

TÄYDENNETYT ELINTARVIKKEET JA RAVITSEMUSTILA LAPSILLA  
KEHITTYVISSÄ MAISSA

Keränen Kerttu

Kandidaatintutkielma

Ravitsemustiede

Lääketieteen laitos

Terveystieteiden tiedekunta

Itä-Suomen yliopisto

Toukokuu 2018

Itä-Suomen yliopisto, Terveystieteiden tiedekunta  
Kansanterveystieteen ja kliinisen ravitsemustieteen yksikkö  
Ravitsemustiede  
KERÄNEN KERTTU H H: Täydennetyt elintarvikkeet ja ravitsemustila lapsilla kehittyvissä maissa  
Kandidaatin tutkielma, 51 sivua  
Ohjaaja: Dosentti Arja Erkkilä  
Toukokuu 2018

---

Avainsanat: Täydennys, elintarvikkeet, vajaaravitsemus, lapset, kehittyvät maat

## TÄYDENNETYT ELINTARVIKKEET JA RAVITSEMUSTILA LAPSILLA KEHITTYVISSÄ MAISSA

Kirjallisuuskatsauksen tavoitteena oli tarkastella, mitä elintarvikkeita täydennetään, millä mikroravintoaineilla niitä täydennetään ja kuinka niiden nauttiminen vaikuttaa kouluikäisten ja alle kouluikäisten lasten ravitsemustilaan. Tarkasteltavien tutkimusten kohteina olleet lapset olivat pääosin iältään 3–16-vuotiaita ja kotoisin Etelä- ja Kaakkois-Aasiasta sekä Afrikasta. Vaikutusta ravitsemustilaan oli tutkittu pääosin kaksoissokkoutetuilla satunnaistetuilla lume-kontrolloiduilla kokeilla.

Täydentämiseen sopivia elintarvikkeita on useita ja yleisimmät lapsille kohdennetut elintarvikkeet ovat mehu, keksit ja riisi. Suolaa täydennetään paljon sekä lapsille että koko väestölle. Yleisimpiä lisättäviä mikroravintoaineita ovat rauta, A-vitamiini ja jodi. Näiden puutokset ovat myös yleisiä maailmanlaajuisesti, varsinkin kehittyvissä maissa. Puutostilat ovat varsin vahingollisia lasten fyysiselle ja psyykkiselle kehitykselle, ja siksi niiden parantaminen on tärkeää palautumattomien muutosten ehkäisemiseksi. Puutostilojen määrittämiseen voidaan käyttää ravitsemustilaa kuvaavia biomarkkereita.

Täydennettävää elintarviketta valittaessa kohderyhmä ja elintarvikkeen kemialliset ominaisuudet on tärkeää ottaa huomioon. Lasten kohdalla tämä tarkoittaa pääasiassa mielekkäiden elintarvikkeiden valitsemista. Kemialliselta ominaisuudeltaan elintarvikkeen olisi hyvä sisältää mahdollisimman vähän mikroravintoaineen imeytymistä inhiboivia yhdisteitä ja lisättävän mikroravintoaineen olisi hyvä aiheuttaa mahdollisimman vähän aistein havaittavia muutoksia elintarvikkeessa.

Kirjallisuuskatsauksessa todettiin, että täydennetyt elintarvikkeet ovat hyvä tapa parantaa lasten ravitsemustilaa. Riisin ja leivonnaisten todettiin parantavan ravitsemustilaa paremmin kuin mehun. Lasten nautittua täydennettyjen elintarvikkeita heidän rauta- ja A-vitamiinitila kohentuivat, minkä lisäksi interventioryhmän ravitsemustila kohentui merkitsevästi enemmän kuin kontrolliryhmän. Myös joditilassa havaittiin huomattavaa parantumista. Tutkimuksissa havaittiin, että heikommassa ravitsemustilassa olevat lapset hyötyivät täydennyksestä enemmän kuin paremmassa ravitsemustilassa olevat lapset.

## Sisälllys

1 JOHDANTO.....	3
2 TÄYDENNETYT ELINTARVIKKEET .....	6
2.1 Riisi ja riisi-linssipuuro .....	7
2.2 Vehnä ja vehnäleivonnaiset .....	8
2.3 Mehu.....	8
2.4 Suola.....	9
3 ELINTARVIKKEISIIN YLEISIMMIN LISÄTYT MIKRORAVINTOAINHEET .....	13
3.1 Rauta.....	13
3.2 A-vitamiini .....	17
3.3 Jodi .....	19
4 RAVITSEMUSTILAA KUVAAVAT BIOMARKKERIT .....	21
5 TÄYDENNETTYJEN ELINTARVIKKEIDEN VAIKUTUS RAVITSEMUSTILAAN ...	24
5.1 Riisi ja riisi-linssipuuro .....	24
5.2 Vehnä ja vehnäleivonnaiset .....	25
5.3 Mehu.....	26
5.4 Suola.....	27
6 POHDINTA.....	35
7 JOHTOPÄÄTÖKSET .....	41
8 LÄHTEET .....	43
9 LIITTEET .....	48

## 1 JOHDANTO

Vajaaravitsemus on maailmanlaajuisesti suuri ongelma, ja se aiheuttaa lähes puolet alle viisivuotiaiden lasten kuolemista (UNICEF DATA 2017). Vajaaravitsemuksella tarkoitetaan jonkin ravintoaineen liiallista tai liian vähäistä saantia, joista jälkimmäinen on pääosin kehittyvien maiden ongelma (WHO 2006). Vajaaravitsemus voi olla joko primaarista tai sekundaarista (Aro ym. 2015). Primaarisen vajaaravitsemuksen syy on ravintoaineiden liian vähäinen saanti, joka johtuu liian vähäisestä tai yksipuolisesta ruokavaliosta. Lisäksi ruoan prosessoinnin ja säilytyksen aikana mikroravintoaineita voi tuhoutua. Sekundaarinen vajaaravitsemus johtuu hyväksikäytävyyden ongelmista tai lisääntyneestä mikroravintoaineiden tarpeesta. Tässä kirjallisuuskatsauksessa mikroravintoaineet käsittävät vitamiinit, kivennäis- ja hivenaineet.

Erityisesti lapsilla mikroravintoaineiden tarve on suuri (Perignon ym. 2016). Lisäksi lapset ovat herkkiä mikroravintoaineiden puutoksille, sillä lapsuusiässä ilmenevä vajaaravitsemus vaikuttaa niin lapsen henkiseen kuin fyysiseenkin kehitykseen. Lapsen kolme ensimmäistä vuotta ovat hyvin kriittisiä ja herkkiä mikroravintoaineiden puutoksille (Sazawal ym. 2010). Tuona aikana hematopoiesi eli verenmuodostus ja kasvu vaativat paljon energiaa ja mikroravintoaineita. Vajaaravitsemuksen pidemmän ajan seurauksia ovat muun muassa kasvun hidastuminen, infektioaudit ja oppimisvaikeudet (WHO 2006).

Mikroravintoaineista johtuvaa puutosta voidaan kutsua myös piilonäläksi, koska puutostila ei aina näy nälkiintymisenä tai alipainona (van Stuijvenberg 2005). Tämän takia puutostiloja määriteltäessä ei pitäisi nojautua vain antropometriin mittauksiin vaan mukaan tulee ottaa myös muita mittareita. Tässä kirjallisuuskatsauksessa jätetään pois kognition kehityksen, puutteellisen energian saannin seurausten ja antropometristen muutosten tarkastelu, ja keskitytään vain ravitsemustilaa kuvaaviin biomarkkereihin. Biomarkkerit ovat esimerkiksi verestä mitattavia yhdisteitä, joiden avulla on mahdollista kuvata spesifisesti jonkin tietyn mikroravintoaineen pitoisuutta kehossa. Täten niiden avulla voidaan määrittää henkilön ravitsemustilaa mikroravintoaineiden osalta.

Tällä hetkellä vajaaravitsemuksen yleisimmät muodot ovat raudan, A-vitamiinin ja jodin puutokset, minkä takia monia elintarvikkeita täydennetään niillä (WHO 2006). Täten tämä kirjallisuuskatsaus keskittyy edellä mainittuihin mikroravintoaineisiin ja niiden puutoksiin syvällisemmin. On kuitenkin hyvä muistaa, että raudan, A-vitamiinin ja jodin lisäksi elintarvikkeita täydennetään usein muillakin mikroravintoaineilla (Taulukko 1) ja että muistakin mikroravintoaineista on puutosta (WHO 2006).

Köyhyys, erilaisten ruokien heikko saatavuus, ravitsevan ja monipuolisen ruokavalion tärkeyttä koskeva tiedon puute ja infektiosairauksien korkea ilmaantuvuus ovat vajaaravitsemuksen tärkeimpiä syitä (WHO 2016). Varallisuudella on paljon merkitystä, sillä köyhimmillä ei ole useinkaan varaa syödä ravintorikasta lihaa tai monipuolisesti kasviksia (Perignon ym. 2016). Esimerkiksi Bangladeshissa ruoan yksipuolisuus on suurin syy lasten heikolle mikroravintoainetilalle (Adams ym. 2017).

Mikroravintoaineenpuutos saattaa myös johtua alueen ravintoköyhästä maaperästä, ja siksi elintarvikkeeseen voidaan lisätä yksittäistä mikroravintoainetta tai useita mikroravintoaineita (Ash ym. 2003, Faber ym. 2005). On arvioitu, että 40 % maailman väestöstä asuu alueella, jossa on jodipuutoksen riski (Solon ym. 2003). Esimerkiksi Thaimaan koillisosissa ja Bangladeshissa maaperän jodi- ja sinkkipitoisuudet ovat pienet (Winichagoon ym. 2006, Sazawal ym. 2013).

Kehittyvissä maissa vuodenaikainen vaihtelu vaikuttaa mikroravintoaineiden saantiin (WHO 2006). Sadonkorjuun jälkeen ruokavarastot ovat suuremmat, ravinto on ravitsevaa ja monipuolista, kun taas viljelykauden aikainen ravinto saattaa olla hyvinkin niukkaa (Ash ym. 2003). Myös kastelueden saatavuus ja sen vaihtelut johtavat suuriin sadon laadun vaihteluihin. Ruoan suuri fytaattipitoisuus ja mikroravintoaineiden huono bioaktiivisuus tai imeytyvyys ovat puolestaan yleisimpiä syitä ruoan heikkoon hyväksikäytettävyyteen (Osei ym. 2010). Infektiot, jotka ovat yleisiä märkäkaudella malarian transmissioiden seurauksena (Ash ym. 2003), heikentävät puolestaan ravintoaineiden imeytymistä (Glinz ym. 2017). Kaikki edellä mainitut tekijät tarkoittavat sitä, että vajaaravitseminen ei ole vain terveysongelma, vaan sen takana on myös sosioekonomisia ja ekologisia ongelmia.

Yksi hyvä keino vajaaravitsemusongelman ratkaisemiseksi on halpojen täydennettyjen elintarvikkeiden saatavuuden lisääminen (WHO 2006). Muita keinoja ovat ruokavalion monipuolistaminen, mikroravintoainelisien käyttö ja yleisen terveyden ja hygienian mittaaminen ja sen parantaminen (WHO 2016). Monipuolistamisella tarkoitetaan täydennettävään elintarvikkeeseen lisättävien mikroravintoaineiden määrän lisäämistä ja täydennettyjen elintarvikkeiden tuotannon, saatavuuden ja kulutuksen parantamista sekä ylipäättään yhä useamman erilaisen raaka-aineen kulutusta. Monipuolistamisen on todettu olevan myös kestävä tapa parantaa ravitsemustilaa (Abrams ym. 2003). Se on kuitenkin tavoista aikaa vievin ja vaikeimmin omaksuttava. Ravintolisien eli pillereiden tai nesteiden päivittäisen nauttimisen tai erillään ruokavaliosta muutaman kerran vuodessa nautittavan suuren kertaannoksen saannin ei ole puolestaan osoitettu olevan tehokasta pitkällä ajalla. Lisäksi ne saattavat aiheuttaa negatiivisia sivuvaikutuksia, kuten pahoinvointia (Aro ym. 2015).

Kirjallisuuskatsauksen tavoitteena on selvittää, mitä elintarvikkeita täydennetään, millä mikroravintoaineilla niitä täydennetään ja miten niiden nauttiminen vaikuttaa kouluikäisten ja alle kouluikäisten (3–16-vuotiaat) lasten ravitsemustilaan kehittyvissä maissa. Tarkastelun ulkopuolelle jätetään aikuiset ja imeväisikäiset lapset sekä tutkimukset, jotka käsittelevät ravintolisien vaikutusta ravitsemustilaan. Tutkimuksista poissuljettiin kohorttitutkimukset ja tutkimukset, jotka käsittelevät vaikutusta antropometriaan ja kognitiiviseen kehitykseen. Täydennetyistä elintarvikkeista käsitellään vain keskeisimmät, jotka on kohdennettu erityisesti lapsille koko väestön sijasta.

## 2 TÄYDENNETYT ELINTARVIKKEET

Täydennetyillä elintarvikkeilla tarkoitetaan elintarvikkeita, joihin lisätään tarkoituksenmukaisesti yhtä tai useampaa mikroravintoainetta puutostilojen korjaamiseksi tai ehkäisemiseksi (WHO 2006). Nämä eroavat ravintolisistä siten, että niitä ei nautita erillään ruoasta nestemäisinä liuoksina tai tabletteina. Elintarvikkeita aletaan täydentää vasta, kun on todettu, ettei paikallisten tuotteiden optimoitu käyttö pysty tyydyttämään kaikkia ravitsemuksellisia tarpeita (Leyvraz ym. 2017). Täydennettävät elintarvikkeet ja niihin lisättävät mikroravintoaineet on esitelty taulukossa 1. Taulukossa 1 esiteltyjen elintarvikkeiden lisäksi esimerkiksi mausteseoksia/-kastikkeita, sokeria ja vettä voidaan täydentää mikroravintoaineilla (van Thuy ym. 2003, Winichagoon ym. 2006, Dutra-de-Oliveira ym. 2007, Longfils ym. 2008, Manger ym. 2008, Lamounier ym. 2010, da Silva Rocha ym. 2011, Laillou ym. 2013, de Almeida ym. 2014).

Tyypillistä täydennetyille elintarvikkeille on, että niiden nauttiminen on suurta ja usein päivittäistä (WHO 2006). Erityisen tärkeää on, että täydennettävää elintarviketta nauttivat juuri mikroravintoaineen puutteesta kärsivät henkilöt (Martorell ym. 2015). Esimerkiksi riskiryhmään kuuluvat maaseudun asukkaat voivat nauttia eri ruokia kuin kaupunkilaiset. Lisäksi mikroravintoaineiden on oltava helppo lisätä elintarvikkeeseen (WHO 2006). Täydentymisen toteutuminen on todennäköisempää suurissa elintarvikeyrityksissä kuin pienissä. Elintarvike tulisi nauttia melko nopeasti valmistamisen jälkeen, jotta sen ravitsemuksellinen arvo säilyisi ja aistittavat muutokset olisivat mahdollisimman vähäiset. Ravitsemukselliseen arvoon vaikuttavat mikroravintoaineen bioaktiivisuus ja sen mahdolliset interaktiot elintarvikkeen muiden yhdisteiden kanssa.

Kuvatut ominaisuudet ovat myös tae sille, että täydentämisestä tulee mahdollisimman tehokasta (Horton ym. 2008). *The Copenhagen Consensus* -projektissa arvioitiinkin mikroravintoainetäydennyksen olevan tärkeä prioriteetti kansainvälisessä kehityksessä (Horton ym. 2008). Lisäksi mikroravintoainetäydennys arvioitiin hintahyödyltään yhdeksi parhaista tavoista kontrolloida ja ehkäistä ravitsemuksellisesti köyhän ruoan nauttimisesta johtuvia mikroravintoaineiden puutoksia. Varsinkin väestöissä, joissa lisättävän mikroravintoaineenpuutos on yleistä, koko väestöön kohdennettu täydennys todettiin erittäin tehokkaaksi.

Yksi täydentämisen muoto on koko väestölle suunnattu täydennys, ja se on lähes poikkeuksetta pakollista kansallisen ruokalain mukaan (WHO 2016). Esimerkiksi Afrikassa yli kaksikymmentä maata kattava *West African Economic and Monetary Union* (UEMOA) on antanut suositukset pakollisille täydennyksille (Hess ym. 2013). Se suosittelee jauhojen

täydentämistä ferrofumaraatilla (60 ppm) ja foolihapolla (2,6 ppm), minkä lisäksi se sallii vapaaehtoisen täydentämisen sinkillä, B12-vitamiinilla ja muilla B-ryhmän vitamiineilla. Eri maiden pakollisesti täydennetyt elintarvikkeet on esitelty liitteessä 1.

Koko väestölle suunnatun täydentämisen lisäksi täydentämisellä on kaksi muutakin muotoa (WHO 2016). Markkinavetoinen täydentäminen on vapaaehtoista, mutta usein myös isossa mittakaavassa toteutettavaa. Siinä yksittäiset elintarvikkeiden tuottajat voivat halutessaan täydentää tuotteitaan. Kohdennettu täydentäminen on täydentämisen kolmas muoto. Se voi puolestaan olla joko pakollista tai vapaaehtoista, ja sitä käytetään tietyille väestöryhmälle, kuten lapsille. Näiden kolmen lisäksi täydentämistä voidaan toteuttaa kotitalouksissa tai yhteisöissä esimerkiksi erilaisin jauhein. Tutkielma keskittyy pääasiassa kohdennettuun elintarvikkeiden täydentämiseen.

## **2.1 Riisi ja riisi-linssipuuro**

Hiottu riisi on yleisimmin käytetty peruselintarvike Etelä-Aasiassa (Moretti ym. 2006). Sitä syödään lähes päivittäin ja siksi se on hyvä täydennyksen kohde. Sen on myös todettu olevan turvallinen ja tehokas täydennyksen kohde Aasiassa, Afrikassa ja Latinalaisessa Amerikassa (Perignon ym. 2016) Hiottu valkoinen riisi on hyvä täydennyksen kohde, koska sen fytaattipitoisuus on matala (Pinkaw ym. 2013). Hiomisen jälkeen riisi sisältää vain 4–8 grammaa rautaa kilossa, eikä tämä ole mahdollisesti rautaa sisältävien kastikkeidenkaan ohella tarpeellinen määrä kattamaan päivän rautatarvetta (Moretti ym. 2006).

Riisi on suhteellisen ravintoköyhä kasvi, joten sen suuri kulutus hyvin kasvispainotteisessa ruokavaliossa johtaa helposti A-vitamiinin, raudan ja jodin puutokseen (Sazawal ym. 2013). Näiden puutos on hyvin yleistä monissa Aasian maissa, varsinkin Intiassa ja Bangladeshissa. Intiassa riisin ohella käytetään myös riisi-linssipuuroa eli khichdiä (Varma ym. 2007). Tämä on linssin ansiosta puhdasta valkoista riisiä ravintorikkaampaa ja aminohappokoostumukseltaan parempi.

Teollisuusmaissa riisiä rikastetaan raudalla sisältämään sen alkuperäinen määrä rautaa kylmäpuristamalla riisi (Moretti ym. 2006). Toinen vaihtoehto on kuumapuristus, jonka ansiosta riisi pysyy korkealaatuisena eikä ole herkkä organoleptisille muutoksille (Pinkaw ym. 2013). Organoleptisillä muutoksilla tarkoitetaan aistein havaittavia muutoksia kuten väri-, haju-, maku- ja rakennemuutoksia. Eltaantuminen on yksi esimerkki organoleptisestä muutoksesta (WHO 2006). Kuumapuristusmenetelmä on kuitenkin kallein. Riisinydin on mahdollista päällystää ferrosulfaatilla, tai geeniteknologian avulla riisiin voidaan lisätä ferritiinigeeni tuottamaan rautaa (Moretti ym. 2006). Näistä vaihtoehtoista kylmäpuristus



olisi kuitenkin tehokkain rautatäydentämiseen. Lisäksi kylmäpuristus mahdollistaa rautayhdisteen pitoisuuden paremman säätelyn.

## **2.2 Vehnä ja vehnäleivonnaiset**

Vehnä on maailman tuotetuin viljalaji, ja lähes kolmasosa maailman väestöstä kuluttaa sitä (Muthayya ym. 2012). Täten sen käyttö täydennyksen kohteena on hyvin perusteltua. Käyttöä rajoittaa kuitenkin kaksi suurta ongelmaa: raudan huono imeytyvyys (lisättyinä täysjyvään) ja raudan imeytymistä vähentävän fytaatin suuri pitoisuus.

Vehnän sekaan voidaan myös sekoittaa tai käyttää yksinään maissia ja erilaisia palkokasveja. Palkokasvien lisäys parantaa vehnäjauhojen ravitsemuksellista arvoa monipuolistaen niiden aminohappokoostumusta (Aro ym. 2015). Maissipuuro on yksi paljon käytetty elintarvike useissa Afrikan maissa (Faber ym. 2005). Maissi on halpa ravintotiheä kasvi, ja täten hyvä täydentämisen kohde Afrikassa. Vehnän tavoin maissin ongelmana on korkea fytaattipitoisuus, joka inhiboi raudan imeytymistä. Raudan imeytymisen ongelma voidaan korjata lisäämällä esimerkiksi askorbiinihappoa.

Tavallisen jauhojen sijasta täydennettyjä jauhoja voidaan käyttää leivonnassa (Solon ym. 2000, Muthayya ym. 2012). Lapset nauttivat usein keksejä päivittäin, joten ne ovat hyviä täydennyksen kohteita. Ongelmaksi saattaa kuitenkin nousta jodin heikko stabiilisuus paiston aikana (van Stuijvenberg ym. 1999). Lisäksi leivonnassa saatetaan käyttää hydrattuja rasvoja, joiden terveydelle haitallisten transrasvahappopitoisuus on suuri (van Stuijvenberg 2005). Tämän takia hydrattujen rasvojen sijasta on alettu käyttää palmuöljyä, jossa on luonnostaan paljon tyydyttyneitä rasvahappoja. Tämä tarkoittaa, että rasvaa ei tarvitse kovettaa hydraamalla, minkä ansiosta vältetään transrasvahapoilta.

## **2.3 Mehu**

Yksi yleisimmistä lasten nauttimista juomista on mehu (Angeles-Agdeppa ym. 2011). Mehuun on helppo lisätä mikroravintoaineita muuttamatta juoman kulutus-, valmistus- tai jakelutapaa. Ongelmana on kuitenkin mehujen sisältämä sokeri ja energia, jotka voivat johtaa hampaiden kiilleaurioihin ja ylipainoon liikaa käytettäessä (Abrams ym. 2003). Mehun merkittävä etu on kuitenkin runsas nauttiminen eli hyvä komplianssi. Mehu on myös halvempi täydentämisen kohde kuin maito tai tuoremehu. Lisäksi erilaisia täydennettyjä juomia voidaan käyttää esimerkiksi täydennettyjen keksien kanssa tehostamaan mikroravintoaineiden saantia ja imeytymistä (van Stuijvenberg ym. 1999, Muthayya ym. 2012).

## 2.4 Suola

Suola on hyvä täydentämisen kohde, sillä sitä on tapana lisätä ruokaan päivittäin. Se sisältää luontaisesti jodia vain alle 2 ppm, eikä tämä ole riittävää tarpeeseen nähden (Wegmüller ym. 2006). Suola on myös yksi harvoista elintarvikkeista, jota on mahdollista täydentää läntisessä Afrikassa. Yleisimmät mikroravintoaineet, joilla suolaa täydennetään ovat jodi ja rauta, joista jodin lisääminen suolaan on hyvin yleistä ja monessa maassa pakollista (Zimmermann ym. 2003, Wegmüller ym. 2006). Jodilla ja raudalla täydennetty suola tunnetaan usein nimellä *dual-fortified salt*. WHO:n (2006) suositus joditäydennykselle on 20–40 milligrammaa jodia yhdessä kilossa suolaa, kun suolankulutuksen oletetaan olevan 10 grammaa päivässä. Jodin lisääminen on myös helppoa ja halpaa. Nämä tekijät tekevät jodilla täydennetyt suolan myös menestyksekkäimmäksi täydentämistavaksi kontrolloida jodin puutosta (Ash ym. 2003).

Suola on kuitenkin hyvin herkkä organoleptisille muutoksille, vaikka lisättäviä mikroravintoaineita käytettäisiin kapseloituna muotona (Zimmermann ym. 2003). Kapseloitu muoto kuitenkin vähentää jodihävikkiä ja on vähiten herkkä organoleptisille muutoksille. Organoleptiset muutokset johtuvat usein suolan epäpuhtauksista. Raudan ferrimuoto on myös pysyvämpi kuin aktiivisempi ferromuoto (Wegmüller ym. 2006). Vaikka väriä ei havaittaisi alussa, niin ongelmat ilmenevät usein kosteuden lisääntyessä (kellertävä) tai ruokaa valmistettaessa (rusehtavan harmaa). Jodin lisäyksen esteenä on useammin ollut rahan puute (Zimmermann ym. 2003) kuin organoleptiset muutokset.

Taulukko 1. Täydennetyt elintarvikkeet ja niihin lisätyt mikroravintoaineet koulu- ja alle kouluikäisille lapsille.

Elintarvike	Lisättävä(t) mikroravintoaine(et)	Viite
Riisi	<p>1 kg: 200 mg Fe (mikroajuhettu rauta(III)pyrofosfaatti)</p> <p>100 g keittämätöntä:            UltraRice Original: 10,67 mg Fe, 3,04 mg Zn, 1,06 mg B1, 0,17 mg B9            UltraRice New: 7,55 mg Fe, 2,02 mg Zn, 1,43 mg B1, 12,57 mg B3, 0,28 mg B9, 3,8 µg B12, 2140 IU A-vit            Nutrinice: 7,46 mg Fe, 3,68 mg Zn, 0,69 mg B1, 7,98 mg B3, 0,92 mg B6, 0,14 mg B9, 1,26 µg B12, 960 IU A-vit</p> <p>140 g keitettynä: 10 mg Fe (mikroajuhettu rautapyrofosfaatti), 9 mg Zn (sinkkisuolaatti), 1050 µg A-vit (retinyyliipalmitaatti)</p> <p>200 g: 14 mg Fe (kapseloitu ferrofumaraatti), 500 IU A-vit (retinyyliasettaatti), 0,05 mg foolihappo</p>	<p>Moretti ym. 2006</p> <p>Perignon ym. 2006</p> <p>Pinkaew ym. 2013, 2014</p> <p>Varma ym. 2007</p>
Riisi-linssipuuro (khichdi)  Vehnä (jauhot)  Täysjyvävehnä  Vehnä	<p>100 g: 6 mg Fe (NaFeEDTA)</p> <p>1 kg: 57 mg Fe, 94 mg Zn, 2,84 mg foolihappo, 0,038 mg B12</p> <p>1 kg: 60/30 mg Fe (elektrolyytinen rauta/ferrofumaraatti), 1,5 mg foolihappo</p>	<p>Muthayya ym. 2012</p> <p>Engle-Stone ym. 2017a</p> <p>Rohner 2016</p>

Taulukko 1. jatkuu

Elintarvike	Lisättävä(t) mikroravintoaine(et)	Viite
Keksit	<p>rauta bisglysiinaatti, nautan hemoglobiini</p> <p>1 vehnäkeksi: 8 mg Fe (ferrosulfaatti tai NaFeEDTA) tai 41 mg EDTA (Na<sub>2</sub>EDTA)</p> <p>45 g keksi: 5 mg Fe (ferrofumaraatti), 60 µg I (KI), 2,1 mg A-vit (β-karoteeni)</p> <p>1 vehnäkeksi*:</p> <p>Suuri mikroravintoaine määrä: 500 µg RE, 0,9 mg B2, 1 mg B6, 1,8 µg B12, 300 µg folaatti, 227,1 µg C-vit, 231 mg Ca, 100 µg I, 18 mg Fe, 10,5 mg Zn</p> <p>Pieni mikroravintoainemäärä: 75 µg RE, 0,14 mg B2, 0,15 mg B6, 0,27 µg B12, 45 µg folaatti, 5,25 µg C-vit, 105 mg Ca, 15 µg I, 2,7 mg Fe, 1,7 mg Zn</p> <p>100 mg: 10,5 mg Fe, 7,5 mg Zn, 245 µg A-vit (retinoli), 1,8 µg D-vit, 5 mg E-vit, 20 mg C-vit, 0,5 mg B1, 0,7 mg B2, 6 mg B3, 3 mg B5, 1 mg B6, 800 µg folaatti, 0,5 µg B12, 250 mg Ca, 150 mg Mg, 75 µg I</p> <p>1 annos pandesal: 133 µg RE</p>	<p>Lamounier ym. 2010</p> <p>Bouhouch ym. 2016</p> <p>van Stijvenberg ym. 1999</p> <p>Muthayya ym. 2009</p> <p>Adams ym. 2017</p> <p>Solon ym. 2000</p>
Pulla	<p>200 ml: 133,3 µg A-vit (retinyylipalmitaatti), 45 mg C-vit (askorbiinihappo), 1,4 mg Zn (sinkkisuulfaatti monohydraatti), 1,3 mg Fe (rautapyrofosfaatti tai aruinkoaktivoitu FeP80), 200 mg lysiini (L-lysiini monohydrokloridi)</p> <p>25 g jauhe → 250 ml: 5,4 mg Fe, 1750 IU A-vit (retinyylipalmitaatti), 45 µg I, 5,25 mg Zn, 72 mg AA, 0,6 mg B2, 0,14 mg foolihappo, 3 µg B12-, 0,7 mg B6-, 10,5 mg E-vit</p> <p>150 ml: 90 mg C-vit</p> <p>200 ml: 4,8 mg Fe, 48 µg I, 3,75 mg Zn, 0,46 mg B2, 2,5 mg B3, 0,5 mg B6, 0,5 µg B12, 0,06 mg foolihappo, 75 mg C-vit, 2,5 mg E-, 0,5 µg</p> <p>240 ml: 2400 µg A-vit (β-karoteeni), 7,5 mg E-vit (dl-α-tokoferoli asetaatti), 60 mg C-vit (askorbiinihappo), 0,5 µg B2, 2,7 mg B3, 140 µg foolihappo, 1 µg B12 (syanokobalamiini), 120 mg Ca (trikalsiumfosfaatti), 7 mg Fe (rauta bisglysiinaatti kelaatti), 60 µg I (KI), 3,75 mg Zn (sinkkiglukonaatti)</p>	<p>Angeles-Agdeppa ym. 2011</p> <p>Ash ym. 2003</p> <p>van Stijvenberg ym. 1999</p> <p>Solon ym. 2003</p> <p>Abrams ym. 2003</p>

Taulukko 1. jatkuu

Elintarvike	Lisättävä(t) mikroravintoaine(et)	Viite
Suola	<p>1 g: 3 mg Fe (rauta(III)pyrofosfaatti), I (paikallisesti jodioitu)</p> <p>1 g: 1 mg Fe (osittain hydrogeoidulla öljyllä kapseloitu ferrosulfaatti), 25 µg I (KI)</p> <p>1 kg: 300 IU A-vit, 200 mg B1, B2, B6, 3 g B3, 400 µg B12, 5 mg foolihappo, 200 mg Ca (kalsium pantotenaatti), 1000 ppm Fe, 40 ppm I</p> <p>1 kg: 30–50 mg I (KIO3)</p>	<p>Wegmüller ym. 2005 Zimmermann ym. 2003 Kumar ym. 2007</p> <p>Rohner ym. 2016</p>

\*nautittu 160 ml maitojuoman (65 g täydennetty maitojauhe) kanssa

Vit = vitamiini, AA = askorbiinihappo, B1 = tiamiini, B2 = riboflaviini, B3 = niasiini, B5 = pantoeenihappo, B6 = pyridoksiini, B7 = biotiini, B9 = foolihappo

Ca = kalsium, Fe = rauta, Mg = magnesium, Zn = sinkki

TE = tokoferoliekvivalentti

RE = retinoliekvivalentti

IU = kansainvälinen yksikkö

ppm = mg/kg

KI = kaliumjodidi

KIO3 = kaliumjodaatti

NaFeEDTA = rauta(III)natrium etyleenidiamiinitetra-asettaatti

Na2EDTA = dinatrium etyleenidiamiinitetra-asettaatti

### 3 ELINTARVIKKEISIIN YLEISIMMIN LISÄTYT MIKRORAVINTOAINEEET

Elintarvikkeisiin voidaan lisätä yksittäisiä tai monia mikroravintoaineita. Yleisimmät elintarvikkeisiin lisättävät mikroravintoaineet ovat rauta, A-vitamiini ja jodi niiden erilaisina aktiivisina muotoina. Nämä kolme edellä mainittua mikroravintoainetta ovat useimmin lisättyjä, sillä niiden puutokset ovat yleisiä ja johtavat vakaviin sairauksiin heikentäen elämänlaatua (WHO 2006).

Elintarvikkeita täydennetään kuitenkin myös monella muullakin mikroravintoaineella. Elintarvikkeisiin lisätyt mikroravintoaineet on esitetty taulukossa 1. Pienemmissä määrissä lisättäviä mikroravintoaineita tai kemiallisia yhdisteitä voidaan käyttää parantamaan päämikroravintoaineen imeytymistä tai vähentämään jonkin haitallisen yhdisteen imeytymistä (Bouhouch ym. 2016). Lisättäviä mikroravintoaineita on hyvä olla useita myös siksi, että yksittäisen mikroravintoaineen puutos voi johtaa jonkin muun ravintoaineen puutokseen mikroravintoaineiden yhteisvaikutusten johdosta (Ash ym. 2003).

Jotta tiedettäisiin, kuinka paljon näitä mikroravintoaineita on tarve lisätä, WHO (2006) on määritellyt ravitsemussuosituksen lisäksi suositukset eri ravintoaineiden täydennystasolle. Täydennystasojen määrittämiseksi WHO on hyödyntänyt EAR-arvoja (*Estimated Average Requirement cut-point method*). EAR on (mikro)ravintoaineen keskimääräinen riittävän saannin raja, jolloin puolella väestöstä saanti on riittävää. Kun tämä tieto yhdistetään tietoon riskiryhmässä olevien henkilöiden tavanomaisesta mikroravintoaineen saannista, elintarvikkeisiin lisättävän mikroravintoaineen tarpeellinen määrä on mahdollista määrittää. EAR on noin puolet päivittäisestä suositellusta määrästä (RI, *Recommended intake*) eli määrästä, jolla ravintoaineiden saanti on riittävää lähes koko väestössä (usein 97,5 %, 2 SD). WHO:n menetelmä huomioi myös lisättävän mikroravintoaineen bioaktiivisuuden ja sen vaihtelun.

Liitteessä 2 on koottu raudan, A-vitamiinin ja jodin päivittäiset saantisuositukset lapsilla. On kuitenkin hyvä muistaa, ettei täydennetty elintarvike ole ainoa mikroravintoaineen lähde, vaan sitä saadaan myös muusta ruokavaliosta.

#### 3.1 Rauta

Rauta on elintärkeä mikroravintoaine, jonka puutos aiheuttaa vakavia sairauksia. Sitä tarvitaan muun muassa hapen kuljetukseen (WHO 2006). Se on mukana elektronien siirrossa, substraattien hapettamisessa ja pelkistämisessä sekä hemi- ja non-hemientsyymien kofaktorina (Aro ym. 2015). Sen haitoista syövän ja sydän- ja verisuonitautien yhteydessä on mainittu, mutta nämä on todettu rautalisien yhteydessä eikä täydennetyissä elintarvikkeissa

(WHO 2006). Akuuttia toksisuutta esiintyy vasta kun transferriini on kyllästynyt raudalla (Aro ym. 2015). Raudan kuolettava annos on 250 milligrammaa painokiloa kohden, joten sen yliannostuksesta ei ole vaaraa kuin joissain sairauksissa, kuten esimerkiksi thalassemioissa, joissa rauta kertyy herkemmin kehoon kuin tavallisesti.

Raudanpuutos on yleisin aliravitsemuksen muoto (WFP 2017) ja anemiasta kärsii arviolta noin 2 miljardia ihmistä, eli yli 30 % koko maailman väestöstä (WHO 2018a). Raudanpuutos aiheuttaa muun muassa anemiaa, oppimisvaikeuksia ja lapsikuolleisuutta (WHO 2006). Raudanpuutosanemia heikentää jodin kilpirauhasmetabolialla ja laskee jodi profylaksian tehoa struuman endeemisillä aluilla (Zimmermann ym. 2003, Wegmüller ym. 2006). Vakavimmissa tapauksissa puutosta kärsivälle henkilölle muodostuu asidoositila heikentyneen hapen saannin seurauksena (Aro ym. 2015). Pahimmassa tapauksessa henkilö menehtyy. Elimistö pyrkii kuitenkin kompensoimaan vähäistä raudan saantia tehostamalla sen imeytymistä ruokavaliosta ja homeostaattisen säätelyn avulla.

Aina raudanpuutoksen seurauksena ei ole anemia vaan pelkkä raudanpuutos. Pitkään jatkuneena raudanpuutos heikentää neuropsykomotorisia toimintoja ja käytöksen kehitystä palauttamattomasti (da Silva Rocha ym. 2011, Barth - Jaeggi ym. 2015). Raudanpuutos lisää myös infektioherkkyyttä ja sairastavuutta alentuneen immuniteetin johdosta (Solon ym. 2003) sekä lisää haitallisen lyijyn imeytymistä (Bouhouch ym. 2016). Raudanpuutos voi olla myös jonkin muun mikroravintoaineen puutoksesta johtuvaa (Wegmüller ym. 2006). Esimerkiksi riboflaviinipuutos heikentää raudan hyväksikäytettävyyttä, metabolialla ja hemoglobiinisynteesiä.

#### *Elintarvikkeisiin lisättävä rauta*

Korkein bioaktiivisuus on vesiliukoisilla rautayhdisteillä, joita ovat muun muassa ferrosulfaatti, ferrobisglysinaatti ja rauta(III)natrium etyleenidiamiinitetra-asettaatti (NaFeEDTA) (WHO 2006). Ferrosulfaatilla on korkein suhteellinen hyötyosuus RBV (*relative bioavailability*) 100 (Hurrell 2002). RBV:n avulla voidaan mitata hyväksikäytettävyyttä, joka riippuu raudan liukoisuudesta mahahappoon. Mitä suurempi luku on, sitä paremmin rautaa voidaan käyttää hyödyksi. Raudan bioaktiivisuus on korkea, kun raudan hyväksikäytettävyys on yli 15 % (WHO 2006). Yhdisteiden ollessa vesiliukoisia, niillä on korkea hyötyosuus, mutta ne ovat herkkiä rasvan hapettumiselle, härskiintymiselle, peptidien sakkaantumiselle sekä väri- ja makumuutoksille. Ferrosulfaatin on myös todettu aiheuttavan hieman metallista makua. Ferrobisglysinaattia ja NaFeEDTA:a tullaan käsittelemään myöhemmin.

Ferrofumaraatti on happoon liukeneva, mutta heikosti veteen liukeneva rautayhdiste, jota voidaan käyttää sellaisenaan tai kapseloituna (WHO 2006). Koska se on happoon liukeneva, tarvitsee se mahahapon vaikutuksen imeytyäkseen. Euroopassa sitä on käytetty laajalti lasten muroissa ja suklaajuomissa (Hurrell 2002). Se on yksi kolmesta yleisimmin käytetyistä rautayhdisteistä (Glinz ym. 2017). Ferrofumaraatti ei ole kovin bioaktiivinen yhdiste, eikä se johda suuriin väri- ja makumuutoksiinkaan. (WHO 2006, Hurrell 2002). Ferrofumaraatin (myös ferrosulfaatin) kapseloitu muoto vähentää raudan reagoimista muiden ruoan yhdisteiden kanssa (WHO 2006). Kapselointiin voidaan käyttää esimerkiksi hydrattua öljyä, maltodekstriiniä tai etyyliselluloosaa, ja lisätyn raudan hyödynnettävyys riippuu kapselin paksuudesta (Hurrell 2002). Viljojen varastoinnin aikana tapahtuvaa rasvojen hapettumista tapahtuu vähemmän kapseloitua muotoa käytettäessä. Ongelmista ei kuitenkaan päästä eroon kapseloinnin avulla, sillä ongelmaksi nousee usein heikko lämmönkestävyys, jolloin edellä mainitut organoleptiset ongelmat tulevat ilmi.

Veteen liukenemattomia ja happoon heikosti liukenevia rautayhdisteitä ovat muun muassa ferropyrofosfaatti ja muihin aineisiin sitoutumaton vapaa rauta (WHO 2006). Näitä käytetään kuitenkin vähiten matalan bioaktiivisuuden takia. Ne imeytyvät kaksi kertaa heikommin kuin ferrosulfaatti (Hurrell 2002). Liukoisuutta ruokasulaan säätelevät kuitenkin monet tekijät, kuten partikkelikoko, muoto, pinta-ala, huokoisuus ja puhtaus, mitkä vaihtelevat nautittavan ruoan mukaan. Yhdisteisiin sitoutumatonta rautaa on tutkittu eläimillä 1970–80 -luvulla, mutta ihmisten kohdalla tutkimusnäyttö on puutteellista. Ferropyrofosfaatin ja sitoutumattomien rautayhdisteiden etuina ovat halpuus ja vähäiset organoleptiset muutokset, mutta merkittävää rautatilan kohentumista ei ole havaittu sitä käytettäessä (Winichagoon ym. 2006).

#### *Rautatäydennyksen haasteet*

Alhainen bioaktiivisuus on yksi raudan lisäämisen haasteista (Glinz ym. 2017). Esimerkiksi ennen vuosituuhannen vaihetta Costa-Ricassa jauhoja ja maitoa täydennettiin pelkistetyllä raudalla, mutta kun tämän todettiin olevan riittämätöntä, korvattiin pelkistetty rauta ferrofumaraatilla vehnäjauhoissa ja ferrobisglysinaatilla maidossa ja maissijauhoissa (Martorell ym. 2015). Bioaktiivisuuden lisäksi rautayhdisteen partikkelikoolla on vaikutusta hyväksikäytettävyyteen: mitä pienempi partikkelikoko sitä paremmin rauta imeytyy (Moretti ym. 2006).

Korkeamman bioaktiivisuuden omaavien rautayhdisteiden käyttö ei kuitenkaan poista ongelmia (WHO 2006). Bioaktiivisemmat rautayhdisteet ovat nimittäin herkkiä organoleptisille muutoksille. Haasteellista on siis löytää riittävästi imeytyvä, mutta vain vähän



organoleptisiä muutoksia aiheuttava rautayhdiste. Toinen suuri haaste on raudan imeytymistä inhiboivat yhdisteet, jotka heikentävät täydennyksen tehokkuutta merkittävästi. Näitä ovat muun muassa fytaatti, fenoliset yhdisteet ja kalsium sekä maito- ja soijatuotteiden proteiinit, mitkä muodostavat imeytymättömiä rautakomplekseja ruoansulatuskanavassa (Aro ym. 2015, Hurrell 2002).

Jotta rauta imeytyisi paremmin, elintarvikkeita voidaan täydentää myös C-vitamiinilla eli askorbiinihapolla ja kalsiumin määrää vähentämällä (Muthayya ym. 2012). Askorbiinihappo on kuitenkin suhteellisen bioaktiivinen yhdiste, joten sen lisäys ei ole kovin yleistä (Hurrell 2002). Askorbiinihapon hävikki on yleistä varastoinnin aikana, varsinkin kuumissa ja kosteissa olosuhteissa. Askorbiinihappo hajoaa myös helposti, minkä takia säilytysolojen tai elintarvikepakkausten tulisi olla ilmatiiviä (van Stuijvenberg 2005). Askorbiinihapon toiminta perustuu siihen, että se hapettuu pelkistäen raudan ferrimuodon ferromuotoon, mikä säilyttää raudan imeytyvyyden pH:n noususta huolimatta (Hurrell 2002). Progressiivisen askorbiinihapon lisäyksen on todettu lisäävän suoraan verrannollisesti raudan imeytymistä. Askorbiinihapon ja raudan suhteen ollessa 2:1, raudan imeytymisen on todettu olevan 2–12 kertaa parempi. Fytaattipitoisuuden ollessa korkea tämä suhde ei ole kuitenkaan riittävä ja suhteen pitäisi olla 3:1 tai enemmän. Askorbiinihapon käytöllä ei ole myöskään havaittu olevan imeytymistä edistävää vaikutusta ferrofumaraattia käytettäessä.

Dinatrium etyleenidiamiinitetra-asetattia ( $\text{Na}_2\text{EDTA}$ ) ja  $\text{NaFeEDTA}$ :a käytetään estämään raudan reagoimista fytiinihapon ja polyfenolisten aineiden kanssa (Hurrell 2002) sekä vähentämään ei-toivottuja organoleptisiä muutoksia, kuten rasvojen hapettumista tai peptidien sakkaantumista (van Thuy ym. 2003). Lisäksi EDTA:n on todettu vähentävän haitallisen lyijyn imeytymistä suolistossa (Bouhouch ym. 2016). Lyijyn imeytymisen väheneminen perustuu siihen, että EDTA muodostaa lyijyn kanssa metallikompleksin eli kelaatin. EDTA sitoo myös rautaa ja estää täten imeytymättömien rautakompleksien muodostumista. Lisäksi EDTA on askorbiinihappoa pysyvämpi ja siten vähemmän altis hajoamiselle säilytyksen ja ruoanvalmistuksen yhteydessä (Hurrell 2002). Raudan imeytyminen fytaattipitoisista elintarvikkeista on 2–3 kertaa korkeampi  $\text{NaFeEDTA}$ :a käytettäessä kuin ferrosulfaattia käytettäessä (Hurrell 2002, WHO 2006). Ferrosulfaatti on kuitenkin noin 5–6 kertaa halvempi kuin  $\text{NaFeEDTA}$  (Longfils ym. 2008), joka on altis värimuutoksille (Hurrell 2002).  $\text{NaFeEDTA}$ :a vielä kalliimpi yhdiste on ferrobisglysinaatti, jota pidetään luonnollisena vaihtoehtona rautatäydennykseen. Se on monen muun rautayhdisteen tapaan herkkä organoleptisille muutoksille, mutta sen suurin ongelma on, että se on patentoitu. Patentin takia sen tehokkuutta on vaikea todistaa. EDTA:n hyödyistä huolimatta EDTA:a sisältävät

lisäaineet ovat kiellettyjä monissa maissa (WHO 2006). FAO ja WHO ovat yhdessä antaneet hyväksynnän käyttää NaFeEDTA:a 0,2 milligrammaa rautaa painokiloa kohden vuorokaudessa. EDTA saattaa myös muodostaa muita komplekseja ennen rautaan sitoutumista eikä täten tehosta raudan imeytymistä (Hurrell 2002).

Elintarvikkeessa raaka-aineen fytaattipitoisuus vähentää oletettavasti raudan imeytymistä, joten sen pitoisuus elintarvikkeessa tulee ottaa huomioon (WHO 2006). Fytaattia on pyritty poistamaan esimerkiksi entsyymaattisesti (Hurrell 2002). Fytaatti pitää poistaa lähes täydellisesti, sillä pienikin määrä fytaattia vähentää raudan, sinkin ja kalsiumin imeytymistä merkittävästi. Ruoan prosessointia, kuten liottamista, idätystä ja fermentointia voidaan myös mahdollisesti hyödyntää fytaatin poistamiseen (Hurrell 2002, Aro ym. 2015). Näiden tapahtumien johdosta luontainen fytaatti aktivoituu, jolloin sen poistaminen on helpompaa ja mikroravintoaineiden imeytyminen paranee.

### 3.2 A-vitamiini

A-vitamiinin pääasiallinen tehtävä on näköaistimuksen tuottaminen sekä solun jakautumisen ja -erilaistumisen säätely (Pinkaw ym. 2013). Lisäksi A-vitamiinia tarvitaan erytropoietiniinien ja raudan mobilisaatioon rautavarastoista. Se on myös mukana transferriniisynteesissä, jonka johdosta rautaa on saatavilla hematopoeesiin (Angeles-Agdeppa ym. 2011). Rautalisien käytön onkin todettu vähentävän A-vitamiinin puutosta (Solon ym. 2003).

A-vitamiininpuutos on ensisijainen syy lapsuusiän sokeuteen ja sen puutos on hyvin yleistä (WFP 2017). Arviolta 250 miljoonaa lasta (40 % maailman lapsista) kärsii A-vitamiininpuutoksesta ja heistä 250 000–500 000 sokeutuu vuosittain. (WHO 2018b). Sokeutumisen välttämiseksi A-vitamiininpuutoksen ehkäisy on todettu olevan kaikkein merkityksellisin tekijä (Sandjaja ym. 2015). A-vitamiini on myös keskeinen osatekijä hämäräsokeuden ja kseroftalmian kehittymisessä, solujen kasvussa sekä immuunitoiminnoissa (WHO 2006). Kseroftalmiassa silmän sarveiskalvo sarveistuu vähitellen ja hoitamattomana se johtaa sokeuteen (Aro ym. 2015). A-vitamiini johtaa alentuneeseen immuunipuolustukseen, mikä puolestaan altistaa vakavammille sairauksille, kuten infektioille, ripulille ja tuhkarokolle (Ash ym. 2003, Sandjaja ym. 2015, Perignon ym. 2016). Pahimmassa tapauksessa se lisää kuolleisuutta. UNICEF:n (2004) arvion mukaan vuodessa kuolee noin miljoona lasta A-vitamiininpuutoksen seurauksena.

A-vitamiini on rasvaliukoinen vitamiini, ja ravinnosta sitä saadaan retinolina tai sen esiasteina kuten  $\beta$ -karoteenina (Aro ym. 2015). Rasvaliukoisuuden takia A-vitamiini voi kertyä kehoon

ja siksi sen saannille on määritetty suurin hyväksyttävä päiväsaannin raja (WHO 2006). Alle 3-vuotiaille raja on 600 mikrogrammaa, 4–8-vuotiaille 900 mikrogrammaa ja 9–13-vuotiaille 1700 mikrogrammaa A-vitamiinia (RE, retinoliekvivalentti) päivässä. Plasman retinolia sitova proteiini ja metaboliset muutokset suojaavat kuitenkin useimmiten myrkytyksiltä (Aro ym. 2015). Tästä huolimatta kehittyvien maiden lapsille annettavien suurten kerta-annosten yhteydessä voidaan havaita akuutin myrkytyksen oireita. A-vitamiinin esiasteet imeytyvät kuitenkin heikommin, joten niiden liikasaanti ei ole suuri ongelma (WHO 2006). A-vitamiinin, sen esiasteiden tai molempien saanti voi olla hyvin niukkaa, jos ruokavalio ei sisällä lihatuotteita tai karotenoideja sisältäviä kasviksia (van Stuijvenberg ym. 1999). Esimerkiksi Etelä-Afrikassa  $\beta$ -karoteenin ainoa säännöllinen lähde on viherlehtikasvi *imfino*. Niukka eläinperäisten tuotteiden ja rasvan nauttiminen on yhteydessä A-vitamiininpuutukseen (Aro ym. 2015).

#### *Elintarvikkeisiin lisättävä A-vitamiini*

Elintarvikkeisiin A-vitamiinia (retinolia) ei lisätä sellaisenaan, vaan sen esiasteena  $\beta$ -karoteeninä, retinyyliipalmitaattina tai -asetaattina (WHO 2006). Näiden kaikkien imeytyvyys on noin 90 %. Koska A-vitamiini on rasvaliukoinen vitamiini, lisätään sitä pääsääntöisesti rasvaisiin ja kuiviin tuotteisiin. Kapseloitua muotoa voidaan käyttää vesipohjaisiin juomiin. Esimerkiksi margariinia, maitoa ja leipää on täydennetty A-vitamiinilla pitkään länsimaissa. Sokeri, vehnä- ja maissijauho, riisi, tee, maitotuotteet, öljy ja mausteen tapaan käytetty natriumglutamaatti (E621) ovat olleet puolestaan täydennyksen kohteita kehittyvissä maissa (Solon ym. 2000, Pinkaew ym. 2014, Sandjaja ym. 2015).

Öljyihin ja rasvoihin lisätynä A-vitamiini on jo valmiiksi suojattu hapettumiselta, joten sen käyttö näissä on hyvin perusteltua (WHO 2006). Lisäksi rasva tehostaa rasvaliukoisen A-vitamiinin ja  $\beta$ -karoteenin imeytymistä. Esimerkiksi seerumin retinolin todettiin kohonneen, karotenoidien imeytymisen parantuneen ja A-vitamiininpuutoksen vähentyneen, kun kasvispainotteisen aterian yhteydessä nautittiin yksi teelusikallinen rasvaa (*Candelaria* ym. 2005). Toinen hyvä täydentämisen kohde ovat viljatuotteet, jotka eivät sisällä luonnostaan juurikaan yhtään A-vitamiinia (WHO 2006). A-vitamiinin sekoittaminen viljatuotteisiin on helppoa niiden kuivuuden johdosta. Kuiva A-vitamiini on varsin sopiva lisättäväksi esimerkiksi vehnäjauhoihin, sillä se säilyy vehnäjauhoissa 95 %:sesti lämpimissäkin olosuhteissa (> 40 °C) vuoden säilytyksen jälkeen (Solon ym. 2000). Paistamisen jälkeen noin 70 % A-vitamiinista on yhä aktiivisessa muodossa.

A-vitamiini on herkkä UV-valolle, lämmölle, hapelle ja ilmalle. Nämä saavat aikaan A-vitamiinin hajoamisen, mikä on sen suuri ongelma (WHO 2006, Engle-Stone ym. 2017b). A-

vitamiinin ja  $\beta$ -karoteenin määrä vähenee helposti elintarviketta prosessoitaessa. Lisäksi sitä katoaa ruokaa valmistettaessa ja säilytettäessä (Pinkaw ym. 2014). Tämän takia A-vitamiinilla täydennetyt tuotteet on usein suojattu antioksidanteilla (WHO 2006).  $\beta$ -karoteenin haittana on sen oranssi väri, mutta toisaalta tämä ei ole haitallista kellertäviin öljyihin ja rasvoihin lisättynä. Retinyylipalmitaatti puolestaan ei ole yhtä pysyvä kuin  $\beta$ -karoteeni. Lisäksi sitä on vaikeampi lisätä vesiliukoisiin nesteisiin, kuten mehuihin, ja sillä on suurempi riski aiheuttaa toksisuutta (Abrams ym. 2003).

### 3.3 Jodi

Jodin ainoa varmistettu tehtävä kehossa on kilpirauhashormonien tuotto, joka puolestaan vaikuttaa kasvuun, kehitykseen ja aineenvaihdunnan säätelyyn (WHO 2006). Jodinpuutos aiheuttaa hypotyreoosia, joka voi johtaa kretinismiin (WHO 2016). Kretinismin ominaispiirteitä ovat muun muassa hypertyreosi, lyhytkasvuisuus, raajojen oudot mittasuhteet, kuulon ja puheen heikkeneminen ja älyllinen kehitysvammaisuus. Kehitysvammaisuutta aiheuttavista tekijöistä jodinpuutos on helpoiten ehkäistävissä (Solon ym. 2003). Jodinpuutoksen merkittävin sairaus on struuma eli suurentunut kilpirauhanen. Se johtaa kognition heikkenemiseen, nielemis- ja hengitysvaikeuksiin, minkä lisäksi se aiheuttaa kosmeettista haittaa (Solon ym. 2003, Aro ym. 2015). Struuma on myös liitetty kretinismiin (WHO ym. 1994). Kehityksen ja kasvun ja toiminnan häiriöistä voidaan käyttää myös yhteisnimitystä jodinpuutossairaudet (IDD, *iodine deficiency disorders*) (Ash ym. 2003, Aro ym. 2015). Jodin puutoksesta kärsii arviolta 780 miljoonaa henkilöä eli 15 % koko maailman väestöstä (WFP 2018). Vajaa 18 miljoonaa lasta syntyy kehitysvammaisena jodinpuutoksen seurauksena (UNICEF 2004). Lapsilla jodinpuutos johtaa myös lisääntyneeseen kuolleisuuteen (WHO 2006).

Raudan ja A-vitamiinin välisen yhteyden lisäksi molemmilla on yhteys jodiin (WHO 2006). Raudan- ja A-vitamiininpuutoksen seurauksena kilpirauhasen metabolia laskee, mikä vähentää vastetta jodin täydennykselle. Akuutisti jodi voi johtaa myrkytykseen, jodilääkityksen seurauksena kroonisesti jodinpuutoksesta kärsivillä jodin aiheuttamaan hypertyreosiin ja osalla jodin aiheuttamaan kilpirauhasen tulehdukseen. Toisaalta nämä oireet saattavat vaihdella hypertyreosista hypotyreoosiin kehon joditilasta riippuen (Ash ym. 2003, Aro ym. 2015). Suurella päiväannoksella tarkoitetaan 2 milligramman annoksia ja suurin hyväksyttävä saanti on 600 mikrogrammaa vuorokaudessa (Aro ym. 2015).

#### *Elintarvikkeisiin lisättävä jodi*

Monet ruoka-aineet ovat luonnostaan vähäjodisia, minkä lisäksi maaperän jodipitoisuus ja ruoan prosessointi vaikuttavat jodipitoisuuteen (Ash ym. 2003, Aro ym. 2015). Kaliumjodidi

on pitkään yleisesti käytetty jodin kemiallinen yhdiste täydentämään elintarvikkeita (WHO 2006). Toinen pitkään käytetty yhdiste on kaliumjodidia hieman kalliimpi kaliumjodaatti. Kaliumjodaattia käytetään varsinkin trooppisissa ilmastoissa, jossa ilmasto on lämpimämpää ja kosteampaa. Tämä sen takia, että kaliumjodaatti on vähemmän liukeneva ja herkkä hapettumiselle ja siksi säilyy paremmin kyseisissä olosuhteissa. Jodihävikkiä voidaan vähentää myös kapseloimalla se (Hurrell 2002). Raudasta ja A-vitamiinista poiketen jodi ei aiheuta maku-, väri- tai hajumuutoksia suolaan lisättynä (WHO 2006), mikä on sen suuri etu rautaan ja A-vitamiiniin verrattuna.

#### 4 RAVITSEMUSTILAA KUVAAVAT BIOMARKKERIT

Tietyn mikroravintoaineen suuntaa antava pitoisuus kehossa on mahdollista arvioida sen mukaan, kuinka paljon sitä saadaan ruokavaliosta. Spesifisiä puutostiloja ja oireita saattaa myös ilmaantua joidenkin mikroravintoaineiden puutosten yhteydessä. Esimerkiksi hämäräsokeuden ja kseroftalmian merkkejä on käytetty A-vitamiininpuutoksen määrittämiseen (WHO 2012). Nämä eivät kuitenkaan ole tarpeeksi tarkkoja kuvaamaan ravitsemustilaa. Tarkkoja ravitsemustilan mittareita ovat esimerkiksi biomarkkerit. WHO:n (2001) määritelmän mukaan biomarkkeri on mikä tahansa kehon mitattavissa oleva yhdiste, rakenneosaa tai prosessin tuote tai vaikutus, jolla voidaan ennustaa tai mitata sairautta sekä sen seurauksia. Laajemmin se käsittää myös hoidon, intervention, kemiakaalien ja ravintoaineiden altistuksen vaikutuksen määrittämisen. Raudanpuutoksen ja raudanpuutosanemian sekä A-vitamiinin- ja jodinpuutoksen raja-arvot on esitelty liitteessä 3.

Biomarkkerit ovat pääsääntöisesti tarkkoja puutostilojen määrittäjiä (WHO 2006). Muut puutokset, sairaudet ja lääkkeet voivat kuitenkin heikentää niiden tarkkuutta. Tulehdukset sellaisenaan ilman lääkettä alentavat ravintoaineiden imeytymistä ja voivat vaikuttaa mittaustuloksiin (Glinz ym. 2017). Esimerkiksi raudan imeytyminen ja mobilisaatio kehon rautavarastoista vähenee tulehduksessa (Wegmüller ym. 2006). Tulehduksen aikana sytokiinit vapauttavat hepsiidiiniä, joka inhiboi makrofagien raudan vapautumista ja suoliston raudan imeytymistä (Perignon ym. 2016). Tulehduksen seurauksena myös verihävikki lisääntyy ja A-vitamiinin imeytyminen vähenee (Ash ym. 2003). Malaria puolestaan johtaa hemolyyttiseen anemiaan ja alentuneeseen hemoglobiinin tasoon, ja voi täten vääristää rautatilaa kuvaavien biomarkkereiden arvoja (Ash ym. 2003). Suolistossa elävän koukkumadon aiheuttama infektio johtaa mahasuolikanavan verenpuutukseen, joka puolestaan johtaa negatiiviseen rautatasapainoon (Angeles-Agdeppa ym. 2011).

##### *Rautatilaa kuvaavat biomarkkerit*

**Hemoglobiini** on useimmin mitattu veriarvo anemiaa määriteltessä (WHO 2006). Se kuvaa hyvin veren rautapitoisuutta, sillä suurin osa kehon raudasta esiintyy hemoglobiinina punasoluissa. Anemiaa määriteltessä tulee kuitenkin muistaa, että se voi olla myös muiden mikroravintoaineiden puutoksesta kuin vain raudan puutoksesta johtuvaa (Perignon ym. 2016), eikä siten aina pätevä anemiaa määrittäessä. Riboflaviinin, folaatin ja B12-vitamiinin puutokset johtavat anemiaan, minkä lisäksi A-vitamiinilla, seleenillä ja kuparilla on todettu olevan yhteyttä anemiaan. A-vitamiinin puutoksen perusteella on mahdollista ennustaa anemian vallitsevuutta. Anemian vallitsevuuden on todettu olevan kaksi kertaa korkeampi A-vitamiinin puutosta sairastavilla henkilöillä. Verimäärää vähentävät suolistomatoinfektiot,

HIV, malaria, thalassemiat ja hemoglobiнопатiat aiheuttavat myös anemiaa (Wegmüller ym. 2006, Pinkaew ym. 2013, Perignon ym. 2016, WHO 2016). Näistä varsinkin suolistomadot ovat yleisiä kehittyvissä maissa ja thalassemiat Kaakkois-Aasiassa (Perignon ym. 2016).

**Sinkkiprotopofyriini** (ZnPP) on rautatilan spesifi indikaattori (WHO 2012). Sitä muodostuu raudanpuutoksessa, kun hemoglobiinin muodostuksen viimeisessä vaiheessa sinkki sitoutuu protopofyriiniin raudan sijasta.

**Seerumin ferritiini** (SF) on ZnPP:n tapaan rautatilan spesifi indikaattori ja se kuvastaa rautavarastojen kokoa (WHO 2012). Ferritiini itsessään on raudan varastomuoto. Raja tyhjentyneille varastoille on alle 12–15 mikrogrammaa ferritiiniä litrassa seerumia. Yli 15 mikrogrammaa ferritiiniä litrassa seerumia viittaa riittäviin rautavarastoihin. Infektiot voivat kuitenkin nostaa SF-tasoja, vaikka rautavarastot olisivat madaltuneet. Täten se ei ole hyvä mittari maissa, joissa on paljon infektiota.

**Seerumin transferrini** (sTf) pitoisuudet laskevat tyhjentyneiden rautavarastojen johdosta (WHO 2012). sTf on kuitenkin akuutin faasin proteiini. Täten sTf ei sovi käytettäväksi väestöissä joissa infektiot ovat yleisiä, kuten kehittyvissä maissa. sTf:n on kuitenkin todettu olevan hyvä biomarkkeri väestöissä, joissa infektiot eivät ole yleisiä.

**Seerumin transferrinireseptori** (sTfR) kuvastaa kudoksen rautatarvetta (WHO 2012). Yleisin syy transferrinireseptorien kohonneisiin arvoihin on raudanpuutoserytropoiesi sekä raudan heikko saanti ja imeytyminen. Muuttunut erytropoiesi ja transferrini reseptorien määrä voi kuitenkin nousta rautatilasta riippumatta, kuten thalassemian, folaatin puutoksesta seuraavan megaloblastisen anemian tai malariaa seuraavan hemolyysin johdosta (Perignon ym. 2016). Arvot näissä tapauksissa eivät kuitenkaan muutu yhtä paljoa kuin seerumin ferritiinin arvot (WHO 2012).

**Kehon rautavarasto** (BIS, *body iron stores*) on seerumin transferrinireseptorien ja seerumin ferritiinin suhdeluku (WHO 2012). Se ilmaistaan muodossa sTfR:SF ja kertoo kehon rautatilasta. Koska BIS:in määrittämiseen tarvitaan SF:iä, vaikuttavat infektiot ja maksasairaudet sen arvoihin.

**Punasolujen keskimääräisen koon** (MCV, *mean corpuscular/cell volume*) avulla voidaan määrittää, ovatko punasolut pienempiä (mikrosyyttisiä) vai suurempia (makrosyyttisiä) kuin niiden keskimääräisesti kuuluisi olla (WHO 2012). Pienempi punasolujen koko on merkki anemiasta. Suurempi punasolujen koko on merkki megaloblastisesta anemiasta, joka on raudanpuutoksen sijasta B12-vitamiinin tai folaatin puutoksesta johtuvaa.

*A-vitamiinitilaa kuvaavat biomarkkerit*

**Seerumin retinoli** (SR) on yleisimmin käytetty A-vitamiinin biomarkkeri, ja se sopii myös väestötasolle (WHO 2012). Tästä huolimatta SR on melko heikko mittari, sillä kehon homeostasia pitää SR-tason vakaana maksan A-vitamiinivarastojen avulla. Täten muutokset retinolipitoisuuksissa havaitaan vain, jos varastot ovat hyvin tyhjät tai täydet, tai kun retinolia sitovan proteiinin pitoisuus laskee (Ash ym. 2003, WHO 2012, Aro ym. 2015). Lisäksi infektiot ja tulehdukset laskevat seerumin retinolipitoisuutta, eli SR kuvastaa myös infektiota ja tulehduksia (Candelaria ym. 2005). Lapsille puutoksen rajaksi on ehdotettu alle 0,35 mikromoolia retinolia litrassa seerumia (WHO 2012). Väestöissä, joissa ei ole infektiota, raja on 0,7 mikromoolia retinolia litrassa seerumia.

**Retinolia sitova proteiini** (RBP, *retinol binding protein*) on retinolin kuljetusproteiini ja sen suhteellinen osuus on riippuvainen A-vitamiinitilasta ja lihavuudesta (WHO 2012). Normaalissa tilanteessa RBP on sitoutunut retinoliin, kun taas A-vitamiininpuutuksessa RBP sitoutuu maksaan ja vapautuu sitoutumattomana verenkiertoon. Samoin käy lihavuudessa, jolloin rasvakudos syntetisoi RBP:tä, joka vapautuu retinoliin sitoutumattomana.

*Joditilaa kuvaavat biomarkkerit*

**Virtsan jodi** (UI, *urinary iodine*) kuvaa hyvin ravinnosta saadun jodin määrää ja on siksi suosittelu indikaattori määriteltäessä jodin saantia ravinnosta (WHO 2006). Jodin määrä virtsassa kuitenkin vaihtelee päivittäin, joten sitä voidaan käyttää vain väestöpohjaiseen arviointiin (WHO ym. 1994). UI on suoraan verrannollinen plasman jodipitoisuuteen (Ash ym. 2003, Aro ym. 2015), joten plasmanäytettä ei tarvita. Virtsanäytteen ottaminen lapsilta on myös helpompaa kuin verinäytteen ottaminen. WHO (2006) on määritellyt jodinpuutokselle raja-arvot, jotka esitetään liitteessä 3. Struuma kehittyy, kun virtsan jodin ja tiosyanaatin suhde laskee alle kolmeen.

**Tyr(e)oglobuliini** (Tg) on kilpirauhasesta vapautuva hormoni ja jodi on välttämätön sen muodostukselle (WHO ym. 1994). Tg pitoisuus on kääntäen verrannollinen jodin saantiin ja siksi se kuvaa kehon joditilaa. Tyr(e)otropiini (TSH, *thyroid stimulating hormone*) on puolestaan aivolisäkkeen hormoni, joka vaikuttaa kilpirauhashormonien tuotantoon. TSH:ta vapautetaan aivolisäkkeestä, kun kilpirauhashormoni pitoisuudet ovat alentuneet. Sen kohonneet pitoisuudet viittaavat jodin puutukseen. TSH-pitoisuus on siis myös hyvä joditilaa kuvaava biomarkkeri.



## 5 TÄYDENNETTYJEN ELINTARVIKKEIDEN VAIKUTUS RAVITSEMUSTILAAN

Täydennettyjen elintarvikkeiden saatavuutta voidaan lisätä erilaisilla ohjelmilla. Yksi tällainen ohjelma on esimerkiksi Maailman ruokaohjelman (WFP, *World Food Programme*) kouluruokaohjelma. Monissa tutkimuksiin osallistuneissa kouluissa oli meneillään tai oli ollut kouluruokaohjelma ennen tutkimuksen aloittamista. Kouluruokaohjelmat keskittyvät kuitenkin useammin proteiinin kuin mikroravintoaineiden saantiin (Osei ym. 2010). Esimerkiksi Kambodzhassa (Perignon ym. 2016) ja Intian joka osavaltiossa (Osei ym. 2010) oli meneillään WFP:n kouluruokaohjelma, jossa lapsille tarjottiin koulu-aamiainen tai -lounas kuutena päivänä viikossa. Kambodzhassa lapset saivat 115 grammaa keittämätöntä riisiä, 15 grammaa tölkkikalaa, 5 grammaa papuja/herneitä, 5 grammaa A- ja D-vitamiinilla täydennettyä öljyä ja 3 grammaa jodioitua suolaa. Intiassa ateria oli vastaavanlainen, mutta se oli kasvispohjainen ja riisin sijasta saattoi olla linssiä. Alla tullaan käsittelemään, kuinka pääosin kouluissa jaetut erilaiset täydennetyt elintarvikkeet vaikuttivat lasten ravitsemustilaan. Tutkimustulokset on koottu taulukkoon 2.

### 5.1 Riisi ja riisi-linssipuuro

Täydennetyin riisin ja riisi-linssipuuron todettiin pienentävän raudanpuutoksen ja raudanpuutosanemian vallitsevuutta (Moretti ym. 2006, Varma ym. 2007) yhtä tutkimusta (Pinkaw ym. 2013) lukuun ottamatta. Moretin ja kumppaneiden tutkimuksessa (2006) raudanpuutos laski 78 %:sta 25 %:iin interventoryhmässä, kun kontrolliryhmässä muutos oli 79 %:sta 49 %:iin. Vastaavasti raudanpuutosanemia laski 30 %:sta 15 %:iin ja 28 %:sta vain 27 %:iin. Varma kumppaneineen (2007) havaitsi puolestaan merkitsevän eron ryhmien välillä aika-hoitovasteen suhteen. Toisin sanoen täydennetty riisi-linssipuuro oli tehokas tapa parantaa intialaisten lasten ravitsemustilaa. Anemian vallitsevuuden ero oli merkitsevä, vaikka ryhmien hemoglobiinitasojen muutokset eivät eronneet toisistaan. Kokeessa havaittiin myös parempi hoitovaste aneemisemmilla lapsilla. Tämä selittyy tehostuneena raudan imeytymisenä (Aro ym. 2015). Varman ja kumppaneiden tutkimuksessa (2007) raudanpuutosanemiatapaukset saatiin lähes kokonaan pois. Loppumittauksissa raudanpuutosanemian vallitsevuus oli vain 0,4 %. Tosin alkumittauksissa vallitsevuus ei myöskään ollut kovin suuri, vain 4,9 %. Huomionarvoista on kuitenkin, etteivät he käyttäneet EDTA:a tai askorbiinihappoa tehostaakseen raudan hyväksikäytettävyyttä. Samanlaista A-vitamiinin puutoksen vallitsevuuden laskua tai kohentuneita seerumin retinoli-arvoja ei tutkimuksessa kuitenkaan havaittu.

Pinkaw kumppaneineen (2013) sai merkitseviä tuloksia vain sinkkitilan parantumisesta. Rauta- ja A-vitamiinitila parantuivat, mutta eivät merkitsevästi. Tosin kyseinen tutkimus oli

suunniteltu vain sinkkitilan eikä rauta- ja A-vitamiinitilan tarkasteluun. Täydennetyin riisin kuitenkin todettiin parantavan A-vitamiinitilaa molemmilla ryhmillä Pinkaewin ja kumppanien toisessa tutkimuksessa (2014). Seerumin retinolin pitoisuudet eivät juuri muuttuneet, mutta merkitsevä aika-hoitoaste havaittiin koko kehon ja maksan A-vitamiinivarastoissa ryhmien välillä. Interventoryhmässä tutkittavien koko kehon ja maksan A-vitamiinivarastot lähes kaksinkertaistuivat: 153:sta mikromoolista 268:aan mikromooliin retinolia kehossa ja 0,10:stä mikromoolista 0,17:ään mikromooliin grammassa maksaa. Vastaavat muutokset kontrolliryhmässä olivat 108:sta mikromoolista 124:ään mikromooliin retinolia kehossa ja 0,08:sta mikromoolista 0,09:ään mikromooliin grammassa maksaa. Interventoryhmässä A-vitamiininpuutoksen vallitsevuus väheni myös puolella; 26,3 %:sta 10,5 %:iin, kun kontrolliryhmässä vallitsevuus yleistyi 40 %:sta 45 %:iin. Perigon kumppaneineen (2016) havaitsi rauta- ja A-vitamiinitilan parantuneen kokeen jälkimittauksissa, mutta vaikutusta anemian vallitsevuuteen ei havaittu. Ryhmien välillä ei myöskään ollut merkitsevää eroa.

## 5.2 Vehnä ja vehnäleivonnaiset

Viljojen suuresta fytaattipitoisuudesta huolimatta erilaisten täydennettyjen leivosten todettiin parantavan lasten rauta-, A-vitamiini ja joditilaa (van Stuijvenberg ym. 1999, Solon ym. 2000, Muthayya ym. 2009, Muthayya ym. 2012, Bouhouch ym. 2016, Adams ym. 2017). Muthayyan ja kumppanien tutkimuksessa (2009) täydennetyin keksin ohella nautittiin myös täydennettyä maitojuomaa. Kaikissa tutkimuksissa interventoryhmän tulokset paranivat ja kontrolliryhmän tulokset joko paranivat tai heikkenivät (Taulukko 2). Kaikkien tutkimusten tulokset olivat merkitseviä ja ryhmien välillä oli merkitsevä ero lukuun ottamatta Solonin ja kumppaneiden tutkimusta (2000). Solon kumppaneineen havaitsi kuitenkin, että seerumin retinolipitoisuus suureni enemmän lapsilla, joilla oli alkumittauksissa A-vitamiinin puutosta. Ryhmien välillä ei kuitenkaan ollut merkitsevää eroa. Tutkimus oli myös ainoa, jossa anemian vallitsevuus pieneni enemmän kontrolliryhmällä kuin interventoryhmällä. Tutkimuksessa filippiiniläistä vehnäleivonnaista (*pandesal*) ei tosin täydennetty raudalla, mutta pelkkä 33 % RDA:sta A-vitamiinia riitti A-vitamiinitilan kohentamiseen.

Van Stuijvenbergin ja kumppaneiden tutkimuksessa (1999) interventoryhmän ja kontrolliryhmän välillä oli merkitsevä ero kaikkien biomarkkereiden osalta lukuun ottamatta virtsan jodia ja hemoglobiinia. Virtsan jodi suureni molemmissa ryhmissä 20:stä mikrogrammasta 225:een mikrogrammaan jodia litrassa virtsaa interventoryhmässä ja 137:ään mikrogrammaan jodia litrassa virtsaa kontrolliryhmässä. Tuloksia arvioitaessa on kuitenkin huomioitava, että täydennetyin keksin yhteydessä nautittiin C-vitamiinoitua mehua.

Hemoglobiini sen sijaan pysyi lähes muuttumattomana molemmissa ryhmissä. Adams kumppaneineen (2017) ei myöskään havainnut merkitsevää eroa ryhmien välillä virtsan jodin ja plasman ferritiinin kohdalla. Virtsan jodipitoisuus suureni kuitenkin enemmän kontrolliryhmässä (104 µg:sta 148 µg:aan litrassa virtsaa) kuin interventoryhmässä (109 µg:sta 135 µg:aan litrassa virtsaa). He myös havaitsivat, että anemian riski oli 32 % pienempi täydennettyä keksiä nautittaessa kuin normaalia keksiä nautittaessa.

### 5.3 Mehu

Tulokset täydennetyin mehun vaikutuksesta lasten ravitsemustilaan olivat hyvin ristiriitaiset. Ash kumppaneineen (2003) havaitsi A-vitamiinipuutoksen vallitsevuuden vähentyneen molemmissa ryhmissä, interventoryhmässä merkitsevästi. Abrams kumppaneineen (2003) puolestaan havaitsi A-vitamiinipuutoksen vallitsevuuden kasvaneen, mutta ryhmien välillä ei havaittu eroa. Seerumin retinolipitoisuudetkin pysyivät käytännössä muuttumattomina molemmissa ryhmissä.

Angeles-Agdeppan ja kumppaneiden tutkimuksessa (2011) anemian vallitsevuuden todettiin laskeneen merkitsevästi 100 %:sta 13 %:iin interventoryhmässä ja 39,5 %:iin kontrolliryhmässä. Hemoglobiinitasot suurenivat merkitsevästi molemmissa ryhmissä ja ryhmien välillä oli merkitsevä ero. Interventoryhmässä hemoglobiini suureni 114:sta grammasta 126:een grammaan litrassa, kun kontrolliryhmässä se kohentui vain 121:een grammaan litrassa. Seerumin ferritiini suureni myös merkitsevästi, mutta ryhmien välillä ei havaittu eroa. Muissa tutkimuksissa mehun ei todettu vähentävän anemian vallitsevuutta (Solon ym. 2000, Abrams ym. 2003, Ash ym. 2003). Abramsin ja kumppaneiden (2003) sekä Ashin ja kumppaneiden (2003) tutkimuksissa anemian vallitsevuus suureni sekä interventio-että kontrolliryhmässä. Anemian vallitsevuus suureni kuitenkin vähemmän interventoryhmissä kuin kontrolliryhmissä, minkä lisäksi raudanpuutoksen vallitsevuus pieneni molempien tutkimusten interventoryhmissä. Seerumin ferritiini suureni merkitsevästi molemmissa tutkimuksissa, minkä lisäksi Abrams kumppaneineen (2003) havaitsi merkitsevän eron ryhmien välillä. Hemoglobiiniarvot pienenevät molemmissa tutkimuksissa (Abrams ym. 2003, Ash ym. 2003). Abramsin ja kumppaneiden tutkimuksessa (2003) hemoglobiinin lasku oli merkitsevä molemmissa ryhmissä ja ryhmien välillä oli merkitsevä ero. Ash kumppaneineen (2003) havaitsi kuitenkin, että aneemisilla lapsilla hemoglobiini suureni (9,2 g/l) interventoryhmässä merkitsevästi enemmän verrattuna kontrolliryhmään, jossa hemoglobiinitaso suureni vain 0,2 g/l.

Solonin ja kumppaneiden tutkimuksessa (2003) hemoglobiiniarvot pysyivät lähes muuttumattomina. Hemoglobiini suureni merkitsevästi vain lapsilla, joiden hemoglobiinitaso

oli alkumittauksissa alle 11 grammaa desilitrassa. Sitä vastoin lapsilla, joiden hemoglobiinitaso oli yli 12 grammaa desilitrassa, hemoglobiiniarvot pienenevät. Virtsan jodin suhteen havaittiin kuitenkin merkitsevät muutokset sekä interventio- että kontrolliryhmässä. Interventioryhmässä virtsan jodi suureni 41:stä mikrogrammasta 68:aan mikrogrammaan jodia litrassa virtsaa ja kontrolliryhmässä se pieneni 47:stä mikrogrammasta 40:een mikrogrammaan jodia litrassa virtsaa. Merkitsevää oli, että virtsan jodi suureni, jos lähtötaso oli alle 20 µg/l ja pieneni, jos lähtötaso oli yli 100 µg/l.

#### 5.4 Suola

Täydennetyt suolan todettiin vaikuttavan positiivisesti lasten rautatilaan (Zimmermann 2003, Wegmüller 2006). Wegmüllerin ja kumppaneiden tutkimuksessa (2006) anemian vallitsevuus laski merkitsevästi. Hemoglobiinitaso sen sijaan pysyi ennallaan interventorioryhmässä (117 g/l), kun se kontrolliryhmässä suureni 112:sta grammasta 113:een grammaan litrassa. Seerumin transferrinireseptoripitoisuus pieneni merkitsevästi interventorioryhmässä yhden milligramman litrassa seerumia, kun se kontrolliryhmässä suureni hieman (9,1 mg/l:sta 9,2 mg/l:aan). Ryhmien välillä havaittiin myös merkitsevä ero seerumin transferrinireseptoripitoisuuksissa. Seerumin ferritiini ja kehon rautakonsentraatio puolestaan suurenevat molemmilla ryhmillä, mutta merkitsevästi vain interventorioryhmässä. Zimmermann kumppaneineen (2003) saivat samantapaisia tuloksia kuin Wegmüllerin tutkimusjoukko (2006). Anemian vallitsevuuden todettiin laskeneen, minkä lisäksi kaikkien kehon rautatilaa mittaavien biomarkkerien muutokset viittasivat hyvään hoitovasteeseen (Zimmermann 2003). Muutokset hemoglobiini-, seerumin ferritiini-, seerumin transferrinireseptori-, sinkkiprotopfyriini-, virtsan jodi ja seerumin tyrosiiniarvot parantuivat merkitsevästi interventorioryhmässä. Ryhmien välillä oli merkitsevä ero. Esimerkiksi hemoglobiini suureni interventorioryhmässä 113:sta grammasta 127:ään grammaan litrassa, kun se interventorioryhmässä suureni 111:stä grammasta vain 116:een grammaan litrassa. Interventioryhmän seerumin ferritiinipitoisuudet kaksinkertaistuivat 20:stä mikrogrammasta 40:een mikrogrammaan ferritiiniä litrassa seerumia, kun kontrolliryhmässä pitoisuus pieneni 23:sta mikrogrammasta 17:ään mikrogrammaan ferritiiniä litrassa seerumia. Molempien ryhmien virtsan jodipitoisuudet olivat hyvin matalat, interventorioryhmässä 16 ja kontrolliryhmässä 18 mikrogrammaa jodia litrassa virtsaa. Pitoisuudet suurenevat vastaavasti 189:ään ja 182:een mikrogrammaan jodia litrassa virtsaa. Voidaan siis todeta, että täydennetyt suolat paransivat lasten joditilaa.

Taulukko 2. Kooste mikroravintoaineilla täydennettyjen elintarvikkeiden vaikutuksesta 3–16-vuotiaiden lasten ravitsemustilaan. (Elintarvikkeiden tarkemmat sisällöt taulukossa 1)

Tutkimus	Tutkittavat	Koemenetelmä ja interventio	Muutokset biomarkkereissa (i1; i2;...;k)
Moretti ym. 2006	Initialiset 6–13-vuotiaat n <sub>1</sub> = 92 n <sub>k</sub> = 92  Ei aneemiset (SF < 20 µg/l tai sTfR > 7,2 mg/l)	<u>Riisi ja riisi-linssipuuro</u> Kaksoisokkoutettu satunnaistettu koe  Koulussa 7 kk ajan 6 pvä/vko (= 137 pvä) 100 g riisiä (=200-300 g keitettynä)/pvä  i = riisi + 20 mg Fe k = normaali riisi  lisäksi 200 000 IU A-vitamiinilisä 2 kertaa ja madotus tutkimuksen aikana	ID vallitsevuus (%-yks) ↓53; ↓30 IDA vallitsevuus (%-yks) ↓15; ↓1 BIS (mg/paino kg) ↑ 2,9; ↑1,1 Hb (g/l) ↓2; ↓5 SF (µg/l) ↑9,5; ↑2,3 sTfR (mg/l) ↓3,1; ↓1,5
Perignon ym. 2016	Kambodžhalaiset 6–16-vuotiaat  n <sub>1</sub> = 476 n <sub>2</sub> = 496 n <sub>3</sub> = 499 n <sub>k1</sub> = 479 n <sub>k2</sub> = 490  Terveet ilman mentaalisia tai vakavia fyysisiä vammoja, aneemiset (Hb < 70g/l) mukaan, mutta aneemisille rautalisä	Kaksoisokkoutettu klusterisatunnaistettu lume-kontrolloitu koe  Koulussa 6 kk ajan 6 pvä/vko riisi (115 g keittämätön) -pohjainen lounas  i1 = UltraRice Original (Fe, Zn, B1, B9) i2 = UltraRice New (Fe, Zn, B1, B3, B9, B12, A-vit) i3 = Nutririce (Fe, Zn, B1, B3, B6, B9, B12, A-vit) k1 = Normaali riisi k2 = Kontrolli	Hb (g/l) ↓ 0,6; ↓ 0,7; ↓ 0,9; ↓ 1,1 BIS (mg/kg) ↑ 0,04; ↑ 0,21; ↑ 0,25; ↓ 0,1 SF* (µg/l) ↓ 7,3; ↑ 4,8; ↑ 2,4; ↓ 5,9 sTfR* (mg/l) ↓ 1,03; ↑ 0,09; ↓ 0,13; ↓ 0,9 Marginaalinen A-vit tila* (RBP < 0,725 µmol/l) (n) ↓ 27; ↓ 26; ↓ 26; ↓ 41

Taulukko 2. Jatkuu.

Tutkimus	Tutkittavat	Koennetelmä ja interventio	Muutokset biomarkkereissa (i1; i2;...;k)
Pinkaew ym. 2014	Thaimaalaiset 4–12-vuotiaat  n <sub>i</sub> = 25 n <sub>k</sub> = 25  Yleisesti terveet, ei kroonisia sairauksia, SR > 0,7 µmol/l, ei VAD oireita, ei vuoden 2013 tutkimuksessa	Kaksoissokkoutettu satunnaistettu kontrolloitu koe  Koulussa 2 kk ajan 5 pvä/vko (=58 pvä) riisi (140g) -pohjainen lounas  i = riisi + 10 mg Fe, 9 mg Zn, 1,05 mg A-vit k = normaali riisi	VAD (0,7 < RBP < 1,05 µmol/l) vallitsevuus (%-yks) ↓ 10; ↑ 8 VAD (< 0,07 µg/g maksaa) vallitsevuus (%-yks) ↓ 15,8; ↑ 5 SR (µmol/l) ↑ 0,7; ↓ 0,3 TBRVA (µmol retinolia) ↑ 116; ↑ 18 LVA (µmol/g) ↑ 0,7; ↑ 0,01
Pinkaew ym. 2013	Thaimaalaiset 4–12-vuotiaat  n <sub>i</sub> = 101 n <sub>k</sub> = 102  Pääosin sinkin puutoksesta kärsivät (Zn < 9,9 µmol/l < 10 v., Zn > 10,1/10,7 µmol/l > 10 v. tytöt/pojat, mutta > 8,3 µmol/l), ei vakavasti aneemiset (Hb < 80 g/l), ei A-vit. puutosta	Kaksoissokkoutettu satunnaistettu kontrolloitu koe  Koulussa 6 kk ajan (sis. 1 kk loma) 5 pvä/vko riisi (140 g) -pohjainen lounas  i = riisi + 10 mg Fe, 9 mg Zn, 1,05 mg A-vit k = normaali riisi	Anemian* (Hb < 120/115 g/l 5 – 12/yli 12 v.) vallitsevuus (%-yks) ↑ 2; ↑ 5 Zn puutoksen (SZn < 9,9/< 10,1/10,7 µmol/l < 10/> 10 v. tyttö/>10 v. poika) vallitsevuus (%-yks) ↓ 71; ↓ 41 VAD (SR < 0,7 µmol/l) vallitsevuus (%-yks) ↓ 3; ↑ 3 ID (SF < 15 µg/l) vallitsevuus (%-yks) ↓ 4; ↓ 1 Hb (g/l) ↓ 2; ↓ 2 SF (µg/l) ↑ 0,5; ↓ 0,1 SR (µmol/l) ↑ 0,08; ± 0 SZn (µmol/l) ↑ 1,7; ↑ 1,2
Varma ym. 2007	Intialaiset 3–5,5-vuotiaat  n <sub>i</sub> = 246 n <sub>k</sub> = 270  Ei vakavasti aneeminen (Hb < 80g/l)	Kaksoissokkoutettu klusteroitu satunnaistettu koe  200g riisi-linssi-puuroa (khichdi) 6 pvä/vko 3 kk ajan  i = khichdi + 14 mg Fe, A-vit, B9 k = normaali khichdi	Anemian (Hb < 110g/L) vallitsevuus (%-yks) ↓ 15, ↓ 11,9 ID (SF < 15 µg/L) vallitsevuus (%-yks) ↓ 12,3; ↑ 9,7 IDA (SF < 12 µg/l ja Hb < 110 g/l) vallitsevuus (%-yks) ↓ 4,5; ↓ 0,3 A-vit puutteen (SR < 0,7 µmol/L) vallitsevuus ↓ 9,4; ↓ 6,7 Hb* (g/l) ↑ 4; ↑ 4 Hb lähtökohtaisesti aneemisilla ↑ 17; ↑ 11 SF (µg/l) ↑ 10,4; ↓ 2,8 SR* (µg/l) ↑ 0,3; ↑ 0,2 Komplianssi kouluaikana 90,2 %, lomalla 89,3 %

Taulukko 2. Jatkuu.

Tutkimus	Tutkittavat	Koenernetelmä ja interventio	Muutokset biomarkkereissa (i1; i2;...;k)
Muthyya ym. 2012	<p>Initialaiset 6–15-vuotiaat</p> <p>n<sub>i</sub> = 200 n<sub>k</sub> = 201</p> <p>Terveet, SF &gt; 20 µg/l tai sTfR &lt; 7,6 mg/l, ZnPP &lt; 40 µmol/mol hemi, ei vakavasti aneemisia (Hb &lt; 80g/l), ei käytä mikroravintoaineisia</p>	<p><b><u>Vehnä ja vehnäleivonnaiset</u></b></p> <p>Kaksoisokkoutettu satunnaistettu kontrolloitu koe</p> <p>Koulussa 7 kk ajan 6 pvä/vko 3 chapati-leipää (=100 g jauhoja)/pvä</p> <p>i = Jauho + 6 mg Fe k = normaalia jauhoa</p>	<p>Anemian (Hb &lt; 120/115 g/l ≥ &lt;12v) vallitsevuus (%-yks) ↓ 6,4; ↑ 5,2</p> <p>ID (ZnPP &gt; 40 µmol/mol hemiä ja SF &lt; 15 µg/l tai sTfR &gt; 7,6 mg/l) vallitsevuus (%-yks) ↓41; ± 0</p> <p>IDA vallitsevuus (%-yks) ↓9; ± 0</p> <p>BIS (sTfR:SF) ↑0,04; ↓0,04</p> <p>Hb (g/l) ↑4; ↓1</p> <p>SF (mg/l) ↑10; ↓0,6</p> <p>sTfR (mg/l) ↓0,02; ↑0,89</p> <p>ZnPP (µmol/mol hemi) ↓3,3; ↓ 0,7</p> <p>Komplianssi 85%; 78%</p>
Solon ym. 2000	<p>Filippiiniläiset 6–13-vuotiaat</p> <p>n<sub>i</sub> = 396 n<sub>k</sub> = 439</p>	<p>Kaksoisokkoutettu kliininen koe</p> <p>Koulussa 30 vko ajan 5 pvä/vko (= 150 pvä) pandesal</p> <p>i = A-vitamiinoinitu (133 µg RE) pulla k = normaali pulla</p>	<p>Anemian (Hb &lt; 120 g/l) vallitsevuus (%-yks) ↓ 1,9; ↓ 7</p> <p>Hb (g/l) ↑ 3; ↑ 3,3</p> <p>SR (µmol/l) ↑ 0,15; ↑ 0,12</p> <p>Komplianssi 89%</p>
Adams ym. 2017	<p>Bangladeshiläiset 6–11-vuotiaat</p> <p>n<sub>i</sub> = 189 n<sub>k</sub> = 162</p> <p>Ei autismia, ei mielenterveysongelmia, ei jodin puutosta</p>	<p>Kohortti ennen-jälkeen tutkimus kontrolli ryhmällä</p> <p>Koulussa 1 vuoden ajan 75 g keksi/pvä</p> <p>i = monivitamiinoinitu keksi + Ca, Mg, Fe, I, Zn k = normaali keksi</p>	<p>Anemian (Hb &lt; 11,5 g/dl) vallitsevuus (n) ↓ 2; ↑ 11</p> <p>Jodin puutoksen (UI &lt; 100 µg/l) vallitsevuus (n) ↓ 14; ↓ 40</p> <p>ZnD (SZn &lt; 0,65 mg/l) vallitsevuus (n) ↓ 36; ↓ 18</p> <p>Hb (g/dl) ↑ 0,18; ↓ 0,34</p> <p>PF (ng/ml) ↑ 9,71; ↑ 3,98</p> <p>Folaatti (ng/ml) ↑ 2,95; ↓ 0,56</p> <p>B12-vit (pg/ml) ↓ 63,04; ↓63,56</p> <p>PR (µmol/l) ↑ 4,21; ↑ 2,15</p> <p>Zn (mg/l) ↑ 0,04; ↑ 0,02</p> <p>UI (µg/l) ↑ 26,49; ↑ 43,96</p> <p>D-vit (nmol/l) ↓ 6,57; ↓ 13,34</p>

Taulukko 2. Jatkuu.

Tutkimus	Tutkittavat	Koennetelmä ja interventio	Muutokset biomarkkereissa (i1; i2;...;k)
Bouhouch ym. 2016	Marokkolalaiset 5–11-vuotiaat koululaiset n <sub>i1</sub> = 110 n <sub>i2</sub> = 112 n <sub>i3</sub> = 116 n <sub>k</sub> = 117 Terveitä, Hb > 7 g/dl, ei rautalisiä käyttäviä	Kaksoisokkoutu 2 x 2 lume-kontrolloitu koe 6 pvä/vko 28 viikon ajan 2–3 keksiä lapsen painon mukaan i1 = 8 mg Fe (FeSO <sub>4</sub> ) i2 = 41 mg EDTA (Na <sub>2</sub> EDTA) i3 = 8 mg Fe (NaFeEDTA, jossa 41 mg EDTA) k = lume	Anemian vallitsevuus (n) ↓ 14; ↑ 16; ↓ 11; ↑ 6 IDA vallitsevuus (n) ↓ 11; ↑ 1; ↓ 16; ↑ 3 ID vallitsevuus (n) ↓ 33; ↓ 2; ↓ 36; ↓ 4 BIS (mg/paino kg) ↑ 5,2; ↑ 3,3; ↑ 4,9; ↑ 2,3 BPb (µg/dl) ↓ 0,8; ↓ 1,24; ↓ 1,54; ↓ 0,37 Hb (g/dl) ↓ 0,4; ↑ 0,2; ↑ 0,2; ↓ 0,2 SF (µg/l) ↑ 17,7; ↑ 4,2; ↑ 15,4; ↑ 2,1 sTfR (mg/l) ↓ 2,4; ↓ 2,2; ↓ 2,5; ↓ 2,0 ZnPP (µmol/mol) ↑ 11,3; ↑ 18,5; ↑ 7,6; ↑ 21,6
Muthaya ym. 2009	Intialaiset 6–10-vuotiaat n <sub>i1</sub> = 150 n <sub>i2</sub> = 148 n <sub>i3</sub> = 149 n <sub>k</sub> = 151 Terveet, ei kroonisia sairauksia/vakavaa vajaaravitsemusta (= -3 SD WAZ ja HAZ), Hb > 80 g/l, ei ravintoainelisiä	Kaaksoisokkeutettu satunnaistettu kontrolloitu 2 x 2 koe Koulussa päivittäin keksi ja maitojuoma 1 vuoden ajan i1 = HMN ja suuri n-3 i2 = HMN ja pieni n-3 i3 = LMN ja suuri n-3 k = LMN ja pieni n-3	Hb (g/dl) ↑ 0,9; ↑ 1; ↑ 0,5; ↑ 0,5 SF (µg/l) ↑ 24,3; ↑ 25,6; ↓ 0,6; ↓ 2,4 sTfR (mg/l) ↓ 0,8; ↓ 0,7; ↑ 0,1; ± 0 BIS (mg/kg) ↑ 3,2; ↑ 3,5; ± 0; ↓ 0,1 Punasolun folaatti (nmol/l) ↑ 513; ↑ 440; ↑ 116; ↑ 139 SB12 (pmol/l) ↑ 160; ↑ 161; ↑ 49; ↑ 40 Komplianssi 70–75 %
van Stuijvenberg ym. 1999	Etelä-Afrikkalaiset 6–11-vuotiaat n <sub>i</sub> = 115 n <sub>k</sub> = 113	Sokkoutettu satunnaistettu kontrolloitu koe Koulussa 43 vko/12 kk (= 215 pvä) ajan 2–3 keksiä/pvä + mehua i1 = Fe, I ja A-vit (keksi) + C-vit (mehu) k = normaali keksi ja mehu	Anemian (Hb < 120 g/l) vallitsevuus (%-yks) ↓ 14; ↓ 5,1 Hb (g/l) ↑ 4; ↑ 1 SF (µg/l) ↑ 4,4; ↓ 7,1 SFe (µmol/l) ↑ 4,3; ↑ 0,1 Tf saturaatio (%-yks) ↑ 4,7; ↓ 2,5 SR (µmol/l) ↑ 0,13; ↑ 0,01 UI (µg/l) ↑ 205; ↑ 117 Komplianssi 92,4–93,4 %



Taulukko 2. Jatkuu

Tutkimus	Tutkittavat	Koemenetelmä ja interventio	Muutokset biomarkkereissa (i1; i2;...;k)
<u>Mehu</u>			
Abrams ym. 2003	Botswanalaiset 6–11-vuotiaat n <sub>i</sub> = 145 n <sub>k</sub> = 118  Yli 15 kg, Hb < 60 g/l, ei kroonisia sairauksia, ei HIV	Kaksoisokkoutettu koe  Koulussa 8 vko ajan 5 pvä/vko (7 annosta) 240 ml mehua  i = monivitaminoitu mehu k = normaali mehu	Anemian (Hb < 120 g/l) vallitsevuus (%-yks) ↑ 4,9; ↑ 20,1 ID (SF < 15 µg/l) vallitsevuus (%-yks) ↓ 9,7; ↓ 3 VAD (SR < 0,7 µmol/l) vallitsevuus (%-yks) ↑ 8; ↑ 8 Hb (g/l) ↓ 3,1; ↓ 7,2 MCV (fl) ↑ 2,1; ↑ 0,6 SF (pmol/l) ↑ 25,5; ↑ 10,1 Folaatti (nmol/l) ↑ 11,9; ↑ 2,8 B12-vit (pmol/l) ↑ 63; ↑ 24,3 SR (µmol/l) ↓ 0,015; ↑ 0,002 Komplianssi 89 %
Angeles-Agdeppa ym. 2011	Filippiiniläiset 6–9 -vuotiaat  n <sub>i</sub> = 46 n <sub>k</sub> = 43  Terveet, aneemiset(Hb 70-120 g/l), WAZ < -2, ei infektioita 2 vko ennen tutkimusta/tutkimusten aikana	Kaksoisokkoutettu lume-kontrolloitu koe  100 pvä ajan 5 pvä/vko 200 ml mehua  i = mehu + 133,3 µg A-vit, 1,4 mg Zn, 1,3 mg Fe, 45 mg C-vit, 200 mg lysini k = mehu + 45 mg C-vit	Anemian (Hb <120 g/l) vallitsevuus (%-yks) ↓ 87; ↓ 60,5 ID (SF <20 µg/l) vallitsevuus (%-yks) ↓ 24; ↓ 14,3 ZnD (PZ <65 µg/dl) ↓ 17,4; ↑ 3,7 Hb (g/l) ↑ 12,5; ↑ 7,2 SF (µg/l) ↑ 23; ↑ 21,6 PZn (µg/l) ↑ 20; ↑ 0,4
Ash ym. 2003	Tansanialaiset 6–11-vuotiaat  n <sub>i</sub> = 392 n <sub>k</sub> = 382  Ei kserofthalmia, Hb > 70 g/l, ei kroonisia sairauksia	Kaksoisokkoutettu satunnaistettu lume-kontrolloitu koe  Aamuvälitunnilla 6 kk ajan 5 pvä/vko 250 ml mehujuoima  i = täydennetty mehu k = normaali mehu	Anemian (Hb <110 g/L) vallitsevuus (%-yks) ↑ 7,8; ↑ 16,5 ID* (SF <12 µg/l) vallitsevuus (%-yks) ↓ 11,9; ↑ 1,3 VAD (Seerumin retinoli <200 µg/L) ↓ 10,3; ↓ 0,9 Hb (g/l) ↓ 3,2; ↓ 6,7 SF* (µg/l) ↑ 15,9; ↑ 2,05 PP (µmol/mol heme) ↓ 18,35; ↑ 4,9 Komplianssi 79,9–81,1%

(Jatkuu)

Taulukko 2. Jatkuu.

Tutkimus	Tutkittavat	Koennetelmä ja interventio	Muutokset biomarkkereissa (i1; i2;...;k)
Solon ym. 2003	Filippiiniläiset 1–6 luokkalaiset n <sub>i1</sub> = 203, madotettu n <sub>i2</sub> = 209, ei madotettu n <sub>k1</sub> = 213, madotettu n <sub>k2</sub> = 206, ei madotettu Terveet, Hb > 8 g/dl	Kaksoisokkoutettu satunnaistettu lume-kontrolloitu koe  Koulussa 16 vko ajan 200 ml mehua  i1 = monivitamiinoinen mehu + Fe, I, Zn i2 = monivitamiinoinen mehu + Fe, I, Zn k1 = normaali mehu k2 = normaali mehu	Hb (g/dl) ↑** 0,29; ↑ 0,21 UI (µg/l) ↑ 26,7; ↓ 7,3 Komplianssi 95,9%
<b>Suola</b>			
Wegmüller ym. 2006	Norsuluurannikkolaiset 5–15 -vuotiaat n <sub>i</sub> = 68 n <sub>k</sub> = 75  Kaikilla ID tai IDA	Kaksoisokkoutettu satunnaistettu koe  Päivittäin kotona 6 kk ajan suolaa ruokaan lisätynä  i = jodioitu suola + 3 mg Fe/g k = jodioitu suola	ID (sTfR > 8,5 mg/l tai SF < 30 µg/l) vallitsevuus (%-yks) ↓ 30; ↓ 24 IDA (sTfR > 8,5 mg/l tai SF < 30 µg/l tai Hb < 115/120 g/l 5–12/> 12 v. vallitsevuus (%-yks) ↓ 19; ↓ 13 BIC (mg/kg) ↑ 1,3; ↑ 0,1 Hb* (g/l) ± 0; ↑ 1 SF (µg/l) ↑ 15; ↑ 3 sTfR (mg/l) ↓ 1; ↑ 0,1 Komplianssi 92 – 100 %
Zimmermann ym. 2003	Marokkolaiset 6–15 -vuotiaat n <sub>i</sub> = 189 n <sub>k</sub> = 188  Myös aneemisia	Kaksoisokkoutettu randomisoitu koe  Koulussa ja kotona 40 vko/ 9 kk ajan 7–12 g suolaa päivässä  i = jodioitu suola + 1 mg Fe k = jodioitu suola	Anemian (Hb < 115/120 g/l, </> 12 v.) vallitsevuus ↓ 27; ↓ 6 Hb (g/l) ↑ 15; ↑ 5 SF (µg/l) ↑ 20; ↓ 6 sTfR (mg/l) ↓ 2,2; ↑ 0,7 ZnPP (µmol/mol hemi) ↓ 28; ↓ 6 UI (µg/l) ↑ 173; ↑ 164 Komplianssi 99 %

\*ryhmät erosivat alkumittauksissa toisistaan

\*\*Hb laski jos > 12g/dl, nousi sitä enemmän mitä huonompi alkutila

n<sub>i</sub> = interventoryhmän koko

n<sub>k</sub> = kontrolliryhmän koko

HMN = suuri mikroravintoaine pitoisuus  
LMN = pieni mikroravintoaine pitoisuus  
AA = C-vitamiini, B9 = foolihappo, Fe = rauta, I = jodi, Zn = sinkki  
NaFeEDTA = rauta(III)natrium etyleenidiamiinitetra-asetaatti  
Na<sub>2</sub>EDTA = dinatrium etyleenidiamiinitetra-asetaatti  
BIC = kehon rautakonsentraatio  
BIS = kehon rautavarastot = sTfR:SF  
LVA = maksan A-vitamiini  
TBRVA = kehon A-vitamiinivarastot  
SB12 = seerumin B12-vitamiini  
ID = raudanpuutos  
IDA = raudanpuutosanemia  
VAD = A-vitamiinin puutos  
Hb = hemoglobiini  
Tf = transferrini  
sTfR = seerumin transferrini reseptori  
PF = plasman ferritiini  
SF = seerumin ferritiini  
SFe = seerumin rauta  
BPb = veren lyijy  
ZnPP = sinkkiprotoporfyyriini  
PZn = plasman sinkki  
MCV = punasolujen keskikoko  
SR = seerumin retinoli  
PR = plasman retionli  
RBP = retinolia sitova proteiini  
UI = virtsan jodi

## 6 POHDINTA

Täydennettyjen elintarvikkeiden vaikutus ravitsemustilaan riippuu monesta eri tekijästä, mikä selittää tutkimustulosten vaihtelevuutta. Lisäksi ravitsemustilaan vaikuttaa muutkin tekijät kuin vain täydennettyjen elintarvikkeiden nauttiminen ja niiden ominaisuudet. Vaikka tarkasteltava joukko oli rajattu lapsiin, mahtui joukkoon hyvin monenlaisia lapsia (Taulukko 2). Lapset olivat muun muassa eri maista, joissa osassa oli meneillään myös kansallisia elintarvikkeiden täydennysohjelmia. Osa lapsista oli alle kouluikäisiä ja osa peruskoulua päättäviä nuoria. Heidän ravitsemustilansa alkumittauksissa vaihteli ryhmien ja tutkimusten välillä. Osassa alueista lapset madotettiin ja osassa ei. Alla tullaan tarkastelemaan eri tekijöitä, joilla on tai on voinut olla vaikutusta eroihin täydennetyt elintarvikkeen tehossa parantaa tai ehkäistä vajaaravitsemusta.

### *Lapsille kohdennetut täydennetyt elintarvikkeet*

Kirjallisuuskatsauksessa keskityttiin viljatuotteisiin, mehuihin ja suoloihin. Pääsääntöisesti näiden todettiin parantavan lasten rauta-, A-vitamiini- ja joditilaa, mutta mehun vaikutus osoittautui heikoimmaksi (Taulukko 2). Öljyä voitaisiin myös käyttää edellä mainittujen elintarvikkeiden lisäksi enenevässä määrin esimerkiksi lapsille kohdennetuissa leivoksissa. Ruokaöljyä täydennetäänkin jo paljon väestötasolla (Liite 2), mutta täydennetyt ruokaöljyn vaikutuksia lasten ravitsemustilaan on tutkittu vähän ja pääsääntöisesti vain kohorttitutkimuksilla. Tulokset ruokaöljyn täydentämisen tehokkuudesta ovat ristiriitaisia (Candelaria ym. 2005, Sandjaja ym. 2015, Engle-Stone ym. 2017b), mutta sitä pidetään hintahyödyltään tehokkaana tapana parantaa A-vitamiinitilaa (Sandjaja ym. 2015, Engle-Stone ym. 2017b). Esimerkiksi Filippiineillä täydennetyt ruokaöljyn on arvioitu maksavan vain 0,0005 centavos:ia (0,000005 pesoa = 0,08 €) enemmän verrattuna vastaavaan täydentämättömään tuotteeseen (Candelaria ym. 2005).

Elintarvikkeiden täydentämisen on todettu olevan tehokas tapa parantaa mikroravintoaineista johtuvia puutostiloja pitkällä aikavälillä. Vaikka kirjallisuuskatsauksessa on käsitelty täydennettyjen elintarvikkeiden käyttöä mikroravintoaineiden puutostilojen korjaamiseksi, niin aina elintarvikkeiden täydentämistä ei tarvita (van Stuijvenberg 2005). Esimerkiksi Egyptissä päivittäisen appelsiinin nauttimisen on todettu parantavan rautatilaa. Aina kyse ei ole mikroravintoaineiden liian vähäisestä saannista, vaan infektiosta tai mikroravintoaineiden heikosta hyväksikäytettävyydestä (WHO 2006). Joskus pelkkä elintarvikkeen täydennys ei kuitenkaan ole riittävää ja tarvitaan erillisiä ravintolisiä (WHO 2006). Kehittyvissä maissa on tapana madottaa lapsia ja antaa heille esimerkiksi muutaman kerran vuodessa suuri A-vitamiiniannos (Aro ym. 2015). Suurten kerta-annosten haittana ovat kuitenkin niiden

aiheuttamat akuutin myrkytyksen oireet ja sivuvaikutukset, kuten pahoinvointi. Lisäksi niiden ei ole todettu olevan tehokkaita pitkällä aikavälillä ja niiden kulutus ei ole yhtä suurta kuin täydennettyjen elintarvikkeiden (Abrams ym. 2003).

#### *Lisättävien mikroravintoaineyhdisteiden ominaisuudet ja määrä*

Nautittavan elintarvikkeen maukkaus, tuoksu ja ulkonäkö ovat tärkeitä ominaisuuksia, jotka lisäävät nautittavan elintarvikkeen käyttöä (Zimmermann ym. 2003). Haasteena on, että mikroravintoaineiden lisäys muuttaa helposti ruoan väriä ja makua. Esimerkiksi suolan täydentäminen raudalla saattaa muuttaa ruoan väriä harmahtavaksi. Toisaalta värinmuutosta täydennetyssä suolassa ei havaittu Wegmüllerin ja kumppaneiden (2006) tutkimuksessa. Tämä johtunee lisätyn raudan bioaktiivisesta muodosta: Zimmermannin tutkimusryhmä (2003) käytti mikrokapseloitua ferrosulfaattia, kun taas Wegmüllerin tutkimusryhmä (2006) käytti mikrojuuhettua rautapyrofosfaattia. Muutoin elintarvikkeisiin lisättävien yhdisteiden erot (bioaktiivisuus) ja vaikutukset ravitsemustilaan jätettiin pienemmälle huomiolle tutkielmassa. Jatkossa ne olisi kuitenkin hyvä ottaa huomioon, jotta olisi mahdollista löytää optimaalisin elintarvikkeisiin lisättävä yhdiste.

Toinen ongelmallinen yhdiste on A-vitamiinin esiaste  $\beta$ -karoteeni, joka usein värjää ruoan kellertäväksi. Tämä ei ole ongelma jo valmiiksi kellertävien mehujen ja öljyjen suhteen, mutta ongelma on havaittu muun muassa täydennetyssä maissipuurossa (Faber ym. 2005). Faber kumppaneineen (2005) käyttivät  $\beta$ -karoteenia puuron täydentämiseen, mutta puuron väri muuttui kellertäväksi ja ulkonäöltään vanukkaan/curryn näköiseksi. Lisäksi tutkittavien mukaan puuro maistui kurpitsamaiselle maissin sijasta ja haisi lääkemäiselle. Yllättävää oli kuitenkin se, että tutkittavista 97 % nautti puuroa maku- ja hajuhaitoista huolimatta.

Aistittavien ominaisuuksien lisäksi nautittavan ruoan (Faber ym. 2005) ja lisättävän mikroravintoaineen määrät on tärkeää ottaa huomioon. Annoskoko on arvioitava sopivaksi, jotta lapsi jaksaa syödä koko annoksen ja saa täten suunnitellun määrän mikroravintoaineita. Sopivan annoksen määrittämisessä voivat olla mukana esimerkiksi lasten äidit. Pinkaewin ja kumppaneiden (2013) täydentämän riisin todettiin olevan heikompi parantamaan lasten rautatilaa kuin Moretin ja kumppaneiden (2006) sekä Varman ja kumppaneiden (2007) täydentämät riisit. Syy tälle saattaa olla lisätyn raudan määrä. Sekä Pinkaewin että Moretin tutkimusjoukot nauttivat mikrojuuhetulla ferropyrofosfaatilla täydennettyä riisiä suunnilleen saman ajan, mutta Moretin tutkimusjoukon (2006) riisin täydennystaso oli 20 milligrammaa annoksessa, kun se Pinkaewin tutkimusjoukon (2013) riisissä oli vain puolet eli 10 milligrammaa. Solonin ja kumppaneiden (2003) täydennettyyn mehuun lisättyjen

mikroravintoaineiden määrät olivat niin ikään muihin mehuihin verrattuna matalat, mikä selittänee myös pienempää muutosta biomarkkereissa.

### *Komplianssi*

Täydennettyjen elintarvikkeiden komplianssin eli tarjolla olleen elintarvikkeen nautitun määrän on todettu olevan parempi kuin ravintolisien (Abrams ym. 2003). Lähes poikkeuksetta lasten komplianssi täydennetyille elintarvikkeille oli erittäin hyvä, useimmiten lähes 90 % tai jopa enemmän (Taulukko 2). Esimerkiksi kambodžhalaisessa tutkimuksessa kaikki osallistuneet lapset nauttivat koko aterian (Barth - Jaeggi ym. 2015). Tämä on tärkeää, jotta mikroravintoaineenpuutoksesta kärsivät lapset saavat tarvitsemansa määrän mikroravintoainetta parantamaan terveydentilaansa. Huomionarvoista on myös, että esimerkiksi Zimmermannin ja kumppaneiden (2003) ja Wegmüllerin ja kumppaneiden (2006) tutkimuksissa yli 92 % tutkittavista lapsista nautti täydennettejä suoloja värimuutoksista huolimatta. Negatiiviset muutokset täydennetyin elintarvikkeen aistein havaittavissa ominaisuuksissa ei siis juurikaan vähentänyt sen kulutusta.

### *Jatkuvuus*

Huomioitavaa on, etteivät myöhemmin elämässä tapahtuvat korjaukset tai parannukset mikroravintoaineiden saannissa voi kumota lapsen alkukehityksen vajaaravitsemuksen vahinkoja (Adams ym. 2017). Koulua ei käydä päivittäin lomien ja viikonloppujen johdosta, ja tämä aiheuttaa taukoja mikroravintoaineiden saannissa (van Stuijvenberg ym. 1999, Moretti ym. 2006). Van Stuijvenbergin tutkimuksessa (2005) kävi ilmi, että A-vitamiinitasot palasivat lähtötasolleen kesäloman aikana. Tutkimuksessa havaittiin myös, etteivät rautatasot parantuneet, kun C-vitamiinoidun juoman nauttiminen loppui. Joditasot pysyivät kuitenkin ennallaan kansallisen suolan jodioinnin johdosta. Tämä antaa viitettä siitä, että pakollinen täydentäminen on tehokasta mikroravintoaineiden puutostilojen ehkäisemiseksi.

Abramsin ja kumppaneiden (2003) heikot tulokset mehutäydennyksen kohdalla saattavat puolestaan selittyä sillä, että tutkimuksen lapset nauttivat monimikroravintoaineilla täydennettyä mehua selvästi lyhyemmän ajan (8 viikkoa) kuin muiden tutkimusten lapset (3–6 kuukautta). Jatkuvuuden ja saannin puutteen on todettu olevan yksi pääsyy sille, ettei elintarvikkeita kuluteta (Leyvraz ym. 2017). Jatkumattomuuden ongelmaa pyrittiin korjaamaan esimerkiksi antamalla lapsille kaksinkertainen annos täydennettyä mehua maanantaisin ja perjantaisin (Abrams ym. 2003) tai antamalla täydennettyä elintarviketta kotiin lapsen oltua poissa koulusta sairauden tai loman johdosta järjestämällä

ruoanjakelupisteitä lähelle lasten koteja (Sazawal ym. 2013). Thaimaassa lapset tulivat lomajalla kouluun vapaaehtoisesti nauttimaan ilmaisen aterian (Pinkaew ym. 2014).

#### *Biomarkkerit ja ravitsemustila*

Ravitsemustilan määrittämiseksi voidaan käyttää muun muassa antropometrisia menetelmiä tai biomarkkereita. Biomarkkerit ovat kuitenkin parempia mikroravintoaineiden määrittämiseksi, sillä kehon paino ja mitat eivät aina kerro kehon mikroravintoainetilaa (van Stuijvenberg ym. 1999). Myöskään puutosoireet eivät ole aina tarkkoja mikroravintoaineenpuutosta määriteltäessä (WHO 2012).

Yleisin rautatilaa kuvaava biomarkkeri on hemoglobiini (WHO 2006). Se ei kuitenkaan yksin riitä rautatilan määrittämiseksi, sillä sen pitoisuuteen vaikuttavat monet muutkin tekijät (Wegmüller ym. 2006, Pinkaew ym. 2013, Perignon ym. 2016, WHO 2016). Moretin ja kumppaneiden tutkimuksessa (2006) käy hyvin ilmi, kuinka hemoglobiini ei ole aina sopiva mittari rautatilan määrittämiseen. Tutkimuksessa raudanpuutoksen vallitsevuus laski merkitsevästi (53 %-yksikköä interventio ryhmällä ja 30 %-yksikköä kontrolliryhmällä), mutta hemoglobiini oli laskenut vastaavasti merkitsevästi 2 ja 5 grammaa litrassa. Kehon rautavarastot ja seerumin ferritiini olivat puolestaan kohonneet ja seerumin transferriniinireseptori laskenut, mitkä viittaavat parantuneeseen kehon rautatilaan. Monissa tutkimuksissa olikin mitattu rautatilaa myös esimerkiksi seerumin ferritiini ja -transferriniinipitoisuuden avulla (Tauluko 2). Hemoglobiinin muutokset riippuivat myös rautatilasta ennen tutkimusta siten, että vaste oli sitä parempi mitä heikompi rautatila oli (Ash ym. 2003, Solon ym. 2003). Samanlaisia tuloksia havaittiin myös jodin (Solon ym. 2003) ja A-vitamiinin (Solon ym. 2000) suhteen.

Tutkielmassa ei tarkasteltu infektioiden vaikutusta biomarkkereihin eikä itse infektioita kuvaavia biomarkkereita. On kuitenkin muistettava, että infektioilla on suuri vaikutus ravitsemustilaan ja muihin biomarkkereihin, ja ne voivat siten vääristää tuloksia. Jos ravitsemustilaa määriteltäessä tukeudutaan vain harvoihin biomarkkereihin (esimerkiksi vain hemoglobiinin ja ei infektioita kuvaavien biomarkkereiden mittaukseen), voidaan ravitsemustilasta saada vääristynyt kuva. Vuodenajan vaihtelu vaikuttaa tarjolla olevaan ruokaan, mutta sillä todettiin olevan myös vaikutusta biomarkkereihin siten, että tutkimuksen puolivälissä joidenkin biomarkkereiden arvot olivat paremmat tai heikommat kuin alku- ja loppumittauksissa (van Stuijvenberg ym. 1999, Zimmermann ym. 2003, Muthayya ym. 2012). Ashin ja kumppaneiden tutkimuksessa (2003) hemoglobiinitason lasku johtunee vuodenaikasta, jolloin mittaukset tehtiin. Alkumittaukset suoritettiin kuivana kautena, jolloin ruokavarastot ovat monipuoliset ja malarian transmissiot vähäisiä, kun taas loppumittaukset

suoritettiin märkänä kautena, jolloin ruokavarastot ovat melko tyhjäät ja malarian transmissiot yleisempiä. Hoitovaste vaihteli siis vuodenajan mukaan, vaikka pääosin tutkimuksissa todettiin lineaarinen ravitsemustilan parantuminen tai heikkeneminen tutkimuksen alku- ja loppumittauksen välillä.

#### *Elintarvikkeiden täydennysohjelmat*

Kun jonkin mikroravintoaineen puutos havaitaan, voidaan sen korjaamiseksi aloittaa elintarvikkeiden täydentämishjelma (WHO 2006). Päätaoiteena on korjata mikroravintoaineen tai mikroravintoaineiden liian vähäinen saanti normaaliksi. Interventiostrategiat ja ohjelmat keskittyvät useimmiten alle kouluikäisiin ja raskaana oleuiin naisiin jättäen kouluikäiset lapset huomioimatta. Laajemmalle ryhmälle kuin vain lapsiin kohdennettu täydennysohjelma ei välttämättä ole kovin tehokas lapsen kannalta (Leyvraz ym. 2017). Lapsen lisäksi elintarviketta kuluttavat kaikki muutkin kotitalouteen kuuluvat, jolloin täydennys ei ole kohdennettua, eikä riskissä oleva lapsi saa välttämättä riittävää määrää kyseistä tuotetta. Toisin sanoen, alle kouluikäinen lapsi voi olla nauttimatta tai nauttia liian pieniä määriä täydennettyä elintarviketta muun perheen nauttiessa kyseistä tuotetta suuria määriä. Täten olisi hyvä täydentää erityisesti elintarvikkeita joita vain alle kouluikäinen lapsi nauttii tai aloittaa esimerkiksi ravitsemustilan parantamiseen keskittyvä ohjelma neuvoloissa ja lasten hoitopaikoissa. Tarpeellista on myös kehitellä tapa saavuttaa myös juuri kouluikäiset lapset.

Yksi hyvä tapa saavuttaa kouluikäiset lapset ja parantaa heidän ravitsemustilaa ovat koulussa jaettavat täydennetyt elintarvikkeet tai täydennettyä elintarviketta sisältävä kouluateria (Taulukko 2). Kouluruokaohjelmien on todettu olevan loistava tapa kouluikäisten lasten tavoittamiseen ja kohdennettuun täydentämiseen (van Stuijvenberg 2005). Nämä ohjelmat valitettavasti keskittyvät enemmän lyhytaikaisen nälän lievittämiseen kuin mikroravintoaineiden puutoksen ehkäisemiseen. Lisäksi kohdennusta on usein tarkasteltu enemmän poliittisesta tai taloudellisesta näkökulmasta kuin ravitsemuksellisesta näkökulmasta. Esimerkiksi Etelä-Afrikan kansallisissa ohjeistuksissa ei ole määritelty lisättävien mikroravintoaineiden määriä, jotka pitäisi tarjota kouluaterialla. Lisäksi ruoan laadun ja turvallisuuden kontrollointi on ollut heikkoa. Ohjelman päätarkoituksen oli koulutuslaadun ja yleisen terveyden parantaminen. Toteutustapoina oli aktiivisen oppimisen tukeminen, lyhytaikaisen nälän lievittäminen ja koululäsnäolon lisääminen. Viimeiseksi tässä listalla oli jätetty täsmällisyys ja mikroravintoaineiden puutoksen käsittely. Kouluissa tarjoiltiin esimerkiksi maapähkinävoita, joka on hyvä energian ja proteiinin lähde, mutta



huono mikroravintoaineiden lähde. Lisäksi maapähkinävoi saattaa sisältää suuria määriä myrkyllistä aflatoksiinia.

Vaikka ohjelma ei ole puhtaasti ravitsemuksellinen, voidaan ohjelmalla kuitenkin saada hyviä ravitsemuksellisia muutoksia. Esimerkiksi, kun edellä mainittu etelä-afrikkalainen kouluruokaohjelma siirrettiin terveysviranomaisilta opetusviranomaisten alaisuuteen opetuksellisten ja toiminnallisten syiden takia, ohjelman tehokkuus parantui (van Stuijvenberg 2005). Silti kouluruokaohjelma ei ole pystynyt poistamaan mikroravintoaineiden puutosta kokonaan. Tästä huolimatta, kouluruokaohjelmilla on ollut positiivisia vaikutuksia myös mikroravintoainetilaan (Perignon ym. 2016), minkä lisäksi kouluruokaohjelman on todettu lisäävän energian ja mikroravintoaineiden saantia sekä läsnäoloa koulussa (Adams ym. 2017).

## 7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Lapset ovat herkkiä mikroravintoaineiden puutoksille (Perignon ym. 2016). Lapsuusiän vajaaravitsemusta on ehkäistävä, jotta vältetään sekä fyysisen- että henkisen kasvun häiriöt (WHO 2012). Yksi potentiaalinen tapa ehkäistä mikroravintoaineiden puutoksia ovat mikroravintoaineilla täydennetyt elintarvikkeet. Kehittyvissä maissa on löydetty täydentämiseen potentiaalisesti sopivia elintarvikkeita. Tällaisia ovat esimerkiksi erilaiset viljalajit kuten riisi ja vehnä sekä suola. Näiden lisäksi mehu saattaa olla hyvä keino parantaa lasten ravitsemustilaa. Täydennettyjä elintarvikkeita yhdistää muun muassa suuri päivittäinen käyttö, minkä lisäksi niiden täydentäminen on helppoa (WHO 2006).

Sopivan elintarvikkeen löytäminen on kuitenkin haasteellista, sillä raaka-aineet saattavat sisältää täydentämiselle epäedullisia yhdisteitä (Faber ym. 2005, Muthayya ym. 2012) tai elintarvikkeen käyttö riskiryhmässä poikkeaa muusta väestöstä (Martorell 2015). Myös elintarvikkeeseen lisättävän yhdisteen löytäminen voi olla haasteellista. Bioaktiivisuuden olisi oltava mahdollisimman suuri ja organoleptisten muutosten mahdollisimman vähäiset (Hurrell 2002, WHO 2006, Glinz ym. 2017).

Täydennetyt riisit, vehnäpohjaiset leivonnaiset, mehut ja suolat paransivat useimmiten lasten ravitsemustilaa merkitsevästi. Täydennetyt leivonnaiset paransivat ravitsemustilaa parhaiten, kun tulokset mehujen kohdalla olivat puolestaan hyvin ristiriitaisia. Ryhmien väliset erot loppumittauksissa sekä muutokset alku- ja loppumittausten välillä olivat pääsääntöisesti merkitseviä. Toisin sanoen interventoryhmän lapsien ravitsemustila parani enemmän kuin kontrolliryhmän lapsien. Tämä viittaa siihen, että täydennetyillä elintarvikkeilla on mahdollista parantaa lasten ravitsemustilaa. Muutamassa tutkimuksessa (Pinkaw 2013, Ash 2003, Angeles-Agdeppa 2011, Solon 2003) ei kuitenkaan havaittu muutosta ravitsemustilassa tai muutos oli negatiivinen. Solonin (2000, 2003) ja Ashin (2003) tutkimusjoukot havaitsivat kuitenkin hoitovasteen olevan sitä parempi mitä huonompi lapsen ravitsemustila oli alkumittauksissa. Täten voidaan todeta, että täydennettyjen elintarvikkeiden nauttiminen parantaa lasten ravitsemustilaa täydentämättömiin elintarvikkeisiin verrattuna ja että heikommassa ravitsemustilassa olevat lapset hyötyvät täydennyksestä enemmän kuin paremmassa ravitsemustilassa olevat lapset.

Lisää tutkimuksia kuitenkin tarvitaan, jotta lapsille löydetään sopivia täydennettäviä elintarvikkeita, lisättäviä yhdisteitä ja sille sopiva lisättävä määrä. Tällöin lasten ravitsemustila kohentuisi entistä paremmin. Jos hyviä elintarvike-mikroravintoainetäydennys-pareja löytyy, voitaisiin niitä alkaa käyttää laajemmin, kuten kansallisissa

täydennysohjelmissa. Ravitsemuksellisten ja biokemiallisten ominaisuuksien lisäksi sosioekonomiset ja infrastruktuuriset ongelmat on myös otettava huomioon (Osei ym. 2010).

Lopuksi on myös hyvä muistaa, ettei aihe koske vain lapsia ja kehittyviä maita (WHO 2006). Vajaaravitsemus, varsinkin mikroravintoaineiden puutos, ei ole vain kehittyvien maiden ongelma vaan sitä esiintyy myös kehittyneissä teollistuneissa maissa yksipuolisesti syöville lapsilla. Hyväksi todettuja täydennettyjä elintarvikkeita voidaan siis hyödyntää myös maailmanlaajuisesti eikä vain kehittyvissä maissa.

## 8 LÄHTEET

Aaron GJ, Friesen VM, Jungjohann S, Garrett GS, Neufeld LM, Myatt M. Coverage of Large-Scale Food Fortification of Edible Oil, Wheat Flour, and Maize Flour Varies Greatly by Vehicle and Country but Is Consistently Lower among the Most Vulnerable: Results from Coverage Surveys in 8 Countries. *The Journal of Nutrition* 2017;147(Suppl):984S–994S.

Abrams SA, Mushi A, Hilmers DC, Griffin IJ, Davila P, Allen L. A Multinutrient-Fortified Beverage Enhances the Nutritional Status of Children in Botswana. *The Journal of Nutrition* 2003;133:1834-1840.

Adams AM, Ahmed R, Latif HMM, Rasheed S, Das SK, Hasib E, Farzana FD, Ferdous F, Ahmed S. Impact of fortified biscuits on micronutrient deficiencies among primary school children in Bangladesh. *PLoS One* 2017;12(4): e0174673.

Angeles-Agdeppa I, Magsadia CR, Capanzana MV. Fortified juice drink improved iron and zinc status of schoolchildren. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition* 2011;20:535-543.

Aro A, Mutanen M, Uusitupa M. Ravitsemustiede. *Duodecim* 2015.

Ash DM, Tatala SR, Frongillo J, Edward A, Ndossi GD, Latham MC. Randomized efficacy trial of a micronutrient-fortified beverage in primary school children in Tanzania. *The American Journal of Clinical Nutrition* 2003;77:891-898.

Barth-Jaeggi T, Moretti D, Kvalsvig J, Holding PA, Njenga J, Mwangi A, Chhagan MK, Lacroix C, Zimmermann MB. In-home fortification with 2.5 mg iron as NaFeEDTA does not reduce anaemia but increases weight gain: a randomised controlled trial in Kenyan infants. *Maternal & Child Nutrition* 2015;11:151-162.

Bouhouch RR, El-Fadeli S, Andersson M, Aboussad A, Chabaa L, Zeder C, Kippler M, Baumgartner J, Sedki A, Zimmermann MB. Effects of wheat-flour biscuits fortified with iron and EDTA, alone and in combination, on blood lead concentration, iron status, and cognition in children: a double-blind randomized controlled trial. *American Journal of Clinical Nutrition* 2016;104:1318-1326.

Candelaria LV, Magsadia CR, Velasco RE, Pedro MRA, Barba CVC, Tanchoco CC. The effect of vitamin A-fortified coconut cooking oil on the serum retinol concentration of Filipino children 4-7 years old. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition* 2005;14:43-53.

da Silva Rocha D, Diniz Capanema F, Pereira Netto M, De Almeida CA, do Carmo Castro Franceschini, Sylvia, Lamounier J. Effectiveness of Fortification of Drinking Water with Iron and Vitamin C in the Reduction of Anemia and Improvement of Nutritional Status in Children Attending Day-Care Centers in Belo Horizonte, Brazil. *Food and Nutrition Bulletin* 2011;32:340-246.

de Almeida C, De Mello ED, Ramos APR, João CA, João CR, Dutra-de-Oliveira JE. Assessment of drinking water fortification with iron plus ascorbic Acid or ascorbic Acid alone in daycare centers as a strategy to control iron-deficiency anemia and iron deficiency: a randomized blind clinical study. *Journal of Tropical Pediatrics* 2014;60:40-46.

Dutra-de-Oliveira JE, Lamounier J, De Almeida CA, Marchini J. Fortification of Drinking Water to Control Iron- Deficiency Anemia in Preschool Children. *Food and Nutrition Bulletin* 2007;28:173-180.

Engle-Stone R, Nankap M, Ndjebayi AO, Allen LH, Shahab-Ferdows S, Hampel D, Killilea DW, Gimou M, Houghton LA, Friedman A, Tarini A, Stamm RA, Brown KH. Iron, zinc, folate, and vitamin b-12 status increased among women and children in Yaounde and Douala, Cameroon, 1 year after introducing fortified wheat flour. *Community and International Nutrition. The Journal of Nutrition* 2017a;147:1426-1236.

Engle-Stone R, Nankap M, Ndjebayi A, Gimou M, Friedman A, Haskell MJ, Tarini A, Brown KH. Vitamin A Status of Women and Children in Yaoundé and Douala, Cameroon, is Unchanged One Year after Initiation of a National Vitamin A Oil Fortification Program. *Nutrients* 2017b;9:522.

Faber M, Kvalsvig JD, Lombard CJ, Benadé AS. Effect of a fortified maize-meal porridge on anemia, micronutrient status, and motor development of infants. *American Journal of Clinical Nutrition* 2005;82:1032-1039.

Glinz D, Wegmüller R, Ouattara M, Diakitè VG, Aaron GJ, Hofer L, Zimmermann MB, Adiossan LG, Utzinger J, N'Goran EK, Hurrell RF. Iron Fortified Complementary Foods Containing a Mixture of Sodium Iron EDTA with Either Ferrous Fumarate or Ferric Pyrophosphate Reduce Iron Deficiency Anemia in 12- to 36-Month-Old Children in a Malaria Endemic Setting: A Secondary Analysis of a Cluster-Randomized Controlled Trial. *Nutrients* 2017;9:759.

Hess SY, Brown KH, Sablah M, Engle-Stone R, Aaron GJ, Baker SK. Results of Fortification Rapid Assessment Tool (FRAT) Surveys in Sub-Saharan Africa and Suggestions for Future Modifications of the Survey Instrument. *Food and Nutrition Bulletin* 2013;34:21-38.

Horton, S., Alderman, H. & Rivera, J.A. Copenhagen Consensus 2008: The Challenge of Hunger and Malnutrition. Cambridge University Press 2009.

Hurrell RF: Fortification: overcoming technical and practical barriers. *American Institute of Nutrition. The Journal of Nutrition* 2002;132: 806S–812S.

Lailou A, Icard-Vernière C, Rochette I, Picq C, Berger J, Sambath P, Mouquet-Rivier C. Rapid Quantification of Iron Content in Fish Sauce and Soy Sauce: A Promising Tool for Monitoring Fortification Programs. *Food and Nutrition Bulletin* 2013;34(2):124S-132S.

Lamounier JA, Capanema FD, da Silva Rocha D, Oliveira D, Dutra JE, Costa da Silva M, Almeida D, Nogueira CA. Iron Fortification Strategies for the Control of Childhood Anemia in Brazil. *Journal of Tropical Pediatrics* 2010;56:448-451.

Leyvraz M, Aaron GJ, Poonawala A, van Liere MJ, Schofield D, Myatt M, Neufeld LM. Coverage of Nutrition Interventions Intended for Infants and Young Children Varies Greatly across Programs: Results from Coverage Surveys in 5 Countries, American Society for Nutrition. *The Journal of Nutrition* 2017;147:5:995S-1003S.

Longfils P, Monchy D, Weinheimer H, Chavasit V, Nakanishi Y, Schümann K. A comparative intervention trial on fish sauce fortified with NaFe-EDTA and FeSO<sub>4</sub>+citrate in

iron deficiency anemic school children in Kampot, Cambodia. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition* 2008;17:250-257.

Manger MS, McKenzie JE, Winichagoon P, Gray A, Chavasit V, Pongcharoen T, Gowachirapant S, Ryan B, Wasantwisut E, Gibson RS. A micronutrient-fortified seasoning powder reduces morbidity and improves short-term cognitive function, but has no effect on anthropometric measures in primary school children in northeast Thailand: a randomized controlled trial. *The American Journal of Clinical Nutrition* 2008;87:1715-1722.

Martorell R, Ascencio M, Tacsan L, Alfaro T, Young MF, Addo OY, Dary O, Flores-Ayala R. Effectiveness evaluation of the food fortification program of Costa Rica: impact on anemia prevalence and hemoglobin concentrations in women and children. *The American Journal of Clinical Nutrition* 2015;101:210-217.

Moretti D, Zimmermann MB, Muthayya S, Thankachan P, Lee T, Kurpad AV, Hurrell RF. Extruded rice fortified with micronized ground ferric pyrophosphate reduces iron deficiency in Indian schoolchildren: a double-blind randomized controlled trial. *The American Journal of Clinical Nutrition* 2006;84:822-829.

Muthayya S, Eilander A, Transler C, Thomas T, van der Knaap, Henk C M, Srinivasan K, van Klinken, B Jan Willem, Osendarp SJM, Kurpad AV. Effect of fortification with multiple micronutrients and n-3 fatty acids on growth and cognitive performance in Indian schoolchildren: the CHAMPION (Children's Health and Mental Performance Influenced by Optimal Nutrition) Study. *The American Journal of Clinical Nutrition* 2009;89:1766-1775.

Muthayya S, Thankachan P, Hirve S, Amalrajan V, Thomas T, Lubree H, Agarwal D, Srinivasan K, Hurrell RF, Yajnik CS, Kurpad AV. Iron fortification of whole wheat flour reduces iron deficiency and iron deficiency anemia and increases body iron stores in Indian school-aged children. *The Journal of Nutrition* 2012;142:1997-2003.

Osei AK, Rosenberg IH, Houser RF, Bulusu S, Mathews M, Hamer DH. Community-level micronutrient fortification of school lunch meals improved vitamin A, folate, and iron status of schoolchildren in Himalayan villages of India. *The Journal of Nutrition* 2010;140:1146-1154.

Perignon M, Fiorentino M, Kuong K, Dijkhuizen MA, Burja K, Parker M, Chamnan C, Berger J, Wieringa FT. Impact of Multi-Micronutrient Fortified Rice on Hemoglobin, Iron and Vitamin A Status of Cambodian Schoolchildren: a Double-Blind Cluster-Randomized Controlled Trial. *Nutrients* 2016;8:29.

Pinkaew S, Wegmuller R, Wasantwisut E, Winichagoon P, Hurrell RF, Tanumihardjo SA. Triple-fortified rice containing vitamin A reduced marginal vitamin A deficiency and increased vitamin A liver stores in school-aged Thai children. *The Journal of Nutrition* 2014;144:519-524.

Pinkaew S, Winichagoon P, Hurrell RF, Wegmuller R. Extruded rice grains fortified with zinc, iron, and vitamin A increase zinc status of Thai school children when incorporated into a school lunch program. *The Journal of Nutrition* 2013;143:362-368.

Rohner F, Leyvraz M, Konan AG, Ezzo, Lasmé J C E, Wirth JP, Norte A, Adiko AF, Bonfoh B, Aaron GJ. The Potential of Food Fortification to Add Micronutrients in Young Children

and Women of Reproductive Age – Findings from a Cross-Sectional Survey in Abidjan, Côte d'Ivoire. *PLoS One* 2016;11(7): e0158552

Sandjaja, Jus'at I, Jahari AB, Ifrad, Htet MK, Tilden RL, Soekarjo D, Utomo B, Moench-Pfanner R, Soekirman, Korenromp EL. Vitamin A-fortified cooking oil reduces vitamin A deficiency in infants, young children and women: results from a programme evaluation in Indonesia. *Public Health Nutrition* 2015;18(14): 2511–2522.

Sazawal S, Dhingra U, Dhingra P, Hiremath G, Sarkar A, Dutta A, Menon VP, Black RE. Micronutrient Fortified Milk Improves Iron Status, Anemia and Growth among Children 1–4 Years: A Double Masked, Randomized, Controlled Trial. *PLoS One* 2010;5:e12167.

Sazawal S, Habib, A K M Ahsan, Dhingra U, Dutta A, Dhingra P, Sarkar A, Deb S, Alam J, Husna A, Black RE. Impact of micronutrient fortification of yoghurt on micronutrient status markers and growth - a randomized double blind controlled trial among school children in Bangladesh. *BMC Public Health* 2013;13:514.

Solon FS, Klemm RD, Sanchez L, Darnton-Hill I, Craft NE, Christian P, West J, K P. Efficacy of a vitamin A-fortified wheat-flour bun on the vitamin A status of Filipino schoolchildren. *The American Journal of Clinical Nutrition* 2000;72:738-744.

Solon FS, Sarol JN, Bernardo ABI, Solon JAA, Mehansho H, Sanchez-Fermin LE, Wambangco LS, Juhlin KD. Effect of a Multiple-Micronutrient-Fortified Fruit Powder Beverage on the Nutrition Status, Physical Fitness, and Cognitive Performance of Schoolchildren in the Philippines. *Food and Nutrition Bulletin* 2003;24(4):S129-S140.

UNICEF DATA. UNICEF statistics, Malnutrition2017.  
//data.unicef.org/topic/nutrition/malnutrition/ (luettu 13.11.2017).

UNICEF. A Global Progress Report: Vitamin and Mineral Deficiency. UNICEF & The Micronutrient Initiative 19.3.2004.

van Stuijvenberg ME, Kvalsvig JD, Faber M, Kruger M, Kenoyer DG, Benadé AS. Effect of iron-, iodine-, and  $\beta$ -carotene-fortified biscuits on the micronutrient status of primary school children: a randomized controlled trial. *The American Journal of Clinical Nutrition* 1999;69:497-503.

van Stuijvenberg ME. Using the school feeding system as a vehicle for micronutrient fortification: Experience from for micronutrient fortification: Experience from South Africa. *Food and Nutrition Bulletin*, 2005;26:2:(Suppl 2):S213-S219.

van Thuy P, Berger J, Davidsson L, Khan NC, Lam NT, Cook JD, Hurrell RF, Khoi HH. Regular consumption of NaFeEDTA-fortified fish sauce improves iron status and reduces the prevalence of anemia in anemic Vietnamese women. *The American Journal of Clinical Nutrition* 2003;78:284.

Varma JL, Das S, Sankar R, Mannar MG, Levinson FJ, Hamer DH. Community-level micronutrient fortification of a food supplement in India: a controlled trial in preschool children aged 36-66 mo. *The American Journal of Clinical Nutrition* 2007;85:1127-1133.

Wegmüller R, Camara F, Zimmermann MB, Adou P, Hurrell RF. Salt Dual-Fortified with Iodine and Micronized Ground Ferric Pyrophosphate Affects Iron Status but Not Hemoglobin

in Children in Côte d'Ivoire. American Society for Nutrition. The Journal of Nutrition 2006;136:1814-1820.

WFP: Miksi mikroravintoaineet ovat niin tärkeitä. <http://fi.wfp.org/content/miksi-mikroravintoaineet-ovat-niin-t%C3%A4rkeit%C3%A4> (luettu 4.12. 2017).

WFP: Types of Malnutrition. <http://www.wfp.org/node/4445> (luettu 6.5.2018)

WHOa: Micronutrient deficiencies, Iron Deficiency Anemia. <http://www.who.int/nutrition/topics/ida/en/> (Luettu 28.4.2018).

WHOb: Micronutrient deficiencies, Vitamin A Deficiency. <http://www.who.int/nutrition/topics/vad/en/> (Luettu 28.4.2018)

WHO: Use of Multiple Micronutrient Powders for Point of use Fortification of Foods Consumed by Infants and Young Children aged 6-23 Months and Children Aged 2-12 Years. World Health Organization 2016.

WHO: Report: priorities in the assessment of vitamin A and iron status and in populations, Panama City, Panama, 15-17 September 2010. World Health Organization 2012.

WHO: Guidelines on Food Fortification with Micronutrients. World Health Organization, Department of Nutrition for Health and Development, World Health Organization and Food and Agriculture Organization of the United Nations 2006.

WHO: Vitamin and mineral requirements in human nutrition. World Health Organization, Food and Agriculture Organization of the United Nations. Geneva 2004.

WHO: Biomarkers in risk assessment: validity and validation. World Health Organization and International Programme on Chemical Safety. Geneva 2001.

WHO: Indicators for assessing iodine deficiency disorders and their control through salt iodization. World Health Organization, UNICEF and International Council for Control of Iodine Deficiency Disorders. Geneva 1994.

Winichagoon P, McKenzie JE, Chavasit V, Pongcharoen T, Gowachirapant S, Boonpradern A, Manger MS, Bailey KB, Wasantwisut E, Gibson RS. A multimicronutrient-fortified seasoning powder enhances the hemoglobin, zinc, and iodine status of primary school children in North East Thailand: a randomized controlled trial of efficacy. The Journal of Nutrition 2006;136:1617.

Zimmermann MB, Zeder C, Chaouki N, Saad A, Torresani T, Hurrell RF. Dual fortification of salt with iodine and microencapsulated iron: a randomized, double-blind, controlled trial in Moroccan schoolchildren. The American Journal of Clinical Nutrition 2003;77:425-432.



## 9 LIITTEET

Liite 1. Eri maiden lainmääräämä elintarvikkeiden täydennys mikroravintoaineilla ja lain asettamisvuosi.

Maa	Aloitusvuosi	Elintarvike	Lisätty mikroravintoaine
Bangladesh	2013	Ruokaöljy	A-vit
Brasilia	2001	Vehnäjauho Maissijauho	Fe Fe
Burkina Faso		Suola	I
Costa-Rica	2003	Sokeri	A-vit
	2002	Vehnäjauho	Fe, B1, B2, B3, B9
	2002	Riisi	B1, B3, B9, B12, E-vit, Se, Zn
	2001	Maito	Fe, A-vit, B9
	1999	Maissijauho	B1, B2, B3, B9, Fe
	1972	Suola	I, Fe
Etelä-Afrikka	2003	Vehnäjauho	Fe, Zn, A-vit, B 1, B2, B3, B6, B9
	2003	Maissijauho	Fe, Zn, A-vit, B 1, B2, B3, B6, B9
	1998	Suola	I
Guinea		Vehnäjauho Kasviöljy Suola	I
Indonesia	2015	Palmuöljy	A-vit
Kamerun	2011	Kasvisöljy	A-vit
	2011	Vehnäjauho	Fe, Zn, B9, B12
Kongo		Suola	I
Malawi		Suola	I
Mali		Vehnäjauho Suola	I
Marokko	1997	Suola	I
Mauritania		Vehnäjauho Suola	I
Mosambik		Suola	I
Niger		Vehnäjauho Kasviöljy Suola	I
Nigeria	2000	Ruokaöljy	A-vit
	2000	Vehnäjauho	A-vit, Zn, B1, B2, B3, B9
	2000	Maissijauho	A-vit, B9
Norsuluu- rannikko	2007	Suola	I
	2007	Vehnäjauho	Fe, Zn, B1, B2, B3, B6, B9, B12
	2007	Kasvisöljy	A-vit
Ruanda		Suola Maissijauho	I
Senegal	2009	Ruokaöljy	A-vit
	2009	Vehnäjauho Suola	Fe, B9 I
Tansania	2011	Maissijauho	Fe, Zn, A-vit, B1, B2, B3, B6, B9
	2010	Ruokaöljy	A-vit, E-vit
	2010	Vehnäjauho	Fe, A-vit, Zn, B1, B2, B3, B6, B9, B12

(Jatkuu)

## Liite 1. Jatkuu

<b>Maa</b>	<b>Aloitusvuosi</b>	<b>Elintarvike</b>	<b>Lisätty mikroravintoaine</b>
Uganda	2003	Ruokaöljy	A-vit
	2003	Vehnäjauho	Fe, Zn, A-vit, B1, B2, B3, B6, B9, B12
	2003	Maissijauho	Fe, Zn, A-vit, B1, B2, B6, B9
		Suola	I

A-vit = A-vitamiini, B1 = tiamiini, B2 = riboflaviini, B3 = niasiini, B6 = pyridoksiini, B9 = foolihappo  
 Fe = rauta, I = jodi, Zn = sinkki

## Liihteen lähteet:

Stuijvenberg ym. 1999, Zimmermann ym. 2003, Lamounier ym. 2010, Hess ym. 2013, Martorell ym. 2015, Sandjaja ym. 2015, Rohner ym. 2016, Aaron ym. 2017, Engle-Stone ym. 2017a, Engle-Stone ym. 2017b.

## Liite 2. Raudan, A-vitamiinin ja jodin saantisuositukset lapsille.

Mikroravintoaine	Ikä (v.)	Suositus (vrk)
Rauta*	4–6	4,2–12,6 mg
	7–10	5,9–17,8 mg
	11–14 <sup>t, a</sup>	9,3–28 mg
	11–14 <sup>p</sup>	9,7–29,2 mg
A-vitamiini	4–6	450 µg RE
	7–9	500 µg RE
	10–18	600 µg RE
Jodi	1–6	6 µg/kg, 90 µg
	7–12	4 µg/kg, 120 µg
	> 13	2 µg/kg, 150 µg

\* suositus vaihtelee bioaktiivisuuden mukaan

t = tytöt, p = pojat

a = ennen kuukautisia

RE = retinoliekvivalentti

## Liitteen lähteet:

Vitamin and Mineral Requirements in Human Nutrition. World Health Organization & Food and Agriculture Organization of the United Nations (WHO 2004).

## Liite 3. Puutostilojen raja-arvot lapsilla.

Puutos	Ikä (v)	Raja-arvo		
		Lievä	Keskivaikea	Vakava
ID* (SF µg/l)	< 5		12	
	> 5		15	
IDA (Hb g/l)	5–11	115	ND	ND
	12–14	120	ND	ND
VAD				
(SR µmol/l)	**	1,05	0,70	0,35
IDD				
UI µg/l	6–12	50–99	20–49	< 20
BTSH (mU/l)		< 20	< 20	

\* puutoksen vakavuutta ei eritely

\*\* “alle kouluikäiset”

ND = ei määritely

ID = raudan puutos

IDA = raudanpuutosanemia

VAD = A-vitamiinin puutos

IDD = Jodin puutos

SF = seerumin ferritiini

Hb = hemoglobiini

SR = seerumin retinoli

UI = virtsan jodi

BTSH = koko veren tyrotropiini

## Liitteen lähteet:

Indicators for assessing iodine deficiency disorders and their control through salt iodization. World Health Organization, UNICEF, International Council for Control of Iodine Deficiency Disorders Geneva 1994.

Guidelines on Food Fortification with Micronutrients. World Health Organization. Dept. of Nutrition for Health and Development. World Health Organization and Food and Agriculture Organization of the United Nations 2006.