

Fosfori — tulevaisuuden kolesteroli?

Kun kerron tutkivani fosforia, minulta usein kysytään, mistä sitä oikein löytyy. Vanhan kansan mukaan kissan silmissä kiiltää fosfori. Myös fosforilannoitteista ja rehevöitymisestä tiedetään. Joku on kuullut valkoisesta fosforista, jota käytetään sodankäynnissä räjähdaineena. Toinen puolestaan tietää, että tulitikuissa on punaista fosforia ja että sitä käytetään myös metamfetamiinin valmistuksessa. Koska tutkimusalani on ravitsemustiede, luonnollisesti fosforia on myös ruoassa. Fosforia siis on lähes kaikkialla: sinussa, minussa, meissä ja ympärillämme.

Elimistössä fosforia on noin 700 grammaa, josta suurin osa on luustossa. Muu fosfori osallistuu mm. solujen energia-ainenvaihduntaan ja elimistön happo-emästasapainon säätelyyn (1). Fosforia on luonnostaan lähes kaikissa ruoka-aineissa, mutta eniten sitä on pähkinöissä, juustoissa, munankeltuaisessa, täysjyväviljassa ja lihassa ja kalassa. Fosforia lisätään elintarvikkeisiin myös fosforilisäaineena: mm. emulgointi- ja kiinteyttämisaineina, kosteudensäilyttäjinä, sakeuttamis- ja stabilointiaineina, sulatesuoloina, nostatusaineina ja jauhonparanteina (2). Ilman niitä myös monien tuotteiden ns. varastointiaika lyhenisi huo-

mattavasti. Suomessakin on nykyään mahdollista koostaa päivän ateriat huomaamattaan siten, että jokaisella aterialla tulee nauttineeksi fosforilisäaineita. Aamupalalla E452 ja E339 (sulatejuustossa), virvoitukseksi E338 (kolajuomassa), lounaalla E450 (marinoidusta lihasta tehdystä kastikkeesta), välipalalla E341 (soijajuomassa), päivällisellä E451 (kananugeteissa) ja E450 (perunasosejauheessa), ja iltapalalla E450 ja E452 (leiklemakkarassa) (3).

Fosforin saanti on länsimaissa kaksin-kolminkertaista suhteessa ravitsemussuositukseen (4,5). Fosforin kokonaisuutta on kasvattanut fosforilisäaineiden käyttö elintarviketollisuudessa ja on arvioitu, että jopa 10-50 prosenttia fosforin saannista on peräisin lisäaineista (6). Saantilaskelmat ovat lähinnä suuntaa-antavia: elintarvikekoostumustietokannoissa, joiden perusteella tietyn ravintoaineen keskimääräinen saanti lasketaan, esiintyy etenkin fosforin osalta paljon epätarkkuuksia: fosforilisäaineiden osuutta kokonaisfosforipitoisuuksissa ei välttämättä ole otettu huomioon. Käytännössä tämä johtuu siitä, että fosforipitoisuudet on saatu laskennallisesti raaka-aineiden pitoisuuksien perusteella eikä tuotteita ole analysoitu kemiallisesti. Verrattaessa analysoituja pitoisuuksia ja tietokantojen perusteella laskettuja pitoisuuksia, erot voivat olla jopa kaksinkertaisia, etenkin jos kyseessä on tuote, joka sisältää fosforilisäaineita (6).

Fosforin todellisen saannin arviointia vaikeuttaa myös fos-

forin hyväksikäytettävyyden vaihtelevuus eri fosforilähteiden välillä; lisäaineperäinen epäorgaaninen fosfori on suoraan imeytyvässä muodossa suolana ja imeytyy elimistöön paremmin kuin elintarvikkeen luontainen, orgaaninen fosfori. Esimerkiksi viljassa fosfori on lähinnä fytaattina, joka täytyy prosessoida ennen kuin se on hyväksikäytettävissä elimistössä: esim. ruisleipää hapattaessa fytaattia hajoaa fosforiksi (7). Eläinperäisten tuotteiden fosfori imeytyvyys on yleisesti ottaen hyvä. Kirjallisuudessa fosforin imeytymisasteeksi todetaan usein 50-70 % (8), mutta kun yrittää päästä tämän tiedon alkulähteille, havaitsee kiertävänsä ympyrää. Oikeastaan siis fosforin imeytymisastetta ei tiedetä tarkkaan, mutta se tiedetään, että imeytyminen ja hyväksikäytettävyys vaihtelevat eri elintarvikkeiden välillä.

Miksi fosforilla on sitten mitään merkitystä? Siihen on useampiakin syitä. Munuaistautipotilaille runsaan fosforin saannin ja veren korkean fosfaattipitoisuuden haitallisuus on tiedetty jo pitkään, ja fosforirajoitteista ruokavaliota käytetään osana heidän hoitoaan (9). Munuaistauti lisääntyy tyypin 2 diabeteksen liitännäissairautena, ja jonkin asteinen munuaisten vajaatoiminta on 10 %:lla suomalaisista, vakavampi 5%:lla (10). Munuaistautipotilaiden elimistö ei kykene erittämään fosforia pois kunnolla, jolloin ylimääräinen fosfori voi saostua yhdessä kalsiumin kanssa suonien ja tärkeitä elimiä tukkivaksi kalkkeutu-

maksi. Tämän vuoksi munuaistautilopotilaiden on tiedettävä tarkkaan, paljonko fosforia tietty ruoka-aine sisältää. Kun tähän lisätään edellä mainitut elintarvikkeiden koostumustietokantoihin ja fosforin hyväksikäytettävyyteen liittyvät ongelmat, voidaan havaita, kyseessä ei ole aivan pieni asia. Lisäksi, viimeisen 10 vuoden aikana on saatu tutkimustuloksia myös tavallisella väestöllä veren korkean fosfaattipitoisuuden yhteyksistä sydän- ja verisuonitautien riskiin, ja tällä hetkellä siitä on jo melko paljon tutkimusta (ks. esim. 11). Ravinnon fosforin osalta julkaisuja ei ole kovin paljon (esim. 12). Jonkin verran runsasta fosforin saantia on yhdistetty häiriintyneeseen luustoaineenvaihduntaan terveillä ihmisillä (13,14). Voisi siis todeta, että fosforin osalta hälytysvalot vilkkuvat, mutta -kellot eivät vielä soi. Jo pari vuotta sitten kansainvälisessä sydäntutkimusta käsittelevässä lehdessä esitettiin, että fosfori saattaisi olla tulevaisuuden kolesteroli (15). Kolesterolia alentavia lääkkeitä määrätään nykyään jo kolesterolin ollessa vain hiukan koholla. Toistaiseksi verestä fosforia sitovia fosfaattisitojalääkkeitä käytetään lähinnä munuaistautilopotilaiden hoidossa. Mahtaako tilanne muuttua, jos runsaan fosforin saannin ja veren korkean fosfaattipitoisuuden todistetaan yhtä vahvasti olevan sydän- ja verisuonitautien riskitekijä väestötasolla kuin kohonneen kolesterolin?

Jokainen ylimääräinen milligramma fosforia päivässä lisää munuaistautilotilaan hoitokustannuksia, ja täten yhteiskunnan kuluja. Entäpä, jos fosforin osalta toimittaisiinkin ennen kuin mitään ”vakavaa”

ehdi tapahtua? Tuotettaisiin luotettavia analyysituloksia fosforipitoisuuksista, ja selvitetäisiin fosforin hyväksikäytettävyyttä ja täten ihan ruokavalio- muutoksilla voitaisiin estää ”fosfaattiepideemia?”

Entäs E-koodit, fosforilisäaineet? Pakkausmerkinnöissä ne luetellaan numerokoodina, mutta Suomessa ne on harvemmin kirjoitettu nimellä auki siten, että sana fosfori tai fosfaatti on tunnistettavissa. Viimeiset viralliset tutkimustulokset fosforilisäaineista, niiden käyttömääristä ja käytön laajuudesta ovat noin 15 vuoden takaa, eli näitä ei voi kovin luotettavasti hyödyntää tänä päivänä (2,16). Päivittäistavarakaupan tarjonta muuttuu koko ajan, ja ulkomaisten, myös ns. halpatuotteiden määrä Suomen markkinoilla kasvaa. Kuinka monessa näistä on lisäainefosforin E-koodeja, sitä ei tiedä kukaan. Ja jos tuotteissa on E-koodeja, mikä mahtaa olla tuotteen fosforipitoisuus? Jo Suomen liityessä Euroopan Unioniin vuonna 1995 ja lisäainelainsäädännön muuttuessa sallivammaksi, fosfaattilisäaineiden pitoisuudet kasvoivat markkinoilla olevissa tuotteissa (16).

En kuitenkaan lietsoisi fosforipaniikkia ennen kuin tarkempaa tutkimusta on tehty ja elintarviketeollisuus on saatu mukaan yhteistyöhön. Toistaiseksi emme tiedä paljon fosfaattilisäaineiden käytön laajuudesta, ja siitä, aiheuttavatko ne todellisen terveystarvian. Väitöskirjassani olenkin paneutunut ravinnon fosforia koskevan tutkimustiedon puutteesta kärsiviin aihealueisiin: fosforin hyväksikäytettävyyteen eri elintarvikkeista, ja tutkin ensimmäistä kertaa suomalaisväestöllä, onko runsas fosforin saanti eri

muodoissa (kokonaisfosfori ja lisäainefosfori) yhteydessä eräaseen sydän- ja verisuonitautien riskitekijään.

Väitöskirjan tulokset tukevat aiempaa käsitystä siitä, että fosforilähteellä on merkitystä arvioitaessa fosforin saantia väestötasolla. Kasvikunnan tuotteet yleisesti sisältävät vähäisiä määriä liukoista fosforia mutta lisäainefosforia sisältävissä kasvipohjaisissa elintarvikkeissa sitä on suhteellisesti enemmän verrattuna tavanomaisiin tuotteisiin. Vaikka runsaan fosforin saannin havaittiin olevan yhteydessä yhteen sydän- ja verisuonitautien riskitekijään, kaulavaltimon seinämän paksuuteen, poikkileikkaustutkimusasetelman perusteella syy-seuraussuhteita ei kuitenkaan voida päätellä. Tämän vuoksi etenkin hyvin imeytyvän lisäainefosforin mahdollisia haittavaikutuksia sydän- ja verisuoniterveyteen pitäisi tutkia tarkemmin ennen kuin runsaan fosforin saannin mahdollisesta haitallisuudesta väestötasolla voidaan tehdä lopullisia johtopäätöksiä. Tämän selvittämiseksi tarvitaan lisää tietoa myös fosforilisäaineiden käytöstä elintarviketeollisuudessa sekä päivitettyjä analyysitietoja elintarvikkeiden fosforipitoisuuksista. (17)

KIRJALLISUUS

- (1) Knochel JP. Phosphorus. Kirjassa: Shils ME, Olson JA, Shike M, Ross AC. (toim.) Modern nutrition in health and disease. 10. painos. Baltimore, Maryland, USA: Lippincott Williams & Wilkins; 2006, 211–222.
- (2) Suurseppä P, Penttilä P-L, Henttonen S, Niemi E. Fosfaatti elintarvikkeiden lisäaineena. Helsinki: 2001. Elintarvikkeviraston Tutkimuksia –sarja 12/2000.

- (3) EVIRA. E-koodiavain. 2011. Luettu 11.1.2015. <http://www.evira.fi/portal/fi/tietoa+evirasta/julkaisut/?a=view&productId=52>
- (4) Welch AA, Fransen H, Jenab M, Boutron-Ruault MC, Tumino R, Agnoli C, Ericson U, Johansson I, Ferrari P, Engeset D, Lund E, Lentjes M, Key T, Touvier M, Niravong M, Larrañaga N, Rodríguez L, Ocké MC, Peeters PHM, Tjønneland A, Bjerregaard L, Vasilopoulou E, Dilis V, Linseisen J, Nöthlings U, Riboli E, Slimani N, Bingham S. Variation in intakes of calcium, phosphorus, magnesium, iron and potassium in 10 countries in the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition study. *Eur J Clin Nutr* 2009;63:S101–121.
- (5) Helldán A, Raulio S, Kosola M, Tapanainen H, Ovaskainen M-L, Virtanen S. *Finravinto 2012 –tutkimus. Tampere: Juvenes Print; 2013. Terveysten ja hyvinvoinnin laitoksen raportteja 16/2013.*
- (6) Carrigan A, Klinger A, Choquette SS, Luzuriaga-McPherson A, Bell EK, Darnell B, Gutiérrez OM. Contribution of food additives to sodium and phosphorus content of diets rich in processed foods. *J Ren Nutr* 2014;24:13–19.
- (7) Reddy NR. Occurrence, distribution, content, and dietary intake of phytate. Kirjassa: Rukma NR, Sathe SK. (toim.) *Food Phytates*. Boca Raton, Florida, USA: CRC Press; 2002, 25–51.
- (8) Heaney RP. Phosphorus nutrition and the treatment of osteoporosis. *Mayo Clin Proc* 2004;79:91–97.
- (9) Qunibi WY, Nolan CA, Ayus JC. Cardiovascular calcification in patients with end-stage renal disease: A century-old phenomenon. *Kidney Int* 2002;82:S73–S80.
- (10) Honkanen E. Munuaistaudit ja ravitsemushoito. Luento 11.2.2015 Helsingin yliopiston ravitsemustieteen osastolla.
- (11) Ketteler M, Wolf M, Hahn K, Ritz E. Phosphate: a novel cardiovascular risk factor. *Eur Heart J* 2013;34:1099–1101.
- (12) Shuto E, Taketani Y, Tanaka R, Harada N, Isshiki M, Sato M, Nashiki K, Amo K, Yamamoto H, Higashi Y, Nakaya Y, Takeda E. Dietary phosphorus acutely impairs endothelial function. *J Am Soc Nephrol* 2009;20:1504–1512.
- (13) Kärkkäinen M, Lamberg-Allardt C. An acute intake of phosphate increases parathyroid hormone secretion and inhibits bone formation in young women. *J Bone Miner Res* 1996;11:1905–1912.
- (14) Kemi V. Effects of dietary phosphorus and calcium-to-phosphorus ratio on calcium and bone metabolism in healthy 20- to 43 year old Finnish women. Academic dissertation. Helsinki: Yliopistopaino; 2010.
- (15) Ellam TJ, Chico TJ. Phosphate: the new cholesterol? The role of the phosphate axis in non-uremic vascular disease. *Atherosclerosis* 2012;220:310–318.
- (16) Blomberg K, Penttilä P-L. *Lisäaineiden valvonta Suomessa vuosina 1997 ja 1998*. Helsinki: 1999.
- (17) Itkonen S. “Dietary Phosphorus – Bioavailability and Associations with Vascular Calcification in a Middle-Aged Finnish Population”. Academic dissertation. Helsinki: Hansaprint; 2015. *Dissertationes Scholae Doctoralis Ad Sanitatem Investigandam Universitatis Helsinkiensis 9/2015*. E-Thesis: <https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/153148/dietaryp.pdf?sequence=1>

SUVI ITKONEN
*ETT (ravitsemustiede),
 tutkijatohtori
 Helsingin yliopisto
 Ravitsemustieteen osasto
 Elintarvike- ja
 ympäristötieteiden laitos*