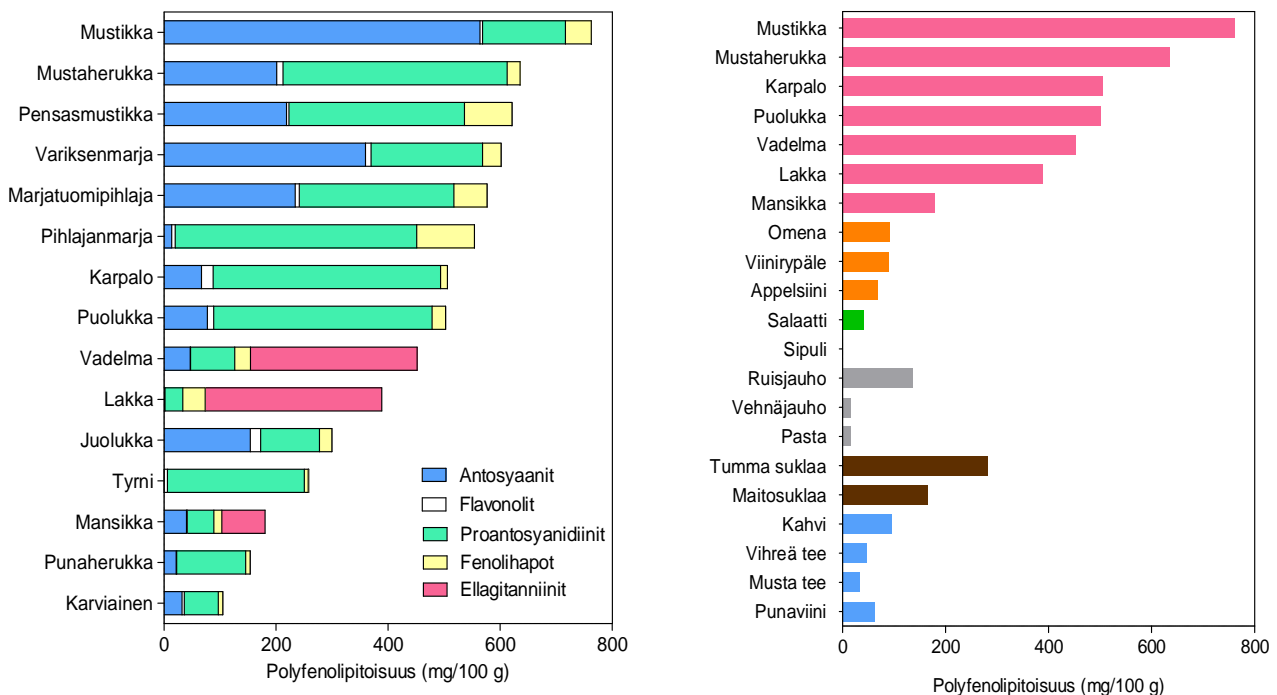


Riitta Törrönen
Kansanterveystieteen ja kliinisen ravitsemustieteen yksikkö
Itä-Suomen yliopisto, Kuopion kampus

Marjat säätelevät aterianjälkeistä sokeri- ja insuliiniaineenvaihduntaa

Marjat ovat olennainen osa suomalaista ruokakulttuuria. Niillä on ravitsemussuosituksen mukainen ravintoainekoostumus: vähän energiaa mutta kuitua, C- ja E-vitamiinia enemmän ja sokereita vähemmän kuin tuontihedelmässä. Lisäksi marjoissa on runsaasti ja monipuolisesti erilaisia polyfenoleja (1-5). Ne ovatkin parhaita polyfenolien lähteitä suomalaisessa ruokavaliassa (kuva 1). Marjojen terveysvaikutukset voivat olla hyvin moninaiset, koska niistä voi olla hyötyä sekä infektioiden että kroonisten sairauksien ehkäisyssä (6). Monien vaikutusten arvellaan johtuvan polyfenoleista. Sisältämiensä polyfenolien ansiosta marjoilla voi olla merkitystä mm. glukoosiaineenvaihdunnan säätelyssä (7).

Pitkäaikaisvaikutusten lisäksi marjoilla on myös akuutteja vaikutuksia, jotka näkyvät muutaman tunnin sisällä marjojen nauttimisesta. Aterianjälkeinen tila on vilkkaan aineenvaihdunnan vaihe, jossa ravintoaineita muokataan ja varastoidaan elimistön hyödynnettäviksi ja johon liittyy monipuolista hermostollista ja hormonaalista säätelyä homeostaasin ylläpitämiseksi.



Kuva 1. Kotimaisten marjojen polyfenolipitoisuuksia. Oikealla olevassa kuvassa marjoja on verrattu muihin tavanomaisiin polyfenoleja sisältäviin elintarvikkeisiin. Tiedot ovat MTT:n ja Kuopion yliopiston julkaisemista tutkimuksista (2-5).

Aterianjälkeisen aineenvaihdunnan merkitys terveydelle

Ruokavaliomme tärkeimmät hiilihydraatit, sakkaroosi ja viljatuotteiden tärkkelys, aiheuttavat korkean glykeemisen vasteen eli ne nostavat aterianjälkeistä verensokeritasoa voimakkaasti. Veren glukoosipitoisuuden noustessa haima erittää verenkiertoon runsaasti insuliinia, jonka avulla glukoosi siirtyy verestä kudoksiin. Tällöin glukoosipitoisuus alenee nopeasti ja se voi laskea jopa paastoarvojen

alapuolelle (hypoglykemia). Hypoglykemia aiheuttaa mm. nälän tunnetta sekä lisää stressihormonien ja vapaiden rasvahappojen määrää veressä. Toistuvat suuret vaihtelut veren glukoosi- ja insuliinipitoisuuksissa ovat terveydelle haitallisia, sillä ne voivat mm. lisätä syömistä, aiheuttaa oksidatiivista stressiä, inflammaatiota, insuliiniresistenssiä sekä epäedullisia muutoksia verisuonten toiminnassa ja hyytymisjärjestelmässä (8-11). Toistuessaan useita kertoja päivässä päivästä toiseen ne vaikuttavat pitkällä aikavälillä terveyteen ja sairauksien riskitekijöiden kehittymiseen (mm. ylipaino, tyyppi 2 diabetes ja sydän- ja verisuonitaudit). Näiden sairauksien ehkäisyn ja hoidon kannalta olisi parempi, että aterianjälkeiset verensokeri- ja insuliinipitoisuudet pysyisivät tasaisempina.

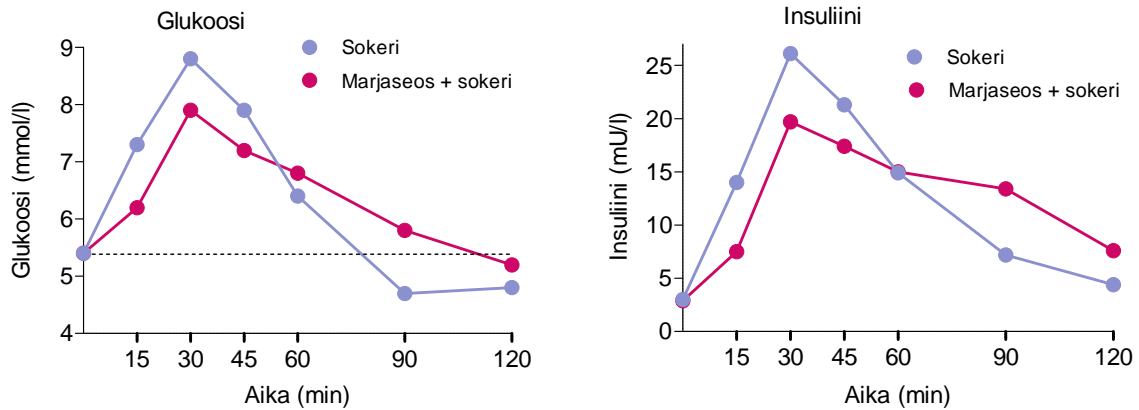
Marjat ja aterianjälkeinen verensokeri

Sakkaroosi on disakkaridi, joka pilkkoutuu ohutsuolessa α -glukosidaasin/sakkaraasin avulla glukoosiksi ja fruktoosiksi. Tärkkelys puolestaan on lukuisista glukoosiyksiköistä koostuva polysakkaridi, joka pilkkoutuu syljen ja haimanesteen amylaasin avulla maltoosiksi ja edelleen glukoosiksi ohutsuolen seinämässä olevan α -glukosidaasin/maltaasin avulla. Sekä sakkaroosista että tärkkelyksestä vapautuva glukoosi imeytyy ohutsuoletta verenkiertoon erilaisten kuljetusmekanismien avulla. Näiden hiilihydraattien aiheuttamaa verensokerin nousua voitaisiin hillitä mm. vähentämällä niiden pilkkoutumista ja imeytymistä ohutsuolessa. Aikaisemmissa tutkimuksissa onkin saatu viitteitä siitä, että polyfenoleilla olisi tällaisia vaikutuksia (7).

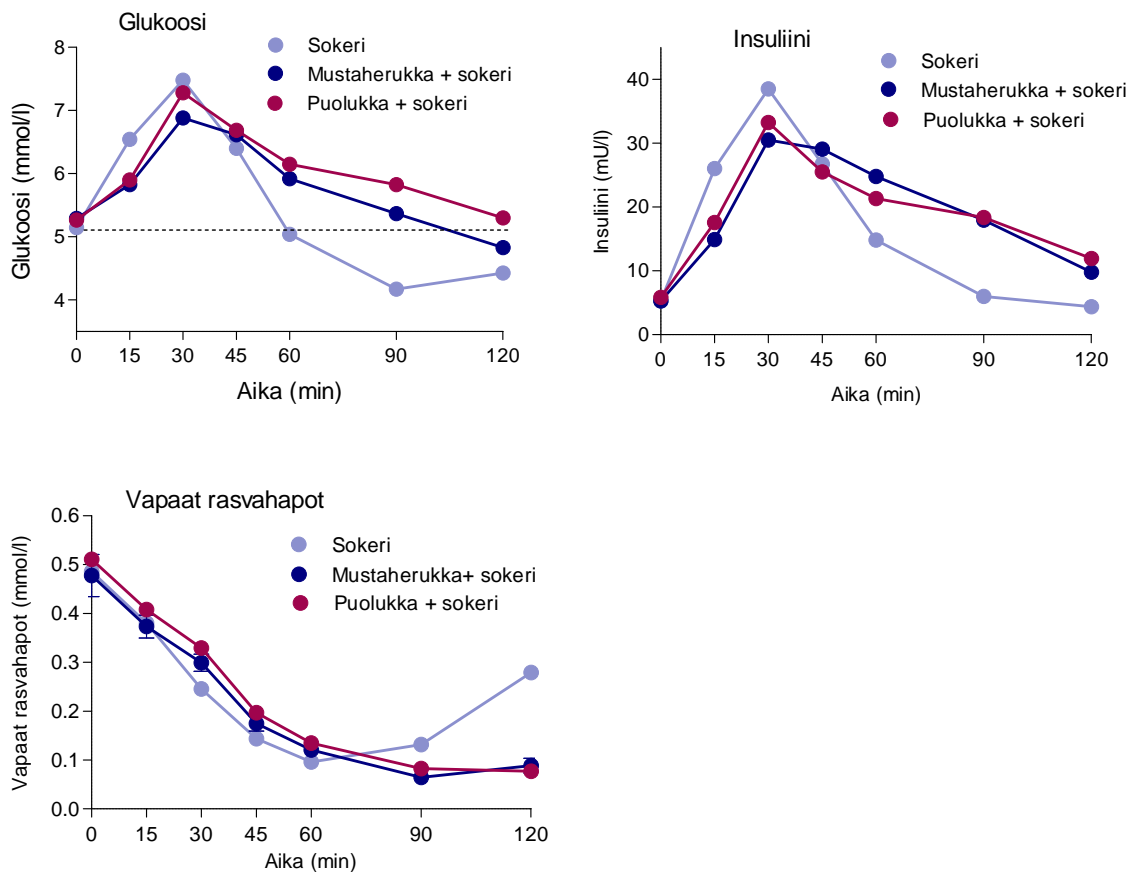
Olemme Kuopiossa tehneet useita kliinisiä tutkimuksia marjojen vaikutuksista aterianjälkeisiin glukoosi- ja insuliinivasteisiin. Niiden taustalla oli in vitro -tutkimuksista saatu tieto, että marjat ja niiden polyfenolit estävät α -glukosidaasin ja amylaasin toimintaa (12-19) ja glukoosin imeytymistä (20). Hypoteesimme oli, että runsaasti polyfenoleja sisältävät marjat voisivat siten vaikuttaa suotuisasti aterianjälkeiseen glykeemiseen vasteeseen, mutta kliinistä näyttöä asiasta ei tuolloin ollut. Aluksi Foodfiles teki Suomen Sokerin toimeksiannosta kaksi tutkimusta marjaseoksen (yhtä suuret määrät mustikkaa, mustaherukkaa, karpaloo ja mansikkaa; monipuolinen polyfenolikoostumus) vaikutuksista sakkaroosin aiheuttamiin vasteisiin (21-22). Sakkaroositutkimuksia jatkettiin mustaherukalla ja puolukalla Itä-Suomen yliopistossa Tekesin ja Euroopan aluekehitysrahaston (EAKR) rahoituksella (23). Tässä projektissa tutkittiin myös marjojen vaikutuksia leivän tärkkelyksen aiheuttamiin vasteisiin (24). Tutkittavat olivat pääasiassa keski-ikäisiä terveitä naisia. Ateriat sisälsivät 150 g marjoja soseutettuna tai 3 dl marjamehua (nektaria). Sokeritutkimuksissa niihin lisättiin 35 g sakkaroosia; vertailuna oli sama määrä sokeria vesiliuoksena. Leipätutkimuksissa vehnä- ja ruisleipää (50 g imeytyvää hiilihydraattia) nautittiin marjojen kanssa ja ilman niitä.

Marjat tasaavat sokerin aiheuttamaa verensokerin ja insuliinin vaihtelua

Sakkaroosin nauttimisen jälkeen verensokeri- ja insuliinipitoisuudet nousivat nopeasti ja olivat suurimmillaan jo puolessa tunnissa syömisestä aloittamisesta (kuvat 2 ja 3). Pitoisuudet myös laskivat nopeasti niin, että tunnin jälkeen verensokeri aleni alle paastotason ja samalla vapaiden rasvahappojen pitoisuus alkoi nousta. Kun sokeri nautittiin marjaseoksen (kuva 2), mustaherukan tai puolukan (kuva 3) kanssa, vasteet olivat hyvin erilaiset kuin pelkällä sokerilla (21-23). Marjat pienensivät sokerin aiheuttamaa verensokeri- ja insuliinipitoisuuksien nousua, hidastivat pitoisuuksien laskua, estivät verensokerin liiallisen laskun ja vapaiden rasvahappojen pitoisuuden nousun sekä paransivat ns. glykeemistä profiilia. Mustaherukka- ja puolukkamehuilla oli samankaltainen vaikutus kuin kokonaisilla marjoilla (23). Marjat siis näyttävät parantavan aterianjälkeistä sokeriaineenvaihdunnan säätelyä ja tasoittavan sokerin aiheuttamaa verensokerin vaihtelua: verensokeri nousee maltillisemmin ja pysyy paastotason yläpuolella pitempään. Nämä vaikutukset voivat johtua siitä, että marjojen polyfenolit hidastavat sakkaroosin pilkkoutumista ja glukoosin imeytymistä.



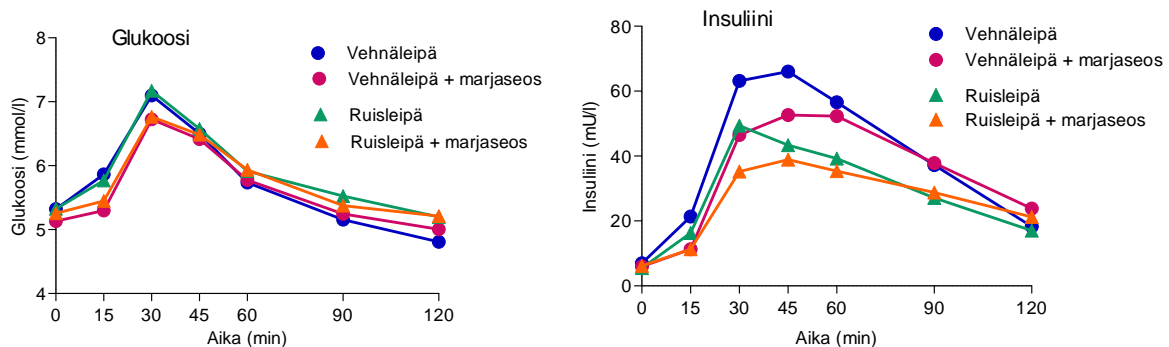
Kuva 2. Marjaseoksen kanssa nautitun sokerin vaikutukset aterianjälkeisiin glukoosi- ja insuliinipitoisuuksiin (22). Marja-ateria sisälsi 150 g soseutettua marjaa ja 35 g sakkaroosia. Sokeriateriassa oli sakkaroosin lisäksi myös glukoosia ja fruktoosia yhtä paljon kuin marjoissa eli aterioiden sokerikoostumukset olivat samanlaiset.



Kuva 3. Mustaherukan ja puolukan kanssa nautitun sokerin vaikutukset aterianjälkeisiin glukoosiin, insuliiniin ja vapaiden rasvahappojen pitoisuuksiin (23). Ateriat sisälsivät 150 g soseutettua marjaa ja 35 g sakkaroosia. Marjojen luontaisesta sokerista johtuen marja-aterioiden sokeripitoisuudet olivat noin 30 % suuremmat kuin pelkällä sokeriaterialla.

Marjat alentavat leivän aiheuttamaa insuliinivastetta

Jo pitkään on tiedetty, että ruisleipä aikaansaa alhaisemman insuliinivasteen kuin valkoinen vehnäleipä, vaikka niiden glukoosivasteet ovat samanlaiset. Tutkimuksemme osoittivat, että marjoilla on samankaltainen vaikutus kuin ruisleivällä. Niillä ei ollut selkeää vaikutusta kummankaan leivän aiheuttamaan verensokerivasteeseen, mutta ne alensivat insuliinivastetta (24). Mansikka, mustikka, puolukka ja aronia alensivat vehnäleivän insuliinivastetta, vadelma ja lakka eivät. Marjaseos alensi sekä vehnä- että ruisleivän insuliinivastetta (kuva 4). Ruisleivän matalaa insuliinivastetta voidaan siis edelleen alentaa marjojen avulla. Alentunut insuliinivaste viittaa siihen, että verensokerin säätelyyn tarvitaan vähemmän insuliinia, millä voi olla hyödyllisiä lyhyt- ja pitkäaikaisia vaikutuksia terveyteen (25-29). Mekanismeja, joilla ruis tai marjat pienentävät insuliinivastetta, ei tunneta.



Kuva 4. Vehnäleivän ja ruisleivän kanssa nautitun marjaseoksen vaikutukset aterianjälkeisiin glukoosi- ja insuliinipitoisuuksiin (24). Ateriat sisälsivät neljä viipaletta leipää (50 g imeytyvää tärkkelystä) ja 150 g soseutettua marjaseosta (yhtä suuret määrät mustikkaa, mustaherukkaa, karpaloa ja mansikkaa).

Yhteenveto

Ravitsemusasiantuntijat suosittelevat marjojen käytön lisäämistä ja epävirallinen suositus on 2 desiä eli noin 100 g päivässä (Arktiset Aromit ry). Nykyinen käyttö on vain noin puolet tästä. Koska monet marjat ovat happamia ja niissä on vain vähän luontaisia sokereita, marjaruokiin joudutaan yleensä lisäämään sokeria. Sokeria tarvitaan myös marjojen säilömisessä. Ilman sokeria huomattava osa marjoista jäisi nauttimatta ja niiden terveyshyödyt saamatta. Edellä kuvatut kliiniset tutkimukset osoittavat, että marjat parantavat sokeriaineenvaihdunnan säätelyä ja tasoittavat sokerin aiheuttamaa vaihtelua verensokeri- ja insuliinipitoisuuksissa. Leivän kanssa nautittuina marjat parantavat insuliiniaineenvaihduntaa ja siinä suhteessa ruisleipä ja marjat ovat erinomainen yhdistelmä. Marjat auttavat siten terveen aterianjälkeisen aineenvaihdunnan ylläpitämisessä.

Kirjallisuusviitteet

1. Määttä-Riihinen KR, Kamal-Eldin A, Mattila PH, González-Paramás AM, Törrönen AR. Distribution and contents of phenolic compounds in eighteen Scandinavian berry species. *J Agric Food Chem* 52, 4477-4486, 2004
2. Mattila P, Hellström J, Törrönen R. Phenolic acids in berries, fruits, and beverages. *J Agric Food Chem* 54, 7193-7199, 2006
3. Koponen JM, Happonen AM, Mattila PH, Törrönen AR. Contents of anthocyanins and ellagitannins in selected foods consumed in Finland. *J Agric Food Chem* 55, 1612-1169, 2007
4. Hellström JK, Törrönen AR, Mattila PH. Proanthocyanidins in common food products of plant origin. *J Agric Food Chem* 57, 7899-7906, 2009
5. Ovaskainen ML, Törrönen R, Koponen JM, Sinkko H, Hellström J, Reinivuo H, Mattila P. Dietary intake and major food sources of polyphenols in Finnish adults. *J Nutr* 138, 562-566, 2008

6. Törrönen R, Riihinen K, Sarkkinen E, Feodoroff R. Selvitys marjojen terveystvaikutusten klinisestä tutkimusnäytöstä. OSKE osaamiskeskusohjelma, Itä-Suomen yliopisto ja Foodfiles. 2013.
7. Hanhineva K, Törrönen R, Bondia-Pons I, Pekkinen J, Kolehmainen M, Mykkänen H, Poutanen K. Impact of dietary polyphenols on carbohydrate metabolism. *Int J Mol Sci* 11, 1365-1402, 2010
8. Ludwig DS. The glycemic index. Physiological mechanisms relating to obesity, diabetes, and cardiovascular disease. *JAMA* 287, 2414-2423, 2002
9. Ceriello A, Colagiuri S, Gerich J, Tuomilehto J. Guideline for management of postmeal glucose. *Nutr Metab Cardiovasc Dis* 18, 517-533, 2008
10. O'Keefe JH, Gheewala NM, O'Keefe JO. Dietary strategies for improving post-prandial glucose, lipids, inflammation, and cardiovascular health. *J Am Coll Cardiol* 51, 249-255, 2008
11. Burton-Freeman B. Postprandial metabolic events and fruit-derived phenolics: a review of the science. *Br J Nutr* 104, S1-S14, 2010
12. McDougall GJ, Shpiro F, Dobson P, Smith P, Blake A, Stewart D. Different polyphenolic components of soft fruits inhibit α -amylase and α -glucosidase. *J Agric Food Chem* 53,2760-2766, 2005
13. Cheplik S, Kwon Y-I, Bhowmik P, Shetty K. Clonal variation in raspberry fruit phenolics and relevance for diabetes and hypertension management. *J Food Biochem* 31, 656-679, 2007
14. Cheplik S, Kwon Y-I, Bhowmik P, Shetty K. Phenolic-linked variation in strawberry cultivars for potential dietary management of hyperglycemia and related complications of hypertension. *Bioresour Technol* 101, 404-413, 2010
15. da Silva Pinto M, Kwon YI, Apostolidis E, Lajolo FN, Genovese MI, Shetty K. Functionality of bioactive compounds in Brazilian strawberry (*Fragaria* \times *ananassa* Duch.) cultivars: evaluation of hyperglycemia and hypertension potential using *in vitro* models. *J Agric Food Chem* 56, 4386-4392, 2008
16. da Silva Pinto M, de Carvalho JE, Lajolo FM, Genovese MI, Shetty K. Evaluation of antiproliferative, anti-type 2 diabetes, and anti-hypertension potentials of ellagitannins from strawberries (*Fragaria* \times *ananassa* Duch.) using *in vitro* models. *J Med Food* 13, 1027-1035, 2010
17. da Silva Pinto M, Kwon YI, Apostolidis E, Lajolo FM, Genovese MI, Shetty K. Evaluation of red currants (*Ribes rubrum* L.), blackcurrants (*Ribes nigrum* L.), red and green gooseberries (*Ribes uva-crispa*) for potential management of type 2 diabetes and hypertension using *in vitro* models. *J Food Biochem* 34, 639-660, 2010
18. Grussu D, Stewart D, McDougall GJ. Berry polyphenols inhibit α -amylase *in vitro*: identifying active components in rowanberry and raspberry. *J Agric Food Chem* 59, 2324-2331, 2011
19. Johnson MH, Lucius A, Meyer T, Gonzalez de Mejia E. Cultivar evaluation and effect of fermentation on antioxidant capacity and *in vitro* inhibition of α -amylase and α -glucosidase by highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum*). *J Agric Food Chem* 59, 8923-8930, 2011
20. Manzano S, Williamson G. Polyphenols and phenolic acids from strawberry and apple decrease glucose uptake and transport by human intestinal Caco-2 cells. *Mol Nutr Food Res* 54, 1773-1780, 2010
21. Törrönen R, Sarkkinen E, Tapola N, Hautaniemi E, Kilpi K, Niskanen L. Berries modify the postprandial plasma glucose response to sucrose in healthy subjects. *Br J Nutr* 103, 1094-1097, 2010
22. Törrönen R, Sarkkinen E, Niskanen T, Tapola N, Kilpi K, Niskanen L. Postprandial glucose, insulin and glucagon-like peptide 1 responses to sucrose ingested with berries in healthy subjects. *Br J Nutr* 107, 1445-1451, 2012
23. Törrönen R, Kolehmainen M, Sarkkinen E, Mykkänen H, Niskanen L. Postprandial glucose, insulin, and free fatty acid responses to sucrose consumed with blackcurrants and lingonberries in healthy women. *Am J Clin Nutr* 96, 527-533, 2012
24. Törrönen R, Kolehmainen M, Sarkkinen E, Poutanen K, Mykkänen H, Niskanen L. Berries reduce postprandial insulin responses to wheat and rye breads in healthy women. *J Nutr* 143: 430-436, 2013
25. Juntunen KS, Niskanen LK, Liukkonen KH, Poutanen KS, Holst JJ, Mykkänen HM. Postprandial glucose, insulin, and incretin responses to grain products in healthy subjects. *Am J Clin Nutr* 75, 254-262, 2002
26. Juntunen KS, Laaksonen DE, Autio K, Niskanen LK, Holst JJ, Savolainen KE, Liukkonen K-H, Poutanen KS, Mykkänen HM. Structural differences between rye and wheat breads but not total fiber content may explain the lower postprandial insulin response to rye bread. *Am J Clin Nutr* 78, 957-964, 2003a
27. Juntunen KS, Laaksonen DE, Poutanen KS, Niskanen LK, Mykkänen HM. High-fiber rye bread and insulin secretion and sensitivity in healthy postmenopausal women. *Am J Clin Nutr* 77, 385-391, 2003b
28. Kallio P, Kolehmainen M, Laaksonen D, Pulkkinen L, Atalay M, Mykkänen H, Uusitupa M, Poutanen K, Niskanen L. Inflammation markers are modulated by response to diets differing in postprandial insulin responses in individuals with metabolic syndrome. *Am J Clin Nutr* 87, 1497-1503, 2008
29. Laaksonen DE, Toppinen LK, Juntunen KS, Autio K, Liukkonen KH, Poutanen KS, Niskanen L, Mykkänen HM. Dietary carbohydrate modification enhances insulin secretion in persons with the metabolic syndrome. *Am J Clin Nutr* 82,1218-1227, 2005