,7 (miehet)
Nitraattialtistus talusvedestä mg/kg rp/vrk	0,35	0,23	0,20	0,10 (naiset); 0,12 (miehet)

Suomalaisen kaivoveden nitraattipitoisuuksien mediaaniarvoksi on tutkimuksissa (Ahonen ym. 2007) laskettu 1,0 mg/l maaperäkaivoille ja alle 0,2 mg/l porakaivoille. Näin ollen kaivovesialtistuksen voi arvioida olevan keskimäärin samalla tasolla koko Suomen vesilaitosten veden antaman keskimääräisen altistuksen kanssa. Korkein Geologian tutkimuskeskuksen GTK:n tutkimuksissa mitattu nitraattipitoisuus kaivovedessä oli kuitenkin jopa 265 mg/l, joten paikalliset poikkeamat voivat olla hyvin suuria (Ahonen ym. 2007). Näin nitraattipitoista vettä saisi keskikokoinen yksivuotias nauttia vain 1,4 dl vuorokaudessa, jotta ADI-arvo ei ylittyisi.

### 5.1.2 Nitraattialtistus suhteessa nitraatin ADI-arvoon

Elintarvikkeista koitua nitraattialtistus eri ikäkausille määritettiin kirjallisuusarvoilla täydennettyjen mittausarvojen pohjalta siten, että kaikki kasvisten nitraattipitoisuudet syötettiin malliin raaoista kasviksista saatuina tuloksina ja

lihavalmisteen pitoisuudet syöntivalmiista tuotteesta saatuina tuloksina. Nämä tulokset on esitetty taulukoissa 9 ja 10. Vertailun vuoksi (taulukot 11 ja 12) nitraattialtistus laskettiin myös siten, että perunan pitoisuudet syötettiin malliin kypsennystä vastaavalla prosessointikertoimella -31,3 % kerrottuna, muut kasvisten pitoisuudet raaoista kasviksista saatuina tuloksina ja lihavalmisteen pitoisuudet siinä muodossa kuin tuotteet syödään. Perunat ovat ainoa tutkituista kasvisryhmistä, jotka todennäköisesti kokonaisuudessaan nautitaan jollakin tavoin kypsennettynä.

Perunoiden kypsennys vaikutti altistusmääriin vain hiukan. 1-vuotiailla ja 3-vuotiailla hyväksyttävän päivittäisaannin rajan ylittävien lasten määrä pieneni vajaan prosenttiyksiköllä, kun taas 6-vuotiailla ja aikuisilla kypsennyksellä ei ollut vaikutusta altistusjakautuman yläosaan. Altistusjakautumat 6 ja 7 on esitetty laskelmista, joissa perunoiden pitoisuuksina on käytetty raakojen perunoiden määritystuloksia.

**Taulukko 9.** Tavanomainen yksilöllinen nitraattialtistus prosentteina ADI:sta (3,7 mg/kg rp/vrk) eri ikäkausina. Talousvedestä koituvaa altistusta ei ole laskelmissa mukana. Kullekin arviolle on annettu luottamusrajat (suluissa), joiden ulkopuolelle jäävät alin ja ylin 2,5 % epävarmuustestauksessa saatujen populaatio-osuuksien arvioiden jakaumasta. Perunasta koituvaa altistusta on laskettu raakojen perunoiden mittaustulosten pohjalta.

Prosenttipiste, jolla altistus arvioitu	1-vuotiaat	3-vuotiaat	6-vuotiaat	Aikuiset
P50	53,0 % (45,6 – 60,9 %)	51,5 % (44,7 – 58,0 %)	44,0 % (39,4 – 50,2 %)	10,7 % (9,9 – 12,0 %)
P90	90,2 % (73,7 – 104,8 %)	83,7 % (72,0 – 96,2 %)	69,3 % (59,2 – 78,1 %)	31,6 % (29,0 – 34,4 %)
P95	106,2 % (89,2 – 125,1 %)	94,6 % (82,2 – 110,4 %)	79,7 % (65,4 – 90,7 %)	40,0 % (37,4 – 46,0 %)
P99	139,2 % (111,3 – 166,3 %)	119,5 % (101,5 – 145,1 %)	103,0 % (82,5 – 127,6 %)	62,5 % (55,2 – 69,4 %)
P99,9	211,3 % (134,2 – 330,5 %)	178,5 % (122,9 – 200,9 %)	172,9 % (95,8 – 197,0 %)	110,2 % (81,5 – 141,8 %)

**Taulukko 10.** Se osuus kunkin ikäkauden kuluttajista, joka saa yksilöllisen tavanomaisen altistuksensa perusteella ruokavaliostaan nitraattia enintään 3,7 mg/kg rp/vrk. Luottamusrajat, joiden sisään jää 95 % altistusarvioiden jakaumasta, on merkitty suluissa arvion perään. Perunasta koituvaa altistusta on laskettu raakojen perunoiden mittaustulosten pohjalta.

Ikäkausi	Osuus populaatiosta, jonka altistus alle 3,7 mg/kg rp/vrk	ADI-arvon ylittävien henkilöiden määrä / miljoona henkeä	ADI-arvon ylittävien henkilöiden määrä Suomessa***
1-vuotiaat	93,5 % (88,8 – 98,2 %) * pojat 91,6 % tytöt 89,5 % **	65 502 (18 504 – 112 500)	3 710 (1 050 – 6 370)
3-vuotiaat	96,3 % (89,7 – 99,1 %) * pojat 94,2 % tytöt 94,3 % **	37 383 (9 252 – 102 804)	2 120 (520 – 5 820)
6-vuotiaat	98,7 % (96,0 – 99,8 %) * pojat 97,9 % tytöt 98,2 % **	12 552 (2 092 – 39 854)	710 (120 – 2 260)
Aikuiset	99,8 % (99,6 – 99,9 %) * miehet 98,7 – 98,8 %, naiset 98,7 – 98,8 % **	1963 (981 – 4 183)	6 690 (3 340 – 14 260)

\* Laskettu kaikki tutkimuspäivät huomioon ottaen

\*\* Laskettu vain nitraattipitoisten tuotteiden syöntipäiviä kohden

\*\*\* SVT Väestötilastot: 25 – 74-vuotiaiden suomalaisten (v. 2011) ja vuodessa keskimäärin syntyneiden lasten (v. 1998 – 2003) lukumäärän pohjalta

Taulukoiden 10, 12 ja 17 viimeisen sarakkeen henkilömäärät on laskettu Tilastokeskuksen väestötilastoista. Vuoden 2011 lopussa 25 – 74 -vuotiaita oli Suomessa Tilastokeskuksen (SVT Väestötilastot) mukaan noin 3 408 000, ja

vuosina 1998 – 2003 lapsia on syntynyt vuosittain keskimäärin 56 600. Nitraatin ADI-arvon ylittävien määrä on saatu kertomalla kolmannen sarakkeen miljoonaa henkeä kohden lasketut luvut näillä lukumäärillä.

**Taulukko 11.** Tavanomainen yksilöllinen nitraattialtistus prosentteina ADI:sta eri ikäkausina, kun perunasta koituva altistus on laskettu käyttämällä prosessointikerrointa -31,3 % kypsille perunoille. Muilta osin asetukset ovat samat kuin taulukossa 9.

Prosenttipiste, jolla altistus arvioitu	1-vuotiaat	3-vuotiaat	6-vuotiaat	Aikuiset
P50	48,4 % (42,1 – 55,5 %)	48,0 % (40,5 – 55,7 %)	41,0 % (36,2 – 46,7 %)	10,4 % (9,3 – 11,6 %)
P90	82,6 % (68,7 – 97,1 %)	79,7 % (64,0 – 92,2 %)	65,6 % (56,8 – 79,1 %)	31,0 % (27,8 – 34,8 %)
P95	102,4 % (80,5 – 120,9 %)	91,5 % (75,5 – 105,1 %)	77,2 % (64,7 – 93,1 %)	39,6 % (36,1 – 46,3 %)
P99	134,7 % (102,9 – 165,7 %)	115,8 % (96,0 – 145,4 %)	101,0 % (80,8 – 134,2 %)	61,4 % (54,6 – 70,4 %)
P99,9	205,8 % (128,1 – 344,2 %)	177,0 % (119,3 – 200,7 %)	171,8 % (98,7 – 231,4 %)	111,0 % (82,1 – 145,9 %)

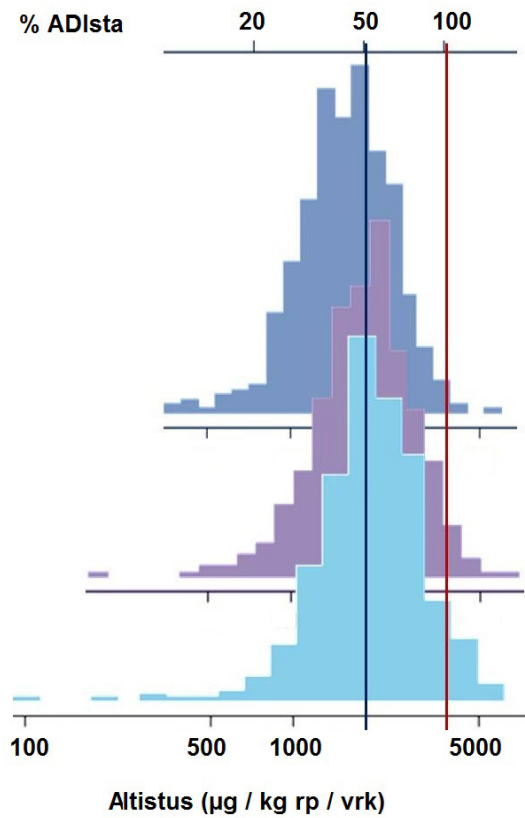
**Taulukko 12.** Se osuus kunkin ikäkauden kuluttajista, joka saa yksilöllisen tavanomaisen altistuksensa perusteella ruokavaliostaan nitraattia enintään 3,7 mg/kg rp/vrk. Perunasta koituva altistus on laskettu käyttämällä kypsennetyille perunoille prosessointikerrointa -31,3 %, ja muilta osin asetukset ovat samat kuin taulukossa 10.

Ikäkausi	Osuus populaatiosta, jonka altistus alle 3,7 mg/kg rp/vrk arvio (arvion alempi ja ylempi luottamusraja)	ADI-arvon ylittävien henkilöiden määrä / miljoona henkeä	ADI-arvon ylittävien henkilöiden määrä Suomessa***
1-vuotiaat	94,1 % (91,5 – 98,0 %) * pojat 94,5 % tytöt 93,1 % **	58 952 (19 651 – 85 153)	3 340 (1 110 – 4 820)
3-vuotiaat	97,0 % (93,3 – 99,2 %) * pojat 95,5 % tytöt 95,6 % **	29 907 (8 364 – 67 383)	1 690 (470 – 3 810)
6-vuotiaat	98,7 % (96,3 – 99,8 %) * pojat 98,4 % tytöt 98,5 % **	12 552 (2 092 – 36 872)	710 (120 – 2 090)
Aikuiset	99,8 % (99,6 – 100,0 %) * miehet 98,7 – 98,9 %, naiset 98,8 – 98,9 % **	1 963 (233 – 3 925)	6 670 (790 – 13 380)

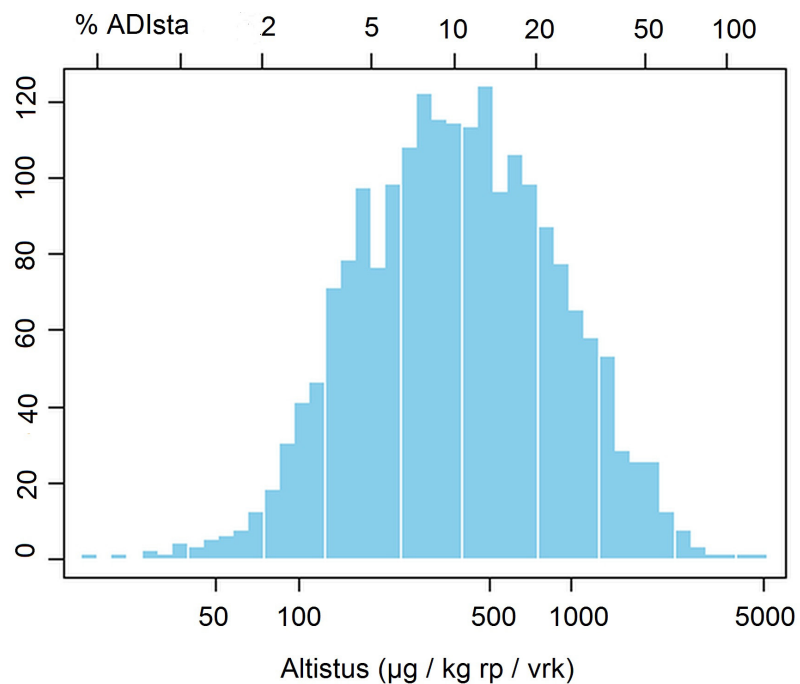
\* Laskettu kaikki tutkimuspäivät huomioon ottaen

\*\* Laskettu vain nitraattipitoisten tuotteiden syöntipäiviä kohden

\*\*\* SVT Väestötilastot: 25 – 74-vuotiaiden suomalaisten (v. 2011) ja vuodessa keskimäärin syntyneiden lasten (v. 1998 – 2003) lukumäärän pohjalta



**Kuva 6.** 1-vuotiaiden (vaaleansininen edessä), 3-vuotiaiden (violetti) ja 6-vuotiaiden (tummansininen takana) yksilöllisen nitraattialtistuksen logaritmiselle asteikolle muunnetut jakaumat. Viivoilla on merkitty kohdat, joissa altistuksen suuruus on 50 % (tummansininen) ja 100 % ADI-arvosta (punainen viiva).

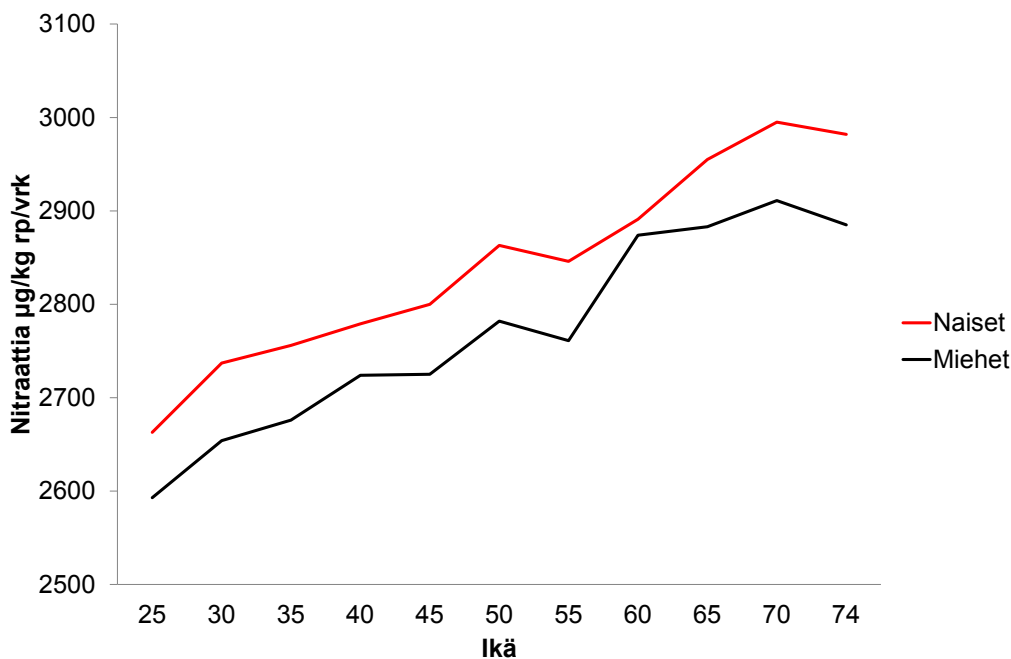


**Kuva 7.** Aikuisten yksilöllisen nitraattialtistuksen logaritmiselle asteikolle muunnettu jakauma.

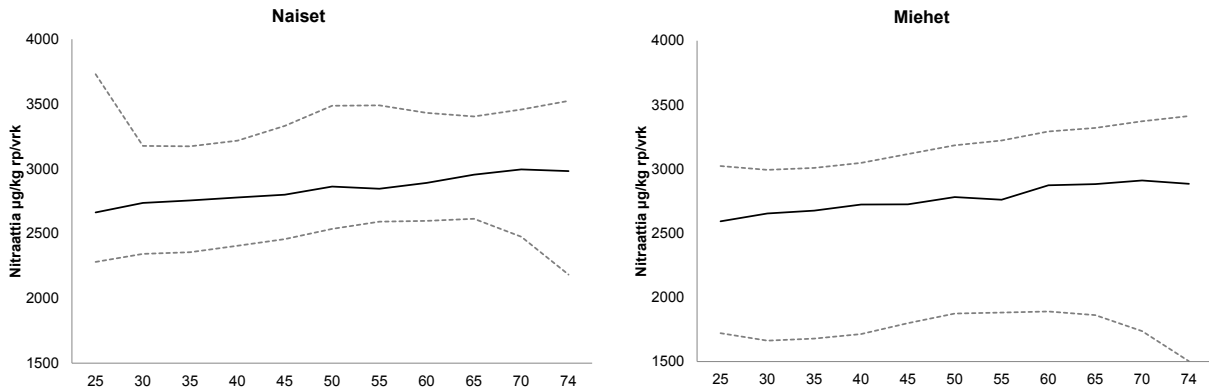
Kuvia 6 ja 7 verrattaessa nähdään, että aikuisten altistusjakauma jää valtaosin alle tason 1,85 mg/kg rp/vrk (50 % ADI-arvosta). Sitä vastoin lapsilla altistusjakauman huippu on lähellä tasoa 50 % ADI-arvosta.

Nitraattialtistuksessa huomiota kiinnittää se, että aikuisilla se kasvaa jonkin verran iän myötä, ja kaikissa ikäluokissa naisten nitraattialtistus on suurempaa kuin miesten, kuten kuva 8 osoittaa. Tämä saattaa kertoa siitä, että keskivertonainen syö enemmän lehtivihanneksia kuin keskivertomies. Tyttöjen todennäköisyys syödä nitraattipitoisia elintarvikkeita oli hiukan suurempi kuin

poikien, mutta annoskoot olivat 3- ja 6-vuotiailla tytöillä ilmeisesti pienempiä, koska heidän todennäköisyytensä ylittää hyväksyttävän päivittäisannoksen yläraja oli hivenen pienempi kuin poikien. 1-vuotiaista sitä vastoin tytöt saivat ravinnostaan nitraattia kokoonsa nähden hiukan enemmän kuin pojat. Ero oli kuitenkin niin pieni, ettei se ole merkitsevä etenäkään tutkittujen ikäryhmien koon huomioon ottaen. Kuvassa 8 on esitetty aikuisten altistusmäärien muutos iän myötä nitraattialtistuksen jakauman prosenttipisteen 99 kohdalla, ja kuvassa 9 on kuvan 8 altistuskäyrät esitetty mallin luottamusrajoja esittävien viivojen kera.



**Kuva 8.** Aikuisten nitraattialtistuksen prosenttipisteen 99 muutos iän ja sukupuolen funktiona. 99 %:lla ikäluokasta nitraattialtistus on siis enintään kuvan osoittaman suuruinen. Arviot on laskettu UB -arvoina ja perunan pitoisuudet ovat laskuissa olleet raaoista perunoista tehtyjen mittausten mukaiset. Punainen viiva (ylempi) kuvaa naisia ja musta miehiä.



**Kuva 9.** Aikuisten naisten (vasemmalla) ja miesten (oikealla) nitraattialtistumämäärien prosenttipisteen 99 muutos iän funktiona. Kuvaan on harmaalla katkoviivalla merkitty mallin eri sovitusten luottamusvälit, joiden väliin mahtuu 95 % eri altistumämääriä kuvaavista mallisovituksista. Mustalla merkityt altistusarviot ovat samat kuin kuvassa 8. X-akselilla ikä vuosina, y-akselilla nitraattialtistus yksikössä µg/kg rp/vrk.

### 5.1.3 Luontaisista lähteistä peräisin olevan nitraatin ja lisäainenitraatin suhteelliset osuudet altistuksesta

Luontaisista lähteistä ja lisäainelähteistä saatavan nitraattialtistuksen suhteellisia osuuksia määritettäessä käytettiin talousvedelle lower bound -skenaariolla laskettua arvoa ja muille elintarvikkeille upper bound -skenaariolla laskettuja arvoja, kuten aiemmin on kuvattu. Lisäksi vedenkäyttöön on laskettu myös ruoan mukana nautittu vesi. Laskentatapojen erojen vuoksi taulukossa 13 esitetyt osuudet talousveden kera ovat suuntaantavia.

Aiemmissä tutkimuksissa (EFSA 2008) oli arvioitu altistumista nitraatille eri lähteistä Iso-Britannian ja Ranskan ruoankäyttötietojen perusteella. Iso-Britannian keskimääräinen nitraattialtistus

(91 mg/vrk) koostui 52 % vihanneksista ja hedelmistä, 22 % vedestä, 12 % oluesta ja 8 % eläinperäisistä tuotteista. Ranskassa keskimääräinen nitraattialtistus (141 mg/vrk) koostui jopa 75 % vihanneksista ja hedelmistä, 14 % vedestä ja 6 % eläinperäisistä tuotteista. Talousvedestä syntyvä nitraattialtistus on siis samaa luokkaa EFSA:n tutkimuksessa pohjoiseurooppalaista maata edustavan Iso-Britannian kanssa, mutta vihannesten ja hedelmien osuus kokonaisaltistuksesta on Suomessa suurempi ja lisäainepärisen altistuksen osuus pienempi.

Myös aiemmassa altistustutkimuksessa (Salminen & Penttilä 1999) havaittiin, että lisäainenitraatin osuus lasten nitraattialtistuksesta (lisäainelähteet + kasvikset) oli keskimäärin vain 4 – 5 % luokkaa.

**Taulukko 13.** Luontaisten nitraattilähteiden (kasvikset; perunan osuus kypsentämättömien perunoiden perusteella) ja lisäainenitraattilähteiden (liihavalmisteet, juusto, silli) osuudet eri ikäryhmien nitraattialtistuksesta. Laskuissa on käytetty mitattuja pitoisuuksia sekä kirjallisuusarvoja niille kasvikunnan tuotteille, joista ei ollut analyysitietoja.

	1-vuotiaat	3-vuotiaat	6-vuotiaat	Aikuiset
<b>Osuudet ilman talousvedestä saatavan nitraattialtistuksen huomioimista</b>				
Kasvikunnan tuotteista saatava nitraatti	98,80 %	95,60 %	95,60 %	96,70 %
Lisäaineena saatava nitraatti	1,20 %	4,40 %	4,40 %	3,30 %
<b>Suuntaa-antavat osuudet talousvedestä saadun keskimääräisen nitraattialtistuksen kera</b>				
Kasvikunnan tuotteista saatava nitraatti	83,80 %	85,30 %	85,10 %	76,9 % (naiset) 74,7 % (miehet)
Lisäaineena saatava nitraatti	1,00 %	3,90 %	3,90 %	2,60 %
Talousvedestä saatava nitraatti	15,20 %	10,80 %	10,90 %	20,4 % (naiset) 22,7 % (miehet)



## 5.2 Krooninen altistus nitriitille

Koska nitriittömien tuotteiden markkinaosuuksista ei ole saatavilla tarkkaa tietoa, alla esitetyt tulokset perustuvat oletukseen, että kaikki kuluttajien käyttämät makkarat, leikkeleet ja marinoidut sianlihat sisältävät nitriittiä. Tulokset antavat siis jossakin määrin liian suuria arvioita. Kaikista tutkituista raakalihavalmisteista löytyi nitraattia, ja osasta tutkittuja näytteitä myös nitriittiä. Näiden mittaustulosten vuoksi marinoidut sianlihat otettiin mukaan tarkasteluun, vaikka nitriitin käyttö näissä tuotteissa yleisesti ottaen oli harvinaista ja 1.6.2013 jälkeen kiellettyä.

Kasvikunnan tuotteiden luontaisista nitriittipitoisuuksista on käytettävissä vain hajanaisia kirjallisuustietoja, ja ilmeisesti olosuhteet vaikuttavat merkittävästi havaittuihin pitoisuuksiin. Lisäksi, kuten kirjallisuusosiossa jo todettiin, kasvien sisältämät muut luontaiset yhdisteet ja myös lihavalmisteiden antioksidantit vuorovaikuttavat nitraatin ja nitriitin kanssa vähentäen niiden haitallisia vaikutuksia. Tämän vuoksi kasvikunnasta saatavaa nitriittialtistusta tutkittiin elimistössä nitraatista muuttuvan nitriitin kautta enimmäismääränä. Aiemmassa EU-tasoisessa tutkimuksessa (EFSA 2008) kasvikunnan tuotteista saatava nitriittialtistus arvioitiin pohjoiseurooppalaista ruoankäyttöä edustavassa Iso-Britanniassa noin 11 %:ksi veden osuuden ollessa 7 % kokonaisaltistuksesta, mutta kun elimistössä nitraatista muuttuvan nitriitin osuus otettiin huomioon, 83 % nitriittialtistuksesta saatiin tätä kautta. EFSA:n arvioissa käytettiin nitraatista nitriitiksi tapahtuvalle muunnokselle konservatiivista kerrointa 7 %, joka on luontaisen vaihtelun yläraja. Tässä tutkimuksessa käytetään samaa kerrointa.

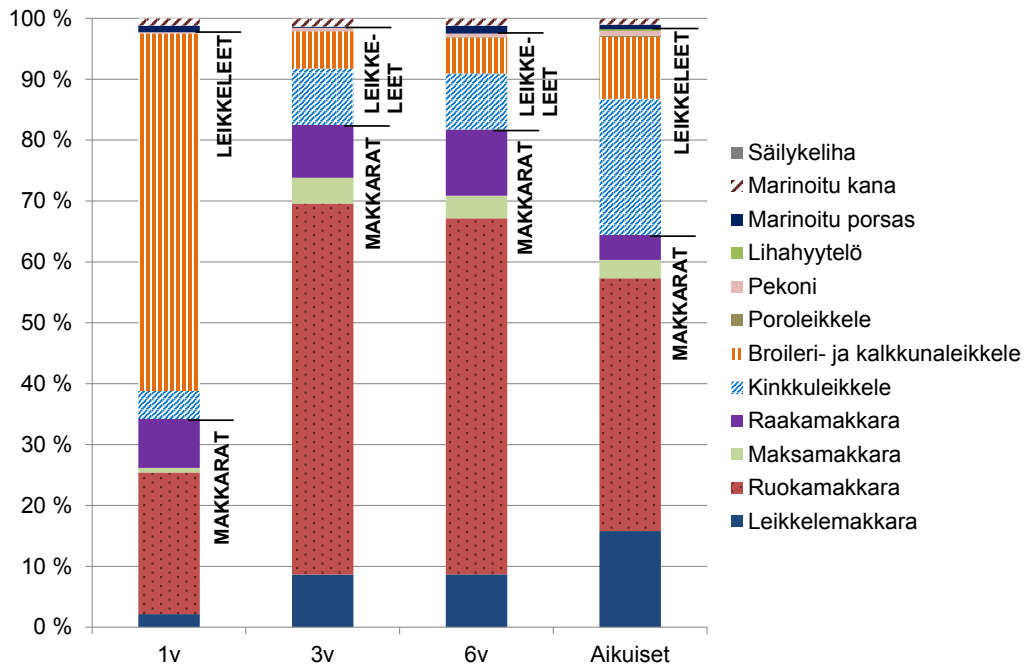
### 5.2.1 Nitriittialtistuksen lähteet eri ikäkausina

#### *Lisäaineperäinen altistus nitriitille*

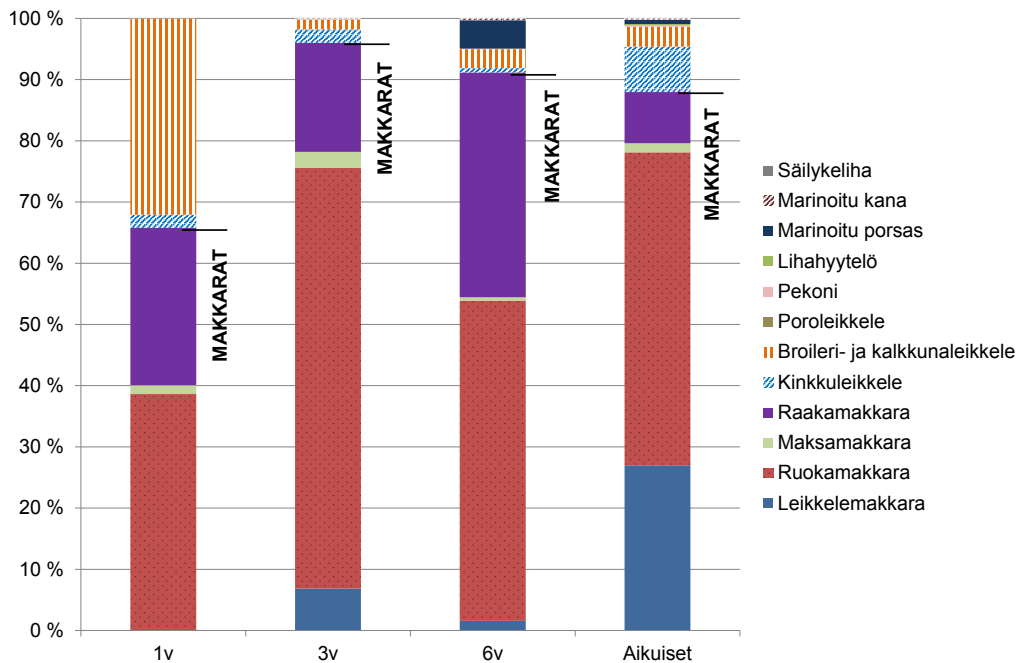
Kuten kuva 10 a osoittaa, makkarat ovat keskivertokuluttajien suurin lisäaineperäisen nitriittialtistuksen lähde kaikissa muissa ikäryhmissä paitsi yksivuotiailla. 3-vuotiailla, 6-vuotiailla ja aikuisilla ruokamakkaroiden, kuten nakit, grillimakkara ja lenkkimakkara, osuus lisäaineperäisestä kokonaisaltistuksesta vaihtelee välillä 42 – 61 %.

Yksivuotiaiden ikäryhmässä keskivertokuluttajan nitriittialtistus syntyy erityisesti leikkeleistä. Makkaroista saadaan tässä ikäluokassa vain 34 % kokonaisaltistuksesta. Yksivuotiaiden leikkeleiden käyttö koostui ruoankäyttöaineistossa yli 80-prosenttisesti broileri- tai kalkkuna-leikkeleistä, joten nämä leikkeleeryhmät painottuvat myös altistuksen lähteissä. Eniten nitriittiä ravinnostaan saavilla yksivuotiailla kuitenkin makkaroiden osuus altistuksesta oli suurempi kuin keskivertoikätoverillaan (kuva 10 b).

Makkaroiden suurta osuutta eri ikäryhmien nitriittialtistuksessa selittää niiden runsas käyttö. Esim. 3-vuotiaiden kohdalla aineistossa oli 22 syöntikertaa, jolloin lapsi oli nauttinut vähintään 150 g ruokamakkaraa. Suurin aineistossa oleva päiväannos tämänikäisillä oli 350 g, ja kolmen päivän aikana sama lapsi söi yhteensä 757 g ruokamakkaraa. 6-vuotiaiden suurin ruokamakkara-annos oli vain pari grammaa korkeampi kuin 3-vuotiaiden aineistossa, ja yli 150 g ruokamakkaraa oli aineistossa syöty 32 kertaa. 3-vuotiaat olivat syöneet ruokamakkaraa kaikkiaan 430 kertaa (26,8 % koko aineiston päivistä) ja 6-vuotiaat 414 kertaa (28,9 % koko aineiston päivistä).



**Kuva 10 a.** Nitriittialtistuksen lähteet (mittaustulosten UB-arvoilla laskettuina) eri ikäkausina. Kuvajassa on mukana vain lisäaineperäinen altistus. Lisäaineperäisen altistuksen eri tavoin lasketut osuudet kokonaisaltistuksesta esitetään taulukossa 15. Huom. selitteet ovat alhaalta lukien samassa järjestyksessä kuin kuvaamansa elintarvikkeet palkissa.



**Kuva 10 b.** Altistusjakauksen ylimpiin viiteen prosenttiin kuuluvien kuluttajien lisäaineperäisen nitriittialtistuksen lähteet eri ikäkausina UB-arvoilla laskettuna. Selitteet ovat samassa järjestyksessä kuin kuvassa 10 a. Eniten nitriittiä saavilla makkaroiden osuus altistuksesta on selvästi suurempi kuin keskimääräisellä kuluttajalla ikäryhmässä.

### Talousvedestä saatava nitriittialtistus

Talousvesiasetuksen sallimien maksimi-arvojen perusteella laskettu enimmäis-altistus nitriitille on esitetty aiemmin luvussa 5.1.1. Näiden arvojen perusteella laadultaan hyväksyttävästä talousvedestä saatava nitriittialtistus ei ylitä nitriitin ADI-arvoa millään ikäryhmällä.

Kun talousveden mittaustulokset painotettiin vesilaitosten päivittäisvolyymeilla, mediaanipitoisuus ylitti nitriitin toteamisrajan vain Etelä-Suomen läänissä (mediaani 0,1 mg/l). Koko Suomen alueen mediaanipitoisuus jäi alle totea-

misrajan. Koska aineistossa kuitenkin oli joitakin talousvesiasetuksen ylärajan tasolla olevia pitoisuuksia, tyypillistä altistusta mallinnettiin koko Suomen alueelta tehtyjen havaintojen keskiarvon ja keskihajonnan avulla Monte Carlo -simulaatioilla samaan tapaan kuin nitraattialtistusta laskettaessa. Myös näissä laskuissa saadut keskimääräiset lower bound -altistusarvot, joita esitellään taulukossa 14, ovat vain suuntaa-antavia, sillä yksilöllisiä vedenkäyttö-tietoja ei ollut käytettävissä, ja tämän vuoksi altistus on laskettu päivittäisen kokonaisvedentarpeen keskiarvoa ja ikäryhmän painon keskiarvoa käyttäen.

**Taulukko 14.** Talousvedestä saatava nitriittialtistus viranomaisvalvontatutkimusten mittauspitoisuuksien ja ikäryhmän kokonaisvedentarpeen perusteella.

	1 v	3 v	6 v	Aikuiset
Kokonaisvedentarve l/vrk	1,3	1,7	1,7	2,7 (naiset) 3,7 (miehet)
Nitriittialtistus talousvedestä µg/kg rp/vrk	11	7	6	3 (naiset) 4 (miehet)

Kaivovedessä nitriitin mediaanipitoisuudeksi on tutkimuksissa (Ahonen ym. 2008) havaittu 0,01 mg/l eli 10 µg/l. Korkein kaivojen nitriittipitoisuus Ympäristöhallinnon pohjavesiaineistossa oli 3,9 mg/l eli 3900 µg/l. Näin nitriittipitoista vettä saisi keskikokoinen yksivuotias nauttia vain 1,8 dl vuorokaudessa ennen kuin ADI-arvo ylittyisi.

### Kokonaisaltistus nitriitille eri lähteistä

Taulukossa 15 esitetään lisäainelähteistä saatavan sekä talousvedestä saatavan nitriittialtistuksen suhteellisia osuuksia. Samalla vertaillaan myös nitraatista elimistössä muuntuvan nitriitin osuutta näihin arvoihin. Kuten nitraatin kokonaisaltistusta laskettaessa, myös

tässä talousvedestä saatavan altistuksen suhteellinen osuus kokonaisaltistuksesta on lasketatapojen eron vuoksi vain suuntaa-antava.

Kasviksista suoraan saatavan nitriittialtistuksen arvioitiin sisältyvän nitraatista muuntuvaan määrään. Kasvien nitriittipitoisuuksia on selvitetty kirjallisuudessa vain satunnaisesti. Vääränlainen säilytys (esim. huoneenlämmössä kypsennyksen jälkeen) voi johtaa korkeisiin nitriittipitoisuuksiin kasviksissa, kun bakteerien entsyymit muuntavat kasvien nitraattia nitriitiksi (EFSA 2010). Yksittäisissä tapauksissa on siis mahdollista, että väärin käsitellyistä kasviksista saadaan merkittävä nitriittialtistus.

**Taulukko 15.** Altistus nitriitille lisäainelähteistä ja talousvedestä yhteensä sekä elimistössä nitraatista muuntuvan nitriitin osuus kokonaisaltistuksesta. Nitraatista muuntuvan nitriitin osuutta ei lasketa mukaan nitriitin ADI-arvoon. Elintarvikkeita koskevat arvot (lisäaineniitriitti ja nitraattialtistus, josta muuntuva nitriitti laskettiin) ovat altistusmediaaneja.

	1-vuotiaat	3-vuotiaat	6-vuotiaat	Aikuiset
<b>Osuudet ilman nitraatista elimistössä muuntuvan nitriitin huomioimista</b>				
Lisäaineniitriitti	59%	85%	84%	62 % (naiset) 58 % (miehet)
Talousvedestä saatava nitriitti	41%	15%	16%	38 % (naiset) 42 % (miehet)
<b>Osuudet, kun huomioidaan elimistössä nitraatista muuntuva nitriitti</b>				
Nitraatista muuntuva nitriitti (arviolla 7 % nitraattialtistuksesta)	84%	74%	74%	77 % (naiset) 76 % (miehet)
Lisäaineniitriitti	10%	22%	22%	14 % (naiset) 14 % (miehet)
Talousvedestä saatava nitriitti	7%	4%	4%	9 % (naiset) 10 % (miehet)

### 5.2.2 Nitriittialtistus suhteessa ADI-arvoon

Elintarvikkeista ilman talousveden osuutta saatava nitriittialtistus määritettiin upper bound -arvoihin lihavalmistusten mitattujen nitriittipitoisuuksien ja (lihahyytelön ja säilykelihan osalta) Fineli-tietokannasta saatujen pitoisuusarvojen perusteella. Koska nitriittittömien tuotteiden markkinaosuuksia eri elintarvikeryhmissä ei ollut käytettävissä, arviot on laskettu oletuksella, että kaikki syödyt tuotteet sisältävät lisäaineniitriittiä keskimäärin saman verran kuin mita-

tuissa tuotteissa havaittiin olevan. Seuraavissa taulukoissa (taulukot 16 ja 17) esitetyt arviot tilanteesta antavat siis todennäköisesti todellisuutta hieman synkemmän kuvan. Taulukossa 16 altistus on esitetty prosentteina ADI-arvosta (yli 100 %:n luvut kertovat siis altistuksen ylittävän ADI-arvon) ikäryhmän altistusjakauman eri kohdissa.

Altistusjakaumia eri ikäkausille on esitetty kuvissa 11 – 13 samoilla oletuksilla kuin taulukoiden 16 – 17 altistusarvoja laskettaessa.

**Taulukko 16.** Tavanomainen yksilöllinen nitriittialtistus prosentteina ADIsta eri ikäkausina. Laskut on tehty upper bound -arvoilla ja talousvedestä koituvaa altistusta ei ole mukana laskelmissa. Kulkekin arviolle on annettu luottamusrajat (suluissa), joiden ulkopuolelle jäävät alin ja ylin 2,5 % mallin epävarmuustestauksen arvioiden jakaumasta.

Prosenttipiste, jolla altistus arvioitu	1-vuotiaat	3-vuotiaat	6-vuotiaat	Aikuiset
P50	22,3 % (17,1 – 26,7 %)	56,8 % (46,3 – 65,9 %)	47,1 % (38,5 – 57,0 %)	7,2 % (6,3 – 8,0 %)
P75	29,6 % (24,0 – 34,7 %)	77,3 % (64,1 – 90,3 %)	66,2 % (56,4 – 78,0 %)	12,6 % (11,0 – 14,3 %)
P90	40,2 % (32,2 – 48,3 %)	97,7 % (79,4 – 123,2 %)	96,5 % (78,0 – 113,9 %)	21,5 % (19,0 – 24,4 %)
P95	46,0 % (36,4 – 56,9 %)	114,2 % (88,2 – 147,0 %)	110,6 % (88,6 – 132,5 %)	28,6 % (24,6 – 33,5 %)
P99	56,6 % (42,0 – 76,7 %)	143,2 % (105,6 – 210,2 %)	141,4 % (109,6 – 203,1 %)	46,0 % (38,8 – 55,4 %)

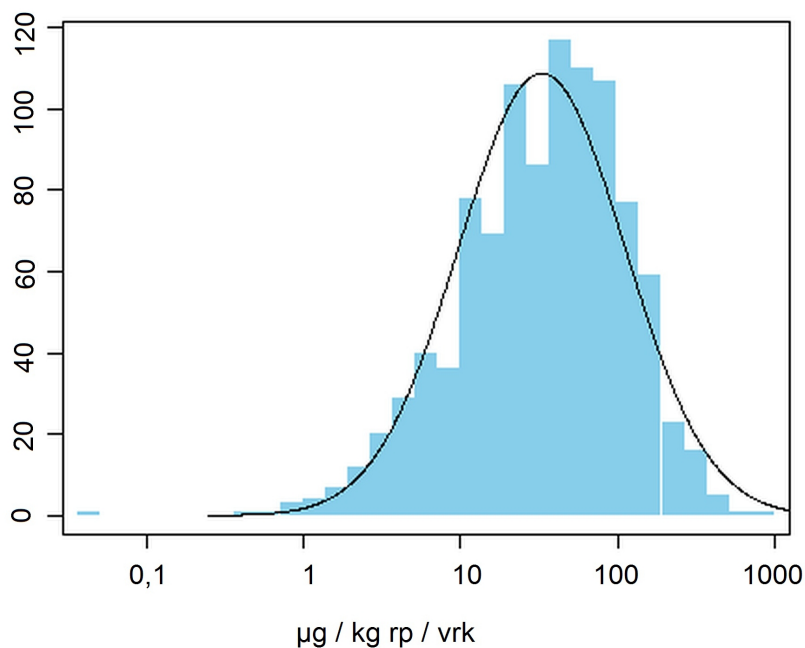
**Taulukko 17.** Se osuus kunkin ikäkauden kuluttajista, joka saa yksilöllisen tavanomaisen altistuksensa perusteella ruokavaliostaan nitriittiä enintään 0,07 mg/kg rp/vrk (= ADI). Altistus on laskettu UB-arvoilla ottamatta huomioon talousvedestä saatavaa altistusta.

Ikäkausi	Osuus populaatiosta, jonka altistus alle 0,07 mg/kg rp/vrk. UB-arvio (arvion alempi ja ylempi luottamusraja)	ADI-arvon ylittävien henkilöiden määrä/miljoona henkeä	ADI-arvon ylittävien henkilöiden määrä Suomessa***
1-vuotiaat	100 % * pojat 78,3 %, tytöt 82,5 % **	0	0
3-vuotiaat	91,0 % (80,7 – 98,0 %) * pojat 58,2 % tytöt 61,4 % **	89 720 (20 467 – 193 505)	5 080 (1 160 – 10 950)
6-vuotiaat	91,0 % (86,5 – 98,1 %) * pojat 67,9 % tytöt 77,9 % **	89 958 (18 724 – 134 990)	5 090 (1 060 – 7 640)
Aikuiset	99,95 % (99,75 – 100 %) * miehet 98,8 – 99,5 %, naiset 99,8 – 99,95 % **	491 (0 – 2 453)	1 670 (0 – 8 360)

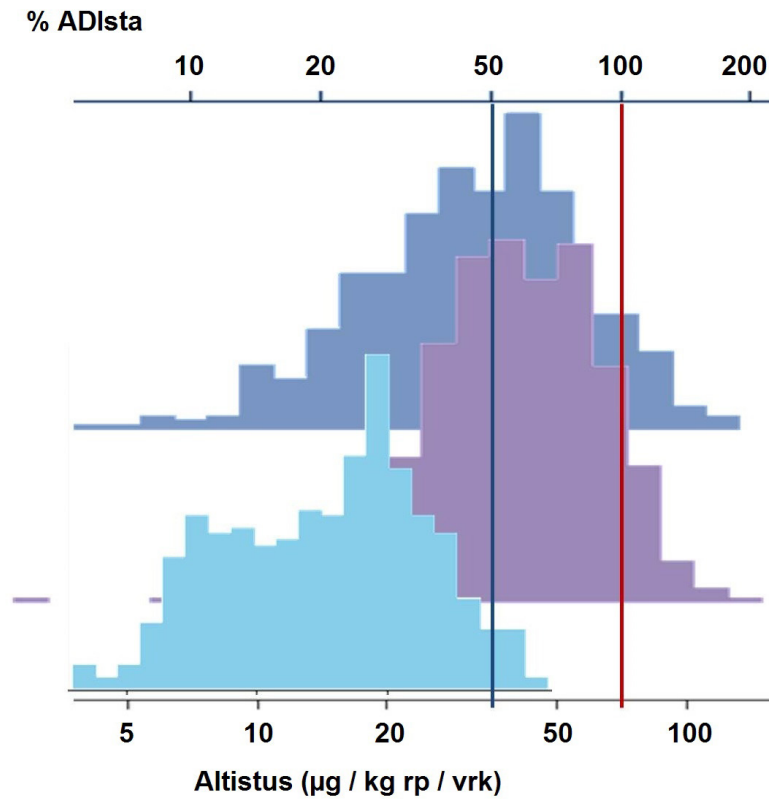
\* Laskettu kaikki tutkimuspäivät huomioiden

\*\* Laskettu vain nitriittipitoisten tuotteiden syöntipäiviä kohden

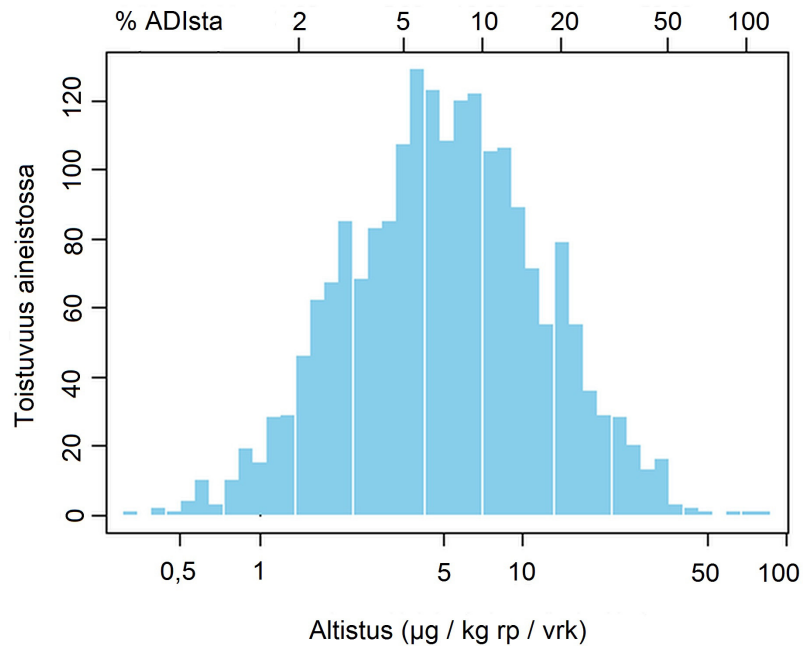
\*\*\* SVT Väestötilastot: 25 – 74-vuotiaiden suomalaisten (v. 2011) ja vuodessa keskimäärin syntyneiden lasten (v. 1998 – 2003) lukumäärän pohjalta



**Kuva 11.** 3-vuotiaiden nitriittialtistuksen jakauma. Kuvaajaan on otettu vain positiiviset altistukset (syöty jotakin nitriittipitoista mittauspäivän aikana). Y-akselilla on frekvenssi ja logaritmisella x-akselilla altistus yksikössä µg/kg rp/vrk. ADI on tällä asteikolla kohdassa 70. Musta käyrä on normaalijakauma, jota mallisovitus käyttää.



**Kuva 12.** 1-vuotiaiden (vaaleansininen edessä), 3-vuotiaiden (violetti) ja 6-vuotiaiden (tummansininen takana) yksilöllisen nitriittialtistuksen logaritmiselle asteikolle muunnetut jakaumat. Viivoilla on merkityt kohdat, joissa altistuksen suuruus on 50 % (tummansininen) ja 100 % ADI-arvosta (punainen viiva). X-akselilla on altistus yksikössä µg/kg rp/vrk ja ylinnä oleva asteikko esittää prosentteja ADI-arvosta. Y-akselilla on frekvenssi.

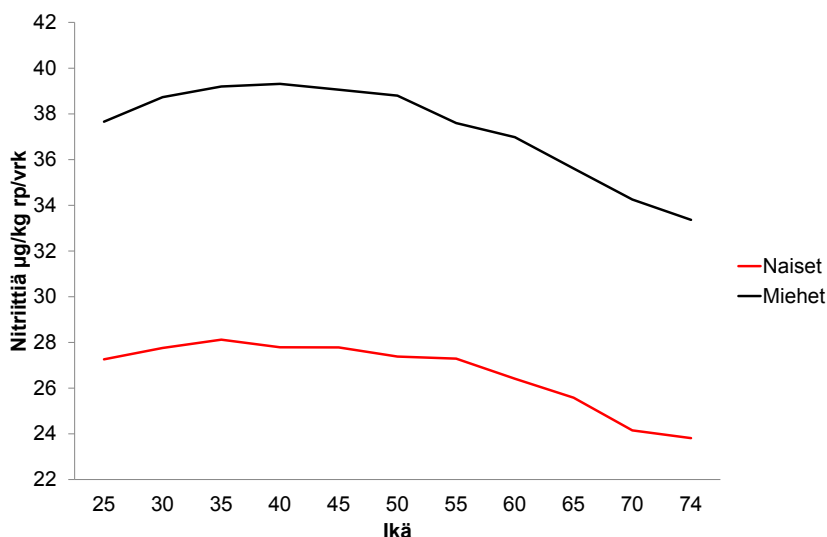


**Kuva 13.** Aikuisten yksilöllisen nitriittialtistuksen logaritmiselle asteikolle muunnettu jakauma.

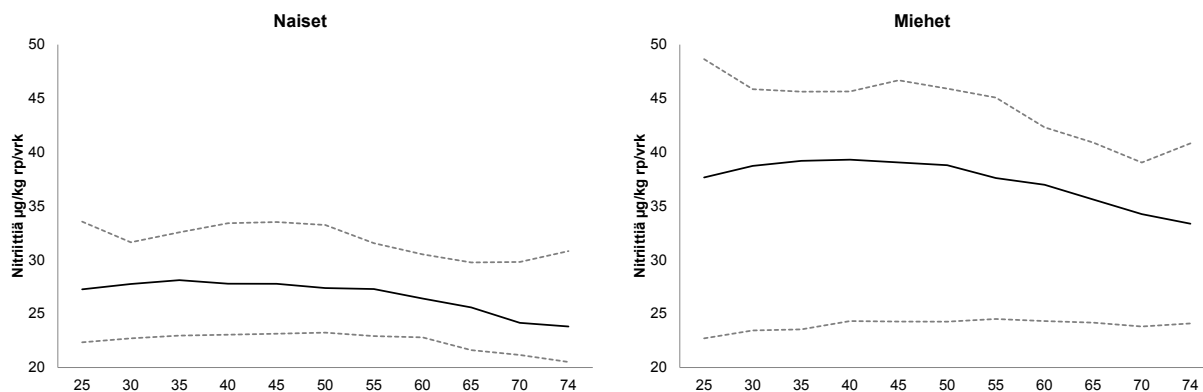
Kuvissa 12 ja 13 esitettyjä altistusjakaumia vertaamalla nähdään, että aikuisten altistusjakauma jää valtaosin tason 35 µg/kg rp/vrk (50 % ADI-arvosta) alle, kun taas 3- ja 6-vuotiailla lapsilla jakauman huippu on tämän tason ja ADI-arvon välissä.

Toisin kuin nitraattialtistus, joka kasvoi aikuisilla iän karttuessa, aikuisten nitriittialtistus laskee molemmilla sukupuolilla 25 vuoden iästä 74 vuoden ikään saavutettuaan maksiminsa noin 40 vuoden iässä (kuvat 14 ja 15). Miehillä altistus on hieman suurempaa kuin naisilla,

erityisesti altistusjakauman yläosassa, mutta lähes kaikki suomalaiset aikuiset jäävät altistuksessaan hyväksyttävän päivittäisannoksen enimmäisrajan alle. Leikki-ikäisistä sitä vastoin enimmäisrajan ylittää jakauman ylin kymmenys olettaessa, että niissä tuotteissa, joiden analyysituloksista yksikään ei ylittänyt määritysrajaa, ei ole nitriittiä lainkaan. Jos näidenkin tuotteiden pitoisuudet olisi laskettu määritysrajan suuruiseksi, ADI-arvon ylittävien lasten osuus olisi ollut selvästi suurempi: noin 35 % leikki-ikäisistä.



**Kuva 14.** Aikuisten nitriittialtistuksen prosenttipisteen 99 muutos iän ja sukupuolen funktiona. 99 %:lla ikäluokasta nitriittialtistus on siis enintään kuvan osoittaman suuruinen. X-akselilla ikä vuosina, Y-akselilla tavanomainen altistus yksikössä µg/kg rp/vrk. Punainen viiva kuvaa naisia ja musta miehiä.

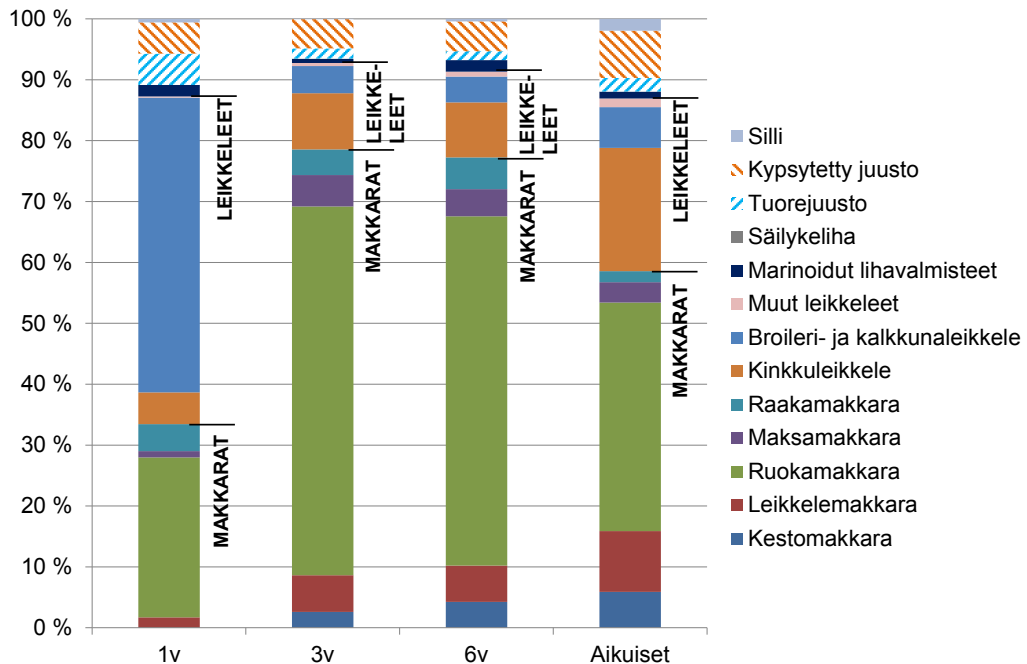


**Kuva 15.** Aikuisten naisten (vasemmalla) ja miesten (oikealla) nitriittialtistuksen prosenttipisteen 99 muutos iän funktiona. Kuvaan on harmaalla katkoviivalla merkitty mallin eri sovitusten luottamusvälit, joiden väliin mahtuu 95 % eri altistusmääriä kuvaavista mallisovituksista. Mustat altistusarviot ovat samat kuin kuvassa 14. X-akselilla ikä vuosina, y-akselilla nitriittialtistus yksikössä µg/kg rp/vrk.

### 5.2.3 Lisäaineperäinen yhteisaltistus nitraatille ja nitriitille

Lisäaineperäistä yhteisaltistusta nitraatille ja nitriitille tutkittiin myös, koska lisätty nitriitti osittain muuttuu nitraa-

tiksi. Toisaalta joihinkin tuotteisiin on sallittua lisätä sekä nitraattia että nitriittiä. Maustesilleihin ja juustoihin saa lisätä vain nitraattia, eikä näissä tuotteissa todettu lainkaan nitriittiä. Altistuslähteet on esitetty kuvassa 16.



**Kuva 16.** Lisäaineperäisen nitraatin ja nitriitin yhteissaannin lähteet eri ikäkausina. Elintarvikeryhmät eivät ole täysin vertailtavissa, sillä joihinkin niistä saa lisätä nitraattia, ja joissakin havaittu nitraatti on muuntunut lisätystä nitriitistä säilytyksen aikana. Huom., selitteet ovat samassa järjestyksessä kuin kuvaamansa elintarvikkeet palkeissa.

## 5.3 Eri altistuskkenaarioita ja niiden vaikutus riskiin

Havaittujen nitraatti- ja nitriittialtistumäärien lisäksi tehtiin arviota siitä, 1) kuinka nitriittialtistukseen vaikuttaisi teollisuuden käyttämien nitriittipitoisuuksien alentaminen tasolle, joka yhdessä hyvän hygienian kanssa voisi riittää botulismien torjumiseen; 2) mitkä olisivat turvalliset syöntitiheydet käytetyimmille lihavalmisteille; 3) kuinka suuri vaikutus nitriittittömien tuotteiden esimerkinomaisella markkinaosuudella on altistuksen vähenemiseen; 4) kuinka suomalaisten ja ulkomaalaista alkuperää olevien kasvisten nitraattipitoisuudet eroavat toisistaan; 5) miten suuria määriä ruoankäyttöaineistosta puuttuvia korkeita nitraattipitoisuuksia sisältäviä trendikasviksia voi naut-

tia ADI-arvon ylittymättä, ja 6) millaisia ovat lasten purkkiruokien nitraattipitoisuudet suhteessa joidenkin niiden valmistuksessa käytettyjen kasvisten pitoisuuksiin aineistossa.

### 5.3.1 Lihavalmisteista koitua nitriittialtistus erilaisilla pitoisuustasoilla

*Ruokamakkaraa koitua altistus erilaisilla pitoisuustasoilla*

Ruokamakkaraa nautitaan usein suurempia määriä yhdellä aterialla kuin muita lihavalmisteita. Taulukossa 18 on verrattu tätä tutkimusta varten mitattujen makkaranäytteiden nitriittipitoisuuksia teollisuuden käyttämiin enimmäispitoisuuksiin, asetuksessa määrättyyn lisättyyn enimmäispitoisuuteen sekä Puolanteen ja Ruusun tutkimuksessaan (Puolanne & Ruusu-



nen 2003) osoittamaan hygieniatason säilyttämisen kannalta riittävän pitoisuuden alarajaan. Altistus on laskettu esimerkinomaista 50 g:n suuruisesta makkara-annosta kohti. Taulukkoon on laskettu myös mitatun nitraatin ja nitriitin ainemäärien summaa vastaava nitriitin massa. Tämä arvo kuvastaa lisätyn nitriitin määrää tarkemmin kuin mitaushetkellä jäljellä oleva nitriitti. Ruokamakkaroista mitattu nitraatti on pelkistynyt lisäystä nitriitistä.

Tutkittujen ruokamakkaroiden joukossa oli kaksi lenkkimakkaraa, joiden mitaustulosten nitraatin ja nitriitin ainemäärien summa nitriitiksi laskettuna ylitti teollisuuden ilmoittaman enimmäispitoisuuden 120 mg NaNO<sub>2</sub>/kg. Kun huomioidaan analyysimenetelmän mittauserpävarmuus, molemmat näytteet jäivät kuitenkin alle asetuksessa 1333/2008 säädety, valmistuksessa lisättävän nitriitin enimmäismäärän. Valmistuksessa lisättävän nitriitin määrässä ei mahdollisesti huomioida valmistuksen loppuvaiheessa tapahtuvaa painohävikkiä. Painohävikin vuoksi nitriitin ja siitä reagoineiden tuotteiden määrä valmiin tuotteen painoa kohden voi olla jonkin verran suurempi kuin

makkaramassan painoa kohti laskettu lisätty määrä (Kanninen, henkilökohtainen tiedonanto).

Jos oletetaan, että teollisuuden käyttämien natriumnitriittipitoisuuksien alentaminen tasolle 75 mg/kg saisi nitriitin tuotteessa hajoamaan yhtä suuressa määrin kuin nyt tutkituissa tuotteissa (joihin alun perin lisätyt määrät olivat todennäköisesti 120 mg/kg), makkaraa saatava nitriittialtistus vähenisi runsaat 37 %. Tällä olisi jo suuri merkitys erityisesti lasten lisäaineperäiseen nitriittialtistukseen.

#### *Makkara- ja leikkeleannokset, joilla ADI täyttyy*

Hyväksyttävän nitriitin päivittäisannoksen täyttävien makkara- ja leikkelemäärien laskelmissa käytettiin korkeimpia projektin yhteydessä mitattuja nitriittipitoisuuksia. Taulukkoon 19 on koottu myös eri makkara- ja leikkeletyyppien nitraattipitoisuudet. Ruoka- ja leikkelemakkaroihin ei saa lisätä nitraattia, vaan kaikki havaittu nitraatti on säilytyksen aikana reagoinut lisäystä nitriitistä. Kestomakkaraan ja raakamakkaraan sen sijaan saa lisätä nitriitin lisäksi nitraattiakin.

**Taulukko 18.** Nitriitin määrä (mg) 50 g:n suuruisessa annoksessa ruokamakkaraa eri pitoisuustasoilla. Ruokamakkaroiden keskimääräisten (UB) pitoisuuksien lisäksi kaksi käytetyintä ruokamakkaratyyppiä on listattu erikseen. Laskelmat tehtiin myös nitraatin ja nitriitin yhteismäärän perusteella, ja painohävikin vaikutusta tutkittiin arvioidulla osuudella 10 %.

Pitoisuudet	Ruokamakkarat	Grillimakkara	Nakkimakkara
NO <sub>2</sub> mitattu keskiarvo	19,9 mg/kg	20,4 mg/kg	12,6 mg/kg
NO <sub>2</sub> korkein mitattu	72,6 mg/kg	45,4 mg/kg	21,5 mg/kg
NO <sub>3</sub> +NO <sub>2</sub> mitattu keskiarvo (NO <sub>2</sub> :na)	53,0 mg/kg	54,5 mg/kg	46,4 mg/kg
NO <sub>3</sub> +NO <sub>2</sub> korkein mitattu (NO <sub>2</sub> :na)	121,0 mg/kg	86,1 mg/kg	73,0 mg/kg
Pitoisuustaso, jolla laskettu	50 g makkaraa sisältää (mg NO <sub>2</sub> )		
NO <sub>2</sub> (k.a. / max mitattu)	1,0 / 3,6	1,0 / 2,3	0,6 / 1,1
NO <sub>3</sub> +NO <sub>2</sub> (k.a. / max mitattu)	2,6 / 6,0	2,7 / 4,3	2,3 / 3,6
Teollisuuden käyttämä enimmäispitoisuus 120 mg NaNO <sub>2</sub> /kg (80 mg NO <sub>2</sub> /kg)	4,0	4,0	4,0
Teollisuuden käyttämä enimmäispitoisuus, jos painohävikiksi oletetaan 10 %	4,4	4,4	4,4
"Riittävä" pitoisuus 75 mg NaNO <sub>2</sub> /kg (50 mg NO <sub>2</sub> /kg)	2,5	2,5	2,5
75 mg NaNO <sub>2</sub> /kg, jos painohävikiksi oletetaan 10 %	2,8	2,8	2,8

**Taulukko 19.** Eri makkara- ja leikkeletyyppien nitriitti- ja nitraattipitoisuuksia sekä nitriitin mitattujen enimmäispitoisuuksien perusteella lasketut annokset, joista saa hyväksyttävän päivittäissaannin ylärajaa vastaavan nitriittialtistuksen. Arvot on laskettu sekä 15 kg:n painoiselle lapselle (noin 3 v) että 70 kg:n painoiselle aikuiselle.

Lihavalmistetyyppi	NO <sub>2</sub> mg/kg (k.a. / max)(*)	NO <sub>3</sub> mg/kg (k.a.)	Annoskoko, joka tuottaa ADI-arvon suuruisen nitriittialtistuksen (g)	
			15 kg (ADI 1,05 mg/vrk)	70 kg (ADI 4,90 mg/vrk)
Kestomakkara	< 10 / < 10	106,9	yli 105	yli 490
Leikkelemakkara	34,2 / 91,3	41,4	11,5	53,7
Ruokamakkara	19,9 / 72,6	44,6	14,5	67,5
Maksamakkara	19,6 / 30,3	55,5	34,7	161,7
Raakamakkara	97,6 / 107,9	48,2	9,7	45,4
Kinkkuleikkele	15,1 / 43,6	36,4	24,1	112,4
Broileri- ja kalkkunaleikkele	22,4 / 29,6	27,7	35,5	165,5
Prosciutto	< 10 / < 10	15,9	yli 105	yli 490
Poroleikkele	12,0 / 15,9	97,1	66	308,2
Pekoni	11,8 / 13,6	26,3	77,2	360,3
Teollisuuden enimmäispitoisuus (120 mg NaNO <sub>2</sub> /kg)	80(**)	-	13,1	61,3

(\* Mitattu nitriittipitoisuus. Osa lisäystä nitriitistä on reagoanut nitraatiksi. Merkintä "< 10" tarkoittaa, että tulos jäi alle toteamisrajan 10 mg/kg.

(\*\* Lisätty nitriittipitoisuus.

### 5.3.2 Makkaroiden ja leikkeleiden turvalliset syöntitiheydet

ADI-arvon suhteen pitkän aikavälin keskiarvolla on enemmän merkitystä kuin yksittäisillä ylityksillä. Tämän vuoksi altistusmääriä tutkittaessa on otettava huomioon myös käytön toistuvuus.

Turvallisia syöntimääriä ja -tiheyksiä mallinnettiin OpenBUGS ja R-ohjelmistoilla käyttämällä makkaroiden ja leikkeleiden osalta tutkimuksessa mitattujen nitriittipitoisuuksien jakaumia. Raportin muissa osissa käytettyä ryhmittelyä on tässä alaluvussa yhdistelty siten, että ryhmä "makkarat" sisältää ruokamakkarat (ts. nakit, grillimakkarat, lenkkimakkaran jne.) sekä raakamakkarat ja ryhmä "leikkeleet" sisältää leikkelemakkarat, kinkkuleikkeleet ja broileri- tai kalkkunaleikkeleet. Koska esimerkiksi erityyppisiä leikkeleitä pyrittiin keräämään suhteessa niiden

kulutukseen, pitoisuustiedot olivat suoraan yhdistettävissä. Samoin raakamakkaraa kerättiin suhteessa ruokamakkaraan kulutusta vastaava määrä, joten se oli mahdollista yhdistää samaan pitoisuusjakaumaan.

Taulukossa L10 on esitetty näiden lihavalmisteiden UB-keskiarvot ja korkeimmat mitatut arvot mittaushetkellä, joka oli noin 7 vrk ennen tuotteen viimeistä käyttöpäivää. Pitoisuudet ryhmän sisällä vaihtelivat huomattavasti. Sekä makkarat-ryhmässä että leikkelet-ryhmässä 35,6 % pitoisuuksista jäi toteamisrajan alle. Toteamisrajan alle jäi siis 21 ruokamakkaraa, 3 leikkelemakkaraa ja puolet kinkkuleikkeleistä. Nämä arvot on käsitelty jakaumaan sisältyvinä positiivisina arvoina, jotka jäävät alle toteamisrajaa vastaavan pitoisuuden. Tuotteiden ainesosaluettelon perusteella niihin oli lisätty nitriittiä, mutta analyysihetken mennessä sen pitoisuus oli

laskenut alle mitattavissa olevan tason 10 mg/kg. Varhaisemmassa vaiheessa tuotteiden elinkaarta nitriittipitoisuus olisi ollut korkeampi (vrt. Taulukko L9) ja näin muodoin myös niistä saatava altistus suurempi. Mittaushetken katsottiin kuitenkin kuvastavan keskimääräistä tuotteen nauttimisajankohtaa.

Taulukoiden 20 ja 21 arvot on saatu bayesilaista matematiikkaa käyttäen. Tutkimuksessa mitattujen nitriittipitoisuuksien pohjalta laskettiin ns. posteriorijakaumat kuvaamaan epävarmuutta keskiarvolle ja hajonnalle makkaroiden ja leikkeleiden pitoisuusjakaumissa. Näitä apuna käyttäen ennustettiin Suomessa myytävien makkaroiden ja leikkeleiden pitoisuuksia kuvaava jakauma. Pitoisuuksien jakauman keskiarvolle laskettua posteriorijakaumaa käytettiin pitkäaikaisen saannin arvioissa (ns. pitkällä ajalla, koko ikävuoden aikana) keskimääräisen pitoisuuden epävarmuuden kuvaamiseen. (Jakaumamalleissa parametrien priorijakaumat valittiin objektiivisesti mahdollisimman epäinformatiivisiksi, jolloin tulos muodostuu aineiston perusteella, ilman muita aiempia ennakkotietoja.)

Elintarvikkeissa esiintyvien pitoisuuksien vaihtelun voidaan populaatitasolla arvioida keskiarvoistuvan pitkällä aikavälillä (De Boer ym. 2009). Yksilötasolla kuitenkin myös tuotemerkkioskollisuudella on vaikutusta.

Makkara-annoksen tietyllä koolla saatavan pitkäaikaisen altistuksen jakauma laskettiin kertomalla annoskoko pitoisuusarvojen odotusarvolla  $E(y)$ , kun tämä odotusarvo simuloidaan (10 000 Monte Carlo -otosta) epävarmuusjakaumastaan (posteriorijakauma). Vastaa vasti lyhyen aikavälin altistus saataisiin simuloimalla kerta-annoksen pitoisuus  $y$ . Annoksen kokoa muutettiin suuremmaksi, kunnes altistuksen haluttu prosenttipiste saavutti ADI-arvon. Laskuissa otettiin huomioon myös talousvedestä saatava tausta-altistus nitriitille (Taulukko 14).

Annoskoot, joilla viikon aikana nautitusta makkarasta tai leikkeleestä saatava altistus jää 99 %:n tai 95 %:n todennäköisyydellä alle ADI-arvon, on esitetty Taulukossa 20. Taulukon 20 a annoskoot on laskettu lyhyen aikavälin altistukselle (pitoisuus x viikkoannos) ja taulukon 20 b annoskoot pitkän aikavälin altistukselle (pitoisuuden keskiarvo x viikkoannos). Taulukon 20 b esittämällä suurimmilla viikkoannosmäärillä on siis mahdollista, että lyhyellä aikavälillä ADI-arvon ylityksiä sattuu, mutta pitkäaikainen altistus jää alle ADI-arvon. Jos kuitenkin tuotemerkkioskollisesti käytetään jatkuvasti korkean nitriittipitoisuuden tuotetta, ADI-arvon ylityksiä voi sattua pitkäaikaisessakin altistuksessa, mikäli tuotemerkkioskollisten yksilöiden tyyppillinen viikkoannos on lähellä taulukossa esitettyä enimmäismäärää.

Taulukon 21 tulokset on laskettu siten, että makkaraa ja leikkeleitä syödään viikon aikana eri suhteissa yhteensä tietty määrä, josta saatava altistus on 99 %:n tai 95 %:n todennäköisyydellä pienempi kuin tutkittavan ikäryhmän keskipainoisen lapsen ADI-arvo. Annoskoot on esitetty sekä lyhyen aikavälin altistukselle (vrt. Taulukko 20 a) että pitkän aikavälin keskimääräiselle altistukselle (vrt. Taulukko 20 b).

Sekä makkaroiden että leikkeleiden posteriori-prediktiivinen pitoisuusjakauma (lyhyen aikavälin arvioissa, ns. "akuutti" saanti) oli varsin leveä. Jakauman mediaanikohta oli 14,9 mg/kg makkaroille ja 15,2 mg/kg leikkeleille, 95 % pitoisuuksista jäi alle tason 61,1 mg/kg (makkarat) tai 57,6 mg/kg (leikkeleet) ja 99 % pitoisuuksista alle tason 90,4 mg/kg (makkarat) tai 86,1 mg/kg (leikkeleet). Pitoisuuskeskiarvojen (pitkän aikavälin arvioissa, ns. "krooninen" saanti) jakauma sitä vastoin oli luonnollisesti kapeampi. Makkaroilla 95 % arvoista oli välillä 16,2 – 27,7 mg/kg mediaanin ollessa 21,1 mg/kg, ja leikkeleillä 95 % arvoista oli välillä 15,6 – 27,5 mg/kg mediaanin ollessa

20,4 mg/kg. Makkaroiden ja leikkeleiden yhdistelmä jakauma oli kapeampi: 95 % arvoista oli välillä 17,3 – 25,5 mg/kg mediaanin ollessa 20,9 mg/kg. Tä-

tä johtuen yhdistelmän annoskoot ovat yhteensä suurempia kuin erikseen nautittujen tuotteiden annoskoot.

**Taulukko 20 a.** Viikon aikana yhdessä tai useammassa erässä nautittavissa oleva annos nitriitipitoista makkaraa tai leikkelettä, kun lapsi syö vain toista näistä tuotteista. Arviossa on otettu huomioon talousvedestä tuleva tausta-altistus nitriitille (vrt. Taulukko 14). Annoskoot on annettu sekä 99 %:n todennäköisyydellä ADI-arvon alittavalle tasolle että 95 %:n todennäköisyydellä ADI-arvon alittavalle tasolle. Arvio on tehty **lyhyen aikavälin** (viikko) näkökulmasta, joten laskuissa on käytetty **ennustettua pitoisuusvaihtelua tuotteissa**.

Ikä (keskipaino)	Tyyppi (*)	Enintään ADI-arvon suuruisen altistuksen tuottava määrä g/viikko	
		99 % todennäköisyys	95 % todennäköisyys
1v (10,06 kg)	Makkara	46	67
	Leikkele	48	70
3v (15,18 kg)	Makkara	74	108
	Leikkele	75	115
6v (22,38 kg)	Makkara	110	161
	Leikkele	116	172

(\* "Makkara" sisältää sekä ruokamakkarat että raakamakkarat. "Leikkele" sisältää leikkelemakkarat, kinkkuleikkeleet ja broileri- tai kalkkunaleikkeleet.

**Taulukko 20 b.** Viikon aikana yhdessä tai useammassa erässä nautittavissa oleva annos nitriitipitoista makkaraa tai leikkelettä, kun lapsi syö vain toista näistä tuotteista. Arvio on tehty pitkäaikaiselle altistukselle (koko ikävuoden aikana, ns. **pitkällä ajalla**), joten laskuissa on käytetty **pitoisuuden keskiarvon jakaumaa**. Tausta-altistus ja tuotteiden jaottelu samoin kuin taulukossa 20 a.

Ikä (keskipaino)	Tyyppi	Enintään ADI-arvon suuruisen altistuksen tuottava määrä g/viikko	
		99 % todennäköisyys	95 % todennäköisyys
1v (10,06 kg)	Makkara	140	157
	Leikkele	140	158
3v (15,18 kg)	Makkara	226	252
	Leikkele	226	254
6v (22,38 kg)	Makkara	338	374
	Leikkele	342	375

**Taulukko 21.** Viikon aikana yhdessä tai useammassa erässä nautittavissa oleva annos makkaraa ja leikkelettä, kun lapsi syö molempia tuotteita. Arviossa on otettu huomioon talousvedestä tuleva tausta-altistus nitriitille samoin kuin Taulukossa 20. Annoskoot on annettu sekä 99 %:n todennäköisyydellä ADI-arvon alittavalle että 95 %:n todennäköisyydellä ADI-arvon alittavalle tasolle. Lyhyen aikavälin (viikko) altistus kuten Taulukossa 20 a, pitkän aikavälin (vuosi) kuten Taulukossa 20 b.

Ikä	Enintään ADI-arvon suuruisen altistuksen tuottava annos (g/viikko) yhdistelmänä nautittuna			
	99 % todennäköisyys		95 % todennäköisyys	
	Makkara	Leikkele	Makkara	Leikkele
1v, lyhyt aikaväli	18	41,5	26	61,5
	34	35	43,5	43,5
	41,5	18	57	24,9
1v, pitkä aikaväli	45	105	50	117
	77	77	83,5	83,5
	107	46	116	50
3v, lyhyt aikaväli	30	68	41	95,5
	55	55	68	68
	68	30	93	40
3v, pitkä aikaväli	73	171	80	189
	125,5	125,5	136	136
	172	73	187	80
6v, lyhyt aikaväli	45	102	60	143
	82	82	102	102
	102	45	135	59
6v, pitkä aikaväli	110	256	120	281
	187	187	202	202
	257	110	279	120

### 5.3.3 Nitriittialtistuksen muutos, jos käytetään tuotteita, joissa lisäainetta ei ole

Nitriittialtistuksen suurin lähde erityisesti paljon nitriittiä ruokavaliostaan saavilla kuluttajilla ovat erilaiset makkarat. Tutkimuksessa ei ollut käytettävissä tietoja nitriittittömien lihavalmisteiden

käyttömääristä, ja toisaalta nitriittittömiä tuotteita oli lasten tutkimusaineistoa kerättyä saatavilla vain rajoitusti. Aineistosta johtuvan altistuksen yliarvioinnin määrää ei ole mahdollista selvittää, mutta taulukossa 22 on tutkittu, miten suuressa määrin altistus muuttuu, jos osa makkarakulutuksesta koostuu nitriittittömistä tuotteista.

**Taulukko 22.** Aikuisten ja kolmivuotiaiden lasten keskimääräinen nitriittialtistus eri makkaratyypeistä sekä altistuksen muutos, jos 10 % kulutuksesta koostuu nitriittöttöistä tuotteista. Nitriittöttömien tuotteiden nitriittipitoisuuden oletetaan olevan syöntihetkellä 0 mg/kg, ja muut pitoisuudet ovat mittaustulosten keskiarvoja. Raakamakkarasta ja (3-vuotiailla) ruokamakkarasta saatava altistus ylittää ADI-arvon 70 µg/kg rp/vrk.

Makkaratyyppe	Leikkele-	Ruoka-	Maksa-	Raaka-
Keskikulutus käyttäjät (g)	14,4	66,1	20,0	50,4
3 v yllä / aikuiset alla	44,2	129,5	49,5	82,4
Keskkipitoisuus (mg NO <sub>2</sub> / kg) (UB)	34,2	19,9	19,6	97,6
Käyttäjien keskim. altistus keskipainoa* kohti (µg/kg rp/vrk); 3 v yllä / aikuiset alla	32,4	87,6	25,8	327,9
	21,6	36,7	13,8	114,9
Altistus, jos 10 % kulutuksesta nitriittöttö- miä makkaraita; 3 v yllä / aikuiset alla	29,2	78,8	23,2	295,1
	19,4	33,1	12,4	103,5

\* Aikuisten keskipainona käytetty suositeltua vakioarvoa 70 kg.

### 5.3.4 Suomalaisen ja ulkomaalaista alkuperää olevien kasvien erot

Suomessa kasvaneet ja ulkomailta tuodut kasvikset, erityisesti lehtivihannekset, voivat ympäristöolosuhteiden vuoksi poiketa nitraattipitoisuukseltaan selvästi toisistaan. Taulukoissa 23 – 24 on vertailtu salaatin, pinaatin, perunan, kurkun, tomaatin, porkkanan ja punajuuren pitoisuuksia sekä niistä koituvaa altistusta eri-ikäisille kuluttajille.

Salaatin, pinaatin ja perunan mittaustiedoissa oli sekä suomalaisia että tuontikasviksia, ja nämä lähteet on tässä erotettu. Aiempien lukujen arviot kroonisesta altistustasosta tehtiin sekä kotimaisten että tuontikasvien pitoisuuksien perusteella. EFSA:n lausunnoissa (EFSA 2008; EFSA 2010) esitetyt, pääosin keskieuropalaisista lähteistä peräisin olevien kasvien keskiarvopitoisuudet ovat mukana vertailun vuoksi.

**Taulukko 23.** Salaattien ja pinaatin nitraattipitoisuuksien keskiarvojen vertailua. ”Suurin sallittu” pitoisuus taulukossa tarkoittaa EU:n komission asetuksessa no 1881/2006 loka-maaliskuussa poimitulle katteen alla kasvaneelle salaatile sallittua enimmäispitoisuutta tai samassa asetuksessa tuoreelle pinaatile sallittua enimmäispitoisuutta.

Keskiarvopitoisuudet	Salaatit	Pinaatti
Kaikki mitatut (mg/kg)	2 553	2 073
Mitatut / Suomi (mg/kg)	2 795	1 218
Mitatut / tuonti (mg/kg)	2 206	2 187
EFSA:n lausunnosta (EFSA, 2010) (mg/kg)	1 570	1 092
Suurin sallittu pitoisuus (mg/kg)	5 000	3 500
Mitatut / EFSA:n lausunnon arvot (%)	163%	190%
Mitatut, Suomi / EFSA:n lausunnon arvot (%)	178%	112%
Mitatut, Suomi / suurin sallittu pitoisuus (%)	56%	35%

Salaatista koituvaksi keskimääräiseksi nitraattialtistukseksi aikuisilla laskettiin todellista painojakaumaa käyttäen 199,8 µg/kg rp/vrk, kun pitoisuutena käytettiin sekä suomalaista alkuperää olevien että tuontisalaattien yhteistä keskipitoisuutta. Vain suomalaisia salaatteja syöville kuluttajilla altistus olisi 218,8 µg/kg rp/vrk. Tämä 9,5 % suurinen muutos altistusmäärään vaikuttaisi aikuisilla siihen, että altistusjakauman ylimmässä prosentissa hiukan useampi kuluttaja ylittäisi hyväksyttävän päivittäissaannin rajan, mutta selvästi yli 99 % aikuisista jäisi edelleen päivittäissaannin enimmäismäärärajan alle. Lapsilla salaatin osuus nitraattialtistuksesta on selvästi pienempi kuin aikuisilla, joten suhteellinen vaikutuskin on pienempi.

Sitä vastoin vain suomalaisia pinaatteja syövän kuluttajan nitraattialtistus laskisi mitta-arvojen perusteella hiukan alle 60 %:iin siitä altistuksesta, joka laskettiin myös tuontipinaattien pitoisuuksien huomioon, eli 3-vuotiailla keskimääräisestä 137,2 µg/kg rp/vrk tasolle 80,6 µg/kg rp/vrk. Suomalaisia pinaatteja

oli kuitenkin vain 12 % tutkituista, joten niiden pienemmät pitoisuudet saattavat osin selittyä tilastollisella sattumalla.

Laskelmissa ei otettu huomioon sitä, että pinaatti nautitaan yleensä keitetyynä ja että keitinveden pois kaatamalla nitraattialtistusta voi alentaa merkittävästi. Tosin viime vuosina pinaattia on alettu syödä salaatinlehtien tapaan raakana tai kypsennetty pinaatti on ostettu pakasteena, jonka EU-asetuksessa 1881/2006 sallittu nitraatin enimmäispitoisuus on vain 2 000 mg/kg.

Tutkimuksessa havaittiin myös, että suomalaisten / Suomesta ostettujen perunoiden ja porkkanoiden keskimääräiset nitraattipitoisuudet olivat matalammat kuin EFSA:n lausunnossa (EFSA 2008) esitetyt pitoisuudet. Syynä voi olla eroavuudet lannoituksessa. Käytetyimpien hedelmäkavisten kurkun ja tomaatin keskimääräiset nitraattipitoisuudet olivat jokseenkin samat Suomessa ja EFSA:n lausunnossa, mutta Suomen punajuurissa oli jonkin verran korkeammat pitoisuudet kuin lausunnossa esitetyt.

**Taulukko 24.** Kolmen juureksen sekä käytetyimpien hedelmäkavisten nitraattipitoisuuksien keskiarvojen vertailua. Arviot kroonisesta altistumisesta nitraatille tehtiin sekä kotimaisten että tuontikasvien pitoisuuksien perusteella.

	Peruna	Porkkana	Punajuuri	Kurkku	Tomaatti
Keskiarvo mitattu (mg/kg)	80	193	1518	188	46
Keskiarvo mitatut/Suomi (mg/kg)	60	(sama)	(sama)	(sama)	(sama)
Keskiarvo mitatut/tuonti (mg/kg)	185	(ei mitattu)	(ei mitattu)	(ei mitattu)	(ei mitattu)
Keskiarvo EFSA (EFSA 2008) (mg/kg)	168	296	1 379	185	43
Keskiarvo mitattu / Keskiarvo EFSA (%)	47 %	65 %	110 %	101 %	107 %
Keskiarvo mitattu, Suomi / Keskiarvo EFSA (%)	36 %	(sama)	(sama)	(sama)	(sama)
3 v keskikulutus käyttöpäivinä / keskipaino (g/kg rp)	5,6	1,9	1,2	2,2	2,2
Aikuisten keskikulutus käyttöpäivinä / keskipaino (g/kg rp)	1,5	0,7	0,6	0,6	0,9

Perunasta koituvaksi keskimääräiseksi nitraattialtistukseksi laskettiin todellista painojakaumaa käyttäen aikuisille 45,5 ja 3-vuotiaille 351 µg/kg rp/vrk,

kun käytettiin kaikista mitatuista raaoista perunoista määritettyjen pitoisuuksien keskiarvoa. Vain suomalaisilla perunoilla altistus putoaisi 75,5 %:iin noista

luvuista. Vaikutus kokonaisnitraattialtistukseen on siis hiukan pienempi kuin kypsennettyjen perunoiden pitoisuuksia käyttäen saadun altistuksen ja raakojen perunoiden pitoisuuksia käyttäen saadun altistuksen ero aiemmassa luvussa.

### 5.3.5 Harvemmin käytettyjä lehtivihanneksia: rucola ja punajuuren naatit

Rucolan käyttö on kauppojen tarjonnasta päätellen lisääntynyt viime vuosina. Koska nitraattipitoisuudet siinä ovat sel-

västi korkeammat kuin tavallisessa salaattissa, siitä koituvaa nitraattialtistusta arvioidaan erillisenä skenaariona.

Suomessa vuosina 2004–2009 analysoitujen rucola-näytteiden (36 kpl) nitraattipitoisuuksien mediaani oli 4 650 mg/kg ja keskiarvo 4 638 mg/kg. Taulukkoon 25 on laskettu mitatulla mediaanipitoisuudella sekä 1.4.2012 voimaan tulleilla nitraatin sallituilla enimmäispitoisuuksilla, kuinka suuri rucola-annos täyttää nitraatin ADI-määrän (3,7 mg/kg rp/vrk) eripainoisilla kuluttajilla.

**Taulukko 25.** Rucolamäärät (grammoina tuorepainoa), joista koituvaa altistus näillä nitraatin pitoisuustasoilla on suuruudeltaan 3,7 mg/kg rp/vrk.

Nitraattipitoisuus (mg/kg)	Rucolamäärät (g tuorepainoa)		Huom.
	15 kg lapsi (ADI 55,5 mg/vrk)	70 kg aikuinen (ADI 259 mg/vrk)	
4 650	11,9	55,7	Mediaani vuosina 2004 – 2009
6 000	9,3	43,2	Kesällä kerätyn enimmäispitoisuus
7 000	7,9	37	Talvella kerätyn enimmäispitoisuus

Kasvistaseen 2008 mukaan rucolan kulutus ostomäärinä mitattuna oli 1,1 % rucolan ja erityyppisten salaattien kulutuksesta. Taulukkoon 26 on laskettu nitraattialtistus rucolasta mitattuja keskiarvopitoisuuksia ja salaatin ruoankulutustietoa käyttäen sillä oletuksella, että

salaattia käyttävät ihmiset voivat korvata salaatinlehdet rucolalla. Keskikulutukset ja käyttäjien 95. prosenttipisteen kulutus ovat MCRA-ohjelman käyttämästä laskentamallista, jotta tuloksia voitaisiin verrata sillä saatuun kokonaisaltistukseen.

**Taulukko 26.** Rucolasta syntyvä lisäaltistus käyttäjien keskimääräisellä kulutuksella tai käyttäjien 95. prosenttipisteen kulutuksella, jos 1,1 % syödystä salaatista on rucolaa. Nitraatin ADI-arvo on 3 700 µg/kg rp/vrk.

	1-vuotiaat	3-vuotiaat	6-vuotiaat	Aikuiset
Salaatin keskikulutus (kaikki) g/vrk	0,034	0,84	2,5	5,8
Salaatin keskikulutus (käyttäjät) g/vrk	3,3	7,5	11	28
Salaatinkulutus P95 (käyttäjät) g/vrk	10	21	31	80
Käyttäjien keskimääräinen nitraattialtistus salaatista keskiarvopitoisuudella (µg/vrk)	8 390	19 200	28 600	72 000
Käyttäjien keskimääräinen nitraattialtistus rucolasta, jos 1,1 % syödystä salaatista on sitä (µg/vrk)	168	384	571	1 440
Käyttäjien keskimääräinen nitraattialtistuksen kasvu keskipainoa kohti, jos 98,9 % "salaatista" on salaattia ja 1,1 % rucolaa (µg/kg rp/vrk)	7,5	11,4	11,5	9,3
Käyttäjien P95-osan keskimääräinen nitraattialtistuksen kasvu ikäryhmän keskipainoa kohti, jos 98,9 % "salaatista" on salaattia ja 1,1 % rucolaa (µg/kg rp/vrk)	23	31	32	24



Myös punajuuren naatteja on viime vuosina käytetty toisinaan salaatin sijasta tai lisukkeena. Koska nitraatti tyypillisesti kertyy ensisijaisesti kasvin lehtiin ja vasta toissijaisesti juureen, naattien nitraattipitoisuuksien voi olettaa olevan korkeat, ja suurkuluttaja voi saada niistä merkittävän altistuksen. Tutkimus-

aineistoon sisältyi neljä mittaustulosta punajuuren naateista, ja EFSA:n lausuntoon (EFSA 2008) oli laskettu tunnuslukuja 12 analysoidun näytteen tuloksista. Näiden mittausten perusteella punajuuren naattien nitraattipitoisuudet ovat samaa luokkaa tai hiukan korkeammat kuin salaatinlehtien (taulukko 27).

**Taulukko 27.** Punajuuren naattien määrät (grammoina tuorepainoa), joista koitua altistus näillä nitraatin pitoisuustasoilla on suuruudeltaan 3,7 mg/kg rp/vrk. Punajuuren naateille ei ole asetetuissa määrättyä nitraattipitoisuuden maksimiarvoa.

NO <sub>3</sub> -pitoisuus (mg/kg)	Punajuuren naattimäärät (g)		Huom.
	15 kg lapsi (ADI 55,5 mg/vrk)	70 kg aikuinen (ADI 259 mg/vrk)	
2 050	27	126	Mediaani vuosina 2004 – 2009 (4 näytettä)
1 770	31	146	EFSA mediaani (12 näytettä)
3 685	15	70	EFSA P95 (12 näytettä)

Rucola ja punajuuren naatit voivat sisältää merkittävä nitraattilähde kuluttajalle, joka syö niitä suuria määriä. Lisäaltistus ei kuitenkaan ole suuri, jos rucolaa käytetään vain noin prosenttia keskimääräisestä salaatinkulutuksesta vastaavalla tasolla, esim. salaatin lisänä.

### 5.3.6 Lastenruoista koitua nitraatti-altistus

Tutkittujen näytteiden joukossa oli myös lastenruokia: viljapohjaisia lastenruokia (omenaa tai muita hedelmiä sisältäviä puuroja sekä omena-porkkana viljajhyveitä), hedelmä- ja vihannesseiteitä sekä käyttövalmiita pääruokia. Osasta näytteistä oli tutkittu nitraatin lisäksi nitriittiä, mutta kaikki nitriittipitoisuu-

det olivat alle toteamisrajan 5 mg/kg. Teollisesti valmistetuissa lastenruoissa nitraattipitoisuudet olivat matalammat kuin prosessoimattomissa raaka-aineissa keskimäärin. Tämä voi selittyä osin valmistusprosessilla ja osin sillä, että lastenruokiin käytetyt raaka-aineet ovat keskimääräistä korkealaatuisempia. Mm. viljelykäytännöt voivat vaikuttaa raaka-aineiden nitraattipitoisuuksiin.

Kaikissa tutkituissa lastenruokanäytteissä nitriittipitoisuudet jäivät alle toteamisrajan, joten niiden merkitys nitriittialtistukseen on todennäköisesti hyvin pieni. Lastenruokien nitraattipitoisuuksia ja niistä syntyvää altistusta esitetään taulukoissa 28 – 29.

**Taulukko 28.** Tutkitut lastenruoat ja niiden nitraattipitoisuudet.

Ruokatyypit	Näytteitä (kpl)	Pitoisuusalue (mg NO <sub>3</sub> /kg)
Viljapohjaiset lastenruoat	10	10 – 47
Lasten ateriat	36	< 5 – 73
Hedelmä- ja marjasoseet	10	< 5 – 19
Vihannes- ja juressoseet	36	2,4 – 140 (*)

(\* Yksi perunamuusiinäyte ilmoitettu muodossa "alle 20 mg/kg")

**Taulukko 29.** Lastenruoasta saatava nitraattialtistus ja sen osuus 1-vuotiaan hyväksyttävästä päivittäisestä nitraattialtistuksesta. Vertailun vuoksi vastaavat arvot esitetään myös joillekin käsittelemättömille raaka-aineille. Laskelmat perustuvat mitattujen näytteiden upper bound -keskiarvoihin.

Ruokatyyppi	Altistus mg NO <sub>3</sub> /100 g tuotetta	100 g annoksen osuus 10 kg painoisen ADI:sta (37 mg/vrk)
Viljapohjaiset lastenruoat	2,4	6,5 %
Lasten ateriat	3,1	8,5 %
Hedelmä- ja marjasoseet	1,0	2,7 %
Vihannes- ja juuressoseet	3,7	9,9 %
Asetuksen maksimiarvolla viljapohjaisille lasten valmisruoille ja muille lastenruoille (200 mg/kg)	20,0	54,0 %
Omena	2,6	6,9 %
Mansikka	6,1	16,5 %
Kukkakaali	10,4	28,0 %
Peruna (Suomi)	6,0	16,2 %
Porkkana	19,3	52,0 %

## 5.4 Epävarmuustekijät ja puuttuvat tiedot

Elintarvikkeiden luokittelulla on suuri merkitys siihen, millaisen sovituksen MCRA-altistusmalli tekee ruoankäytön jakaumatietojen ja pitoisuustietojen yhdistelmälle erityisesti altistusjakauman yläpäässä. Jos bratwursti ja ryynimakkara olisi laskelmissa käsitelty ikään kuin niiden syönti olisi kohdistunut siskonmakkaroihin – joista tehdyissä mittauksissa saatiin korkeat lisäänenitriitti- ja nitraatti+nitriitti-pitoisuudet – olisi malli muuttunut siinä määrin, että 3-vuotiaiden ja 6-vuotiaiden ikäryhmistä lähes puolet olisi ylittänyt nitriitin hyväksyttävän päivittäissaannin ylärajan. Bratwurstin ja ryynimakkaran nitriittipitoisuudet ovat kuitenkin todennäköisemmin ruokamakkarioihin luokiteltujen tuotteiden tasolla, joten tutkimuksessa käytetty malli kuvastanee todellista tilannetta paremmin kuin käsittely siskonmakkaroina. Malliin liittyy kuitenkin melko lailla epävarmuutta, mikä kuvastuu altistukseen liittyvien luottamusvälien laajuutena.

Kasvien käsittely, kuten peseminen, kuoriminen ja salaattien osalta uloimpien lehtien ja/tai lehtiruotien poistaminen ennen käyttöä, alentavat nitraattialtistusta merkittävästi. Tämän käsittelyn vaikutusta kokonaisaltistuk-

seen ei ollut tämän tutkimuksen puitteissa mahdollista selvittää, koska ruoankäyttötiedoista ei käy ilmi, missä muodossa raaka-aineet on syöty.

Jos keitettyjä kasviksia säilytetään huoneenlämmössä, niiden nitraatti pelkistyy merkittävässä määrin nitriitiksi. Vastaava reaktio tapahtuu myös vihannesmehuissa (EFSA 2010). Nitriittipitoisuuksien kasvu korreloi methemoglobinemian riskin kasvun kanssa, ja näin ollen vääränlainen säilytys voi lisätä merkittävästi tässä tutkimuksessa laskettua riskiä. Kasvien säilytysolosuhteiden vaikutusta nitraatti- ja nitriittialtistukseen ei kuitenkaan ole mahdollista arvioida käytettävissä olevien aineistojen perusteella.

Kypsennyksen vaikutusta ei tutkittu systemaattisesti, vaan kuiva-ainemääriä ja nitraattipitoisuuksia ennen ja jälkeen kypsennyksen selvitettiin vain muutamista näytteistä. Näin ollen kypsennykseen liittyvät prosessointikertoimet voidaan katsoa vain suunta-antaviksi, vaikka ne ovatkin samansuuntaisia kuin kirjallisuudesta löytyvät. Myös kypsennystavalla on vaikutusta nitraattipitoisuuksiin, ja pitoisuudet muuttuvat todennäköisesti eri tavalla, jos kasvien pesussa ja kypsennyksessä käytetään nitraattipitoista vettä ionivaihdetun laboratorioveden sijasta.

Yksilöllisiä vedenkäyttötietoja ei ollut käytettävissä, joten talousvedestä koituaan nitraatti- ja nitriittialtistukseen liittyy enemmän epävarmuutta kuin muihin laskelmiin. Lisäksi talousvedestä saatava altistus on laskettu ikään kuin kaikki juotu ja ruoassa nautittu vesi olisi talousvettä. Tällä on pyritty ottamaan huomioon ruokien valmistuksessa käytetyn veden nitraatti ja nitriitti, mutta altistus on yliarvioitu, koska osa päivittäisen vedentarpeen ruoasta peräisin olevasta nesteestä on jo kasviksissa. Ta-

lousvedestä tuotteiden pesun yhteydessä saatu mahdollinen lisäaltistus puuttuu laskuista, koska sen arvioiminen oli mahdotonta käytettävissä olevien tietojen perusteella.

#### 5.4.1 Virhelähteet

Aiemmin käsitelty Monte Carlo -simulaatioiden toistettavuus on huomioitu tuloksissa. Sitä vastoin altistusmallista itsestään koituvat virhelähteet on esitetty taulukossa 30.

**Taulukko 30.** Arvioinnin tulokseen vaikuttavia virhelähteitä. Jos tekijän vaikutuksesta on yliarvioitu altistusta, vaikutus-sarakkeeseen on merkitty "+". Suuri yliarvion mahdollisuus on merkitty "++". Vastaavasti aliarvioinnin mahdollisuus on merkitty "-".

Tekijä	Merkitys	Vaikutus
Valitut tuotteet	Valvonta kohdistetaan tuotteisiin, joissa epäillään olevan suuria pitoisuuksia. Otettujen näytteiden jakautuminen lähtömaittain ei välttämättä vastaa todellista kulutusta. Valvontanäytteistä saatu informaatio on arvokasta, vaikka sen perusteella tehdyt altistusarviot voivat olla yliarvioituja. Tätä projektia varten kerätyt näytteet otettiin satunnaisesti. Liha- ja juustonäytteet otettiin tuotteista, joiden tuotesisällössä oli mainittu lisäainena nitraatti tai -nitriitti, mutta markkinoilla on myös näiden tuoteryhmien nitraattittomia/nitriittittömiä tuotteita, joten altistus on niiltä osin yliarvioitu.	+
Kirjallisuustiedot	Kirjallisuudesta saadut lähinnä keskieurooppalaiset kasvukunnan tuotteiden pitoisuustiedot (niistä elintarvikkeista, joista ei ollut mittaustuloksia käytettävissä) eivät ehkä kuvaa tarkasti Suomessa esiintyviä pitoisuuksia. Lehtivihannesten kirjallisuuspitoisuudet ovat hiukan matalammat kuin Suomessa kasvaneilla kasveilla, mutta muiden kasvisten pitoisuudet voivat olla samaa tasoa, korkeammat tai matalammat kuin Suomessa.	+ / -
Mittausaineiston koko	Joistakin tuotteista oli otettu vain vähän näytteitä, eikä tulosten jakauma ehkä täysin kuvaa Suomessa esiintyviä tämän elintarvikkeen pitoisuuksia (vaikka lisäaineettomien tuotteiden markkinaosuuksien vaikutustakaan ei huomioitaisi).	+ / -
Ruoankäyttöaineiston koko	Erityisesti lasten kohdalla ylimpien prosenttien altistusmäärät ovat epävarmoja, koska yksi lapsi edusti jo lähes kahta promillea ikäluokastaan. Näin ollen jo muutaman yksilön käyttömäärillä oli suuri vaikutus altistusjakauman ääripäiden arvioille.	+ / -
Pitoisuusjakaumat	Monte Carlo -simulaatioissa huomioidaan elintarvikkeesta (elintarvikkeen raakatuotteesta) mittaustulosten keskiarvot, kun kyseessä on pitkäaikaisaltistus.	0?
Kulutus/ruoka	Havaintoaineisto joidenkin elintarvikkeiden käytöstä oli pieni, joten muutaman yksilön käyttömäärillä oli suuri vaikutus näiden tuotteiden osuuden arviointiin. Ruoankäyttöaineiston keruu lapsilla keskittyi Pirkanmaalle, joten tiettyjen paikallisten elintarvikkeiden käyttö voi olla suurempaa kuin Suomessa keskimäärin.	+ / -
Kulutus/talousvesi	Yksilöllisiä talousvedenkäyttötietoja ei ollut käytettävissä. Ruoasta ja vedestä yhteensä saatavan kokonaisvedentarpeen keskimääräisten arvojen käyttö yliarvioi altistuksen, koska osa vedestä saadaan kasviksista. Toisaalta pelkän juodon veden keskikulutustietojen käyttö voisi aliarvioida altistuksen suurkuluttajilla eikä ottaisi huomioon ruoanvalmistuksessa käytetystä talousvedestä saatavaa altistusta.	+
Tuotteiden luokittelu	Laskentamallissa käytettiin elintarvikeryhmän ylärhmän pitoisuutta, jos syödyille elintarvikkeelle ei löytynyt vastaavaa analysoitua pitoisuutta. Laskentamalliin luokiteltiin elintarvikkeet joiltakin osin hiukan eri tavalla kuin ruoankäyttötiedoissa. Tämä voi johtaa joko yliarvioon tai aliarvioon tuloksissa.	+ / -

Prosessointikertoimet	Elintarvikkeiden käsittely (pesu, kypsennys jne.) muuttaa nitraattipitoisuuksia. Enimmäkseen käsittely laskee pitoisuuksia, mutta joissakin tapauksissa nitraattipitoisuus kasvaa. Ruoankäyttötiedoista ei ilmene, miten käsiteltyinä kasvikset oli syöty. Prosessointi siis todennäköisemmin alentaa altistusta kuin kasvattaa sitä, mutta vaikutus ei ole systemaattinen, joten aliarvion mahdollisuuttakaan ei voi täysin sulkea pois. Lihavalmisteet mitattiin siinä muodossa kuin ne tavallisesti syödään, joten nitriittialtistukseen prosessointikertoimien aiheuttama virhe on pienempi kuin nitraattialtistukseen.	+
Kasvikunnan tuotteiden syötävä osuus	Ruoankulutustiedot perustuvat kasvien tai hedelmien syötävään osaan, mutta pitoisuustietoja on enimmäkseen kokonaisista, myytävistä tuotteista. Nitraattipitoisuudet ovat suurimmat lehtivihannesten uloimmissa kerroksissa ja perunan kuoreissa, jotka yleensä (ei aina) poistetaan ennen syömistä.	+
Kasvikunnan tuotteiden nitriitti puuttuu nitriittialtistuksesta	Kasvien luontaisista nitriittipitoisuuksista ei ollut mittaustuloksia. Kirjallisuudesta löytyviä hajanaisia pitoisuustietoja ei käytetty laskuissa, koska näiden tuotteiden sisältämän nitriitin arvioitiin olevan merkityksetön suhteessa niiden sisältämästä nitraatista elimistössä muuntuvaan nitriittimäärän rinnalla, ja kasvien sisältämällä muilla aineilla on nitriitin haitallisuutta vähentäviä vaikutuksia. Lisäksi nitriittipitoisuus kasviksissa voi kasvaa säilytyksen aikana. Vuosina 1967 – 1972 kasvikunnan tuotteiden osuudeksi nitriitin kokonaisaltistuksesta Suomessa arvioitiin 5,5 % ja lihavalmisteiden osuudeksi 94,2 %.	-
Säilytyksen vaikutus	Keitettyjen kasvien säilytys huoneenlämmössä lisää nitraatin muuttumista nitriitiksi ja siis lisää altistusta. Säilytystä ei huomioitu arvioissa.	-

Altistukseen liittyvien epävarmuustekijöiden lisäksi on huomattava, että ADI-arvon jossakin määrin ylittävien altistumäärien aiheuttaman todellisen riskin suuruudesta on vain vähän toksikologista tietoa. Näin ollen hyväksyttävän päivittäissaannin maksimiarvon vähäisen mutta pitkäaikaisen ylittymisen aiheuttamaa todellista riskiä ei pystytä varmasti kuvaamaan. Voidaan vain todeta, että haittavaikutusten riskiä ei ole mahdollista sulkea pois. ADI-arvot ovat kuitenkin turvaraja elinikäiselle altistumiselle, joten lyhytaikaiset ylitykset eivät todennäköisesti aiheuta haittaa.

#### 5.4.2 Puuttuvat tiedot

Lisäainemittattomien/ -nitriittittömien tuotteiden markkinaosuuksia ei tunneta, joten arviot tehtiin olettaen niiden osuus merkityksettömäksi. Oletus johtaa altistuksen yliarviointiin, joka on merkittävämpi nitriitin kuin nitraatin kohdalla.

Osa lisätystä nitriitistä muuttuu yhdisteiksi, mm. nitrosoamiineiksi, joita ei tämän tutkimuksen yhteydessä määritetty näytteistä. Turvallisuuden kannalta myös näillä yhdisteillä on merkitystä (esim. (EU) 1129/2011), mutta käytävissä olleen mittausaineiston pohjalta niiden vaikutusta on mahdotonta arvioida.

Nitraatin muuntuminen elimistössä nitriitiksi vaikuttaa nitriittialtistukseen, mutta siitä aiheutuva haitta sisältyy keskivertokulutustajalla nitraatista koituvan riskiin. Erityisryhmillä, jotka kärsivät mahan alueen bakteeri-infektiosta tai joilla on perinnöllinen methemoglobinemialle altistava entsyymihäiriö, nitraatista nitriitiksi muuttuva määrä on huomattavasti suurempi. Näille erityisryhmille koituvan riskin arviointi on vaikeaa, ja turvallisinta heille olisi minimoida altistustaan välttämällä suuria nitraatti- tai nitriittipitoisuuksia sisältävien elintarvikkeiden runsasta käyttöä.

## 6 Pohdinta ja johtopäätökset

### 6.1 Nitraatti

Tarkasteltaessa pitkäaikaista altistumista elintarvikkeista saatavalle nitraatille havaitaan, että aikuisista 99,6 – 100,0 % jää kulutuksessaan alle hyväksyttävän päivittäissaannin ylärajan ja noin 97,5 % altistuu enintään puolelle tästä määrästä. Nitraattialtistus kasvaa jonkin verran iän myötä, ja naisten altistus on hieman suurempaa kuin miesten. Jos talousvedestä saatava nitraattialtistus (noin 1 % aikuisen hyväksyttävästä päivittäissaannista) otetaan myös huomioon, ADI-arvon ylittävä osuus aikuisista kasvaa hiukan, mutta jää kuitenkin lähemmäs ensiksi mainittua yli 99,6 %:n vaihteluväliä.

Kasviksista ja lisäaineista saatavan nitraattialtistuksen aiheuttamaa riskiä ei kuitenkaan voida sulkea pois noin 0,2 %:lta (0 – 0,4 %) aikuisista kuluttajista eikä muutamalta prosentilta lapsista. Tutkimuksessa tehdyn arvion mukaan 1-vuotiaista nitraatin ADI-arvon ylittää 2,0 – 8,5 %, 3-vuotiaista 0,8 – 6,7 % ja 6-vuotiaista 0,2 – 3,7 %, jos talousvedestä saatavaa altistusta ei oteta huomioon. Arvio lasten altistumisesta perustuu kuitenkin kolmen päivän ruokapäiväkirjaan, joka ei välttämättä tavoita kaikkea lasten ruoankäytön vaihtelua. Lapsiaineiston pieni koko (458 – 535 lasta / ikävuosi) tuo myös epävarmuutta arviointiin erityisesti altistusjakauksen ääripäiden kohdalla.

Aiemmassa arviossa suomalaisten lasten nitraattialtistuksesta (Salminen & Penttilä 1999) käytettiin ikäryhmien keskimääräisiä kulutusarvoja, joten suurkuluttajien altistuminen ei noussut esille. Tässä tutkimuksessa lasten keskimääräisen nitraattialtistuksen laskettiin olevan hiukan korkeampi kuin runsaan vuosikymmenen takaisessa tutkimuksessa. Ruoankäyttötiedot näissä tutkimuksissa olivat peräisin eri hankkeista ja maantieteellisesti hieman eri alueilta (Turun seutu vs. Pirkanmaa).

Nitraattialtistuksen ylimpään viiteen prosenttiin kuuluvilla kuluttajilla paljon nitraattia sisältävien kasvien (salaatin, pinaatin ja punajuuren) osuus altistuksesta on suurempi ja lisäaineperäisen nitraattialtistuksen suhteellinen osuus pienempi kuin keskivertokuluttajalla. Näin ollen ADI-arvon ylittävillä kuluttajilla valtaosa altistuksesta saadaan runsaasti nitraattia sisältävistä kasviksista.

Euroopan elintarviketurvallisuusviranomaisen EFSA:n elintarvikeketjun vierasaineita käsittelevän tiedelautakunnan tieteellisessä mielipiteessä (EFSA 2010) todettiin, että satunnainen ADI-arvon ylitys ei sinällään merkitse terveysriskiä, koska arvo on määritetty eläinkokeissa pitkäaikaisaltistuksen (noin 2/3 eläimen enimmäiselinajasta) aiheuttamista haitoista. Methemoglobineemia ei ole havaittu 3 kk vanhemmillä lapsilla, jos nitraattialtistus kasviksista tai juomavedestä jää alle 15 mg/kg rp/

vrk (ts. 4 x ADI). Tätä voidaan pitää lyhytaikaisen altistuksen turvallisesti katsottavana enimmäisrajana.

EFSAn vuonna 2008 julkaisemassa ravintoperäisen nitraattialtistuksen arvioissa (EFSA 2008) todettiin, että vuorokaudessa 400 g erilaisia kasviksia nauttivalla aikuisella ADI saattaa ylittyä, jos paljon käytetyt kasvikset ovat kasvaneet nitraatin muodostumisen kannalta epäsuotuisissa olosuhteissa (eli sisältävät korkeita nitraattipitoisuuksia). EFSAn asiantuntijapaneelin yleisarvio tilanteesta on kuitenkin se, että joitakin erityistapauksia lukuun ottamatta kuluttajille ei aiheudu nitraattialtistuksesta havaittavaa terveyshaittaa ja että kasvien syönnin tunnetut terveyttä edistävät vaikutukset ovat merkittävämpiä kuin haitat.

Kasvien nitraattipitoisuuksiin vaikuttavat lajin lisäksi kasvuolosuhteet: lannoitus, valon määrä, kasvutiheys ja kastelun määrä. Näin ollen viljelijä pystyy jossakin määrin vaikuttamaan nitraatin kertymiseen kasviksiin, vaikka keskieuropalaisia pitoisuuksia korkeammat pitoisuudet osin johtuvatkin Suomen pohjoisesta sijainnista. Hyvillä viljelyskäytännöillä voidaan siis vähentää kasviksista saatavaa altistusta.

Kotitalouksien tasolla nitraattialtistusta voidaan selvästi alentaa pesemällä kasvikset ja kaatamalla vesi pois, kuorimalla kasviksia (perunat, hedelmät) sekä jättämällä salaattien uloimmat lehdet käyttämättä. Myös lehtiruodin poistaminen alentaa lehtivihannesten nitraattipitoisuuksia. Osa tutkituista kasviksista oli pesty ja uloimpia lehtiä oli poistettu joistakin lajeista ennen analysointia, mutta lehtivihanneksista otetuille valvontanäytteille ei näitä altistusta alentavia prosessointitoimia tehty eikä niiden vaikutusta otettu huomioon väestön altistumismääriä laskettaessa. Sen vuoksi on mahdollista, että todellinen altistus lapsillakin jää alle ADI-arvon tai ylittää sen vain lievästi.

Vihannesten ja hedelmien runsaasta (ts. suositusten mukaisesta) syömisestä aiheutuvien terveyshyötyjen, kuten verenkiertoelimistön hyvinvoinnin ja mahdollisen syöpien kehittymiseltä suojaavan vaikutuksen (Lidder & Webb 2012), voidaan siis yleisesti ottaen katsoa olevan merkittävämmät kuin suomalaisten näistä lähteistä saatavasta nitraattialtistuksesta mahdollisesti koituvat haitat. Jotkin väestön erityisryhmät, kuten korkeita nitraattipitoisuuksia sisältävien tuotteiden suurkuluttajat ja ruoansulatuselimistön infektiosta kärsivät, voivat kuitenkin saada haittavaikutuksia. Tämän vuoksi EFSAn esittämä suositus (EFSA 2008; EFSA 2010) välttää korkeita nitraattipitoisuuksia sisältävien kasvien syöntiä ruoansulatuselimistön infektion aikana on aiheellinen varoitus myös Suomessa. Samoin on viisasta käyttää kasviksia vaihtelevasti, jotta lautasella ei päivittäin ole suuria määriä kaikkein nitraattipitoisimpia lajeja kuten rucolaa. Keitettyjen kasvien säilytys huoneenlämmössä edistää kasvien sisältämän nitraatin muuntumista nitriitiksi ja voi johtaa pahimmillaan methe-moglobinemiaan (EFSA 2010).

## 6.2 Nitriitti

Arvioissa pitkäaikaisen nitriittialtistuksen suuruudesta kaikki 1-vuotiaat jäivät pitkäaikaisaltistukseltaan alle hyväksyttävän päivittäisen enimmäisaltistusrajan, mutta muista ikäryhmistä osa ylitti ADI-arvon. Tutkimuksessa tehdyn arvion mukaan suomalaisista aikuisista 0 – 0,2 %, 3-vuotiaista 2,0 – 19,3 % ja 6-vuotiaista 1,9 – 13,5 % ylitti nitriitin ADI-arvon, kun talousvedestä aiheutuvaa altistusta ei otettu huomioon.

Suomalaisten lasten keskimääräinen nitriittialtistus (altistusjakauman huippukohta) on samaa luokkaa kuin aiemmassa arvioissa (Salminen & Penttilä 1999), mutta vuonna 1999 tehdyssä selvityksessä ei tutkittu suurkuluttajien altistusta. Aikuisten keskimääräinen nit-

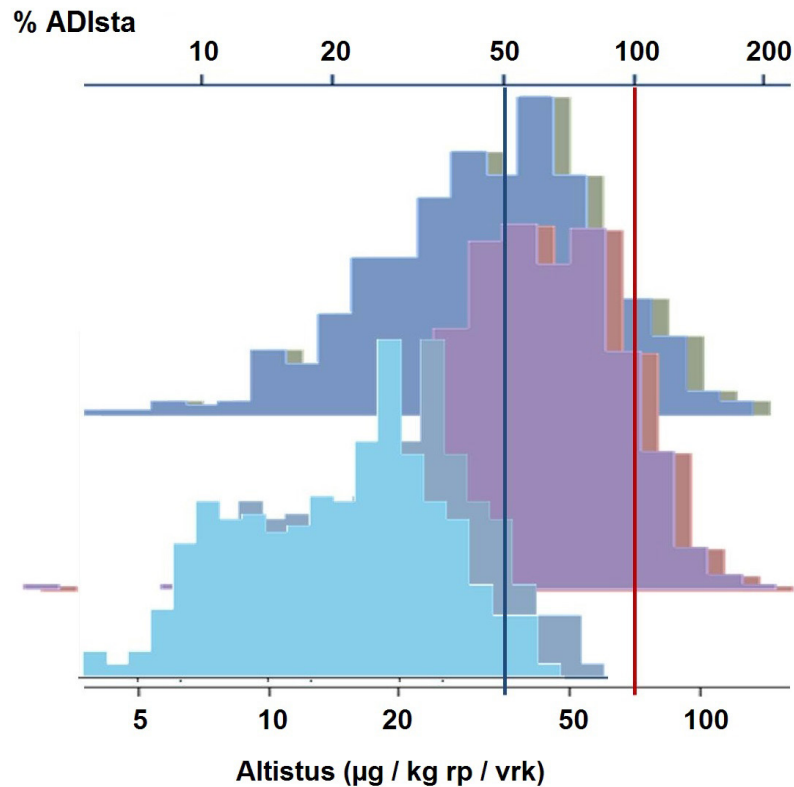
riittäaltistus lisäainepitoisista tuotteista on sitä vastoin laskenut selvästi noin neljän vuosikymmenen takaisesta (Dich ym. 1996). Nyt tehdyssä tutkimuksessa havaittiin miesten nitriittäaltistus suuremmaksi kuin naisten. Sama havainto tehtiin myös edellisessä suomalaisessa altistusarviossa (Ovaskainen ym. 2000). Nyt tehdyssä riskinarviointitutkimuksessa havaittiin myös, että nitriittäaltistus on aikuisilla suurimmillaan noin 35 – 40 vuoden iässä ja laskee siitä iän myötä.

Jos myös talousvedestä aiheutuva nitriittäaltistus otetaan huomioon, lasten nitriittäaltistuksen jakaumat siirtyvät hiukan suurempien lukujen suuntaan. Tätä on havainnollistettu kuvassa 17, jossa luvussa 5.3.2 esitettyjen jakaumien taakse on kopioitu altistusjakaumat sellaisina kuin ne olisivat, jos nitriittäaltistus talousvedestä olisi kaikille ikäryhmän kuluttajille sen suuruinen kuin keskivertokuluttajan altistus kokonaisvedentarpeesta arvioituna (vrt. Taulukko 14). Yksivuotiaiden nitriittäaltistus jää näilläkin arvoilla ADI-tason alle, mutta terveydellisen riskin mahdollisuutta joillekin leikki-ikäisille ei voida tässä tutkimuksessa esitettyjen arvioiden perusteella sulkea pois.

Joitakin tutkituista lihavalvasteista valmistetaan sekä nitriittisuolattuina että nitriittittöminä, mutta altistusjakaumat on laskettu olettaen, että näiden lihavalvasteiden kaikki käyttö koostuu nitriittiä sisältävistä tuotteista. Tämä oletus yliarvioi todellista altistusta jonkin verran.

Tarkempia arvioita suomalaisten todellisesta nitriittäaltistuksesta ei kuitenkaan ole käytettävissä olevien tietojen valossa mahdollista tehdä. Lasten ruoankäyttöaineistoa kerätessä nitriittittömien tuotteiden saatavuus oli rajoitetumpaa kuin nykyisin. Ruokapäiväkirjoissa oli joitakin mainintoja nitriittittömien tuotteiden käytöstä, mutta sitä ei erikseen kysytty. Projektissa käytettyyn aineistoon ei siksi otettu mukaan näitä satunnaisesti ilmoitettuja mainintoja.

Nitriittipitoisuuksien alentamisen ja/tai nitriittittömien tuotteiden valinnan merkitystä arvioitiin tutkimuksessa erillisinä skenaarioina. Lihavalvasteisiin lisätyn nitriitin määrän vähentäminen vaikuttaisi suoraan myös nitriitistä syntyvien muiden reaktiotuotteiden kuten nitrosoamiinien määriin, joita tämän tutkimuksen yhteydessä ei kartoitettu, mutta jotka silti ovat kuluttajan turvallisuuden kannalta merkityksellisiä. Siksi tämä keino vaikuttaa nitriittäaltistukseen olisi tehokas. Se vaikuttaisi myös niihin kuluttajiin, joilla ei ole kiinnostusta tai edellytyksiä muuttaa ruokatottumuksiaan. Teollisuuden käyttämien pitoisuuksien alentaminen edellyttää kuitenkin tiukempia hygieniavaatimuksia, tiukempaa lämpötilahallintaa kaupassa ja kuluttajalla sekä tuotteiden käyttäjän lyhentämistä, jotta pienemmällä nitriittipitoisuuksilla pystyttäisiin yhä suojaamaan kuluttajaa bakteerien, erityisesti *C. botulinum*, aiheuttamilta ruokamyrkytyksiltä.



**Kuva 17.** Nitriittialtistuksen jakaumat eri ikäryhmissä. Edessä 1-vuotiaat (vaaleansininen ilman talousvedestä koituvaa altistusta, tummemman sininen talousveden kera), keskellä 3-vuotiaat (violetti ilman talousvedestä koituvaa altistusta, punertava talousveden kera) ja takana 6-vuotiaat (tummansininen ilman talousvedestä koituvaa altistusta, vihreä talousveden kera). Viivoilla on merkitty 50 % ja 100 % ADIsta. Talousvedestä eri ikäryhmille syntyvä lisäaltistus on 6 – 10,7 µg suuruisen keskimääräisellä kokonaisvedenkäytöllä.

Leikki-ikäisten nitriittialtistusta olisi tutkimustulosten perusteella aiheellista vähentää ainakin altistusjakauman ylimpään kymmenykseen kuuluvilla lapsilla, joilla altistus tällä hetkellä on vaarassa ylittää ADI-arvon (kuva 17). Suurin lisäaineena käytetyn nitriitin altistuslähde ovat makkarat, joiden käyttömäärien ja/tai käyttökertojen vähentämisellä olisi merkittävä vaikutus altistukseen.

Suomen Sydänliitto ry:n sekä Sosiaali- ja terveysministeriön ravitsemussuositukset (Hasunen ym. 2004), että leikki-ikäisille annettaisiin makkaraa enintään kahdesti viikossa, alentaisivat toteutuessaan altistusta merkittävästi etenkin suurkuluttajilla. Monet tutkimusaineiston lapsista söivät makkaraita kaikkina kolmena tutkimuspäivänä, ja

jotkut heistä nauttivat suuria makkaramääriä yhdellä kertaa.

Nitriittialtistuksen ylimpään viiteen prosenttiin kuuluvilla kuluttajilla makkaran osuus altistuksesta korostui ennestään. Yksivuotiailla makkaroiden osuus nitriittialtistuksesta oli (ilman talousvedestä saatavan altistuksen huomioon ottamista) noin kaksi kolmasosaa, 3-vuotiailla ja 6-vuotiailla se oli jo yli 90 %, ja aikuisillakin lähes 90 %. Makkarat, ja erityisesti ruokamakkarat, ovat siis suurin nitriittilähde sillä osalla lapsipopulaatiota, joka ylittää ADI-arvon. Jos kuitenkin otetaan huomioon myös nitraatista elimistössä muuntuva nitriitti, noin kolme neljäsosaa nitriitin kokonaisaltistuksesta (1-vuotiailla enemmänkin) saadaan nautitusta nitraatista.



### 6.3 Yhteenveto johtopäätöksistä

- Pienellä osalla kuluttajista arvioitu nitraattialtistus ylittää ADI-arvon. Näillä kuluttajilla valtaosa altistuksesta saadaan runsaasti nitraattia sisältävistä kasviksista. Arviossa ei voitu ottaa huomioon kasvisten pesun, kuorimisen ja kypsennyksen vaikutusta nitraatin pitoisuuksiin, joten altistus voi olla yliarvioitu.
- Kasvisten nitraattipitoisuuksiin vaikuttavat mm. kasvilaji, valon voimakkuus ja typpilannoitteiden käyttö. Hyvää viljelykäytäntöä noudattaen kasviin kertyviä nitraattipitoisuuksia voidaan alentaa. Kasvisten peseminen ja uloimpien lehtien poisto / kuoriminen alentavat nitraattipitoisuuksia merkittävästi.
- EFSA suosittelee välttämään korkeita nitraattipitoisuuksia sisältävien kasvisten syöntiä ruoansulatuselimistön infektion aikana. Muuten se katsoo vihannesten ja hedelmien suositusten mukaisen syömissen olevan terveellistä niiden nitraattipitoisuuksista huolimatta. Kypsennettyjen kasvisten säilytys huoneenlämmössä voi kuitenkin saada kasvisten sisältämän nitraatin muuttumaan haitallisesa määrin nitriitiksi bakteerien aineenvaihduntareaktioissa. Korkeita nitraattipitoisuuksia sisältävien kasvisten oikea säilytys on siksi tärkeää.
- Talousvedestä saatava nitraattialtistus jää kaikilla ikäryhmillä alle 10 %:iin ADI-arvosta ja nitriittialtistus alle 16 %:iin ADI-arvosta, vaikka altistus yliarvioitaisiin olettamalla keskimääräisen päivittäisen vedentarpeen (juomista ja ruoasta yhteensä) tulevan täytetyksi talousvedellä.
- Miesten nitraattialtistus oli kaikissa ikäryhmissä hiukan pienempi kuin naisten, vaikka kummallakin sukupuolella altistus kasvoi iän myötä. Sitä vastoin nitriittialtistus lisäainelähteistä oli miehillä selvästi suurempaa kuin naisilla. Korkeimmillaan aikuisten nitriittialtistus oli 35 – 40 vuoden iässä.
- Arvion mukaan 1-vuotiaiden nitriittialtistus jää alle ADI-arvon, mutta parilla promillella aikuisista ja noin kymmenesosalla 3-vuotiaista ja 6-vuotiaista altistus ylittää nitriitin ADI-arvon. Nitriittittömien tuotteiden osuus kulutuksesta oli tuntematon, joten arvio tehtiin vain nitriittiä sisältävien tuotteiden pitoisuuksia käyttäen.
- Suurin lisäaineena käytetyn nitriitin altistuslähde ovat makkarat, erityisesti ruokamakkarat, koska niitä käytetään runsaasti. Osa ruoankäyttöaineiston lapsista söi makkaraa selvästi suositeltua enemmän (Hasunen ym. 2004).
- Nitriittipitoisia tuotteita syödessä pitkän aikavälin altistus riippuu siitä, kuinka usein näitä tuotteita nautitaan, kuinka suuria määriä kerrallaan ja kuinka korkeat pitoisuudet ovat.
- Nitriittiä käytetään lihavalmisteissa estämään mikrobien aiheuttamia hengenvaarallisia ruokamyrkytyksiä. Mitattavissa oleva nitriittipitoisuus lihavalmisteissa vähenee viimeistä käyttöpäivää kohti. Jos nitriittipitoisuuksia alennettaisiin nykyisin käytetyistä, hygieniavaatimuksia olisi kiristettävä ja lihavalmisteiden käyttöaikaa lyhennettävä. Myös lämpötilahallinnan kaupassa ja kuluttajalla tulisi olla nykyistä tarkempi.

## 7 Viitteet

- Ahonen MH, Kaunisto T, Mäkinen R, Hatakka T, Vesterbacka P, Zacheus O, Keinänen-Toivola MM (2008). Suomalaisen talousveden laatu raakavedestä kuluttajan hanaan 1999-2007. Vesi-Instituutin julkaisuja 4.
- Bemrah N, Vin K, Sirot V, Aguilar F, Ladrat A-C, Ducasse C, Gey J-L, Rétho C, Nougadere A, Leblanc J-C (2012). Food Additives and Contaminants 29(6): 875-885.
- Björne H, Petersson J, Phillipson M, Weitzberg E, Holm L, Lundberg JO (2004). Nitrite in saliva increases gastric mucosal blood flow and mucus thickness. The Journal of Clinical Investigation 113:106-114.
- Blomberg K, Hallikainen A (2000). Kotimaisten ja ulkomaisten ruokaperunoiden vieraat aineet; glykoalkaloidit, nitraatti ja raskasmetallit. Elintarvikeviraston tutkimuksia 3/2000.
- Boon PE, Bakker MI, van Klaveren JD, van Rossum CTM (2009). "Risk assessment of the dietary exposure to contaminants and pesticide residues in young children in the Netherlands". RIVM Report 350070002. 190 s. URL <http://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/350070002.html>
- Brambilla G, Martelli A (2007). Genotoxic and carcinogenic risk to humans of drug-nitrite interaction products. Mutation Research 635: 17-52.
- Brussaard JH, Van Dokkum W, Van Der Paauw CG, De Vos RH, De Kort WLAM, Löwik MRH (1996) Dietary intake of food contaminants in the Netherlands (Dutch nutrition surveillance system). Food Additives & Contaminants: Part A 13(5): 561-573.
- Bryan NS, Alexander DD, Coughlin JR, Milkowski AL, Boffetta P (2012). Ingested nitrate and nitrite and stomach cancer risk: An updated review. Food and Chemical Toxicology 50: 3646-3665.
- Caballero Mesa JM, Rubio Armendáriz C, Hardisson de la Torre A (2003). Nitrate intake from drinking water on Tenerife island (Spain). The Science of the Total Environment 302: 85-92.
- CAC (2004). Working Principles for Risk Analysis for Application in the Framework of the Codex Alimentarius. Julkaisussa: Codex Alimentarius Commission, Procedural Manual, 14th Ed; WHO; Rooma. URL [ftp://ftp.fao.org/codex/Publications/ProcManuals/Manual\\_14e.pdf](ftp://ftp.fao.org/codex/Publications/ProcManuals/Manual_14e.pdf)
- Cross AJ, Pollock JRA, Bingham SA (2003). Haem, not protein or inorganic iron, is responsible for endogeneous intestinal N-nitrosation arising from red meat. Cancer Research 63: 2358-2360.
- De Boer WJ, van der Voet H, Bokkers BGH, Bakker MI, Boon PE (2009). Comparison of two models for the estimation of usual intake addressing zero

consumption and non-normality. *Food Additives and Contaminants* 26: 1433-1449.

Dejonckheere, W., Steurbaut, W., Drieghe, S., Verstraeten, R. and Braeckman, H. (1994). Nitrate in food commodities of vegetable origin and the total diet in Belgium 1992-1993. *Microbiologie-Aliments-Nutrition* 12: 359-370.

DellaValle CT, Daniel CR, Aschebrook-Kilfoy B, Hollenbeck AR, Cross AJ, Sinha R, Ward MH (2013). Dietary intake of nitrate and nitrite and risk of renal cell carcinoma in the NIH-AARP Diet and Health Study. *British Journal of Cancer* 108: 205-212.

Dich J, Järvinen R, Knekt P, Penttilä P-L (1996) Dietary intakes of nitrate, nitrite and NDMA in the Finnish mobile clinic health examination survey. *Food Additives & Contaminants: Part A* 13(5): 541-552.

EFSA, Panel on Food Additives and Nutrient Sources added to Food (ANS) (2010b). Statement on nitrites in meat products. *EFSA Journal* 8(5):1538-1550.

EFSA, Scientific Committee (2012). Guidance on selected default values to be used by the EFSA Scientific Committee, Scientific Panels and Units in the absence of actual measured data. *EFSA Journal* 10(3): 2579-2611.

EFSA, Scientific Panel on Biological Hazards (2003). Opinion of the Scientific Panel on Biological Hazards on a request from the Commission related to the effects of Nitrites/Nitrates on the Microbiological Safety of Meat Products. *The EFSA Journal* 14: 1-34.

EFSA, Scientific Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM) (2008). Opinion of the Scientific Panel on Contaminants in the Food chain on a request from the European Commission to perform a scientific risk assessment

on nitrate in vegetables. *The EFSA Journal* 689: 1-79.

EFSA, Scientific Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM) (2010). Statement on possible health risks for infants and young children from the presence of nitrates in leafy vegetables. *EFSA Journal* 8(12):1935-1977.

EPIC. van Duijnhoven FJB, Bueno-De-Mesquita HB, Ferrari P, Jenab M, Boshuizen HC, Ros MM, Casagrande C, Tjønneland A, Olsen A, Overvad K, Thorlacius-Ussing O, Clavel-Chapelon F, Boutron-Ruault M-C, Morois S, Kaaks R, Linseisen J, Boeing H, Nöthlings U, Trichopoulou A, Trichopoulos D, Misirli G, Palli D, Sieri S, Panico S, Tumino R, Vineis P, Peeters PHM, van Gils CH, Ocké MC, Lund E, Engeset D, Skeie G, Rodríguez Suárez L, González CA, Sánchez M-J, Dorronsoro M, Navarro C, Barricarte A, Berglund G, Manjer J, Hallmans G, Palmqvist R, Bingham SA, Khaw K-T, Key TJ, Allen NE, Boffetta P, Slimani N, Rinaldi S, Gallo V, Norat T, Riboli E. (2009). Fruit, vegetables, and colorectal cancer risk: the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition. *American Journal of Clinical Nutrition* 89(5):1441-1452.

Erkekoğlu P, Giray B (2007). Nitrite content of wheat samples from different regions of Turkey. *FABAD Journal of Pharmaceutical Sciences* 32: 51-57.

European parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 1333/2008, annettu 16 päivänä joulukuuta 2008, elintarvikeli-säaineista (ETA:n kannalta merkityksellinen teksti), EUVL L 354(31.12.2008): 16-33, sekä sitä muuttava asetus (EU) N:o 1129/2011, EUVL L 295(12.11.2011): 1-177.

European Commission Health and Consumers Directorate-General (2011). Questionnaire to monitor the implementation of directive 2006/52/EC in the EU member states as regards the

use of nitrites by the industry in the different categories of meat products and the organization of national controls. Suomen vastaukset kyselyyn.

Feskens EJM, Sluik D, van Woudenberg GJ (2013). Meat consumption, diabetes, and its complications. *Current Diabetes Reports* 13: 298-306.

Hasunen K, Kalavainen M, Keinonen H, Lagström H, Lyytikäinen A, Nurttila A, Peltola T, Talvia S (2004). Lapsi, perhe ja ruoka. Imeväis- ja leikki-ikäisten lasten, odottavien ja imettävien äitien ravitsemussuositus. *Sosiaali- ja terveysministeriön julkaisuja* 2004:11. Helsinki.

Hobbs DA, Kaffa N, George TW, Methven L, Lovegrove JA (2012). Blood pressure-lowering effects of beetroot juice and novel beetroot-enriched bread products in normotensive male subjects. *British Journal of Nutrition* 108: 2066-2074.

Hord NG, Tang Y, Bryan NS (2009). Food sources of nitrates and nitrites: the physiologic context for potential health benefits. *American Journal of Clinical Nutrition* 90: 1-10.

Hsu J, Arcot J, Lee NA (2009). Nitrate and nitrite quantification from cured meat and vegetables and their estimated dietary intake in Australians. *Food Chemistry* 115:334-339.

Hyöty H & Virtanen SM (2004). Miksi tyypin 1 diabeteksen ilmaantuvuus on kasvanut Suomessa toisen maailmansodan jälkeen? *Duodecim* 120: 1147-1155.

IPCS INCHEM International Programme on Chemical Safety. Nitrates and nitrites (PIM G016). URL <http://www.inchem.org/documents/pims/chemical/pimg016.htm> , 8.2.2013

Janssen PJCM, van Apeldoorn ME, van Engelen JGM, Schielen PCJ, Wouters MFA (1998) Maximum permissible risk levels for human intake of soil conta-

minants: fourth series of compounds. National Institute of Public Health and the Environment (RIVM). Report no. 711701 004, s. 14. URL <http://rivm.openrepository.com/rivm/bitstream/10029/10310/1/711701004.pdf>

JECFA (2002). Speijers GJA & van den Brandt PA. Nitrite (and potential endogenous formation of N-nitroso compounds). WHO Food Additives series: 50. <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v50je05.htm>

JECFA (2002b). Speijers GJA & van den Brandt PA. Nitrate (and potential endogenous formation of N-nitroso compounds). WHO Food Additives series: 50. <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v50je06.htm>

Kanninen, K-H (2013). Henkilökohtainen tiedonanto. 31.5.2013.

Katan MB (2009). Nitrate in foods: harmful or healthy? *American Journal of Clinical Nutrition* 90: 11-12.

Knekt P, Järvinen R, Dich J, Hakulinen T (1999). Risk of colorectal and other gastro-intestinal cancers after exposure to nitrate, nitrite and N-nitroso compounds: a follow-up study. *International Journal of Cancer* 80: 852-856.

Komission asetus (EY) N:o 1881/2006 Tiettyjen elintarvikkeissa olevien vierasaineiden enimmäismäärien vahvistamisesta (ETA:n kannalta merkityksellinen teksti), EUVL L 364(20.12.2006): 5-24, ja sitä muuttava asetus (EU) N:o 1258/2011, EUVL L 320(3.12.2011): 15-17. URL <http://eur-lex.europa.eu/>

Komission asetus (EY) N:o 1882/2006 Näytteenotto- ja määritysmenetelmistä tiettyjen elintarvikkeiden nitraattipitoisuuksien tarkastusta varten (ETA:n kannalta merkityksellinen teksti), EUVL L 364(20.12.2006): 25-31. URL <http://eur-lex.europa.eu/>

- Kotimaiset kasvikset r.y. (2008). Kasvitage 2008. URL <http://www.kasvikset.fi/Link.aspx?id=1162579>
- Kyttälä P, Ovaskainen M, Kronberg-Kippilä C, Erkkola M, Tapanainen H, Tuokkola J, Veijola R, Simell O, Knip M, Virtanen SM (2008). Lapsen ruokavalio ennen kouluikää. *Kansanterveyslaitoksen julkaisu* B32/2008.
- Larsson K, Darnerud PO, Ilbäck N-G, Merino L (2011). *Food Additives & Contaminants* 28: 659-666.
- Leth T, Fagt S, Nielsen S, Andersen R (2008) Nitrite and nitrate content in meat products and estimated intake in Denmark from 1998 to 2006. *Food Additives & Contaminants: Part A* 25(10) 1237-1245.
- Lidder S & Webb AJ (2012). Vascular effects of dietary nitrate (as found in green leafy vegetables and beetroot) via the nitrate-nitrite-nitric oxide pathway. *British Journal of Clinical Pharmacology* 75(3): 677-696.
- Lightsey D (2012). Letter to the Editor. Comment on 'Red and processed meat consumption and risk of pancreatic cancer: meta-analysis of prospective studies'. *British Journal of Cancer* 107: 754-755.
- Lundberg JO, Weitzberg E (2012). Recent advances in basic science. Biology of nitrogen oxides in the gastrointestinal tract. *Gut*. Artikkelipainossa, julkaistu verkossa 20.1.2012. doi:10.1136/gutjnl-2011-301649.
- Lundberg JO, Weitzberg E, Gladwin MT (2008). The nitrate-nitrite-nitric oxide pathway in physiology and therapeutics. *Nature Reviews Drug Discovery* 7: 156-167.
- Machha A & Schechter AN (2011). Dietary nitrite and nitrate: a review of potential mechanisms of cardiovascular benefits. *European Journal of Nutrition* 50: 293-303.
- Machha A & Schechter AN (2012). Inorganic nitrate: a major player in the cardiovascular health benefits of vegetables? *Nutrition Reviews* 70(6): 367-372.
- Mannerheimin Lastensuojeluliitto & Suomen Sydänliitto. Pusa T, Kara A, Pietiläinen K. "Ensimmäinen ruokavuosi".
- Mannerheimin Lastensuojeluliitto & Suomen Sydänliitto. Pusa T, Kara A, Pietiläinen K. "Leikki-ikäisen ruokavuodet".
- McKnight GM, Duncan CW, Leifert C, Golden MH (1999). Dietary nitrate in man: friend or foe? Review article. *British Journal of Nutrition* 81: 349-358.
- Menard C, Heraud F, Volatier J-L, Leblanc J-C (2008) Assessment of dietary exposure of nitrate and nitrite in France. *Food Additives & Contaminants: Part A* 25(8): 971-988.
- Micha R, Michas G, Mozaffarian D (2012). Unprocessed red and processed meats and risk of coronary artery disease and type 2 diabetes – an updated review of the evidence. *Current Atherosclerosis Reports* 14(6): 515-524.
- Michaud DS, Holick CN, Batchelor TT, Giovannucci E, Hunter DJ (2009). Prospective study of meat intake and dietary nitrates, nitrites, and nitrosamines and risk of adult glioma. *American Journal of Clinical Nutrition* 90(3): 570-577.
- Mozolewski W & Smoczyński S (2004). Effect of culinary processes on the content of nitrates and nitrites in potatoe. *Pakistan Journal of Nutrition* 3(6): 357-361.

- Ovaskainen M-L, Penttilä P-L, Korpela K, Valsta L (2000). Elintarvikkeiden lisäaineiden saannin arviointi suomalaisella aikuisväestöllä. Elintarvikeviraston tutkimuksia 2/2000.
- Paturi M, Tapanainen H, Reinivuo H, Pietinen P, toim. (2008). Finravinto 2007 -tutkimus – The National FINDIET 2007 Survey. Kansanterveyslaitoksen julkaisu, B23/2008.
- Petersen A, Stoltze S (1999). Nitrate and nitrite in vegetables on the Danish market: content and intake. *Food Additives and Contaminants* 16(7): 291-299.
- Puolanne E & Ruusunen M (2003). Tekes, Elintarvikkeet ja terveys -ohjelma, Drnro 8897401700, päätösno 40074701, Lihavalmisteiden nitriitin aiheuttaman riskin vähentäminen, Loppuraportti 1.4.2001-31.3.2003, julkaistu 29.8.2003. Helsinki
- Reinik M, Tamme T, Roasto M (2008) Naturally occurring nitrates and nitrites in foods. Luku 9 kirjassa *Bioactive Compounds in Foods*; Gilbert J, Şenuyva HZ (toim.); Blackwell Publishing; ss. 227-253.
- Reinik M, Tamme T, Roasto M, Juhkam K, Jurtšenko S, Tenró T, Kiis A (2005). Nitrites, nitrates and N-nitrosoamines in Estonian cured meat products: Intake by Estonian children and adolescents. *Food Additives and Contaminants* 22(11): 1098-1105.
- Salminen M, Penttilä P-L (1999). Elintarvikelisiä aineiden saanti 1-6 -vuotiailla lapsilla. Elintarvikeviraston tutkimuksia 4/1999.
- STM talousvesiasetus n:o 461/2000. Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista N:o 461/2000, URL <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2000/20000461>
- Suomen virallinen tilasto (SVT): Väestötalstatot. Syntyneet. URL <http://www.stat.fi/til/synt/tau.html> (luettu 22.1.2013)
- Suomen virallinen tilasto (SVT): Väestötalstatot. Väestö iän mukaan, 2011 lopussa. URL [http://www.stat.fi/tup/suoluk/suoluk\\_vaesto.html](http://www.stat.fi/tup/suoluk/suoluk_vaesto.html) (päivitetty 16.3.2012)
- Sušin J, Kmecl V, Gregorčič (2006). A survey of nitrate and nitrite content of fruit and vegetables grown in Slovenia during 1996-2002. *Food Additives and Contaminants* 23: 385-390.
- Tamme T, Reinik M, Roasto M, Juhkam K, Tenno T, Kiis A (2006). Nitrates and nitrites in vegetables and vegetable-based products and their intakes by the Estonian population. *Food Additives and Contaminants* 23(4): 355-361.
- Tamme T, Reinik M, Roasto M (2010). Nitrates and nitrites in vegetables: occurrence and health risks. Kirjassa: *Bioactive Foods in Promoting Health: Fruits and Vegetables*. Watson RR & Preedy VR (toim.); Academic Press / Elsevier Inc.; USA. ss. 307-321.
- Tang Y, Jiang H, Bryan NS (2011). Nitrite and nitrate: cardiovascular risk-benefit and metabolic effect. *Current Opinion in Lipidology* 22:11-15.
- Tanhuanpää M (2012). Henkilökohtainen tiedonanto, 11.10.2012
- Temme EHM, Vandevijvere S, Vinkx C, Huybrechts I, Goeyens L, Van Oyen H (2011). Average daily nitrate and nitrite intake in the Belgian population older than 15 years. *Food Additives and Contaminants Part A* 28(9): 1193-1204.
- Terveyden ja hyvinvoinnin laitos, Ravitsemusyksikkö (2009). Fineli. Elintarvikkeiden koostumustietokanta. Haku ravintoarvojen tilastollisista tunnusluvuista tehty 25.3.2009. Helsinki. <http://www.fineli.fi>

Thomson BM, Nokes CJ, Cressey PJ (2007) Intake and risk assessment of nitrate and nitrite from New Zealand foods and drinking water. *Food Additives & Contaminants: Part A* 24(2): 113-121.

Vaessen HAMG, Schothorst RC (1999). The oral nitrate and nitrite intake in The Netherlands: evaluation of the results obtained by HPIC analysis of duplicate 24-hour diet samples collected in 1994. *Food Additives and Contaminants* 16(5): 181-188.

Valsta L, Borg P, Heiskanen S, Keskinen H, Männistö S, Rautio T, Sarlio-Lähteenkorva S, Kara R (2008). Juomat ravitsemuksessa. Valtion ravitsemusneuvottelukunnan raportti 2008. URL [http://www.ravitsemusneuvottelukunta.fi/attachments/vrn/juomat\\_ravitsemuksessa.pdf](http://www.ravitsemusneuvottelukunta.fi/attachments/vrn/juomat_ravitsemuksessa.pdf)

Ysart G, Miller P, Barrett G, Farrington D, Lawrance P, Harrison N (1999). Dietary exposures to nitrate in the UK. *Food Additives and Contaminants* 16(12): 521-532.

Zacheus O, Talousveden valvonta ja laatu vuonna 2008. Yhteenveto viranomaisvalvonnan tuloksista. Terveyden ja hyvinvoinnin laitos (THL), Avauksia 18/2010.

Zhong W, Hu C, Wang M (2002). Nitrate and nitrite in vegetables from north China: content and intake. *Food Additives and Contaminants* 19(12): 1125-1129.

Zhu S-G, Kukreja RC, Das A, Chen Q, Lesnefsky EJ, Xi L (2011). Dietary nitrate supplementation protects against doxorubicin-induced cardiomyopathy by improving mitochondrial function. *Journal of the American College of Cardiology* 57(21): 2181-2189.

# Liite 1

## Elintarvikkeiden jaottelu ryhmiin

**Taulukko L1.** Elintarvikkeiden pääryhmät tutkimuksessa. Taulukkoon on otettu mukaan myös ne elintarvikeryhmät (sienet, viljatuotteet ja osa hedelmistä), joista oli käytettävissä vain kirjallisuusarvoja.

Elintarvikeryhmä	Tutkittu aine	Elintarvikeryhmä	Tutkittu aine
Kaalit	NO <sub>3</sub>	Varsivihannekset	NO <sub>3</sub>
Sipulit	NO <sub>3</sub>	Viljatuotteet	NO <sub>3</sub>
Hedelmäkasvikset	NO <sub>3</sub>	Hedelmät	NO <sub>3</sub>
Sienet	NO <sub>3</sub>	Marjat	NO <sub>3</sub>
Tuoreet yrtit	NO <sub>3</sub>	Makkarat	NO <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub>
Lehtivihannekset	NO <sub>3</sub>	Leikkeleet	NO <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub>
Palkokasvit	NO <sub>3</sub>	Muut lihavalmisteet	NO <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub>
Juurekset	NO <sub>3</sub>	Juustot	NO <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub>
Kasvissäilykkeet	NO <sub>3</sub>	Kaläsäilykkeet	NO <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub>



**Taulukko L2.** Tuotteet, joita elintarvikeryhmien alle sijoitettiin. Luontaisia nitraattipitoisuuksia sisältävät elintarvikeryhmät

Elintarvikeryhmä	Tuotteet	Huom.
Kaalit	Parsakaali Valkokaali Lehtikaali Kukkakaali Punakaali Ruusukaali Kyssäkaali	
Sipulit	Keltasipuli Purjo Valkosipuli Kuivattu sipuli	EFSAlla purjo varsivihannes, mutta käsiteltiin tässä sipulina käyttötapaansa mukaan.
Hedelmäkasvikset	Kurkku Maustekurkku / etikkakurkku Kurpitsa Tomaatti Paprika Munakoiso Kesäkurpitsa	Maustekurkku luokiteltu laskuissa samaan tuorekurkun kanssa; sen osuus kurkun kokonaiskäytöstä oli lapsilla alle 7 % ja aikuisilla noin 14 %.
Sienet	Sienet	
Tuoreet yrtit	Basilika Persilja Tilli Ruohosipuli Muut yrtit	"Muille yrteille" ei ollut käyttötietoja, mutta niistä oli joitakin valvontamittausten tuloksia.
Lehti-vihannekset	Salaatit (kts. seur.) Pinaatti Nokkonen Rucola Selleri + fenkoli Maissi Mangoldi + paksoi Idut Punajuuren naatit	Vain muutamien yksilöiden käyttämiä lehtivihanneksia yhdistettiin samaan.
Salaatit	Lehtisalaatti, ruukkusalaatti, lollo rosso Jäävuorisalaatti, amerikansalaatti Kiinankaali	Eri salaattien nitraattipitoisuudet poikkesivat toisistaan, mutta ne luokiteltiin samaan ryhmään, koska niitä usein käytetään toistensa sijasta
Palkokasvit	Herne-maissi-paprika Herne Kikherne Kuivattu herne Papu: Eriväriset pavut Papu kastikkeessa Linssi	

Juurekset	Peruna Perunavalmisteet Porkkana Kuivattu porkkana Bataatti Lanttu Nauris Punajuuri Etikkapunajuuri Retiisi Palsternakka Maa-artisokka Juuriselleri Muut juurekset (kts. seur.)	Peruna ja perunavalmisteet käsiteltiin yhdessä. Samoin porkkana ja kuivattu porkkana sekä punajuuri ja etikkapunajuuri.
Muut juurekset	Piparjuuri Wok-kasvikset Mustajuuri Keittojuurekset Sekavihannes Nuppuvihannes	Kts. huomautus taulukon alla.
Kasvis-säilykkeet	Vihannesmehut Muut kasvissäilykkeet: Bambunverso Viininlehti Aurinkokuivattu tomaatti öljyssä Parsa (purkissa) Pikkelssi Tomaattisose, -murska Merilevä	
Varsi-vihannekset	Parsa (tuore) Raparperi	Ruoankäyttöaineistossa ei ollut merkintöjä tuoreen parsan syönnistä.
Viljatuotteet	Vehnä Ruis Riisi Ohra ja kaura Muut viljat Kuiva leipä ja keksit Pasta	
Hedelmät	Omenahedelmät Sitrushedelmät Muut hedelmät Hedelmämehut	
Marjat	Marjat	Ruoankäyttöaineistossa ei eritelty eri marjoja. Mittaustietoja oli vain mansikoista ja täydentävää kirjallisuustietoa karpaloista.

Parsakaalia, porkkanaa ja kukkakaalia sisältävän nuppuvihannessekoituksen sekä porkkanaa, kukkakaalia ja porkkavihanneksia sisältävän sekavihannessekoituksen laskeminen mukaan juureksiin on pieni ja käytön vähyden vuoksi mahdollisesti merkityksetön virhelähde. Parsakaalin ja kukkakaalin suhteellisista määristä riippuen nuppuvihannessekoituksen nitraattipitoisuus voi olla hivenen korkeampi tai hivenen matalampi kuin pelkän porkkanan.

**Taulukko L3.** Tuotteet, joita elintarvikeryhmien alle sijoitettiin. Lisäaine-nitraattia tai -nitriittiä sisältävät elintarvikeryhmät osa 1: lihavalmisteet.

Elintarvikeryhmä	Alaryhmä	Tuotteet
Makkarat	Kestomakkara	Metwursti, kevyt metwursti
	Leikkelemakkara	Leikkelemakkara Jahtimakkara Kinkkumakkara Balkanmakkara Goutermakkara Lauantaimakkara
	Ruokamakkara	Mustamakkara Grillimakkara Lenkkimakkara Nakki Ryynimakkara Bratwursti
	Maksamakkara	Maksamakkara tai -pasteija
	Raakamakkara	Siskonmakkara
Leikkeleet	Kinkkuleikkele	Saunapalvi- tai keittokinkku Suolaliha Kinkkuleikkele
	Broileri- ja kalkkunaleikkele	Kalkkunaleikkele Broilerisuikaleet
	Prosciutto	Prosciutto
	Poroleikkele	Poroleikkele
	Pekoni	Pekoni
	Lihahyytelö	Lihahyytelö
Muut lihavalmisteet	Marinoitu sianliha	Marinoitu kassler-/piknikpaisti
	Marinoitu kananliha	Broileri / broilerin siipi marinoitu Broilerinfilee hunajamarinadi
	Säilykeliha	Naudanlihasäilyke Nauta-sikasäilyke

**Taulukko L4.** Tuotteet, joita elintarvikeryhmien alle sijoitettiin. Lisäaine-nitraattia tai -nitriittiä sisältävät elintarvikeryhmät osa 2: juustot ja kalasäilykkeet.

Elintarvikeryhmä	Alaryhmä	Tuotteet
Juustot	Tuorejuustot	Tuorejuusto Tuorejuusto-kasvirasvavalmiste Leipäjuusto Raejuusto Mozzarella Sulatejuusto Kotijuusto Juustontyyppinen kasvirasvavalmiste
	Kypsytetyt juustot	Cheddar Emmentaljuusto Fetajuusto Gouda / Salaneuvos Juusto keskiarvo Kasvirasvajuusto Kermajuusto Kova pienikoloinen juusto Kutunjuusto Port Salut Puolikova juusto Sinihomejuusto Valkohomejuusto
Kalasäilykkeet	Maustesilli ja -silakka	Mauste/suolasilli Mauste/suolasilakka Sinappisilli Sinappisilakka

## Liite 2

### Ruoankäyttö

---

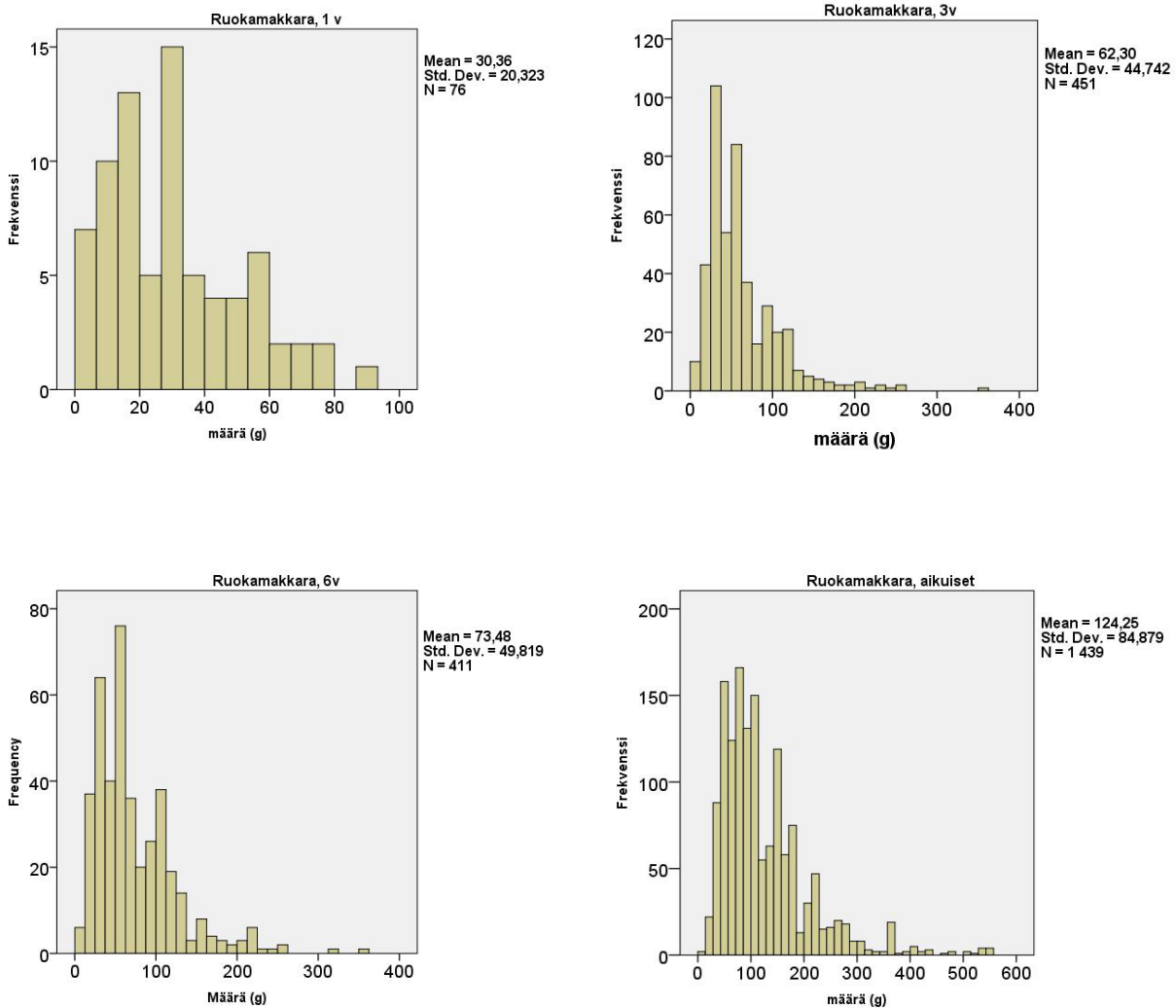
#### Makkaroiden käyttö

Suosituksista huolimatta osa suomalaislapsista syö jopa hyvin suuria määriä makkaraa, erityisesti ruokamakkaraa. Tutkitut 1-vuotiaat olivat syöneet kaikkiaan 76 annosta ruokamakkaraa, lähinnä nakkeja (45 kertaa, keskimäärin 30 g ja enimmillään 90 g). 3-vuotiaiden ja 6-vuotiaiden kohdalla ruokamakkaran syöntikertoja oli aineistossa runsaat 400 kpl. Määrällisesti käytetyin oli grillimakkara (3-vuotiailla 103 syöntikertaa, keskimäärin 89 g ja enimmillään 350 g; 6-vuotiailla 94 syöntikertaa, keskimäärin 93 g ja enimmillään 353 g) ja useimmin syöty makkaratyyppejä oli

nakki (3-vuotiailla 225 syöntikertaa, keskimäärin 54 g ja enimmillään 192 g; 6-vuotiailla 198 syöntikertaa, keskimäärin 66 g ja enimmillään 214 g).

Aikuiset söivät ruokamakkaroita tutkimusaikana 1 498 kertaa, lähinnä lenkkiä, nakkeja ja grillimakkaraa. Sekä grillimakkaran että lenkin enimmäisannos oli noin 550 g, ja nakeilla 510 g. Keskimääräiset kulutukset olivat 101 g (nakit), 116 g (lenkki) ja 178 g (grillimakkara).

Kuvassa L1 esitetään eri ikäkausien ruokamakkaroitten käyttömäärät.



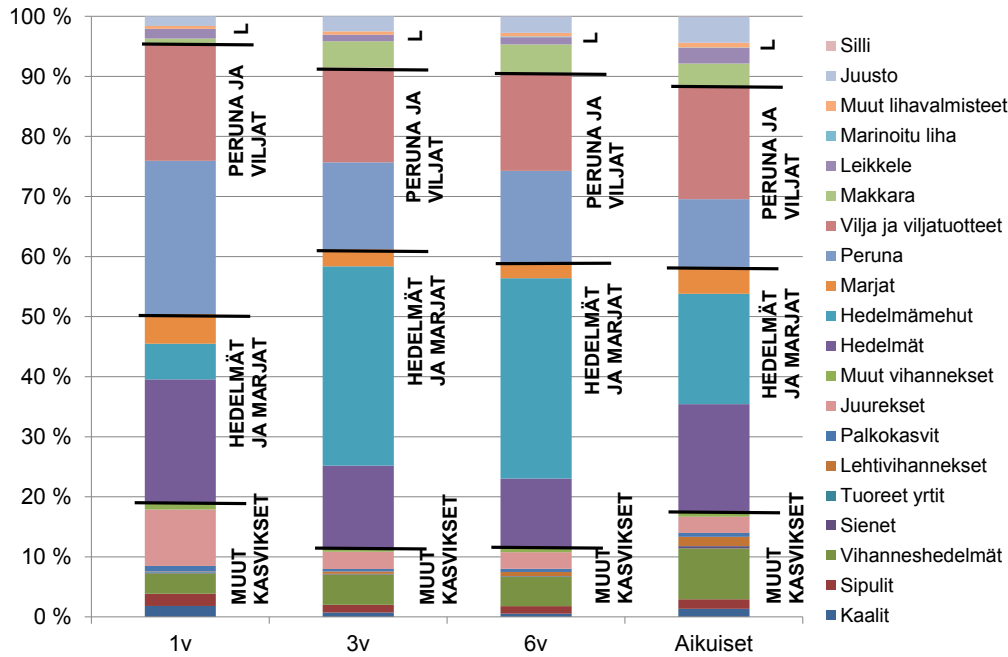
**Kuva L1.**  
 Ruokamakkaroiden käyttömäärät ja niiden frekvenssi aineistossa.

## Yleiskatsaus eri elintarvikeryhmien käyttöön

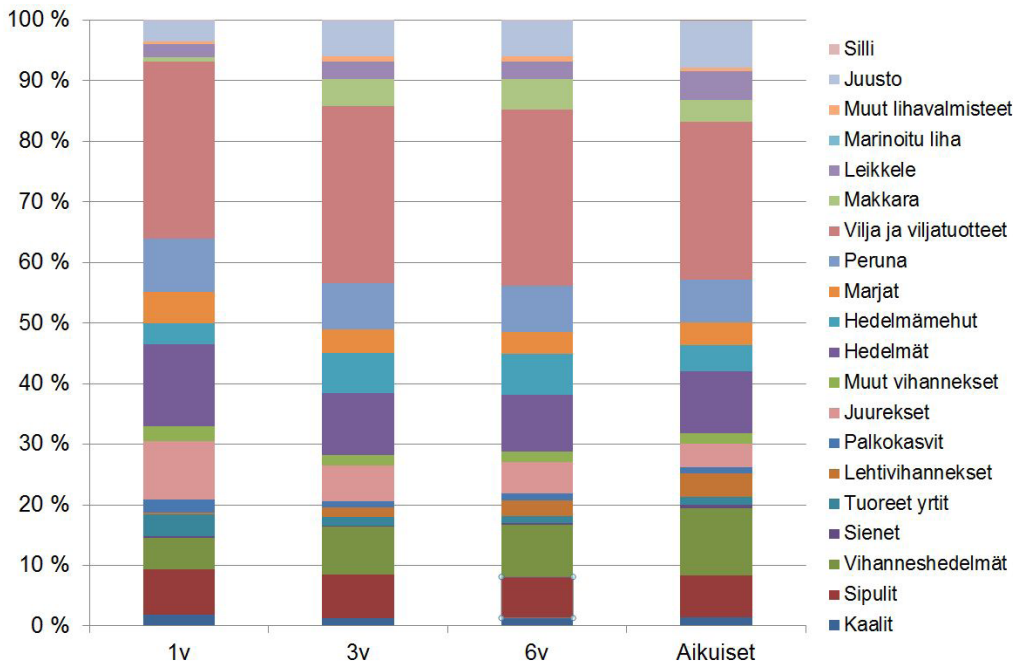
Kaikilla ikäryhmillä tutkittujen elintarvikeryhmien kokonaiskulutuksesta yli puolet koostuu kasviksista (sisältäen hedelmät ja marjat mutta ei perunaa eikä viljatuotteita). Yksivuotiaat poikkeavat vanhemmista lapsista siinä, että heidän ruokavaliostaan suhteessa suurempi osa on hedelmiä, perunaa ja mui-

ta juureksia, mutta mehujen osuus on pieni. Aikuisilla perunan suhteellinen osuus on pienempi kuin leikki-ikäisillä, mutta hedelmien osuus on hiukan korkeampi ja mehujen kulutus puolivälissä yksivuotiaiden ja leikki-ikäisten välillä. Aikuiset kuluttavat hedelmäkaviksia selvästi enemmän kuin lapset.

Eri elintarvikeryhmien käyttöä esitetään kuvissa L2 – L3.



**Kuva L2.** Tutkittujen elintarvikeryhmien keskimääräinen käyttö tutkimusaineiston eri ikäryhmissä. Keskimääräisessä käytössä on huomioitu sekä käytön toistuvuus että käyttömäärä. Elintarvikeryhmiin on otettu mukaan vain ne tuotteet, joista oli käytettävissä myös pitoisuustietoja. Elintarvikeryhmissä "juurekset" pitää sisällään kaikki muut juurekset paitsi perunan, joka on esitetty erillisessä palkissa, ja "muut vihannekset" sisältää kasvissäilykkeet, vihannemehun, parsan ja raparperin. Yläryhmien nimissä "L" merkitsee lisäaineellisia tuotteita, ts. makkarat, leikkeleet, marinoitu liha, muut lihavalmisteet, juustot ja silli, ja yläryhmä "muut kasvikset" sisältää kaalit, sipulit, hedelmäkasvikset, sienet, yrtit, lehtivihannekset, palkokasvit, juurekset ja muut vihannekset.



**Kuva L3.** Eri elintarvikeryhmien käytön toistuvuus eri ikäryhmillä. Kuvaajaan on koottu elintarvikeryhmän alle siihen kuuluvien eri elintarvikkeiden käytön osuus aineistoon kuuluvien käyttöpäivien kokonaismäärästä. Elintarvikeryhmät on esitetty samassa järjestyksessä ja samalla tavoin jaoteltuina kuin edellisessä kuvassa.

## Liite 3

# Elintarvikkeiden nitraatti- ja nitriittipitoisuudet kirjallisuudessa

---

EFSA:n lausunnossa (EFSA 2008) kasvien nitraattipitoisuuksia ja niistä syntyvää altistusta koskevat laskelmat on tehty eri EU-maista lähetettyjen lähes 42 000 analyysituloksen perusteella. Analyysituloksista 34 % oli peräisin Saksasta, noin 20 % Romaniasta ja 9 % Espanjasta. Loppujen noin 37 %:n osalta Alankomaat, Ranska ja Viro olivat seuraavaksi suurimmat maat tulosten määrän perusteella. Tulosten voitaneen siis katsoa kuvaavan tarkasti tilannetta Keski-Euroopassa, mutta Suomen oloissa voi mahdollisesti esiintyä korkeampia pitoisuuksia, koska valaistusolot vaikuttavat nitraattipitoisuuksiin.

Nitraatin mediaanipitoisuudet kasviksissa vaihtelevat huomattavasti eri kasvilajien välillä. Ruusukaaleilla ja herneillä mediaanipitoisuus oli EFSA:n mukaan vain 1 mg/kg, ja rucolalla jopa 4 800 mg/kg.

EFSA:n lausunnoissa (EFSA 2008; EFSA 2010) esitetyt nitraattipitoisuudet tutkituille vihanneksille on listattu liitteen 4 taulukkoon L8 tämän tutkimuksen mittaustulosten rinnalle.

Taulukoissa L5 ja L7 on tämän tutkimuksen mittaustulokset hedelmistä ja marjoista esitetty kirjallisuudesta löytyneiden pitoisuustietojen ohella, ja taulukon L6 viljatuotetiedot perustuvat vain kirjallisuuteen.

Osa taulukoiden L5 – L7 tuloksista oli peräisin kokonaisruokavaliotutkimuksista (Total Diet Study, TDS), joissa kootaan yhdistelmänäytteitä kansallisten ruoankulutustietojen perusteella. Näistä näytteistä saadut tulokset eivät siis kuvaa vain yhtä hedelmätyyppiä vaan keskiarvoa kaikista maassa syödyistä hedelmistä.



**Taulukko L5.** Kirjallisuusarvoja nitraattipitoisuuksien keskiarvoista (yksikössä mg/kg) hedelmille ja hedelmätuotteille, joista ei ole mittaustuloksia tai joista mittaustuloksia on vain vähän. Laskuissa käytettiin kirjallisuusarvoja vain niille tuotteille, joista ei ollut lainkaan omia mittaustuloksia. Lyhenne ”TDS” tarkoittaa, että tulokset ovat kokonaisruokavaliotutkimuksesta (Total Diet Study).

Alaryhmä	Tuote tarkemmin (näytteitä)	NO <sub>3</sub> -pitoisuus	NO <sub>3</sub> -pitoisuus max-arvo	Maa	Viite
Omena-hedelmät	Omena (3)	25,6	45,4	FI	Mitattu
	Omena (124)	3,3	15	SI	Sušin ym. 2006
	Omena	11	?	BE	Dejonckheere ym. 1994
	Omena	19	?		Reinik ym. 2008
	Päärynä (31)	2,8	4,5	SI	Sušin ym. 2006
	Päärynä	14	?	BE	Dejonckheere ym. 1994
	Persikka (35)	4	12	SI	Sušin ym. 2006
	Persikka	10	?	BE	Dejonckheere ym. 1994
	Ryhmä yleisesti	2,7	7	FI	Fineli
Sitrus-hedelmät	Appelsiini	13	?		Dejonckheere ym. 1994
	Appelsiini	8	?	US	Hord ym 2009
	Ryhmä yleisesti	1	1,2	FI	Fineli
Muut hedelmät	Viinirypäle (51)	5,6	19	SI	Sušin ym. 2006
	Viinirypäle	8,2	?		Reinik ym. 2008
	Viinirypäle	46	?	BE	Dejonckheere ym. 1994
	Banaani	402	?	BE	Dejonckheere ym. 1994
	Banaani	45	?	US	Hord ym. 2009
	Banaani (kuorittu)	153	?	BE	Temme ym. 2011
	Meloni	375	?	BE	Dejonckheere ym. 1994
	Meloni (kuorittu)	221	?	BE	Temme ym. 2011
	Meloni (1)	95	95	EE	Tamme ym. 2006
	Tuore hedelmä (TDS)	27	46	UK	Ysart ym. 1999
		ryhmä yleisesti	7,1	35	FI
Hedelmä-mehut ja muut hedelmä-tuotteet	Hedelmätuotteet (TDS)	13	23	UK	Ysart ym. 1999
	Hedelmämeihat	1,9	7	FI	Fineli

**Taulukko L6.** Kirjallisuusarvoja nitraattipitoisuuksien keskiarvoista (yksikössä mg/kg) viljoille ja viljatuotteille. Lyhenne ”TDS” tarkoittaa kokonaisruokavaliotutkimusta.

Tuote (näytteitä)	NO <sub>3</sub> -pitoisuus	NO <sub>3</sub> -pitoisuus max-arvo	Maa	Viite
Viljat yleensä (31)	49	231	SI	Sušin ym. 2006
Viljat yleensä (TDS)	11	20	UK	Ysart ym. 1999
Leipä (TDS)	8	18	UK	Ysart ym. 1999

**Taulukko L7.** Kirjallisuusarvoja nitraattipitoisuuksien keskiarvoista (yksikössä mg/kg) marjoille ja vertailun vuoksi tässä tutkimuksessa mitattujen mansikoiden nitraattipitoisuudet.

Marjat (näytteitä)	NO <sub>3</sub> -pitoisuus	NO <sub>3</sub> -pitoisuus max-arvo	Maa	Viite
Mansikka (11)	61	120,6	FI	Mitattu
Marjat yleensä	3,4	5,7	FI	Fineli
Mansikka (30)	94	360	SI	Sušin ym. 2006
Mansikka	156	?		Dejonckheere ym. 1994
Mansikka	139	?		Reinik ym. 2008
Mansikka	34	?		Reinik ym. 2008
Karpalo	9,1	?	US	Hord ym. 2009

## Liite 4

# Mittausaineistossa esiintyvät nitraatti- ja nitriittitasot

### Keskimääräiset nitraattipitoisuudet kaikissa tutkituissa kasviksissa (luontaiset pitoisuudet)

Tutkittujen näytteiden nitraattipitoisuuksia tuorepainoa kohti verrattiin EFSA:n lausunnoissa (EFSA 2008; EFSA 2010) esitettyihin pitoisuuksiin. EFSAlla

ryhmätason laskelmissa käytettiin alaryhmien näytteille painokerrointa, joka ottaa huomioon elintarvikkeiden käyttömäärät. Tutkittuja näytteitä pyrittiin analysoimaan suhteessa käyttömääriin, joten niiden ryhmätason luvuille ei ole käytetty painokertoimia.

**Taulukko L8.** Tutkittujen näytteiden nitraattipitoisuudet tuorepainoa kohti. Pitoisuudet on ilmoitettu keskiarvoina (UB), ja niitä on verrattu EFSA:n lausunnoissa esitettyihin UB-keskiarvopitoisuuksiin. Huomattavasti mittaustuloksista poikkeavien EFSA:n ilmoittamien tulosten kohdalle on merkitty myös EFSA:n tulosten 95. prosenttipiste.

Ryhmä	Alaryhmä (näytteitä)	Pitoisuus mg/kg	EFSA pitoisuus mg/kg (näytteitä)
Kaalit		279,6	411 (3 192)
	Parsakaali (12)	312,2	279 (227)
	Valkokaali (16)	295,2	311 (1 198)
	Lehtikaali (0)		933 (469)
	Kukkakaali (13)	103,6	148 (289)
	Punakaali (0)		281 (196)
	Ruusukaali (0)		24 (130)
	Kyssäkaali (2)	1 103	940 (135) (P95 1 830 mg/kg)
Sipulit		162,1	159 (243)
	Keltasipuli (20)	55,7	164 (230)
	Purjo (6)	516,8	345 (558) (* (P95 975 mg/kg)
	Valkosipuli (0)		69 (13)

Hedelmä- kasvikset		172,9	149 (2 822)
	Kurkku (26)	187,5	185 (898)
	Kurpitsa (0)		894 (32)
	Tomaatti (20)	45,8	43 (856)
	Paprika (11)	25,3	108 (455)
	Munakoiso (0)		314 (182)
	Kesäkurpitsa (12)	488,3	416 (159)
Sienet			61 (12)
Tuoreet yrtit		5 657,2	1 240 (492)
	Basilika (6)	5 900	2 292 (68) (P95 5 174 mg/kg)
	Persilja (5)	4 010	958 (249) (P95 3 404 mg/kg)
	Tilli (5)	4 398	1 332 (57) (P95 4 294 mg/kg)
	Ruohosipuli (1)	4 590	748 (83) (P95 2 949 mg/kg)
	Muut yrtit (15)	6 600	-
Lehti- vihannekset		2 625	1 614 (25 306)
	Salaatit (214)	2 553,1	useita (**)
	Salaatit, suomal. (126)	2 795,3	1 570 (v. 2010)
	Salaatit, tuonti (88)	2 206,3	(P95 3 800 mg/kg v. 2010)
	Rucola (36)	4 638,1	4 677 (1943)
	Pinaatti (94)	2 073,3	1 092 (v. 2010) (P95 3 078 mg/kg v. 2010)
	Pinaatti, suomal. (11)	1 218,5	
	Pinaatti, tuonti (83)	2 186,6	
	Selleri ja fenkoli (3)	960	1 103 (387) (* (P95 3 319 mg/kg)
	Mangoldi ja paksoi (1)	3 660	1 690 (666) (P95 3 685 mg/kg)
	Idut (4)	3 030	136 (25, vesikrassi) (P95 174 mg/kg)
	Punajuuren naatti (4)	1 900	1 852 (12) (P95 3 685 mg/kg)
Palkokasvit		39,9	221 (882)
	Herne (14)	39,9	30 (407)
	Papu (0)		392 (48)
Juurekset		204,5	506 (7 579)
	Peruna (148)	79,5	
	Peruna, suomal. (125)	60,1	168 (2 795)
	Peruna, tuonti (23)	185,2	
	Porkkana (31)	192,5	296 (2 383)

	Lanttu (14)	145,6	-
	Nauris (0)		663 (241)
	Punajuuri (15)	1 517,5	1 379 (1 013)
	Retiisi (0)		967 (788)
	Palsternakka (0)		83 (22)
	Maa-artisokka (0)		174 (65)
	Juuriselleri (0)		390 (41)
Varsi-vihannekset		281,1	698 (1 379)
	Parsa (0)		209 (260)
	Raparperi (11)	281,1	2 943 (58)

(\* EFSAlla laskettu varsi-vihanneksiin.

(\*\* EFSA v. 2008 keskiarvoja: "salaatti" 1 324 mg/kg; "jäävuorisalaatti" 875 mg/kg; "tammenlehväsalaatti" 1 534 mg/kg; "vuonankaali" 2 104 mg/kg)

## Makkaran nitraatti- ja nitriittipitoisuuksia tuotteen elinkaaren eri vaiheissa

Lihavalmisteiden keruuajankohdan päättämiseksi tehtiin kertaluontoinen mittausarja, jossa tutkittiin samasta

lenkkimakkaraa nitraatti- ja nitriittipitoisuuksia ja niiden muuttumista ajan myötä. Kuumennuksen vaikutusta pitoisuuksiin tutkittiin myös. Mittaukset tehtiin samoilla menetelmillä kuin myöhemmissä lihavalmisteiden analyysissä. Tulokset on koottu taulukkoon L9.

**Taulukko L9.** Nitraatti- ja nitriittipitoisuudet (tulokset keskiarvoja 3–6 rinnakkaisesta mittauksesta) lenkkimakkaraa. "N.D." tarkoittaa, että pitoisuus on ollut alle toteamisrajan 10 mg/kg. Makkaraa tutkittiin sekä valmistajan pakkauksesta otettuna että kuumennettuna.

Aikaa viimeiseen käyttöpäivään	NO <sub>3</sub> (mg/kg)	NO <sub>2</sub> (mg/kg)	NO <sub>3</sub> (mg/kg), kuumennettu	NO <sub>2</sub> (mg/kg), kuumennettu
25 vrk	35,7	33,6	37,9	24
9 vrk	33,4	14,8	33,9	15,2
2 vrk	48,6	N.D.	52,5	N.D.
12 vrk vkp:n jälkeen	64,6	N.D.	65,5	N.D.

## Keskimääräiset nitraatti- ja nitriittipitoisuudet tutkituissa kala- ja lihavalmisteissa sekä juustoissa (lisäainekäyttö)

Keskimääräiset nitraatti- ja nitriittipitoisuudet on esitetty alla sekä kuvajana (kuva L4) että taulukkomuodossa (taulukot L10 – L11). Huom. Taulukoissa esitetyt asetusten säätämät enimmäismäärät on ilmoitettu natriumnitraattina,

natriumnitriittinä, kaliumnitraattina tai kaliumnitriittinä, mutta mitatut pitoisuudet on ilmoitettu nitraatti- tai nitriitti-ioneina, kuten ADI-arvotkin.

NO<sub>2</sub> = (46,01 / 69,0) \* NaNO<sub>2</sub> tai (46,01 / 85,11) \* KNO<sub>2</sub>

NO<sub>3</sub> = (62,01 / 85,0) \* NaNO<sub>3</sub> tai (62,01 / 101,11) \* KNO<sub>3</sub>

**Taulukko L10.** Lihavalmisteiden mitatut nitraatti- ja nitriittipitoisuudet (UB-keskiarvo k.a. ja maksimi max), asetuksen korkeimmat sallitut pitoisuudet sekä Suomessa käytetyt tyypilliset (Euroopan Komission kysely 2011) nitriittipitoisuudet. Asetusten ja tyypillisten pitoisuuksien osalta on tuotteet pyritty luokittelemaan samoin kuin analysoidut näytteet. Huom. reunimmaisen sarakkeen pitoisuudet on ilmoitettu natrium- ja kaliumsuoloina, mitatut pitoisuudet vain nitraatti- tai nitriitti-ioneina.

Ryhmä	Alaryhmä (näytteitä)	Pitoisuus	Suurin sallittu pitoisuus – tyypillinen minimipitoisuus – Suomen käyttämä enimmäispitoisuus (mg/kg)†
		k.a. / max (mg/kg)	
Makkarat	Kestomakkara (11)	NO <sub>3</sub> 106,9 / 209,5 NO <sub>2</sub> kaikki < 10	NaNO <sub>3</sub> / KNO <sub>3</sub> 150(* NaNO <sub>2</sub> / KNO <sub>2</sub> 150 (* – 90 – 120
	Leikkelemakkara (12)	NO <sub>3</sub> 41,4 / 64,4 NO <sub>2</sub> 34,2 / 91,3	NaNO <sub>3</sub> / KNO <sub>3</sub> 0(# NaNO <sub>2</sub> / KNO <sub>2</sub> 150(* – 80 – 120
	Ruokamakkara (57)	NO <sub>3</sub> 44,6 / 80,9 NO <sub>2</sub> 19,9 / 72,6	NaNO <sub>3</sub> / KNO <sub>3</sub> 0(# NaNO <sub>2</sub> / KNO <sub>2</sub> 150(* – 80 – 120
	Maksamakkara (6)	NO <sub>3</sub> 55,5 / 75,0 NO <sub>2</sub> 19,6 / 30,3	NaNO <sub>3</sub> / KNO <sub>3</sub> 0(# NaNO <sub>2</sub> / KNO <sub>2</sub> 100(*
	Raakamakkara (2)	NO <sub>3</sub> 48,2 / 50,8 NO <sub>2</sub> 97,6 / 107,9	NaNO <sub>3</sub> / KNO <sub>3</sub> 150(* NaNO <sub>2</sub> / KNO <sub>2</sub> 150(* – 90 – 120
Leikkeleet	Kinkkuleikkele (25)	NO <sub>3</sub> 36,4 / 93,8 NO <sub>2</sub> 15,1 / 43,6	NaNO <sub>3</sub> / KNO <sub>3</sub> 0(# NaNO <sub>2</sub> / KNO <sub>2</sub> 150(* – 80 – 120
	Kalkkunaleikkele ja broilerileikkele (8)	NO <sub>3</sub> 27,7 / 66,3 NO <sub>2</sub> 22,4 / 29,6	NaNO <sub>3</sub> / KNO <sub>3</sub> 0(# NaNO <sub>2</sub> / KNO <sub>2</sub> 150(* – 80 – 120
	Prosciutto (3)	NO <sub>3</sub> 15,9 / 27,1 NO <sub>2</sub> kaikki < 10	NaNO <sub>3</sub> / KNO <sub>3</sub> 250(** NaNO <sub>2</sub> / KNO <sub>2</sub> 100(**
	Poroleikkele (3)	NO <sub>3</sub> 97,1 / 127,3 NO <sub>2</sub> 12,0 / 15,9	NaNO <sub>3</sub> / KNO <sub>3</sub> 300(* NaNO <sub>2</sub> / KNO <sub>2</sub> 150(*
	Pekoni (2)	NO <sub>3</sub> 26,3 / 28,1 NO <sub>2</sub> 11,8 / 13,6	NaNO <sub>3</sub> / KNO <sub>3</sub> 250(*,§ NaNO <sub>2</sub> / KNO <sub>2</sub> 150(* – 80 – 120
	Lihahyytelö (0)	ei mitattu	NaNO <sub>3</sub> / KNO <sub>3</sub> 0(# NaNO <sub>2</sub> / KNO <sub>2</sub> 150(* – 80 – 120
Liha-valmisteet	Marinoitu liha (64, sika)	NO <sub>3</sub> 38,3 / 129,7 NO <sub>2</sub> 11,0 / 39,3	NaNO <sub>3</sub> / KNO <sub>3</sub> 150(* (‡) NaNO <sub>2</sub> / KNO <sub>2</sub> 150(* (‡) – 0 – 120
	Nautasäilyke (0)	ei mitattu	NaNO <sub>3</sub> / KNO <sub>3</sub> 0(# NaNO <sub>2</sub> / KNO <sub>2</sub> 150(* – 80 – 120

† 150 mg NaNO<sub>2</sub> = 100 mg NO<sub>2</sub>; 150 mg NaNO<sub>3</sub> = 109,4 mg NO<sub>3</sub>; 150 mg KNO<sub>2</sub> = 81,1 mg NO<sub>2</sub>; 150 mg KNO<sub>3</sub> = 92,0 mg NO<sub>3</sub>.

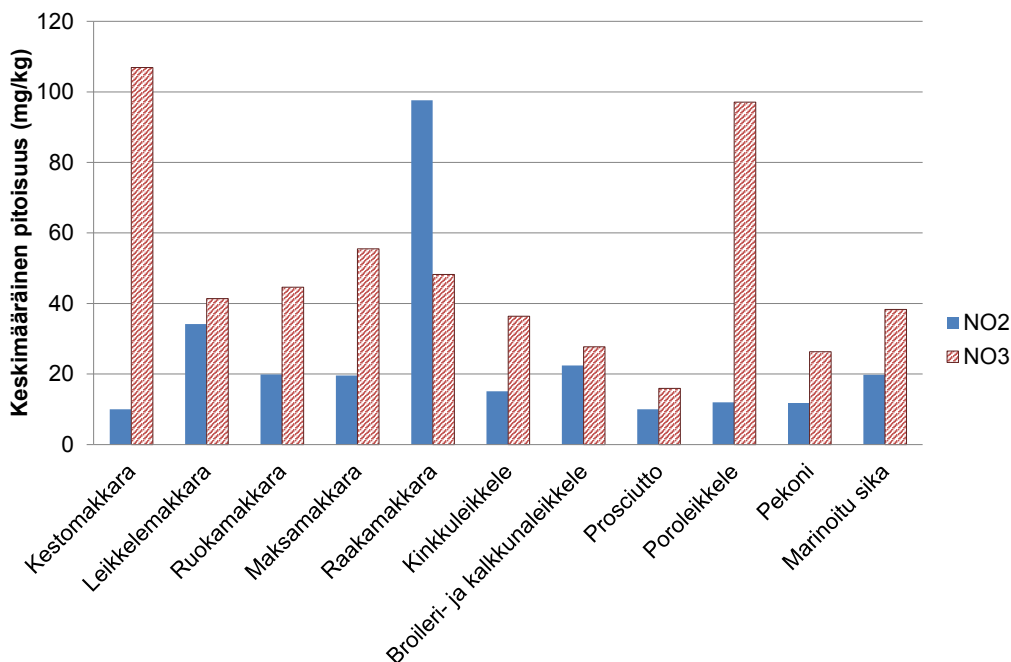
(\* Suurin sallittu valmistuksessa lisättävä määrä

(\*\* Suurin sallittu jäämäpitoisuus

(# Havaittu nitraatti on muuttunut nitriitistä vähähappoisessa ympäristössä

(§ Ilman lisättyjä nitriittejä

(‡ 1.6.2013 jälkeen ei saa enää käyttää nitraattia eikä nitriittiä raakalihavalmisteissa (Kanninen, henkilökohtainen tiedonanto)



**Kuva L4.** Tutkittujen lihanäytteiden nitriitti- ja nitraattipitoisuuksien keskiarvot (UB) tuotteissa, jotka on analysoitu todennäköistä käyttöajankohtaa vastaavalla hetkellä. NO2 nitriitti, NO3 nitraatti.

**Taulukko L11.** Lisäainena nitraatti ja -nitriitti juustoissa ja kalatuotteissa (upper bound keskiarvo k.a. ja mediaani P50) sekä asetuksen sallimat maksimipitoisuudet. Juustonäytteet otettiin tuotteista, joiden pakkausmerkinnöissä ilmoitettiin niiden sisältävän nitraatteja.

Ryhmä	Alaryhmä (näytteitä)	Pitoisuus k.a./max (mg/kg)	Suurin sallittu lisätty pitoisuus (mg/kg)
Juustot	Tuorejuusto (11)	NO <sub>3</sub> 7,9 / 15,3 NO <sub>2</sub> < LOQ	0
	Kypsytetty juusto (20)	NO <sub>3</sub> 9,7 / 29,8 NO <sub>2</sub> < LOQ	NaNO <sub>3</sub> / KNO <sub>3</sub> 150
Jalostettu kala	Suolasilli (matjessilli) (2)	NO <sub>3</sub> 141,8 / 163,2 NO <sub>2</sub> < LOQ	NaNO <sub>3</sub> / KNO <sub>3</sub> 500
	Muut kalatuotteet (0)	ei mitattu	0

Kaikki tutkitut tuorejuustot olivat suomalaista alkuperää, joskin viisi niistä oli ruotsalaisomisteisen valmistajan tuotteita. Näiden viiden keskimääräinen nitraattipitoisuus oli 7,3 mg/kg ja suomalaisomisteisten valmistajien tutkittujen tuotteiden keskipitoisuus 8,2 mg/kg. Suomalaisomisteisten tuotteiden nitraattipitoisuudet kuitenkin vaihtelivat huomattavasti (välillä 4,6 – 15,3 mg/kg).

Kypsytetyistä juustoista kolme oli ulkomaista alkuperää (keskimääräinen pitoi-

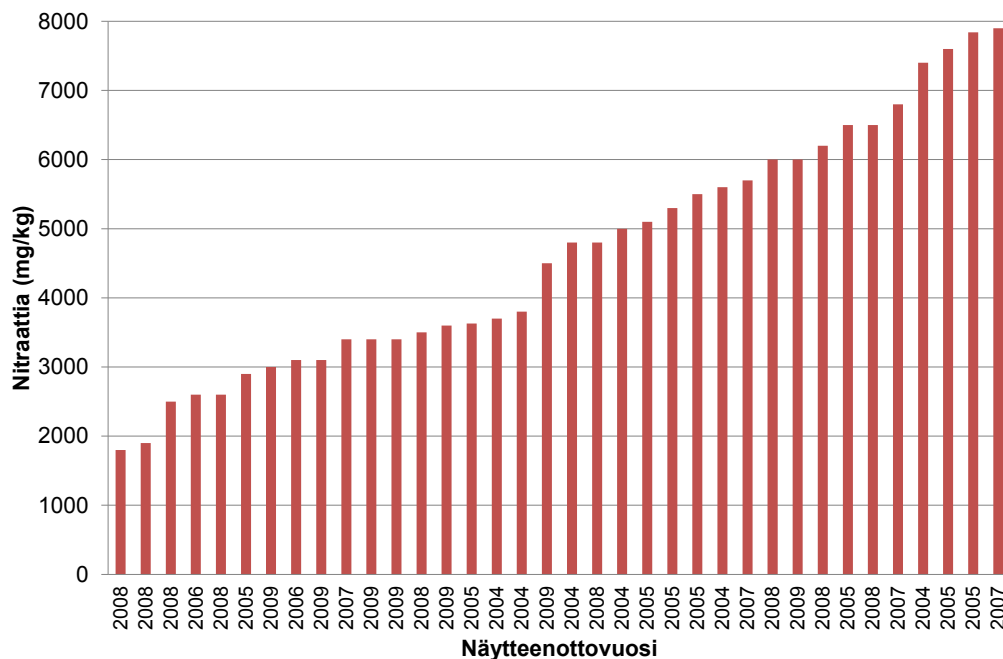
suus 4,3 mg/kg, vaihtelu 0 – 9,4 mg/kg) ja lisäksi kahdeksan oli ruotsalaisomisteisen valmistajan Suomessa valmistamia tuotteita (keskimääräinen nitraattipitoisuus 9,7 mg/kg, vaihtelu 0 – 20,2 mg/kg) loppujen yhdeksän suomalaisomisteisten valmistajien tuotteiden ollessa pitoisuudeltaan keskimäärin 10,9 mg/kg (0 – 29,8 mg/kg).

Valmistusmaalla ei siis ollut tutkituissa tuotteissa merkittävää vaikutusta juustojen nitraattipitoisuuksiin.

## Rucola ja punajuuren naatit

Nitraatin enimmäispitoisuudet rucolalle tulivat sovellettavaksi vasta 1.4.2012. Tähän tutkimukseen kerätyt näytteet ovat vuosilta 2004 – 2009, ja niistä 25 % ylittää kesällä kerätylle rucolalle nykyisin käytössä olevan maksimipitoisuuden 6 000 mg/kg ja 11 % myös talvel-

la kerätyn rucolan maksimipitoisuuden 7 000 mg/kg. Näytteitä oli Espanjasta (2), Italiasta (26), Ruotsista (5) ja Suomesta (3). Nitraattipitoisuudet vaihtelivat välillä 1 800 mg/kg – 7 900 mg/kg; molemmat ääripäät olivat Italiasta lähöisin olevia rucolanäytteitä. Mittaustulokset näytteistä (N=36) on esitetty kuvassa L5.



**Kuva L5.** Vuosina 2004 – 2009 tutkittujen rucolanäytteiden nitraattipitoisuudet. Neljä tulosta ylittää vuonna 2012 voimaan tulleen enimmäispitoisuusrajan talvella kerätylle rucolalle (7 000 mg/kg). Pitoisuudet vaihtelevat huomattavasti.

Aineistossa oli myös neljä näytettä punajuuren naateista, joita on viime vuosina alettu käyttää salaattien osana. Niiden nitraattipitoisuudet vaihtelivat välillä 1 100 – 2 400 mg/kg keskiarvon ollessa 1 900 mg/kg ja mediaanin 2 050 mg/kg. EFSA:n lausunnossa vuodelta 2008 (EFSA 2008) punajuuren naattien keskimääräinen nitraattipitoisuus oli 1 852 mg/kg ja mediaani 1 770 mg/kg.

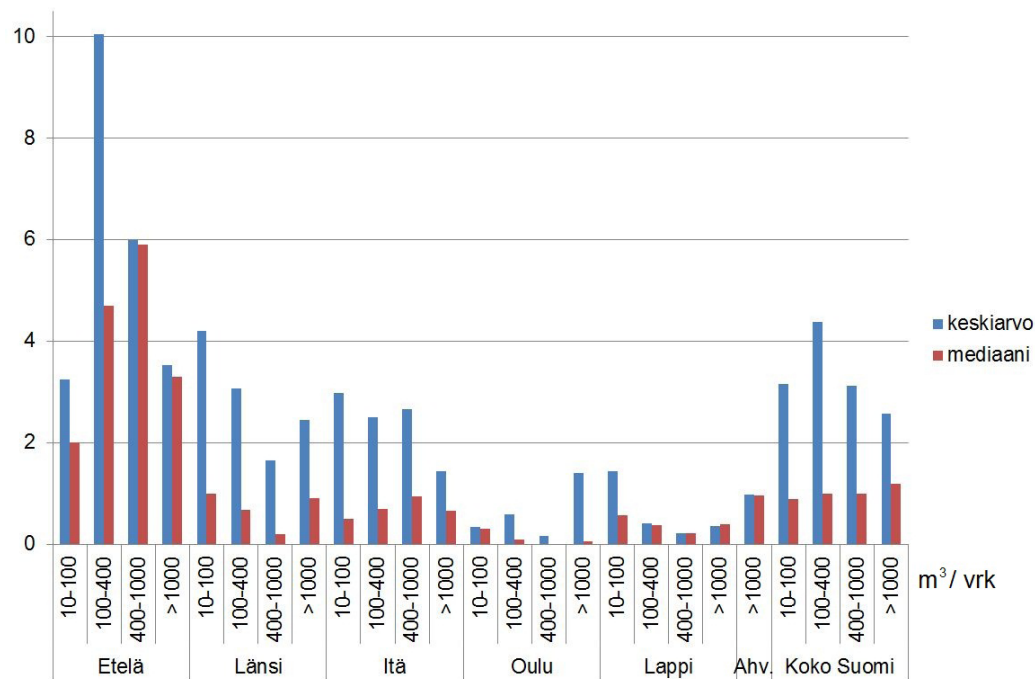
Punajuuren naateissa on siis selvästi korkeammat nitraattipitoisuudet kuin kasvin juuriosassa, mikä selittyy nitraa-

tin taipumuksella kertyä lehtiin. Naattien nitraattipitoisuus oli EFSA:n kokoomissa tuloksissa sekä keskiarvon että mediaanin osalta selvästi salaattien vastaavaa korkeampi.

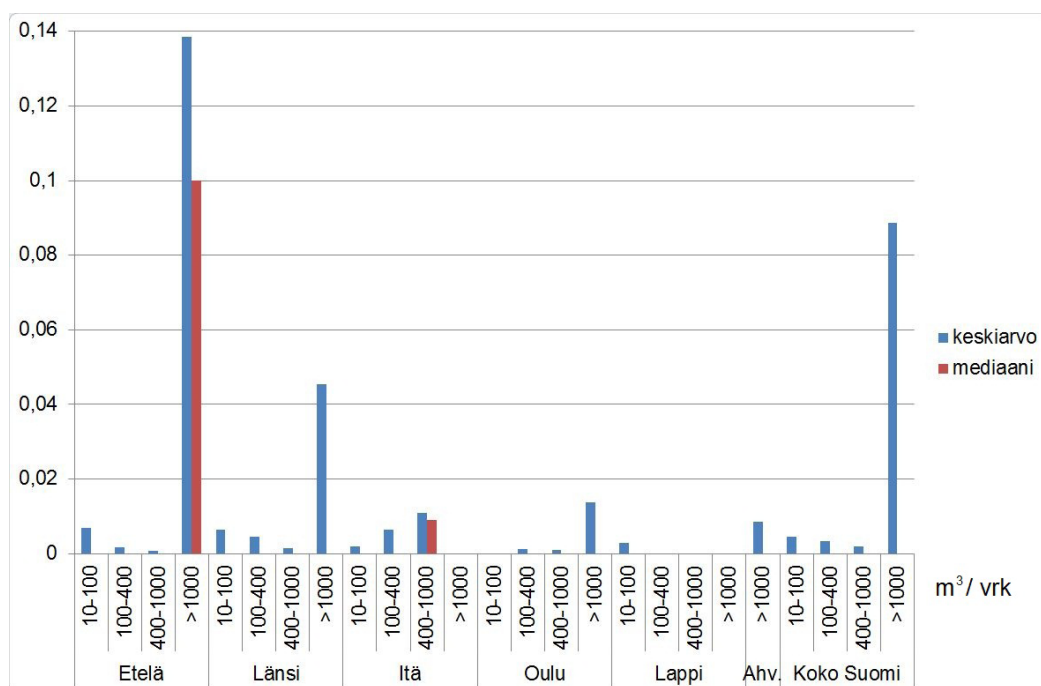
## Talousvesi

Talousveden nitraatti- ja nitriittipitoisuuksia eri lääneissä ja erikokoisissa vesilaitoksissa on esitetty alla olevissa kuvaajissa L6 – L9 (THL Vesi ja terveys; Zacheus 2010 ).

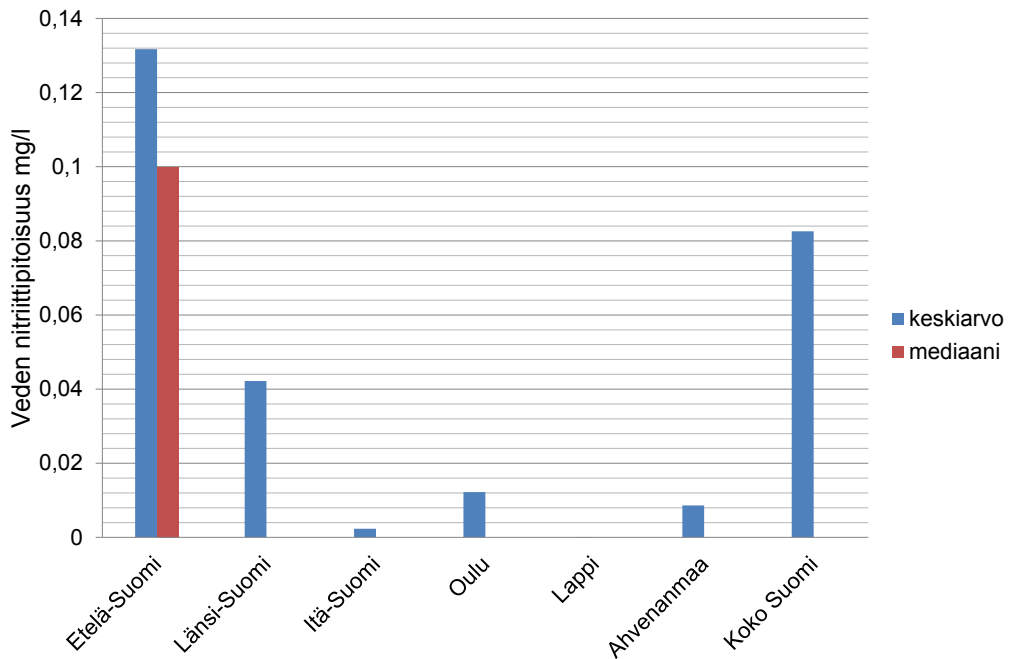




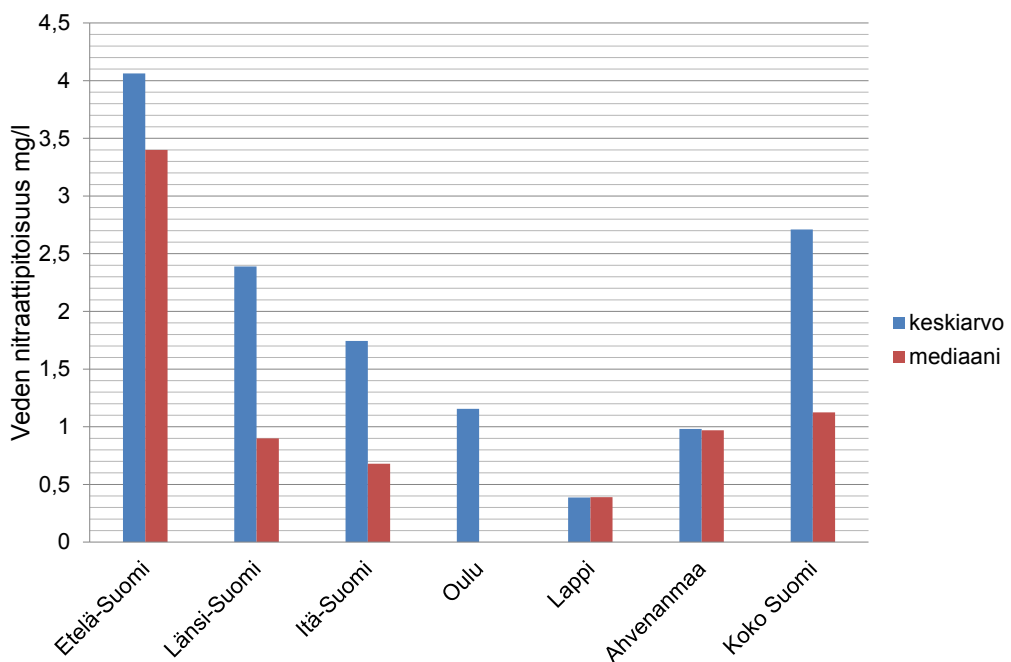
**Kuva L6.** Nitraatin mediaanipitoisuudet ja keskipitoisuudet (mg/l) eri läänien erikokoisissa vesilaitoksissa vuonna 2008. Ahvenanmaa on merkitty taulukkoon "Ahv.". Tulokset on laskettu käyttäen laitosten päivittäisiä vesimääriä painokertoimina.



**Kuva L7.** Nitriitin mediaanipitoisuudet ja keskipitoisuudet (mg/l) eri läänien erikokoisissa vesilaitoksissa vuonna 2008. Ahvenanmaa on merkitty taulukkoon "Ahv.". Tulokset on laskettu käyttäen laitosten päivittäisiä vesimääriä painokertoimina.



**Kuva 18.** Talusveden nitriittipitoisuuksien keskiarvot ja mediaanipitoisuudet eri lääneissä ja koko Suomen alueella. Tulokset on laskettu käyttäen laitosten päivittäisiä vesimääriä painokertoimina.



**Kuva 19.** Talusveden nitraattipitoisuuksien keskiarvot ja mediaanipitoisuudet eri lääneissä ja koko Suomen alueella. Tulokset on laskettu käyttäen laitosten päivittäisiä vesimääriä painokertoimina.



