



Katja Hätönen
Jaana Lindström
Tiina Laatikainen

Hiilihydraatit ja niiden terveysvaikutukset

Miten arvioida hiilihydraattipitoisten elintarvikkeiden laatua?

TYÖPAPERI 4/2014

Katja Hätönen, Jaana Lindström, Tiina Laatikainen

Hiilihydraatit ja niiden terveysvaikutukset

**Miten arvioida hiilihydraattipitoisten
elintarvikkeiden laatua?**



TERVEYDEN JA
HYVINVOINNIN LAITOS

© Tekijät ja Terveiden ja hyvinvoinnin laitos

ISBN 978-952-302-114-3 (verkkojulkaisu)
ISSN 2323-363X (verkkojulkaisu)
<http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-302-114-3>

Juvenes Print – Suomen Yliopistopaino Oy
Tampere, 2014

Tiivistelmä

Katja Hätönen, Jaana Lindström, Tiina Laatikainen. Hiilihydraatit ja niiden terveysvaikutukset. Miten arvioida hiilihydraattipitoisten elintarvikkeiden laatua? Terveyden ja hyvinvoinnin laitos (THL). Työpäperi 4/2014. 28 sivua. Helsinki 2014. ISBN 978-952-302-114-3 (verkkojulkaisu).

Hiilihydraattipitoisista elintarvikkeista saadaan tyypillisesti eniten energiaa ruokavaliossa. Hiilihydraattien avulla pidetään yllä verensokeritasapainoa, verensokeri taas on elimistön tärkein energianlähde. Viime vuosina sekä tutkijapiireissä että väestön parissa on käyty vilkasta keskustelua hiilihydraattien tarpeesta ruokavaliossa. Suomessa hiilihydraattien saantisuositus on ollut pitkään 50–60 % päivittäisestä kokonaisenergiansaannista. Vuoden 2013 Pohjoismaisissa ravitsemussuosituksissa hiilihydraattisuosituksen alarajaa hieman laskettiin, jolloin uudeksi pohjoismaiseksi suositukseksi tuli 45–60 E%. Ravintokuidun saantisuositus pysyi ennallaan, vähintään 25–35 g/vrk. Suomalaisen ruokavalion tärkeimpiä hiilihydraattilähteitä ovat viljatuotteet, maitotuotteet, hedelmät, marjat ja peruna sekä sokeri ja makeiset.

Vaikuttamalla hiilihydraattien määrään ja laatuun ruokavaliossa voidaan ehkäistä kroonisten tautien syntyä. Sitä, mikä on hiilihydraattien optimaalisin saanti, ei ole pystytty toistaiseksi osoittamaan. Yhä enenevässä määrin on alettu kiinnittää huomiota hiilihydraattien määrän sijasta niiden laatuun. Tässä työpäperissa käydään läpi kirjallisuutta ja tutkimustuloksia liittyen hiilihydraattien laadun määrittelymiseen. Hiilihydraattipitoisten elintarvikkeiden laatua määritellään vaihtelevasti joko ravintoainetiheyden, ravintokuitupitoisuuden tai verensokerivasteen (glykeemisen indeksin, GI) perusteella. Tarkoituksena oli myös etsiä mahdollista uutta tapaa arvioida hiilihydraattien laatua ja luoda pisteytysmalli hiilihydraattipitoisille elintarvikkeille niiden ravitsemuksellisen laadun perusteella.

Kirjallisuusselvityksen perusteella kehitimme pisteytysmallin hiilihydraattipitoisten elintarvikkeiden laadulle. Otimme pisteytysmallia luodessa huomioon mahdollisimman monia elintarvikkeiden ravitsemukselliseen laatuun vaikuttavia tekijöitä. Lähtökohtana pisteiden laskulle oli tarkastelu, parantaako tarkasteltava elintarvike ruokavalion kokonaislaatua suhteessa elintarvikkeesta saatuun energiamäärään. Laadun indikaattoreiksi malliin otettiin mukaan seuraavat ravintotekijät: kivennäisaineista magnesium, kalium, rauta ja natrium, vitamiineista folaatti, rasvojen kohdalla katsottiin kovan rasvan (sisältää tyydyttyneen- ja transrasvan) saantia ja kovan ja pehmeän rasvan (sisältää cis-kertatyydyttymättömät- ja monitydyttymättömät rasvahapot) suhdetta. Edellä mainittujen lisäksi otettiin huomioon tuotteiden kuitupitoisuus ja niiden glykeeminen indeksi. Pisteytysmallin avulla on mahdollista luokitella erilaisia hiilihydraattipitoisia elintarvikkeita laadun mukaan suuntaa antavasti paremmuusjärjestykseen. Pitää kuitenkin muistaa, että ruokavalio on aina kokonaisuus eivätkä yksittäiset elintarvikkeet ratkaise koko ruokavalion laatua.

Avainsanat: hiilihydraatit, ravintokuitu, glykeeminen indeksi, ravintoainetiheys, elintarvike, ravitsemussuositukset

Sisällys

Tiivistelmä.....	3
Johdanto.....	5
Hiilihydraattien fysiologiaa.....	8
Miten hiilihydraatteja voidaan luokitella.....	9
Kemiallisen rakenteen mukainen luokittelu.....	7
Fysiologisten vasteiden mukainen luokittelu.....	7
Kuitupitoisuuden mukainen luokittelu.....	8
Ravintoainetiheyden mukainen luokittelu.....	10
Hiilihydraatit pakkausmerkinnöissä.....	10
Suomalaisten hiilihydraattien saanti.....	12
Hiilihydraatit ja terveys.....	15
Glukoosi- ja insuliinivasteet.....	15
Hiilihydraattien lähteellä on väliä.....	17
Sakkaroosi ja fruktoosi ruokavaliossa.....	17
Hiilihydraattisuositukset.....	19
Voidaanko hiilihydraattipitoisten elintarvikkeiden ravitsemuksellista laatua arvioida ja vertailla?.....	20
Yhteenveto ja johtopäätökset.....	23
Lähteet.....	24

Johdanto

Hiilihydraattipitoisilla elintarvikkeilla on merkittävä rooli ihmisen ravitsemuksessa. Hiilihydraateista, käytännössä tärkkelyksestä ja sokereista saadaan energiaa ja hiilihydraattipitoiset elintarvikkeet ovat tyypillisesti myös monien mikroravinteiden tärkeitä lähteitä. Sokerit aistitaan makeana ja tärkkelyksen alkaessa hajota suussa myös se aikaansaa makean maun (1). Ihmiset ovat synnynnäisesti mieltyneet makeaan ikään, sukupuoleen, rotuun tai kulttuuriin katsomatta. Makean maku on ohjannut ihmisten käytöstä evoluution aikana ja auttanut löytämään energiapitoiset syötäväksi kelpaavat luonnonantimet. Mielitymykset makeuteen tiettyjen ruokien kohdalla ovat riippuvaisia myös syöjän taustasta ja siitä, miten näille makeille ruoille on aiemmin altistuttu (2).

Viime vuosina sekä tutkijapiireissä että väestön parissa on käyty vilkasta keskustelua hiilihydraattien tarpeesta ruokavaliossa. Suomessa hiilihydraattien saantisuositus on ollut pitkään 50–60 % päivittäisestä kokonaisenergiansaannista (3). Viimeisimmissä Pohjoismaisissa ravitsemussuosituksissa (2013) hiilihydraattisuosituksen alarajaa hieman laskettiin, jolloin uudeksi pohjoismaiseksi suositukseksi tuli 45–60 E%. Ravintokuidun saantisuositus pysyi ennallaan, vähintään 25–35 g/vrk (4). Suomalaisen ruokavalion tärkeimpiä hiilihydraattilähteitä ovat viljatuotteet, maitotuotteet, hedelmät, marjat ja peruna sekä sokeri ja makeiset (5, 6).

Ravitsemukseen ja ruokavalioon yhteydessä olevat krooniset sairaudet ovat lisääntyneet maailmanlaajuisesti ja aiheuttavat yhä suurempia kustannuksia terveydenhuollossa ja yhteiskunnassa. Hiilihydraateilla on epidemiologisissa tutkimuksissa havaittu yhteyksiä lihavuuden, tyypin 2 diabeteksen, metabolisen oireyhtymän, dyslipidemioiden, sepelvaltimotaudin ja joidenkin syöpien kehittymiseen. Usein positiiviset vaikutukset suhteessa kroonisiin tauteihin on yhdistetty kuituun ja etenkin viljan kuituun sekä täysjyväviljatuotteisiin, negatiiviset löydökset taas pitkälle jalostettuja hiilihydraatteja sisältävien elintarvikkeiden runsaaseen käyttöön (7-9). Kuitenkaan sitä, mikä on optimaalisin hiilihydraattien määrä terveydelle, ei ole toistaiseksi pystytty osoittamaan.

Tässä työpaperissa käydään läpi kirjallisuutta ja tutkimustuloksia liittyen hiilihydraattien laadun määrittämiseen. Onko hiilihydraattien laatua mahdollista määrittellä useammalla tavalla ja mikä oikeastaan vaikuttaa hiilihydraattien hyvyyteen tai huonouteen? Aineistoissa keskitytään ns. normaaliväestöön, joten tarkastelun ulkopuolelle rajataan erityiskohderyhmät ja erityistilanteet (esim. urheiluravitsemus ja ruoansulatuskanavan sairauksista, kuten keliakiasta, kärsivät). Tarkoituksena oli myös etsiä mahdollista uutta tapaa määrittellä hiilihydraattien laatua ja luoda pisteytysmalli hiilihydraattipitoisille elintarvikkeille niiden ravitsemuksellisen laadun perusteella. Kirjallisuusselvitys sekä pisteytysmallin kehittäminen on toteutettu Terveyden ja hyvinvoinnin laitoksen (THL) tutkijoiden toimesta yhteishankkeena Fazerin kanssa ja Fazer on osallistunut hankkeen kustannuksiin.

Hiilihydraattien fysiologiaa

Syödyistä ruoasta saatu tärkkelys (pitkäketjuinen hiilihydraatti, joka muodostuu glukoosiyksiköistä) alkaa pilkkoutua entsymaattisesti jo suussa syljen α -amylaasin vaikutuksesta ja pilkkoutuminen jatkuu ohutsuolessa haiman α -amylaasin vaikutuksesta. Väliaineina syntyneet oligosakkaridit hajotetaan pienemmiksi yksiköiksi ohutsuolen pintakerroksen, epiteelin, solukalvojen ulkoisissa osissa sijaitsevien sakkariidaasientsyymien avulla. Hiilihydraatit imeytyvät ohutsuoletta monosakkarideina (glukoosi, fruktoosi, galaktoosi). Monosakkaridit siirtyvät epiteelisolujen sisään kuljetusproteiinien avulla ja edelleen verenkiertoon helpotetun kuljetuksen avulla. Verenkierrosta monosakkaridit kulkeutuvat joko maksaan tai perifeerisiin kudoksiin. Verenkiertoon tulleesta glukoosista kulkeutuu suoraan maksaan vain noin 20 %, joten suurin osa glukoosista kulkeutuu perifeerisiin kudoksiin, mm. luurankolihasiin. Monosakkaridit siirtyvät kuljetusproteiinien, pääasiassa insuliini-hormonin avulla kudoksiin ja toimivat siellä energianlähteenä (10).

Hiilihydraatteja varastoidaan maksaan ja luurankolihasiin glykokeenina. Nämä varastot ovat suhteellisen pieniä, yleensä vain n. 500 g. Kun hiilihydraatteja on kokeellisesti syötetty ylen määrin, glykokeenivarastot on saatu kasvamaan jopa 800 grammaan (11). Tämän ylimenevä osa käytetään energianlähteenä, termogeneesin lisääntymiseen ja rasvojen uudismuodostukseen (*de novo*-lipogeneesi) maksassa. Jo kolmekymmentä vuotta sitten osoitettiin, että rasvan uudismuodostus hiilihydraateista on vain pieni osatekijä rasvan kertymisessä elimistöön, sillä keho suosii hiilihydraatteja energianlähteenä silloin kun niitä on saatavilla ja varastoi sen sijaan ruoasta tulevaa rasvaa (12). Rasvan uudismuodostus saadaan nousemaan kaksinkolminkertaiseksi syöttämällä hiilihydraatteja yli energiantarpeen (13, 14), mutta samanaikaisesti myös glukoosin hapettuminen energiaksi lisääntyy ja rasvanmuodostuksen osuudeksi jää alle 15 %:a (13).

Hiilihydraateista (sokereista ja tärkkelyksestä) saadaan laskennallisesti energiaa 4 kcal/g (17 kJ/g), sokerialkoholeista 2,4 kcal/g (10 kJ/g) ja ravintokuidusta 2 kcal/g (8 kJ/g) (15). Hiilihydraattien päivittäisen minimitarpeen on esitetty olevan n. 130 g/vrk ja päivittäinen 50–100 gramman hiilihydraattimäärä estää ketoosin (16). Ketoasidoosilla tarkoitetaan hiilihydraattiaineenvaihdunnan häiriötilaa, missä ketoaineiden pitoisuus on noussut veressä ja muissa kudoksissa (10). Ketoaineet ovat rasvahappojen aineenvaihdunnassa muodostuvia yhdisteitä. Ketoaineita muodostuu nälkiintymisen ja hoitamattoman diabeteksen yhteydessä. Niitä voidaan mitata verestä (ketonemia) tai virtsasta (ketonuria) (10).

Hyvin vähän hiilihydraatteja sisältäviä ketogeenisiä ruokavalioiden on käytetty mm. epilepsian hoidossa 1920-luvulta lähtien. Myöhemmin 1960-luvulta alkaen ketogeenisten ruokavalioiden käyttö on yleistynyt lihavuuden hoidossa. Kun ihminen paastoo muutaman päivän ajan tai hiilihydraattien saanti on alle 50 g/vrk, glukoosivarastot eivät enää riitä normaalin rasva-aineenvaihdunnan varmistamiseksi ja samalla tuotetaan glukoosia keskushermoston käyttöön. Hiilihydraattien saannin oltua 3-4 päivän ajan hyvin matala, aivot alkavat käyttää ketoaineita energianlähteenään. Fysiologinen ketoosi eroaa tyypin 1 diabeteksessä esiintyvistä patofysiologisesta ketoosista (ketoasidoosi) siten, että fysiologisessa ketoosissa ketoaineiden pitoisuus ei nouse yli 7-8 mmol/l, sillä keskushermosto käyttää tehokkaasti ketoaineita energiakseen eikä veren pH-tasapaino muutu. Patofysiologisessa ketoosissa ketoaineiden pitoisuus nousee yli 25 mmol/l ja veren pH laskee samanaikaisesti (17). Tämä tila on hengenvaarallinen.

Miten hiilihydraatteja voidaan luokitella

Hiilihydraatit poikkeavat toisistaan kemiallisen rakenteen, imeytymisen, fysiologisten ja terveysvaikutusten (erityisesti verensokeri- ja insuliinivaste) suhteen. Hiilihydraatteja voidaan luokitella myös saantilähteiden sekä ravintoainetiheyden mukaan eli sillä perusteella, mitä ja kuinka paljon muita ravintoaineita hiilihydraattipitoinen elintarvike sisältää. Erilaisia luokitteluja tarvitaan, kun hiilihydraatteja tarkastellaan erilaisista näkökulmista. Ne voivat kuitenkin myös hämmentää kuluttajaa.

Kemiallisen rakenteen mukainen luokittelu

Perinteinen tapa luokitella hiilihydraatteja on jakaa ne kemiallisen rakenteensa perusteella yksinkertaisiin (simple) ja kompleksisiin (complex) hiilihydraatteihin. Ne voidaan jakaa edelleen useisiin alaluokkiin sokeriryksiköiden määrän mukaan ja sen perusteella, millaisilla kemiallisilla sidoksilla sokeriryksiköt ovat liittyneet toisiinsa (Taulukko 1). Ruokavalion yleisimmät yksinkertaiset sokerit eli monosakkaridit ovat glukosi, fruktoosi ja galaktoosi sekä yleisimmät disakkaridit sakkaroosi ja laktoosi. Tärkein kompleksinen hiilihydraatti on tärkkelys. Ruokavalion (vapaa) glukosi ja fruktoosi saadaan suurimmaksi osin hedelmistä, marjoista, hedelmämehusta ja joistakin vihanneksista. Vapaata galaktoosia esiintyy vain harvoissa elintarvikkeissa, ainoastaan lähinnä fermentoiduissa ja laktaasilla pilkotuissa maitotuotteissa. Luontaisesti sakkaroosia saadaan hedelmistä, marjoista ja hedelmämehusta, kun taas lisätyn sakkaroosin (sokerin) pääasialliset lähteet ovat virvoitusjuomat ja makeiset. Ainoastaan maitotuotteet sisältävät laktoosia: lehmänmaito sisältää laktoosia n. 5 g/100 g ja äidinmaito 7 g/100 g. Imeytyvät malto-oligosakkaridit ovat pääasiallisesti peräisin osittain hajonneesta (hydrolysoituneesta) tärkkelyksestä. Ruokavalion pääasialliset tärkkelyksen lähteet ovat leivät ja muut viljatuotteet, peruna, juurekset (mukulakasvit) ja palkovilja (18). Tärkkelyksen suoraketjuinen polymeeri on nimeltään amyloosi ja haaroittunut muoto on amylopektiini. Eri tärkkelyspitoisissa elintarvikkeissa amyloosin ja amylopektiinin suhde on erilainen, mikä vaikuttaa niiden aikaansaamiin verensokerivasteisiin ja kylläisyysvasteisiin (19). Eläintärkkelys, glykogeeni, on myös muodoltaan haaraketjuista, mutta sen saanti ravinnosta on vähäistä. Resistentti tärkkelys ei imeydy ohutsuolessa, sillä ruoansulatusentsyymit eivät pysty pilkkomaan sitä (18). Resistentti tärkkelys jaetaan kolmeen luokkaan sen fysikaalisten ominaisuuksien perusteella: 1) resistentti tärkkelys RS1, jota on pääasiassa viljassa ja siemenissä, 2) resistentti tärkkelys RS2, jota on banaanissa ja perunassa, ja 3) resistentti tärkkelys RS3, joka muodostuu kuumennetun ja gelatinisoituneen tärkkelyksen jäähtyessä.

Fysiologisten vasteiden mukainen luokittelu

Fysiologisten vasteiden perusteella hiilihydraatit voidaan jakaa kahteen suurempaan kategoriaan: imeytyviin hiilihydraatteihin, jotka hajoavat ruoansulatusentsyymien toiminnan seurauksena ja pilkkouduttuaan imeytyvät ohutsuolessa, ja imeytymättömiin hiilihydraatteihin (ravintokuitu), jotka kulkeutuvat pakusuoleen (18).

Aterianjälkeisiin verensokerivasteisiin vaikuttavat useat tekijät, kuten syöjän fysiologiset ominaisuudet, esimerkiksi sokerinsieto ja insuliiniherkkyys, ja syödyn ruoan ominaisuudet. Hiilihydraattien aikaansaamaan verensokerivasteeseen vaikuttaa merkittävästi nautittujen imeytyvien hiilihydraattien määrä. Verensokerivaste (glykeeminen vaste) ja insuliinivaste suurenevät, kun hiilihydraattiannos suurenee (20-22). Verensokerivasteeseen vaikuttaa myös hiilihydraattien laatu, ts. tärkkelyksen laatu ja mitä sokereita elintarvike sisältää (22). Taulukossa 2 on esitetty elintarvikkeeseen tai ateriaan liittyviä tekijöitä, jotka muokkaavat verensokerivastetta.

Tyypillisesti verensokerin huippuarvo saavutetaan noin 20–30 minuuttia elintarvikkeen tai aterian nauttimisen jälkeen (23). Hyvin runsasrasvainen ateria hidastaa huippuarvon esiintymistä huomattavasti. Aterian sisältäessä rasvaa 40 g nähdään verensokerihuippu vasta puolentoista tunnin kohdalla (24). Toisaalta normaalirasvaisella aterialla (rasvaa 5-20 g), sillä ei ole merkittävää vaikutusta verensokerivasteisiin (24,

25). Yleensä verensokeri palaa paastoarvojen tasolle noin kahden kolmen tunnin kuluttua aterian nauttimesta, mutta useimmiten sokeripitoisten elintarvikkeiden, mukaan lukien virvoitusjuomat ja hedelmämehut, verensokeri palaa paastotasolle jo puolentoista tunnin kuluttua (23).

Vuonna 1998 FAOn (Food and Agriculture Organization of the United Nations) asiantuntijaryhmä suosittelee hiilihydraattien luokittelua niiden verensokeria nostavan vaikutuksen mukaan (18). Tähän tarkoitukseen oli jo aiemmin kehitetty ns. glykeeminen indeksi (GI) (26). GI mittaa hiilihydraattipitoisten elintarvikkeiden aikaansaamia verensokerivasteita, kun hiilihydraattien määrä on vakioitu. GI-arvot on luokiteltu kansainvälisen standardin perusteella kolmeen eri luokkaan: pienen GI:n ($GI \leq 55$), keskisuuren GI:n ($GI 56-69$) ja suuren GI:n elintarvikkeisiin ($GI \geq 70$) (27). Elintarvikkeiden, joilla on pieni GI, on todettu pääsääntöisesti imeytyvän hitaasti ja nostavan verensokeria maltillisesti. Tämän seurauksena insuliinin tarve pienenee, verensokerin säätely paranee ja veren rasva-arvot laskevat (28).

Elintarvikkeen GI ei kuitenkaan ole aina suhteessa elintarvikkeen aikaansaamaan insuliinivasteeseen (29). Esimerkiksi viljatuotteiden insuliinivasteisiin vaikuttavat elintarvikkeen rakenne, tärkkelyksen rakenne ja sisältääkö se mm. kokonaisia jyviä (30, 31). Maitotuotteiden kohdalla taas niiden sisältämä proteiini aikaansaa suuren insuliinivasteen huolimatta pienestä GI-arvosta (32). Elintarvikkeen GI ei myöskään ole yhteydessä sen energiatihyteen, esim. perunat ja linssit ovat energiatihedeltään samankaltaisia, mutta eroavat GI-arvoiltaan hyvin paljon. Pienen GI:n elintarvikkeet voivat myös sisältää huomattavia määriä lisättyä sokeria ja/tai tyydyttynyttä rasvaa, esim. suklaa ja jäätelö (33). GI-käsitteeseen liittyvä ongelma on myös se, että laskentakaava ei huomioi glukoosivasteen ajoitusta. Esimerkiksi ruisleipä nostaa verensokeria maltillisesti mutta pitää verensokerin pitkään paastotason yläpuolella, mikä puolestaan lisää laskettavaa pinta-alaa ja sen seurauksena ruisleipä saa tyypillisesti korkeita GI-arvoja (34). Siten GI ei yksinään riitä määrittelemään hiilihydraattipitoisen elintarvikkeen ravitsemuksellista arvoa.

Kuitupitoisuuden mukainen luokittelu

Ravintokuitua saadaan luontaisesti pelkästään kasvikunnan tuotteista. Ravintokuitu jaetaan imeytymättömiin hiilihydraatteihin ja ligniiniin. Imeytymättömiin hiilihydraatteihin luetaan 1) polysakkaridit, mitkä eivät ole tärkkelystä: selluloosa, hemiselluloosa, pektiinit, hydrokolloidit, esim. kumit, kasvilimat ja β -glukaanit, 2) resistentit oligosakkaridit, esim. frukto-oligosakkaridit (FOS) ja galakto-oligosakkaridit (GOS) sekä 3) muut resistentit oligosakkaridit. Imeytymättömiä hiilihydraatteja ovat myös resistentti tärkkelys, esim. fysikaalisesti suljettu tärkkelys, jotkin raa'at tärkkelysjyväset, uudelleen kiteytynyt amyloosi, kemiallisesti ja fysikaalisesti muunnellut tärkkelykset (Taulukko 1).

Määrällisesti suurimmat kuitupitoisuudet löytyvät kuivimmista tuotteista kuten täysjyväviljatuotteista, palkkasveista ja kuivatuista hedelmistä (35). Viljatuotteet sisältävät veteen liukenematonta selluloosaa ja hemiselluloosaa. Ligniiniä sisältävä kuorikerros on pääasiallinen kuidun lähde täysjyväviljatuotteissa. Kaura ja ohra sisältävät vesiliukoista kuitua, β -glukaania. Rukiin pääasiallinen kuitu on arabinoksyylaani (36). Hedelmien ja vihannesten sisältämä kuitu on pääasiallisesti vesiliukoista pektiiniä. Elintarvikkeen voidaan sanoa olevan kuidunlähde, kun se sisältää vähintään 3g/100g tai 1,5 g/100 kcal ravintokuituja. Runsaskuituisen tuotteen pitää sisältää ravintokuituja vähintään 6 g/100 g tai 3 g/100 kcal (37). Kuidun kemialliset määrittymenetelmät eivät erottele, onko kuitu luontaista kuitua vai elintarvikkeeseen lisättyä, funktionaalista kuitua (38).

Ravintokuiduksi lasketuilla yhdisteillä on erilaisen kemiallisen koostumuksensa vuoksi erilaisia fysiko-kemiallisia ominaisuuksia. Nämä fysikokemialliset ominaisuudet vaikuttavat eri kuitujen fysiologisiin ominaisuuksiin. Kuidun liukoisuuden määrittelyllä on pyritty suhteuttamaan kuidun fysiologisia ominaisuuksia kuidun kemialliseen rakenteeseen (39). Nämä fysiologiset ominaisuudet määrittelevät eri kuitujen vaikutusta terveyteen. Kuidut on perinteisesti jaoteltu liukoisiin ja liukenemattomiin kuituihin (18). Kuiduista melkein kaikki fermentoituvat paksusuolella mikrobiston toimista. Ainoastaan selluloosa ja ligniini eivät fermentoidu ollenkaan (35, 40).

Taulukko 1. Elintarvikkeissa esiintyvien hiilihydraattien nimeäminen, niiden sisältämät yksiköt ja imeytyminen (muokattu lähteistä (10, 16)).

Luokka	Alaryhmä	Komponentit	Monomeerit	Imeytyminen	Elintarvikelähteet
Sokerit (1-2) ¹					
	<i>Monosakkaridit</i>	Glukoosi (GLU)		+	
		Galaktoosi (GAL)		+	
		Fruktoosi (FRU)		+	Omenat, päärynät, hunaja
	<i>Disakkaridit</i>	Sakkarooosi	GLU, FRU	+	Sokerijuurikas, sokeriruoko, hedelmät, marjat, bataatti
		Laktoosi	GLU, GLA	+(-)	Maito
		Trehaloosi	GLU	+	
		Maltoosi	GLU	+	Syntyy ruoansulatuksessa tärkkelyksestä, mallas, mallasuute
Oligosakkaridit (3-9) ¹					
	<i>Malto-oligosakkaridit</i>	Maltodekstriinit	GLU	+	
	<i>Muut oligosakkaridit</i>	α-galaktoosidit (GOS)	GAL, GLU	-	
		Frukto-oligosakkaridit (FOS)	FRU, GLU	-	
		Polydekstroosi	GLU	-	
		Resistentit dekstriinit	GLU	-	
Polyolit					
	<i>Maltitoli</i>			+/-	Käytään makeutusaineena
	<i>Sorbitoli</i>			+/-	Purukumi, makeiset
	<i>Ksylitoli</i>			+/-	Purukumi, makeiset
	<i>Laktitoli</i>			+/-	Käytetään makeutusaineena
Polysakkaridit >9 ¹					
	<i>Tärkkelys</i>	Amyloosi	GLU	+(-)	Tärkkelyspitoiset kasvit, peruna, vilja
		Amylopektiini	GLU	+(-)	Tärkkelyspitoiset kasvit, peruna, vilja
		Glykogeeni	GLU	+	Maksa, liha
		Modifioitu tärkkelys	GLU	-	
		Resistentti tärkkelys	GLU	-	Jäähdytetty keitetty peruna
		Inuliini	FRU	-	Maa-artisokka, sipuli, mustajuuri
Kuidut					
	<i>Ei-tärkkelyspitoiset polysakkaridit</i>	Selluloosa	GLU	-	Kasvisolujen seinämä, erityisesti vehnälese
		Hemiselluloosat	GAL	-	Kasvisolujen seinämä
		Pektiinit	GLU	-	Hedelmät
		β-glukaanit	GLU	-	Kaura, ohra
		Kumit	Arabinoosi	-	Monet kasvikset
		Kasvilimat	Ksyyloosi	-	
		Algal-polysakkaridit (algin, agar-agar, karrageeni)		-	
		Fruktaanit	FRU	-	Ruis, ohra, vehnä
Muut					
		Ligniini		-	Täysjyvävilja, pellavansiemen

¹Sokeriyksiköiden lukumäärä

+ imeytyy, - ei imeydy, +/- imeytyy osittain, +(-) imeytyy pääasiallisesti

Taulukko 2. Elintarvikkeen tai aterian verensokerivasteeseen vaikuttavat tekijät (41)

Tekijät
Hiilihydraatin määrä ja laatu
Mitä monosakkaridiyksiköitä elintarvike sisältää <ul style="list-style-type: none"> • Glukoosi • Fruktosi • Galaktoosi
Millaista tärkkelystä elintarvike sisältää <ul style="list-style-type: none"> • Amyloosi • Amylopektiini • Tärkkelyksen ja muiden ravintoaineiden vuorovaikutus • Resistentti tärkkelys
Keittäminen ja muu ruoan prosessointi <ul style="list-style-type: none"> • Tärkkelyksen gelatinisaatioaste • Partikkelikoko • Ruoan muoto • Solun rakenne
Muut ruoan komponentit <ul style="list-style-type: none"> • Rasva ja proteiini • Ravintokuitu • Muut bioaktiiviset yhdisteet • Orgaaniset hapot

Ravintoainetiheyden mukainen luokittelu

Myös ravintoainetiheyttä (eli ravintoaineiden määrää energiayksikköä kohti) voidaan pitää hiilihydraattipi-toisten elintarvikkeiden luokittelijana ja laadun mittarina (3). Määrittely liittyy joko elintarvikkeen valmistustapaan tai luontaisiin ominaisuuksiin. Esimerkiksi hedelmien ravintoainetiheys on korkea, koska niiden vesipitoisuudesta johtuen energiamäärä on painoyksikköä kohti pieni. Puhdistetut sokerit taas sisältävät energiaa, mutta eivät suojaravintoaineita. Mitä enemmän elintarvikkeisiin on lisätty puhdistettuja sokereita, sitä pienempi ravintoainetiheys niillä siis on. Viljatuotteiden kohdalla ravintoainetiheys tavallisesti piene-nee, mitä pidemmälle jalostettu viljatuote on kyseessä. Jos viljan jauhamisprosessin aikana poistetaan le-seen kuorikerrokset sekä alkio ja käytetään pelkästään ydinjauhoja, menetetään suurin osa viljan hyödylli-sistä aineosista, kuten kivennäisaineista, vitamiineista ja bioaktiivisista yhdisteistä sekä kuidusta.

Hiilihydraatit pakkausmerkinnöissä

Elintarvikkeiden pakkausmerkinnöissä hiilihydraateilla tarkoitetaan ravintoaineasetuksen mukaan mitä tahansa hiilihydraattia, joka metaboloituu ihmisessä, myös polyoleja eli sokerialkoholeja (esim. sorbitoli, ksylitoli ja maltitoli) (42). Elintarvikkeiden energiamäärää laskettaessa hiilihydraateille tulee käyttää muuntokertoimia 4 kcal/g tai 17 kJ/g. Polyoleille eli sokerialkoholeille käytetään muuntokertoimia 2,4 kcal/g tai 10 kJ/g, koska ne imeytyvät epätäydellisesti ruoansulatuskanavasta. Ravintoaineasetuksen mu-kaan sokerin määritelmä koskee sekä elintarvikkeessa luontaisesti esiintyviä eli valmistusaineista peräisin olevia että siihen lisättyjä mono- ja disakkarideja, poislukien polyolit (42). Termillä lisätty sokeri (extrin-sic/added sugars) tarkoitetaan sakkaroosia, fruktoosia, glukoosia, tärkkelyshydrolysaatteja ja muita puhdis-tettuja sokereita, mitkä on lisätty elintarvikkeeseen tuotantovaiheessa.

Ravintokuidulla puolestaan tarkoitetaan hiilihydraattipolymeerejä, joissa on vähintään kolme monomeeristä yksikköä ja jotka eivät sula tai imeydy ihmisen ohutsuolessa. Ravintokuitujen pitää kuulua johonkin seuraavista luokista: ”1) *Syötävät hiilihydraattipolymeerit, joita esiintyy luontaisesti nautintavalmiissa elintarvikkeessa, 2) Syötävät hiilihydraattipolymeerit, jotka on saatu elintarvikkeen raaka-aineesta fysikaalisella, entsyymaattisella tai kemiallisella menetelmällä ja joilla on yleisesti hyväksytyt tieteellisen näytön osoittamia ravintokuidun kaltaisia myönteisiä fysiologisia vaikutuksia, 3) Syötävät synteettiset hiilihydraattipolymeerit, joilla on yleisesti hyväksytyt tieteellisen näytön osoittamia ravintokuidun kaltaisia myönteisiä fysiologisia vaikutuksia.*” (42). Kuidun määrä ilmoitetaan erikseen pakkausmerkinnöissä grammoina eikä se näin ollen ole sisällytetty pakkausmerkintöjen hiilihydraattimäärään.

Pakkausmerkinnöissä viljatuotteiden ravitsemuksellista laatua on pyritty kuvaamaan myös ilmoittamalla paljonko ne sisältävät täysjyväviljaa. Elintarviketurvallisuusvirasto Evira on yhdessä Elintarviketeollisuusliitto ry:n ja Suomen Leipuriliitto ry:n kanssa laatinut täysjyvälle seuraavanlaisen määritelmän: Täysjyväksi määritellään sellainen myllytuote, jossa on kaikki jyvän ainesosat luonnollisessa suhteessa. Rakenteeltaan täysjyvätuote voi olla kokonainen jyvä (kokojyvä), litiste, rouhe, hiutale tai jauho (43). Jotta leivästä voidaan sanoa sen olevan täysjyväleipä, pitää sen viljaraaka-aineista olla vähintään 50 % koostumukseltaan täysjyvää. Jos leivän nimessä mainitaan sana kokojyvä, leivän täytyy tällöin sisältää kokonaisia jyviä. Viljaraaka-aineita ovat ruis, vehnä, kaura, ohra, maissi, tattari, riisi, hirssi ja niistä saadut jyvät, rouheet, litisteet, hiutaleet, karkeudeltaan eriasteiset jauhot ja maltaat (43). Tuotetta saa kutsua ruisleiväksi, jos se sisältää vähintään 50 % ruista viljaraaka-aineiden määrästä (44).

Suomalaisten hiilihydraattien saanti

Suomalaisen ruokavalion tärkeimpiä hiilihydraattilähteitä ovat viljatuotteet, maitotuotteet, hedelmät, marjat ja peruna sekä sokeri ja makeiset (5, 6). Ravintotase on yhteenvedo Suomen tärkeimpien elintarvikeryhmien tuotannosta, kotimaisesta käytöstä ja kulutuksesta (45). Viimeisimmän Ravintotaseen mukaan suomalaiset kuluttivat viljaa yhteensä 79,2 kiloa henkeä kohti vuonna 2012. Määrällisesti eniten kulutettiin vehnää 47 kg/hlö ja ruista 15,5 kg/hlö. Kauran ja riisin osuus oli reilu viisi kiloa henkeä kohti. Edellisvuoteen verrattuna vehnän kulutus kasvoi reilun kilon verran, kun taas rukiin ja kauran kulutus pieneni noin puoli kiloa. Tuoreita vihanneksia suomalaiset kuluttivat runsaan 57 kilon verran henkeä kohti vuodessa. Hedelmien kulutus kasvoi vajaan prosentin verran edellisvuodesta ja kulutus oli keskimäärin 51,5 kg/hlö vuonna 2012. Sitruhedelmiä kulutettiin eniten, noin 13 kg/hlö, muiden hedelmien osuuden ollessa yhteensä 38 kiloa. Hedelmäsäilykkeiden ja kuivattujen hedelmien osuus kulutuksesta oli hieman alle kahdeksan kiloa (45). Nestemäisten maitovalmisteiden kulutus oli 169 kilon verran henkeä kohti vuodessa. Jogurtin ja viilin yhteenlaskettu kulutus oli puolestaan hieman yli 13 kg/hlö. Sokerinkulutuksessa näkyy pieni lasku uusimmas- sa ravintotaseessa (2012) ja keskimääräinen sokerin kulutus on nyt hieman alle 30 kg/hlö. Sokerinkulutus on laskenut 1990-luvun alun n. 36 kilosta per henkilö tasaisesti ja 2000-luvulla kulutus on vaihdellut 30–32 kg/hlö välillä (45). Toisaalta suklaan ja makeisten myynti on selkeästi kasvanut viime vuosina (46).

Suomalaisten keskimääräistä energiaravintoaineiden saantia viime vuosikymmenten aikana voidaan tarkastella Finravinto-aineistojen avulla. Finravinto-tutkimuksessa tutkitaan suomalaisen aikuisväestön ruoankäyttöä ja ravinnonsaantia osana FINRISKI-tutkimusta (47), joka toteutetaan joka viides vuosi käyttäen riippumattomia ja edustavia satunnaisotoksia valittujen tutkimusalueiden väestöistä. Tutkimusalueina ovat Helsingin ja Vantaan kaupungit, Turun ja Loimaan alueet, Pohjois-Savon ja Pohjois-Karjalan maakunnat sekä entisen Oulun läänin alueet. Lasten ruoankäyttöä ja ravintoaineiden saantia on tutkittu laajemmin Suomessa DIPP-tutkimuksen (tyypin 1 diabeteksen ennustamista ja ehkäisyä tutkiva projekti) ravintotutkimuksessa. Sen aineiston keruu alkoi Oulussa 1996 ja Tampereella 1997 (48). Ruokavalion koostumusta voidaan tarkastella joko elintarvikeluokittain tai raaka-aineluokittain. Käyttötavaltaan tai pääraaka-aineiltaan samankaltaiset elintarvikkeet kootaan samaan luokkaan. Kun ruokavaliota tarkastellaan raaka-ainetasolla, niin silloin ruokalajit hajotetaan raaka-aineiksi. Tämä tarkoittaa mm. sitä, että perunasoseen raaka-aineita ovat peruna, maito, rasva ja suola (5).

Finravinto 2012 -tutkimuksen mukaan suomalaiset miehet saivat energiastaan hiilihydraateista 42,2 % ja naiset 43,9 %. Hiilihydraattien osuus energiansaannista pienentyi vuoteen 2007 verrattuna miehillä lähes 5 prosenttiyksikköä ja naisilla yli 6 prosenttiyksikköä (6, 49) (Taulukot 3 ja 4). Suomalaisten hiilihydraattien saanti on niukahkoa verrattuna muihin Euroopan maihin, joissa aikuisten hiilihydraattien saanti vaihtelee välillä 38–54 E%. Tyypillisimmin hiilihydraattien saanti on kuitenkin välillä 45–50 E%. Pienin hiilihydraattien saanti on Euroopan maista Kreikassa ja Espanjassa ja suurin Tšekissä ja Norjassa (16). Eurooppalaisilla lapsilla ja nuorilla keskimääräinen hiilihydraattien osuus energiansaannista vaihtelee välillä 43–58 E%:a (16) suomalaislasten hiilihydraattien saannin ollessa 53–55 % (48).

Finravinto 2012 -tutkimuksen mukaan kuidunsaanti jäi alle suosituksen (25–35 g/vrk) sekä miehillä (22 g) että naisilla (21 g). Myös suomalaiset lapset jäävät alle annettujen kuitusuositusten (48). Kun tarkastellaan kuidunsaantia energiaan suhteutettuna, ikääntyneet saavuttivat päivittäisen kuitusuosituksen (3 g/MJ). Työikäiset naiset saavat kuitua energiaan suhteutettuna enemmän kuin miehet (2,9 g/vrk vs. 2,4 g/vrk). Kuidun saanti on kuitenkin laskenut molemmilla sukupuolilla vuodesta 2007. Viljavalmisteiden, etenkin rukiin käyttö pieneni molemmilla sukupuolilla verrattuna vuoteen 2007, mikä osaltaan selittää kuidun saannin laskua. Hiilihydraatteja saadaan myös entistä vähemmän perunasta, mutta yhä enemmän maitovalmisteiden sisältämistä sokereista (6). Suomalaisten kasvisten kulutus on kasvanut (6), mutta miehillä kasvisten, hedelmien ja marjojen yhteenlaskettu osuus jää yhä alle suositellun päivittäisen 400 g määrän (6).

Useimmat kasvokset sisältävät 1-5 g kuitua annosta kohti (35). Monet hedelmät ja vihannekset sisältävät enemmän liukenematonta kuin liukoista kuitua, poikkeuksena appelsiini ja greippi sekä keitetyt perunat (35). Hedelmien ja kasvisten käsittely voi joko pienentää (esim. kuoriminen) tai suurentaa (esim. keittämi-

nen) niiden kuitupitoisuutta. Myös marja- ja hedelmämehut sisältävät jonkin verran kuitua. Suurimmat kuitupitoisuudet löytyvät kuivatuista hedelmistä.

Hiilihydraatteja ei yleensä syödä puhtaana hiilihydraattina, poikkeuksena ns. pöytäsookeri, joka on sakkaroosia (muodostuu glukoosista ja fruktoosista). Suomalaisten pöytäsookerin päivittäinen käyttö jää keskimäärin alle kymmenen gramman (5). Työikäiset miehet saavat ruokavaliostaan vähemmän sakkaroosia (sisältää luontaisen ja lisätyn sakkaroosin) kuin naiset (9,2 E% vs. 10 E%) (50). Sakkaroosin saanti eurooppalaisilla aikuisilla vaihtelee 6 E%:sta lähes 14 E%:iin (16). Suomalaiset saavat sakkaroosinsa pääasiassa sokerista, makeisista, hedelmistä ja siirapeista (5). Työikäisten miesten suurin sakkaroosin lähde olivat makeutetut juomat, mukaanlukien mehujuomat. Koska suomalaisten hedelmien ja vihannesten sekä maitotuotteiden kulutus on kasvanut, myös luontaisen sokerin suhteellinen määrä on kasvanut (50). Tutkimustietoa suomalaisten aikuisten lisätyn ja luontaisen sokerin määristä ja niiden jakautumisesta ei toistaiseksi ole saatavilla Finravinto-aineistosta.

Suomalaisten sakkaroosista tulee viimeisimmän Finravinto-tutkimuksen mukaan 10–23 % juomista riippuen sukupuolesta ja ikäryhmästä; työikäiset miehet saavat 23 % ja ikääntyneet naiset 10 %. Juomien osuus kaikkien imeytyvien hiilihydraattien saannista on maltillinen 3-7 % (6). Kun tarkastellaan sakkaroosin saantia raaka-aineluokittain, juomien osuus sakkaroosin saannista nousee enimmillään 24 %:iin (työikäiset miehet). Tärkein lähde sakkaroosin saannille raaka-aineluokista on luokka sokeri, makeiset ja suklaa. Ikääntyneiden miesten sakkaroosista tulee tästä lähteestä 45 % ja työikäisten miesten 40 %. Toiseksi tärkein lähde sakkaroosin saannille raaka-aineluokista on hedelmät ja marjat. Eniten sakkaroosia tästä lähteestä saavat ikääntyneet naiset, 29 % (6). Työikäiset miehet saavat ruokavalion fruktoosista melkein 60 % hedelmistä ja marjoista, kun taas työikäisillä naisilla hedelmien ja marjojen osuus on melkein 65 % (Finravinto 2012, julkaisematon tulos). Fruktoosin keskimääräinen saanti raaka-aineluokista on suurimmillaan noin 13 g.

Suomalaisten aikuisten ruokavalion hiilihydraateista tulevasta energiasta sokerin, makeisten ja suklaan osuus on 1-9 % (6) ja lapsilla sokerivalmisteiden osuus on 5-8 E% (48). Todellinen kulutus voi olla suurempaa, sillä sokerituotteet kuuluvat usein aliraportoituihin elintarvikeryhmiin (5, 48, 51).

Leikki-ikäisten lasten sakkaroosin saanti ylittää suosituksen (10 E%) saannin ollessa keskimäärin 13 E% (48). Jos sakkaroosi jaetaan luontaiseen ja lisättyyn sokeriin, lasten keskimääräinen kokonaissakkaroosin saanti on 41 g/vrk, mistä lisättyä sakkaroosia on 35 g (85 %). Suurin osa tästä lisäystä sakkaroosista oli teollisuuden elintarvikkeisiin lisäämää sakkaroosia. Lasten pääasialliset sakkaroosin lähteet ruokavaliassa olivat mehut (27 %), jogurtit ja hapanmaitovalmisteet (13 %) sekä suklaa ja makeiset (12 %) (48).

Taulukko 3. Työikäisten miesten energian- ja energiaravintoaineiden saanti, sakkaroosin osuus energiansaannista ja ravintokuidun saanti Finravinto-tutkimuksessa vuosina 1982–2012*

	Energia MJ	Hiilihydraatit E%	Sakkaroosi E%	Ravintokuitu g/vrk	Rasvat E%	Proteiinit E%
1982	12,1	44	8	**	39	15
1992	10,4	46	9	25	34	16
1997	9,5	49,4	9,7	22,7	33,4	15,4
2002	9,2	45,6	9,1	21,8	34,9	16,3
2007	9,2	47,1	9,7	24	33,1	16,8
2012	9,2	42,2	9,2	22	36,1	17,3

*Tuloksia ei esitetä vuodelta 1987, koska silloin tutkittu vain miehiä eikä otos ollut edustava

**Ei tietoa

Taulukko 4. Työkäisten naisten energian- ja energiaravintoaineiden saanti, sakkaroosin osuus energiansaannista ja ravintokuidun saanti Finravinto-tutkimuksessa vuosina 1982–2012*

	Energia MJ	Hiilihydraatit E%	Sakkaroosi E%	Ravintokuitu g/vrk	Rasvat E%	Proteiinit E%
1982	8,7	47	9	**	37	15
1992	7,8	48	11	20	34	16
1997	6,8	52,1	10,1	17,7	31,5	15,5
2002	6,6	49,6	10,8	18,5	32,4	16,5
2007	6,8	48,8	10,5	21	31,2	17,2
2012	7,1	43,9	10,0	21	35,5	17,2

* Tuloksia ei esitetä vuodelta 1987, koska silloin tutkittu vain miehiä eikä otos ollut edustava

**Ei tietoa

Hiilihydraatit ja terveys

Hiilihydraatit vaikuttavat elimistön toimintaan ja terveyteen monella tavalla: hiilihydraateista saadaan energiaa, ne vaikuttavat kylläisyyteen ja mahan tyhjenemisnopeuteen, glukoosi- ja insuliiniaineenvaihduntaan, proteiinien glykolysaatioon, kolesteroli- ja triglyseridiaineenvaihduntaan sekä sappihappojen dehydrosilaatioon. Imeytymättömät hiilihydraatit vaikuttavat suolen toimintaan ja aktiivisuuteen sekä ulostamis-frekvenssiin sekä vaikuttavat paksusuolen mikrobistoon. Kuidun fysiologiset ominaisuudet viskositeetti ja fermentoituminen ovat tärkeitä kuidun aikaansaamille terveysvaikutuksille. Viskoosit kuidut muodostavat geelimäisiä rakenteita ohutsuolessa ja fermentoituvat kuidut metaboloidaan paksusuolen mikrobiston toiminnan seurauksena. Yleisesti ottaen liukenevat kuidut fermentoituvat täydellisemmin ja niillä on parempi viskositeetti kuin liukenemattomilla kuiduilla. Kaikki liukoiset kuidut eivät ole viskooseja kuituja, kuten osittain hydrolysoitu guarkumi tai akasiakumi, ja osa liukenemattomista kuiduista fermentoituu hyvin (40). Kuitujen fermentoituessa paksusuolessa mikrobiston toimesta muodostuu vety- ja metaaniyhdisteitä sekä hiilidioksidia ja lyhytketjuisia rasvahappoja (short-chain fatty acids, SCFA). Lyhytketjuiset rasvahapot imeytyvät ja niitä voidaan käyttää energiana. Näin hiilihydraatit vaikuttavat suolen epiteelisolujen toimintaan (18).

Runsaskuituisen ruokavalion on todettu olevan yhteydessä pienempään riskiin sairastua kroonisiin tauteihin, kuten sydän- ja verisuonitauteihin, tyyppin 2 diabetekseen ja joihinkin syöpätyyppeihin (9). Runsaskuituinen ruokavalio on myös yhdistetty pienempään vyötärön ympäräykseen ja pienempään painoindeksiin (BMI) (9, 52, 53). Lisäksi suurempi ravintokuidun saanti on yhdistetty pienempään kokonaiskuolleisuuteen (54, 55).

Uusimpia Pohjoismaisia ravitsemussuosituksia varten tehty katsausartikkeli (56) osoitti, että runsas kuidunsaanti ja pähkinöiden syönte ennusti pienempää painonnousua, kun taas runsas lihansyönte oli yhteydessä suurempaan painonnousuun. Näyttö arvioitiin kuitenkin vain suunta-antavaksi, kuten myös kuidun ja hedelmien syönnin ja pienemmän vyötärön ympäräyksen yhteyden kohdalla. Pitkälle jalostetut viljatuotteet ja makeiset ja jälkiruoat ennustivat suurempaa painonnousua ja suurempi energiatiheys ruokavaliossa ennusti suurempaa vyötärön ympäräystä (56). Samansuuntaisia tuloksia on julkaistu suurista amerikkalaisista kohorttitutkimuksista, joissa yhteensä tutkittavia on ollut yli 120 000 ja seuranta-aikana on ollut vähintään kaksikymmentä vuotta (57).

Proteiinin saanti vaihtelee useimmiten ihmisillä vain vähän, joten kun rasvan osuutta vähennetään, hiilihydraattien osuus energiansaannista yleensä nousee. Tämä seikka korostaa hiilihydraattien terveysvaikutusten arvioinnin hankaluutta. Näyttää siltä, että hiilihydraattien laadulla on terveyden kannalta enemmän merkitystä kuin määrällä (58). Ruokavaliot, jotka sisältävät 30–50 grammaa kuitua päivässä, kiistattomasti aikaansaavat pienemmän verensokeripitoisuuden verrattuna vähäkuituisiin ruokavaliiohin (39). Suomalaisessa diabeteksen ehkäisy tutkimuksessa (DPS-tutkimus) havaittiin, että tutkittavilla, jotka saivat ruokavaliostaan enemmän kuituja ja kaiken kaikkiaan hiilihydraatteja, oli pienempi riski sairastua tyyppin 2 diabetekseen (59). Pienempi sairastuvuusriski tutkittavien välillä nähtiin yhä yli kymmenen vuoden jälkeen tutkimuksen aloittamisesta (60).

Glukoosi- ja insuliinivasteet

Terveellä ihmisellä verensokeripitoisuus (veren glukoosipitoisuus) on varsin tarkasti säädelty ja vaihtelee paastotasolta (4-6 mmol/l) aterian jälkeen mitattaviin (n. 5-8 mmol/l). Verensokeripitoisuuden säätelyn häiriintyminen on kuitenkin tavallista ja johtaa tilanteeseen, jossa verensokeripitoisuus erityisesti aterian jälkeen nousee korkealle ja palaa hitaasti paastotasolle. Verensokerin vaihtelulla ja etenkin verensokerihuiluilla on merkitystä kroonisten tautien synnyssä. Hyperglykemialla (eli normaalia korkeammalla verensokeritasolla) on osoitettu olevan yhteys sydän- ja verisuonitautien kanssa (61-64). Hyperglykemia on yhdistetty useissa tutkimuksissa oksidatiiviseen stressiin, mikä näyttäisi olevan mekanismi verisuonien vaurioitumisen takana (65). Sokerihemoglobiiniarvo, HbA_{1c}-arvo, kuvaa pitkäaikaista verensokeritasoa. Aterian-

jälkeisillä verensokerivasteilla ja verensokerihuipuilla on todettu olevan vahvempi yhteys kaulavaltimoiden sisäkalvon paksuuteen kuin verensokerin paastoarvolla tai HbA_{1c}-arvolla (66). Erilaisten elintarvikkeiden ja aterioiden aikaansaamien verensokerihuippujen vaihteluja voidaan arvoida joko laskemalla verensokerihuipun korkeimman arvon erotus paastoarvosta tai laskemalla jokaisen aikapisteessä kahden tunnin ajalta erotus suurimman ja pienemmän arvon välillä (MAGE, maximum amplitude of the glucose excursion) (23). Useimmiten verensokerin huippuarvojen, verensokerin vaihtelun ja mitatattujen GI-arvojen välillä on positiivinen korrelaatio (23). Tämä ilmiö on perusteena, kun suositellaan pienen GI:n ja GL:n (glykeeminen kuorma, laskettaessa huomioidaan sekä GI että imeytyvien hiilihydraattien annos) ruokavalioita.

Pientämällä ruokavalion GI-arvoa saadaan useita terveysvaikutuksia aikaan: insuliinin tarve pienenee, verensokerin säätely paranee ja verenrasva-arvot pienevät (67). Tutkimukset ovat osoittaneet, että pienen GI:n ruokavalion noudattaminen parantaa verensokeritasapainon säätelyä. Kontrolloiduista satunnaistetuista kokeista tehtyjen meta-analyysien perusteella pienen GI:n ruokavalio pienentää sokerihemoglobiinia (HbA_{1c}) ja vähentää hyperglykemioita verrattuna suuren GI:n ruokavalioon (68, 69). Näiden kahden meta-analyysin perusteella voidaankin todeta, että valitsemalla pienen GI:n elintarvikkeita suuren GI:n elintarvikkeiden sijaan, saavutetaan parempi verensokeritasapaino.

Hiilihydraattien aikaansaamiin verensokeri- ja insuliinivasteisiin vaikuttaa laadun ohella myös syödyn hiilihydraattiannoksen määrä. Glykeeminen kuorma (GL) ottaa huomioon myös hiilihydraattien määrän (29). Elintarvikkeilla voi olla sama GI-arvo, mutta hyvin erilainen GL-arvo, johtuen elintarvikkeiden hiilihydraattipitoisuuksien erosta (70). Mitä suurempi elintarvikkeen GL on, sitä suurempi on sen aiheuttama verensokeri- ja insuliinipitoisuuksien nousu. Glykeemistä kuormaa on sovellettu yhtenä mittarina, jonka avulla voidaan epidemiologisissa tutkimuksissa määrittää ruokavalion yhteyttä tautiriskiin. Äskettäin ilmentyneen meta-analyysin perusteella voidaan todeta pienen GI:n ja/tai pienen GL:n ruokavalion olevan yhteydessä pienentyneeseen kroonisten tautien, kuten sydäntautien ja tyypin 2 diabeteksen, riskiin (71). Tämän perusteella korkeita aterianjälkeisiä verensokeripitoisuuksia ja niihin liittyvää hyperinsulinemiaa ja lipidemiaa voidaan pitää yhtenä mekanismina kroonisten sairauksien kehittämisessä (71). Näyttö GI:n, GL:n ja tyypin 2 diabeteksen yhteydestä ei ole kuitenkaan ollut yksimielistä. Suomalaisessa tutkimuksessa todettiin, että ruokavalion GI ja GL eivät olleet yhteydessä diabeteksen riskiin miehillä (72). Similä ym. (2011) kuitenkin osoitti tutkimuksessaan, että suuren GI:n hiilihydraattien korvaaminen keskisuuren GI:n hiilihydraateilla oli käänteisessä yhteydessä diabeteksen ilmaantuvuuteen (72). Äskettäin julkaistussa meta-analyysissä GI:n, GL:n ja tyypin 2 diabeteksen riskistä todetaan, että suuren GI:n elintarvikkeiden vähentämisellä saadaan lisähyötyä diabeteksen ehkäisyssä (73).

Perunaa on viime vuosina hyljeksitty mm. sen suuren GI-arvon vuoksi (74). Perunaa syödään kuitenkin harvoin yksinään vaan se nautitaan tyypillisesti aterian osana. Aterian muut komponentit, kuten rasva- tai proteiinilisiä (esim. liha-annos) vaikuttavat huomattavasti perunan aikaansaamiin verensokerivasteisiin pienentäen niitä (75). Tiedetään, että tietyt aminohapot, kuten leusiini, valiini, isoleusiini, lysiini ja treoniini, ovat insulinoogeenisiä aminohappoja eli ne lisäävät insuliinin eritystä (76). Aminohappojen insuliinin eritystä lisäävä vaikutus selittää myös sen, miksi maitotuotteilla on maltillisista verensokerivasteista huolimatta moninkertaiset insuliinivasteet (32).

Viljatuotteiden verensokerivasteita määrittelevät elintarvikkeen ja viljakasvin rakenne (31). Vaaleat viljatuotteet, vaalea leipä ja pasta, ja ruisleipä aikaansaavat hyvin samankaltaiset verensokerivasteet, mutta insuliinivasteet ovat pienemmät ruisleivällä ja pastalla kuin vaalealla leivällä (31). Se, millaisessa suhteessa amyloosia ja amylopektiinia on elintarvikkeen sisältämässä tärkkelyksessä, vaikuttaa elintarvikkeen aikaansaamiin verensokeri- ja insuliinivasteisiin. Jos suoraketjuista amyloosia on enemmän, silloin aterianjälkeiset verensokeri- ja insuliinivasteet ovat pienemmät (77). Viljatuotteiden verensokerivasteisiin vaikuttavat myös niiden sisältämät jyvät. Kun täysjyväleipä sisältää kokonaisia jyviä, on sen verensokerivaste pienempi kuin hienoksi jauhetusta täysjyväviljasta tehdyn leivän (78, 79).

Väestötasolla ruokavalion aikaansaamien insuliinivasteiden vaikutuksia kroonisten tautien riskiin ja riskitekijöihin on tutkittu vielä suhteellisen vähän (80-83). Insuliinivasteita voidaan laskea elintarvikkeille, aterioille ja koko ruokavaliolle samalla tavoin verensokerivasteita. Ruokavaliolle voidaan laskea keskimääräinen insuliini-indeksi ja insuliinikuorma ja arvioida sen jälkeen niiden yhteyttä kroonisiin tauteihin ja niiden riskitekijöihin. Kansainvälisesti hyväksyttyä elintarvikkeiden, aterioiden ja ruokavalion aikaansaami-

en insuliinivasteiden luokittelua ei ole vielä saatavilla. Toistaiseksi näyttö ruokavalion suuren insuliiniindeksin ja insuliinikuorman yhteydestä kroonisten tautien riskiin ja riskitekijöihin on edelleen ristiriitaista (80-83).

Hiilihydraattien lähteellä on väliä

Viljatuotteet ovat merkittävien hiilihydraattien lähde suomalaisessa ruokavaliossa (6). Paljon viljakuitua sisältävän ruokavalion noudattaminen on epidemiologisissa tutkimuksissa osoittanut pienentävän sydän- ja verisuonitautien, tyyppin 2 diabeteksen ja lihavuuden riskiä (84). Tuoreen meta-analyysin perusteella täysjyväviljatuotteiden käyttö ei ole kuitenkaan yhteydessä pienempään painoon, mutta täysjyväviljatuotteiden käytöstä oli pientä etua, kun tarkasteltiin kehon rasvapitoisuutta (85). Kokeellisissa, lyhytaikaisissa tutkimuksissa kuidun vaikutus kylläisyyteen ja ruokahalun vähenemiseen on vaihdellut kuitulähteen mukaan. Myöskään annos-vastesuhdetta ei ole eri kuitutyypeillä voitu havaita. Viljakuiduista paras kylläisyysvaste on havaittu kauran ja ohran β -glukaanilla ja rukiin kuidulla (86). Viljakuidut vaikuttavat myös positiivisesti veren sokeri- ja insuliinivasteisiin ja veren kolesteroliarvoihin (36, 87).

Kasvikset ovat viljatuotteiden ohella yksi merkittävimmistä hiilihydraattilähteistä suomalaisilla (6). Kasviksiin luetaan kaikki syötävät vihannekset, sienet, marjat ja hedelmät. Ruokavalioita, jotka sisältävät runsaasti kasviksia, suositellaan yleisesti terveysvaikutusten perusteella. Hedelmiä, marjoja ja vihanneksia on suositeltu niiden sisältämien ravintoaineiden vuoksi, etenkin C- ja A-vitamiinipitoisuuksien vuoksi. Vitamiinien lisäksi ne sisältävät kivennäisaineita, kuten kaliumia ja magnesiumia, sekä muita hyödyllisiä yhdisteitä esim. antioksidantteja. Kasviksia on suositeltu lisäävän ruokavalioon myös niiden sisältämän ravintokuidun vuoksi.

Sakkarosi ja fruktoosi ruokavaliossa

Paljon sokeria sisältävät elintarvikkeet ovat usein energiatiheitä ja energiatiheiden elintarvikkeiden käyttö säännöllisesti ja runsaassa määrin on yhdistetty suurempaan painonnousuun ja lisääntyneeseen rasvakudoksen määrään (57). Kun sokereita korvataan isokalorisesti (energian määrä pysyy samana) muilla hiilihydraateilla, ei painossa havaita muutoksia. Te Morengan ym. meta-analyysi (2012) toisaalta osoittaa, että sokeri on yhteydessä painoon *ad libitum* -ruokavalioilla (ruokavalioilla, joissa ei ole rajoituksia) ja painoon voidaan vaikuttaa muuttamalla sokerien määrää ruokavaliossa. Painonmuutokset selittyvät lähinnä energiaansaannin muutoksilla, eivät mono- tai disakkaridien fysiologisilla tai aineenvaihdunnallisilla ominaisuuksilla (88).

Runsaalla sokerin kulutuksella on vaikutusta muuhun ruokavalioon, joten sokerin kulutus onkin yhteydessä negatiivisesti vitamiinien ja kivennäisaineiden saantiin (16). Suomalaisilla leikki-ikäisillä lapsilla runsaan sakkaroosin saannin on todettu huonontavan ruokavalion laatua, koska suositeltavien elintarvikkeiden, kuten ruisleivän, puuron, kasvien, rasvattoman maidon sekä margariinien ja kasvirasvalevitteiden, kulutus samanaikaisesti väheni. Sakkaroosin määrän lisääntyminen ruokavaliossa, pienentää lapsien ruokavalion ravintoainetiheyttä. Lapsilla ravintokuidun ja kaikkien vitamiinien sekä kivennäisaineiden saanti pieneni, lukuun ottamatta A- ja C-vitamiinia pyridoksiinia ja kuparia, kun sakkaroosin energiaisuus kasvoi (48).

Runsas sokerinsaanti on toisaalta seurantatutkimuksissa yhdistetty suurempiin veren triglyseridi- ja kolesterolipitoisuuksiin (16). Mekanismin on ajateltu välittyvän fruktoosin kautta. Joillain ihmisillä runsas fruktoosin saanti johtaa virtsahapon pitoisuuden nousuun ja hyperinsulinemiaan. Suuria virtsahappopitoisuuksia pidetään tärkeänä ja itsenäisenä lihavuuden ja metabolisen oireyhtymän riskitekijänä (89).

Muista sokerin lähteistä poiketen sokeroitujen juomien käytön ja kroonisten sairauksien välillä on havaittu selkeä yhteys (90, 91). Sokeroitujen virvoitusjuomien kohdalla on olennaista, että energia nestemäisessä muodossa tuottaa vähemmän kylläisyyttä. Tämä puolestaan saattaa johtaa energian suurempaan kulutukseen (88). Suomalaisten virvoitusjuomien kulutus on keskimäärin varsin maltillista (6), mutta Valtion ravitsemusneuvottelukunnan kannanotossa (2008) energiaa sisältävät virvoitusjuomat eivät kuulu terveelliseen ruokavalioon (92). Meta-analyysin mukaan virvoitusjuomien käyttö oli yhteydessä suurempaan hiili-

hydraattien saantiin. Tämä hiilihydraattien saannin lisääntyminen selittyi yksinomaan sokereiden saannin lisääntymisellä, sillä tutkimuksissa havaittiin negatiivinen yhteys tärkkelyksen ja kuidun kanssa (93).

Fruktoosin saanti länsimaisessa ruokavaliossa on kasvanut huomattavasti, kun elintarviketeollisuudessa on alettu käyttää tärkkelyspohjaisia siirappeja makeutusaineina (94). Samaan aikaan on alettu epäillä, että runsaalla fruktoosin saannilla voisi olla erityisiä haitallisia terveysvaikutuksia, kuten rasva-aineenvaihdunnan häiriintyminen (95). Sakkaroosi sisältää sekä glukoosia ja fruktoosia, molempia 50 %, kun taas Yhdysvalloissa useimmiten juomissa ja ruoissa käytetty maissipohjainen glukoosifruktoosisiirappi (high-fructose corn syrup, HFCS) sisältää tyypillisesti 55 % fruktoosia ja 45 % glukoosia. Euroopassa ja muualla maailmassa käytetään kuitenkin pääasiassa makeutusaineena sakkaroosia (96). Luontaisesti fruktoosia saadaan pääasiassa hedelmistä ja hunajasta. Hunajassa, siirapeissa, viikunoissa, taateleissa ja rusinoissa on yli 10 g fruktoosia sataa grammaa kohti. Viinirypäleissä, omenoissa, päärynöissä, persimoneissa ja mustikoissa on fruktoosia 5-10 g sataa grammaa kohti (35). Useimmat vihannekset eivät sisällä ollenkaan fruktoosia. Suuri osa fruktoosista saadaankin tänä päivänä virvoitusjuomiin ja makeisiin lisätyistä sokereista ja tärkkelyssiirapeista. Fruktoosia käytetään makeutusaineena, koska se on makeampaa kuin glukoosi tai sakkaroosi.

Sokerin (sakkaroosin) lisääminen hiilihydraattipitoiseen elintarvikkeeseen yleensä pienentää sen verensokeri- ja insuliinivasteita (97). Vasteet eivät riipu siitä, onko sokeri (sakkaroosi) elintarvikkeessa luontaisesti vai onko se lisättyä sokeria (1). Sokereista glukoosi tuottaa suuremman verensokerivasteen kuin sakkaroosi (26). Fruktoosi imeytyy huonosti ruoansulatuskanavasta, mutta imeytyminen paranee glukoosin läsnä ollessa. Fruktoosille onkin mitattu pieni GI-arvo (GI=15), mikä kertoo siitä, että fruktoosi nostaa vain vähän verensokeria (33). Toisaalta fruktoosi tehostaa myös insuliinin eritystä muiden hiilihydraattien läsnä ollessa (98).

Usein fruktoosin vaaroista puhuttaessa unohdetaan, että käyttömäärällä on merkitystä. Epidemiologisten tutkimusten aineistojen perusteella on hankala osoittaa fruktoosin itsenäisiä haittoja. Yleensä epidemiologisissa aineistoissa suuri fruktoosin saanti yhdistyy ruokavalioon, jossa tyypillistä on suuren GI:n elintarvikkeiden, ja/tai runsasenergistien suolaisten elintarvikkeiden (esim. perunalastut) suuri kulutus tai muuten kokonaisuudessaan huonolaatuinen ruokavalio (99). Vakuuttavaa näyttöä fruktoosin haitoista pienillä annoksilla ei ole pystytty osoittamaan (100, 101). Suomalaisten keskimääräinen fruktoosin saanti jää huomattavasti alle sen saantimäärän, mitä on pidetty haitallisena terveydelle (yli 100 g) (99, 100, 102). Fruktoosin päivittäisen saantimäärän jäädessä alle 60 g/vrk se ei todennäköisesti aiheuta haittavaikutuksia aineenvaihdunnan säätelylle (103). Fruktoosin saantia luonnollisista lähteistä on tutkittu hyvin vähän kontrolloiduissa tutkimusasetelmissä. Kontrolloidussa laihdutuskokeessa havaittiin suurempi painonpudotus ryhmässä, missä fruktoosia saatiin pääasiassa hedelmistä 50–70 g/vrk kuin ryhmässä, joka noudatti hyvin vähän fruktoosia sisältävää ruokavaliota. Tutkimuksessa havaittiin merkitsevä laskun verenpaineessa, kokonaiskolesterolissa, triglyserideissä sekä insuliiniresistenssissä ja virtsahappopitoisuudessa, joten hedelmistä peräisin olevan fruktoosin ei voida sanoa olevan haitallista terveydelle (104).

Hiilihydraattisuositukset

Hiilihydraattien saanti on yhteydessä energiansaantiin. Tyypillisesti enemmän energiaa saavat syövät määrällisesti (grammoissa) enemmän hiilihydraatteja. Suurin vaihtelu hiilihydraattien määrällisessä saannissa ihmisten välillä johtuuakin energiantarpeen eroista. Maailman terveysjärjestö WHO:n maailmanlaajuinen suositus hiilihydraattien osuudeksi energiasaannista on hyvin laaja, 55–75 E% (105). Euroopan elintarvikkeiden turvallisuusvirasto Efsa suosittelee hiilihydraattien osuudeksi energiasta 45–60 % (16). Lisätylle sokerille ei voida Efsan mukaan asettaa saannin ylärajaa. Suomalaiset ravitsemussuositukset vuodelta 2005 suosittelevat hiilihydraatin saanniksi 50–60 E% ja sokerin saannille on asetettu raja enintään 10 E% (3). Pohjoismaisissa ravitsemussuosituksissa (2013) hiilihydraattien saantisuositusta laajennettiin laskemalla suosituksen alarajaa. Näin hiilihydraattien suositukseksi tuli 45–60 E% (4) (Taulukko 5).

Yhdysvaltain ravitsemussuosituksissa suositellaan hiilihydraattien saanniksi 45–65 E% (106). Amerikkalainen lisätyn sokerin suositus on ollut suurehko verrattuna muiden suosituksiin, <25 E% (38). Amerikkalainen sydänjärjestö AHA onkin suositellut miehille korkeintaan 150 kcal/vrk ja naisille 100 kcal/vrk lisätystä sokerista (107). Tämä suositus on huomattavasti tiukempi kuin amerikkalaisen ravitsemussuosituksen suositus (Dietary Guidelines for Americans) (106). AHA:n antamat tiukat suositukset ylittyvätkin amerikkalaisten ruokavaliossa yli 90 %:sti (96). Suomen Sydänliitto ei ole antanut yleisistä ravitsemussuosituksista poikkeavia suosituksia hiilihydraattien saannin suhteen (108).

Kasviksia (poislukien peruna) suositellaan syötäväksi 400 g päivittäin. (3, 105). Suomen Sydänliitto suosittelee sydänpotilaille kasvistien määräksi 500 g (108). Peruna jätetään tämän ruokaryhmän ulkopuolelle useimpien maiden suosituksissa, sillä tarkoituksena on vähentää paljon rasvaa ja suolaa sisältävien elintarvikkeiden kulutusta, esim. ranskanperunat. Keitetty peruna on kuitenkin hyvä ravintoaineiden, mm. kaliumin lähde. Peruna on ollut myös perinteisesti merkittävä C-vitamiinin lähde suomalaisessa ruokavaliossa.

Suosittava ravintokuidun määrä ravitsemussuositusten mukaan on 25–35 g/vrk (3, 4). Efsa suosittelee ravintokuitua vähintään 25 g/vrk (16). Tämä suositus perustuu siihen, että tällä määrällä varmistetaan normaali suolentoiminta. Suuremmista annoksista voi olla hyötyä painonhallinnassa, sepelvaltimotaudin ja tyypin 2 diabeteksen ehkäisyssä (16). Kuitusuositukset ovat maailmanlaajuisesti hyvin samalla tasolla (Taulukko5).

Taulukko 5. Energiaravintoaineiden, lisätyn sokerin ja kuidun suositukset.

Suositus	Julkaisuvuosi	Hiilihydraatit E%*	Lisätty sokeri E%	Kuitu g	Rasvat E%	Proteiinit E%
Pohjoismaiset ravitsemussuositukset ¹	2013	45–60	<10	≥25–35	25–40	10–20
Suomalaiset ravitsemussuositukset ²	2005	50–60	≤10	25–35	25–35	10–20
Efsa ³	2010	45–60	-	25	20–35	**
WHO ⁴	2003	55–75	<10	>25	15–30	10–15
IOM ⁵	2006	45–65	<25	38/25	20–35	10–35

*Energiaprosentti (osuus päivittäisestä energiasta)

**Suositus annettu grammana painokiloa kohti

¹ Nord 2013:009. Nordic Nutrition Recommendations 2012. Part 1. *Summary, principles and use*. 5 th ed. Nordic Council of Ministers 2013.

² Valtion ravitsemusneuvottelukunta. Suomalaiset ravitsemussuositukset - ravinto ja liikunta tasapainoon.

³ EFSA Panel on dietetic products, nutrition, and allergies (NDA). Scientific opinion on dietary reference values for carbohydrates and dietary fibre.

⁴ WHO. Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases: report of a joint WHO/FAO expert consultation.

⁵ Otten JJ, Pitzi Hellwig J, Meyers LD, (toim.). Dietary Reference Intakes: The Essential Guide to Nutrient Requirements - The Essential Guide to Nutrient Requirements. Institute of Medicine of the National Academies. Washington, D.C. 2006.

Voidaanko hiilihydraattipitoisten elintarvikkeiden ravitsemuksellista laatua arvioida ja vertailla?

Kuten edellä esitetyssä katsauksessa on todettu, hiilihydraatteja ja hiilihydraattipitoisia elintarvikkeita voidaan luokitella useilla eri tavoilla ja niiden ravitsemukselliseen laatuun vaikuttavat monet tekijät. Usein elintarvikkeiden ja ruokien laadullinen luokittelu on perustunut enemmänkin siihen, mitä ne eivät sisällä, kuin siihen, mitä ne sisältävät. Terveellisiksi elintarvikkeiksi on tällöin luokiteltu ne elintarvikkeet, jotka eivät sisällä lainkaan tai sisältävät vain vähän tyydyttyntä rasvaa, transrasvaa, sokeria tai suolaa (109).

Alla esitellään tämän katsauksen perusteella kehitetty pisteytysmalli, jolla on pyritty mahdollisimman objektiivisesti arvottamaan erilaisia hiilihydraattien lähteitä ottaen huomioon mahdollisimman monia ravitsemukselliseen laatuun vaikuttavia tekijöitä. Lähtökohtana pisteiden laskulle on tarkastella, parantaako tarkasteltava elintarvike ruokavalion kokonaislaatua suhteessa elintarvikkeesta saatuun energiamäärään. Samantyyllisiä ravitsemuksellisen laadun mittareita on myös aiemmin esitetty (109). Pisteytyksen tarkoituksena on mahdollistaa hiilihydraattipitoisten elintarvikkeiden vertailu toisiinsa osana ruokavalion kokonaisuutta. Siitä ei voi suoraan johtaa esim. suositeltuja käyttömääriä.

Laadun indikaattoreiksi malliin on otettu mukaan seuraavat ravintotekijät: kivennäisaineista magnesium, kalium, rauta ja natrium, vitamiineista folaatti, rasvojen kohdalla katsottiin kovan rasvan (sisältää tyydyttyneen- ja transrasvan) saantia ja kovan ja pehmeän rasvan (sisältää cis-kertatyydyttymättömät- ja monitydyttymättömät rasvahapot) suhdetta. Lisäksi otettiin huomioon tuotteiden kuitupitoisuus ja glykeeminen indeksi (GI). Laskelmissa käytetyt GI-arvot saatiin aiemmissa suomalaisissa tutkimuksissa käytetyistä tietokannoista (110, 111).

Laskelmat perustuvat tuotteiden ravintoainetiheyteen (Taulukko 6). ”*Ravintoaineiden määrää tiettyä energiayksikköä (yleensä 1 MJ tai 1000 kcal) kohti kutsutaan ravintoainetiheydeksi*”(3). Näitä energiavaihtoehtoja suosituksia käytetään niille väestöryhmille, joiden ravintoaineen tarve on suurin (3). Elintarvike saa kustakin kohdasta yhden pisteen, mikäli energiaan suhteutettu saanti ylittää tavoiterajan. Kuidunsaantia elintarvikkeesta painotettiin, sillä kuidun terveysvaikutukset on osoitettu kiistattomasti. Glykeemisen indeksin (GI) kohdalla pisteytys perustuu kansainväliseen standardiin (27) (Taulukko 6).

Edellä mainittuihin ravintotekijöihin päädyttiin, sillä niiden tärkeimmät lähteet suomalaisessa ruokavaliossa ovat myös tärkeimpiä hiilihydraattien lähteitä. Hiilihydraatteja saadaan runsaasti myös maitotuotteista. Ravintoaineiden lähteenä kasvukunnan tuotteet ja maitotuotteet eroavat kuitenkin selvästi toisistaan, joten maitotuotteet jätettiin tämän tarkastelun ulkopuolelle. Finravinto-tutkimuksen (2007) mukaan kolmasosa päivittäisestä magnesiumista saatiin viljatuotteista, erityisesti ruisleivästä (5). Raudan lähteenä vilja- ja leivontatuotteet olivat tärkein: noin puolet raudasta saatiin viljatuotteista. Kaliumista 20 % saatiin viljatuotteista. Suolan saannista vilja- ja leipomotuotteet selittivät 35 %. Folaatin lähteenä viljavalmisteet ovat merkittävä lähde suomalaisessa ruokavaliossa; yli kolmannes folaatista saadaan viljavalmisteista. Viljavalmisteista saatiin myös pääosa ravintokuidusta: miehet lähes 70 % ja työikäiset naiset 55 % ja ikääntyneet naiset 57 % (5).

Monissa suosituksissa korostetaan täysjyväviljan käyttöä tärkeänä osana terveyttä edistävää ruokavaliota. Tämän suosituksen toteutumisen arviointi on kuitenkin vaikeaa, sillä useimmista elintarvikkeista ei ole käytettävissä tietoa, kuinka paljon ne sisältävät täysjyväviljaa. Pisteytysmalliin valitut kivennäisaineet ja folaatti toimivat mallissa myös täysjyväviljan määrän mittareina ja kertovat siis elintarvikkeen sisältämän viljan laadusta. Toisaalta viljatuotteet ovat myös tärkeä natriumin (suolan) lähde, jonka saanti on keskimäärin suosituksia suurempaa sekä miehillä että naisilla (5, 6). Hiilihydraattipitoiset elintarvikkeet voivat sisältää myös runsaasti rasvaa, joka voi olla joko vähennettäväksi suositeltua kovaa (tyydyttyntä tai trans-) tai

lisättäväksi suositeltavaa pehmeää rasvaa. Koska hiilihydraattipitoisten elintarvikkeiden käyttömäärät voivat olla suhteellisen suuria, on myös rasvojen määrään ja laatuun tärkeää kiinnittää huomiota.

Taulukko 6. Pisteytysmallissa huomioidut ravintotekijät

Ravintotekijät	Raja-arvo	Pisteytys
Kuitu	≥3 g/MJ ¹	2 p
Rauta	≥1,6 mgMJ ¹	1 p
Folaatti	≥45 µg/MJ ¹	1 p
Magnesium	≥35 mg/MJ ¹	1 p
Kalium	≥350 mg/MJ ¹	1 p
Natrium	≤0,5 g/MJ ¹	1 p
Pehmeän rasvan osuus 2/3 rasvasta	≥67 % ¹	1 p
Kovan rasvan määrä enintään <10 E%	<10 E% ¹	1 p
Glykeeminen indeksi	<70 ²	1 p
YHTEISPITEMÄÄRÄ		max. 10 p

¹ Suomalaiset ravitsemussuosituksen 2005 (3)

² International Standard ISO 26642:2010 (112)

Pisteitä laskettiin muutamille esimerkkielintarvikkeille (Taulukko7). Ravintoaineiden laskennassa käytettiin apuna Terveiden ja hyvinvoinnin laitoksen Fineli® -elintarvikkeiden koostumus- ja reseptitietopankkia (www.fineli.fi) (113). Esimerkkielintarvikkeista parhaimmat pisteet sai mustikka (10/10) ja ruisleipä (9/10 pistettä) sekä keitetty peruna (9/10 pistettä) ja huonoimmat pisteet runsasrasvainen pulla (1/10 pistettä) (Taulukko 7).

Elintarvikkeet suositellaan luokiteltavaksi pisteiden perusteella kolmeen luokkaan. Ensimmäisessä luokassa ovat eniten pisteitä (7-10) saavat ”erinomaiset hiilihydraattipitoiset elintarvikkeet”. Toiseen luokkaan menevät 4-6 pistettä saavat ”hyvät hiilihydraattipitoiset elintarvikkeet”. Kolmannessa luokassa ovat 1-3 pisteen elintarvikkeet. On huomattava, että elintarvikkeen resepti vaikuttaa lopulliseen pisteytykseen, esim. suolaa vähentämällä ja käyttämällä pehmeää rasvaa yksittäisen elintarvikkeen pisteytys paranee.

Tulkinta pelkästään pisteiden perusteella tuotteiden paremmuudesta voi kuitenkin olla liian suoraviivaista, sillä ruokavalio on kokonaisuus eikä yhden yksittäisen elintarvikkeen syöminen tee siitä laadullisesti hyvää tai huonoa (Taulukko 7). Tämä pisteytysmalli antaa kuitenkin uudenlaisen mahdollisuuden hiilihydraattipitoisten elintarvikkeiden laadun tarkasteluun ja niiden järjestämisen suuntaa antavasti paremmuusjärjestykseen.

Taulukko 7. Esimerkkituotteiden pisteytys

Esimerkkituote	Kuitu g/MJ	Natrium g/MJ	Rauta mg/MJ	Kalium mg/MJ	Magnesium mg/MJ	Folaatti µg/MJ	GI	Tyydyttynyt rasva E%	Pehmeä ras- va/Rasva	Kokonaispisteet	Hiilihydraattiluokka
	≥3	≤0,5	≥1,6	≥350	≥35	≥45	<70	<10 E%	≥67 %	max. 10 p	1: 7-10 pist. 2: 4-6 pist. 3: 1-3 pist.
Pullapitko	0	1	0	0	0	0	0	1	1	3	3
Riisipiirakka	2	0	0	0	1	0	1	1	1	6	2
Kauraleipä	2	1	1	0	1	0	1	1	1	8	1
Ruisleipä	2	0	1	1	1	1	1	1	1	9	1
Kaurapuuro	2	0	1	0	1	0	0	1	1	6	2
Ruispuuro	2	0	1	1	1	0	0	1	1	7	1
Juustosarvi	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	3
Croissant	0	1	0	0	0	0	1	0	0	2	3
Keitetty peruna	2	1	1	1	1	1	0	1	1	9	1
Banaani	2	1	0	1	1	0	1	1	1	8	1
Mustikka	2	1	1	1	1	1	1	1	1	10	1
Manteli	0	1	1	0	1	0	1	1	1	6	2

Yhteenveto ja johtopäätökset

Laajan konsensuksen mukaan hiilihydraattien lähteinä ruokavaliossa tulisi suosia mahdollisimman vähän käsiteltyjä, runsaasti ravintoaineita sisältäviä elintarvikkeita. Yhtä tärkeää on huomioida kohtuulliset annuskoot. Kokonaiset hedelmät, vihannekset ja palkokasvit ovat hyviä lähteitä ei-tärkkelyspitoisille hiilihydraateille, ravintokuidulle ja muille terveyttä edistävälle yhdisteille. Täyryviljatuotteet puolestaan ovat merkittävä kuidunlähde. Yksittäisten ravintoaineiden ja varsinkin elintarvikkeiden suhdetta kroonisten sairauksien riskiin on usein vaikea arvioida, sillä ravintoaineet ja ruoan muut aktiiviset komponentit ovat vuorovaikutuksessa toistensa kanssa ja toisaalta ruoan olomuoto vaikuttaa monilla tavoilla (8).

Ruokavaliot, jotka sisältävät runsaasti vihanneksia, hedelmiä ja pähkinöitä, ja missä syödään usein ja säännöllisesti kalaa, vähärasvaisia maitotuotteita ja kasviöljyjä sekä syödään harvoin pitkälle jalostettuja viljatuotteita ja paljon sokeria sisältäviä elintarvikkeita ja vähän punaista ja prosessoitua lihaa, ovat olleet yhteydessä pienempään kroonisten tautien riskiin. Kulttuurisista lähtökohdista johtuen osa ruokavalinnoista voi vaihdella, mutta yleisesti ottaen suositeltavat ruokavaliot ovat perustaltaan hyvin samankaltaisia (8). Niin sanottu ”länsimainen ruokavaliotyypä”, mihin yleensä katsotaan kuuluvan runsas punaisen ja prosoidun lihan kulutus, pitkälle jalostetut (puhdistetut) viljatuotteet, leivonnaiset, sokerilla makeutetut virvoitusjuomat, makeiset ja hyvin pitkälle jalostetut teollisesti tuotetut elintarvikkeet on yhdistetty epäedullisiin terveysvaikutuksiin ja suurempaan kroonisten sairauksien riskiin. Tyypillistä tällaiselle länsimaiselle ruokavaliolle on se, että se sisältää energiamäärään suhteutettuna vähän vitamiineja ja kivennäisaineita sekä muita bioaktiivisia aineita (kuten esim. fenoliset yhdisteet) ja kuitua (8).

Ravitsemussuosituksissa saantisuositukset hiilihydraateille ovat väljät, mikä korostaa entisestään hiilihydraattien laadun merkitystä (58). Pohjoismaiset ravitsemussuositukset suosittelevat lisäämään vihannesten, palkokasvien, hedelmien, marjojen, pähkinöiden ja siementen syömistä sekä suosimaan viljatuotteista täysjyryviljatuotteita (4). Ihmisillä on luontainen taipumus pitää makeasta, äidinmaidosta lähtien. Ravitsemussuositukset eivät aseta kiellettyjen elintarvikkeiden listalle mitään yksittäistä elintarviketta (3). Siksi esimerkiksi sokeria sisältäviä elintarvikkeita kannattaakin tarkastella osana ruokavalion kokonaisuutta ja toisaalta suhteessa niiden sisältämiin muihin ravintoaineisiin.

Useat tekijät vaikuttavat hiilihydraattipitoisten elintarvikkeiden ravitsemukselliseen laatuun eikä yhdellä yksittäisellä ravintotekijällä voida määritellä elintarvikkeen absoluuttista paremmuutta. Ottamalla huomioon useampia tekijöitä samanaikaisesti ja tarkastelemalla elintarvikkeita ravintoainetiheyden näkökulmasta on mahdollista kehittää pisteytysmalli, jonka tuloksien perusteella elintarvikkeiden ravitsemuksellista laatua voidaan karkeasti verrata. Ohessa esitelty malli perustuu elintarvikkeiden ominaisuuksiin. Jatkossa mallin validiteettia voidaan tarkastella verrattuna kliinisiin riskitekijöihin, niiden muutoksiin ja kroonisten sairauksien riskiin.

Lähteet

1. Brand Miller J, Pang E, Broomhead L. The glycaemic index of foods containing sugars: comparison of foods with naturally-occurring v. added sugars. *Br J Nutr* 1995;73:613-23.
2. Drewnowski A, Mennella JA, Johnson SL, Bellisle F. Sweetness and food preference. *J Nutr* 2012;142:1142S-1148S.
3. Valtion ravitsemusneuvottelukunta. Suomalaiset ravitsemussuosittukset - ravinto ja liikunta tasapainoon. Helsinki: Edita Publishing Oy, 2005.
4. Nordic Nutrition Recommendations 2012. Part 1. Summary, principles and use. Nordic Council of Ministers 2013.
5. Paturi M, Tapanainen H, Reinivuo H, Pietinen P, toim. Finravinto 2007 -tutkimus. Kansanterveyslaitoksen julkaisuja B23/2008. Helsinki: Yliopistopaino, 2008.
6. Helldán A, Raulio S, Kosola M, Tapanainen H, Ovaskainen M-L, Virtanen S. Finravinto 2012 -tutkimus – The National FINDIET 2012 Survey. THL. Raportti 16/2013. Helsinki 2013.
7. Aune D, Chan DS, Lau R, et al. Dietary fibre, whole grains, and risk of colorectal cancer: systematic review and dose-response meta-analysis of prospective studies. *BMJ* 2011;343:d6617.
8. Wirfält E, Drake I, Wallström P. What do review papers conclude about food and dietary patterns? *Food Nutr Res* 2013;57.
9. Willett WC, Stampfer MJ. Current evidence on healthy eating. *Annu Rev Public Health* 2013;34:17.1-17.9.
10. Aro A, Mutanen M, Uusitupa M, toim. Ravitsemustiede. 2. uudistettu painos ed. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim, Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä, 2005.
11. Acheson KJ, Schutz Y, Bessard T, Anantharaman K, Flatt JP, Jéquier E. Glycogen storage capacity and de novo lipogenesis during massive carbohydrate overfeeding in man. *Am J Clin Nutr* 1988 48:240-7.
12. Acheson KJ. Carbohydrate for weight and metabolic control: where do we stand? *Nutrition* 2010;26:141-145.
13. Minehira K, Bettschart V, Vidal H, et al. Effect of carbohydrate overfeeding on whole body and adipose tissue metabolism in humans. *Obes Res* 2003;11:1096-103.
14. McDevitt RM, Bott SJ, Harding M, Coward WA, Bluck LJ, Prentice AM. De novo lipogenesis during controlled overfeeding with sucrose or glucose in lean and obese women. *Am J Clin Nutr* 2001;74:737-46.
15. FAO/WHO. Food energy - methods of analysis and conversion factors. Report of a Technical Workshop, Rome, 3-6 December 2002. FAO Food and Nutrition paper 77. Rome: Food and Agriculture organization of the United Nations, 2003.
16. EFSA Panel on dietetic products, nutrition, and allergies (NDA). Scientific opinion on dietary reference values for carbohydrates and dietary fibre *EFSA Journal* 2010;8:1462.
17. Paoli A, Rubini A, Volek JS, Grimaldi KA. Beyond weight loss: a review of the therapeutic uses of very-low-carbohydrate (ketogenic) diets. *Eur J Clin Nutr* 2013;67:789-96.
18. FAO/WHO. Carbohydrates in human nutrition. Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation. FAO Food Nutr Pap. 1998/09/23 ed, 1998:1-140.
19. Granfeldt Y, Liljeberg H, Drews A, Newman R, Bjorck I. Glucose and insulin responses to barley products: influence of food structure and amylose-amylopectin ratio. *Am J Clin Nutr* 1994;59:1075-82.
20. Bao J, Atkinson F, Petocz P, Willett WC, Brand-Miller JC. Prediction of postprandial glycemia and insulinemia in lean, young, healthy adults: glycemic load compared with carbohydrate content alone. *Am J Clin Nutr* 2011;93:984-96.
21. Brand-Miller JC, Thomas M, Swan V, Ahmad ZI, Petocz P, Colagiuri S. Physiological validation of the concept of glycemic load in lean young adults. *J Nutr* 2003;133:2728-32.
22. Wolever TM, Bolognesi C. Source and amount of carbohydrate affect postprandial glucose and insulin in normal subjects. *J Nutr* 1996;126:2798-806.
23. Brand-Miller JC, Stockmann K, Atkinson F, Petocz P, Denyer G. Glycemic index, postprandial glycemia, and the shape of the curve in healthy subjects: analysis of a database of more than 1,000 foods. *Am J Clin Nutr* 2009;89:97-105.
24. Owen B, Wolever TMS. Effect of fat on glycaemic responses in normal subjects: a dose-response study. *Nutrition Research* 2003;23:1341-1347.
25. Moghaddam E, Vogt JA, Wolever TM. The effects of fat and protein on glycemic responses in nondiabetic humans vary with waist circumference, fasting plasma insulin, and dietary fiber intake. *J Nutr* 2006;136:2506-11.
26. Jenkins DJ, Wolever TM, Taylor RH, et al. Glycemic index of foods: a physiological ba-

- sis for carbohydrate exchange. *Am J Clin Nutr* 1981;34:362-6.
27. International Standard ISO 26642:2010. *Food products - Determination of the glycaemic index (GI) and recommendation for food classification*. Switzerland: ISO Copyright office, 2010.
 28. Ludwig DS. The glycemic index: physiological mechanisms relating to obesity, diabetes, and cardiovascular disease. *Jama* 2002;287:2414-23.
 29. Holt SH, Miller JC, Petocz P. An insulin index of foods: the insulin demand generated by 1000-kJ portions of common foods. *Am J Clin Nutr* 1997;66:1264-76.
 30. Juntunen KS, Laaksonen DE, Poutanen KS, Niskanen LK, Mykkanen HM. High-fiber rye bread and insulin secretion and sensitivity in healthy postmenopausal women. *Am J Clin Nutr* 2003;77:385-91.
 31. Juntunen KS, Niskanen LK, Liukkonen KH, Poutanen KS, Holst JJ, Mykkanen HM. Postprandial glucose, insulin, and incretin responses to grain products in healthy subjects. *Am J Clin Nutr* 2002;75:254-62.
 32. Östman EM, Liljeberg Elmståhl HG, Björck IM. Inconsistency between glycemic and insulinemic responses to regular and fermented milk products. *Am J Clin Nutr* 2001;74:96-100.
 33. Atkinson FS, Foster-Powell K, Brand-Miller JC. International tables of glycemic index and glycemic load values: 2008. *Diabetes Care* 2008;31:2281-3.
 34. Hätönen KA, Similä ME, Virtamo JR, et al. Methodologic considerations in the measurement of glycemic index: glycemic response to rye bread, oatmeal porridge, and mashed potato. *Am J Clin Nutr* 2006;84:1055-61.
 35. Slavin JL, Lloyd B. Health benefits of fruits and vegetables. *Adv Nutr* 2012;3:506-16.
 36. Raninen K, Lappi J, Mykkanen H, Poutanen K. Dietary fiber type reflects physiological functionality: comparison of grain fiber, inulin, and polydextrose. *Nutr Rev* 2011;69:9-21.
 37. Evira. Ravitsemusväitteiden vastaavat sanamuodot (Liite 2). Dnro/Dnr/DNo 2774/0944/2010. 2010:http://www.evira.fi/attachments/elintarvikkeet/valvonta_ja_yrittajat/tutkimukset_ja_projektit/ravitsemusvaitteiden_vastaavat_sanamuodot_.pdf.
 38. Otten JJ, Pitzi Hellwig J, Meyers LD, (toim.). *Dietary Reference Intakes: The Essential Guide to Nutrient Requirements - The Essential Guide to Nutrient Requirements*. Washington, D.C.: Institute of Medicine of National Academies, 2006.
 39. Slavin JL. Position of the American Dietetic Association: health implications of dietary fiber. *J Am Diet Assoc* 2008;108:1716-31.
 40. Slavin J. Fiber and prebiotics: mechanisms and health benefits. *Nutrients* 2013;5:1417-35.
 41. Gray J. Carbohydrates: Nutritional and health aspects. International Life Sciences Institute: ILSI Europe, 2003.
 42. Evira, tuoteturvallisuusyksikkö. Ravintoarvomerkitäoapas elintarvikevalvoijille ja elintarvikealan toimijoille - Eviran ohje 17030/1. Helsinki, 2010.
 43. Evira. Suositus ”täysjyvä”- sanan käyttämisestä leivän nimessä tai sen korostamisesta pakkausmerkinnöissä ja täysjyväpitoisuuden ilmoittamisesta. Ohje/versio 17025/1. 12.6.2009:http://www.evira.fi/attachments/elintarvikkeet/lomakkeet_ja_ohjeet/taysjyvasuositus2009.pdf.
 44. Evira. Suositus nimen ”ruisleipä” käytöstä ja ruispitoisuuden ilmoittamisesta. Ohje/versio 17010/2. 3.11.2008:http://www.evira.fi/attachments/elintarvikkeet/valvonta_ja_yrittajat/suositus_nimen_ohjeet.pdf.
 45. Tike, Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus. Ravintotase 2012 ennakko ja 2011 lopulliset tiedot. http://www.maataloustilastot.fi/ravintotase-2012-ennakko-ja-2011-lopulliset-tiedot_fi.2012.
 46. Ruokatieto. Tietohaarukka. Tilastotietoa elintarvikealasta 2013. <http://www.ruokatieto.fi/static/tietohaarukka/fi/index.html>. 2013.
 47. Peltonen M, Saarikoski L, Lund L, et al. Kansallinen FINRISKI 2007 -terveystutkimus. Tutkimuksen toteutus ja tulokset: Menetelmät. Kansanterveyslaitoksen julkaisu B 36/2008. Helsinki: Yliopistopaino, 2008.
 48. Kyttälä P, Ovaskainen M-L, Kronberg-Kippilä C, et al. Lapsen ruokavalio ennen kouluikää. Kansanterveyslaitoksen julkaisu B32/2008. Helsinki ja Tampere: Kansanterveyslaitos, 2008.
 49. Paturi M, Tapanainen H, Reinivuo H, Pietinen P, (toim.). *Finravinto 2007 -tutkimus*. Helsinki: Kansanterveyslaitos, 2008.
 50. Raulio S, Ovaskainen M-L, Tapanainen H, Paturi M, Virtanen S, Helldán A. Ruokavalio entistä rasvaisempi, kovan rasvan osuus kasvanut - Finravinto 2012 -tutkimuksen tuloksia. Tutkimuksesta tiiviisti 4. Helsinki: Terveiden ja hyvinvoinnin laitos, 2013.

51. Hirvonen T, Männistö S, Roos E, Pietinen P. Increasing prevalence of underreporting does not necessarily distort dietary surveys. *Eur J Clin Nutr* 1997;51:297-301.
52. Du H, van der A D, Boshuizen HC, et al. Dietary fiber and subsequent changes in body weight and waist circumference in European men and women. *Am J Clin Nutr* 2010;91:329-36.
53. Howarth N, Saltzman E, Roberts S. Dietary fiber and weight regulation. *Nutr Rev* 2001;59:129-39.
54. Burger KN, Beulens JW, van der Schouw YT, et al. Dietary fiber, carbohydrate quality and quantity, and mortality risk of individuals with diabetes mellitus. *PLoS One* 2012;7:e43127.
55. He M, van Dam RM, Rimm E, Hu FB, Qi L. Whole-grain, cereal fiber, bran, and germ intake and the risks of all-cause and cardiovascular disease-specific mortality among women with type 2 diabetes mellitus. *Circulation* 2010;121:2162-8.
56. Fogelholm M, Anderssen S, Gunnarsdottir I, Lahti-Koski M. Dietary macronutrients and food consumption as determinants of long-term weight change in adult populations: a systematic literature review. *Food & Nutrition Research* 2012;56:19103 - <http://dx.doi.org/10.3402/fnr.v56i0.19103>.
57. Mozaffarian D, Hao T, Rimm EB, Willett WC, Hu FB. Changes in diet and lifestyle and long-term weight gain in women and men. *N Engl J Med*. 2011;364:2392-404.
58. Mann J, Cummings JH, Englyst HN, et al. FAO/WHO scientific update on carbohydrates in human nutrition: conclusions. *Eur J Clin Nutr* 2007;61 Suppl 1:S132-7.
59. Lindström J, Peltonen M, Eriksson JG, et al. High-fibre, low-fat diet predicts long-term weight loss and decreased type 2 diabetes risk: the Finnish Diabetes Prevention Study. *Diabetologia* 2006;49:912-920.
60. Lindström J, Peltonen M, Eriksson JG, et al. Improved lifestyle and decreased diabetes risk over 13 years: long-term follow-up of the randomised Finnish Diabetes Prevention Study (DPS). *Diabetologia* 2013;56:284-93.
61. Cavalot F, Petrelli A, Traversa M, et al. Postprandial blood glucose is a stronger predictor of cardiovascular events than fasting blood glucose in type 2 diabetes mellitus, particularly in women: lessons from the San Luigi Gonzaga Diabetes Study. *J Clin Endocrinol Metab* 2006;91:813-9.
62. Levitan EB, Cook NR, Stampfer MJ, et al. Dietary glycemic index, dietary glycemic load, blood lipids, and C-reactive protein. *Metabolism* 2008;57:437-43.
63. Levitan EB, Song Y, Ford ES, Liu S. Is nondiabetic hyperglycemia a risk factor for cardiovascular disease? A meta-analysis of prospective studies. *Arch Intern Med* 2004;164:2147-55.
64. Zhang Y, Hu G, Yuan Z, Chen L. Glycosylated hemoglobin in relationship to cardiovascular outcomes and death in patients with type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *PLoS One*;7:e42551.
65. Esposito K, Nappo F, Marfella R, et al. Inflammatory cytokine concentrations are acutely increased by hyperglycemia in humans: role of oxidative stress. *Circulation* 2002;106:2067-72.
66. Temelkova-Kurktschiev TS, Koehler C, Henkel E, Leonhardt W, Fuecker K, Hanelfeld M. Postchallenge plasma glucose and glycemic spikes are more strongly associated with atherosclerosis than fasting glucose or HbA1c level. *Diabetes Care* 2000;23:1830-4.
67. Augustin LS, Franceschi S, Jenkins DJ, Kendall CW, La Vecchia C. Glycemic index in chronic disease: a review. *Eur J Clin Nutr* 2002;56:1049-71.
68. Thomas D, Elliott EJ. Low glycaemic index, or low glycaemic load, diets for diabetes mellitus. *Cochrane Database of Systematic Reviews: Reviews 2009 Issue 1: John Wiley & Sons, Ltd, 2009*.
69. Brand-Miller JC. Glycemic load and chronic disease. *Nutr Rev* 2003;61:S49-55.
70. Foster-Powell K, Holt SH, Brand-Miller JC. International table of glycemic index and glycemic load values: 2002. *Am J Clin Nutr* 2002;76:5-56.
71. Barclay AW, Petocz P, McMillan-Price J, et al. Glycemic index, glycemic load, and chronic disease risk--a meta-analysis of observational studies. *Am J Clin Nutr* 2008;87:627-37.
72. Similä ME, Valsta LM, Kontto JP, Albanes D, Virtamo J. Low-, medium- and high-glycaemic index carbohydrates and risk of type 2 diabetes in men. *Br J Nutr* 2011;105:1258-1264.
73. Dong JY, Zhang L, Zhang YH, Qin LQ. Dietary glycaemic index and glycaemic load in relation to the risk of type 2 diabetes: a meta-analysis of prospective cohort studies. *Br J Nutr* 2011;106:1649-1654.
74. Buyken AE, Kroke A. Glycaemic index of potatoes: myth and reality from a European perspective. *Br J Nutr* 2005;94:1035-7.

75. Hätönen KA, Virtamo J, Eriksson JG, Sinkko HK, Sundvall JE, Valsta LM. Protein and fat modify the glycaemic and insulinaemic responses to a mashed potato-based meal. *Br J Nutr* 2011;106:248-53.
76. Nilsson M, Stenberg M, Frid AH, Holst JJ, Björck IM. Glycemia and insulinemia in healthy subjects after lactose-equivalent meals of milk and other food proteins: the role of plasma amino acids and incretins. *Am J Clin Nutr* 2004;80:1246-53.
77. van Amelsvoort JM, Weststrate JA. Amylose-amylopectin ratio in a meal affects postprandial variables in male volunteers. *Am J Clin Nutr* 1992;55:712-8.
78. Jenkins DJ, Wesson V, Wolever TM, et al. Wholemeal versus wholegrain breads: proportion of whole or cracked grain and the glycaemic response. *BMJ* 1988;297:958-60.
79. Jenkins DJ, Wolever TM, Jenkins AL, et al. Low glycaemic response to traditionally processed wheat and rye products: bulgur and pumpernickel bread. *Am J Clin Nutr* 1986;43:516-20.
80. Nimptsch K, Kenfield S, Jensen MK, et al. Dietary glycaemic index, glycaemic load, insulin index, fiber and whole-grain intake in relation to risk of prostate cancer. *Cancer Causes Control* 2011;22:51-61.
81. Nimptsch K, Brand-Miller JC, Franz M, Sampson L, Willett WC, Giovannucci E. Dietary insulin index and insulin load in relation to biomarkers of glycaemic control, plasma lipids, and inflammation markers. *Am J Clin Nutr* 2011;94:182-90.
82. Bao Y, Nimptsch K, Meyerhardt JA, et al. Dietary insulin load, dietary insulin index, and colorectal cancer. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 2010;19:3020-6.
83. Bao Y, Nimptsch K, Wolpin BM, et al. Dietary insulin load, dietary insulin index, and risk of pancreatic cancer. *Am J Clin Nutr* 2011;94:862-8.
84. Cho SS, Qi L, Fahey GC, Jr., Klurfeld DM. Consumption of cereal fiber, mixtures of whole grains and bran, and whole grains and risk reduction in type 2 diabetes, obesity, and cardiovascular disease. *Am J Clin Nutr* 2013;98:594-619.
85. Pol K, Christensen R, Bartels EM, Raben A, Tetens I, Kristensen M. Whole grain and body weight changes in apparently healthy adults: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled studies. *Am J Clin Nutr* 2013;98:872-84.
86. Clark MJ, Slavin JL. The effect of fiber on satiety and food intake: a systematic review. *J Am Coll Nutr* 2013;32:200-11.
87. Breneman CB, Tucker L. Dietary fibre consumption and insulin resistance - the role of body fat and physical activity. *Br J Nutr* 2013;110:375-83.
88. Te Morenga L, Mallard S, Mann J. Dietary sugars and body weight: systematic review and meta-analyses of randomised controlled trials and cohort studies. *BMJ* 2012;Jan 15;346:e7492:10.1136/bmj.e7492.
89. Johnson RJ, Segal MS, Sautin Y, et al. Potential role of sugar (fructose) in the epidemic of hypertension, obesity and the metabolic syndrome, diabetes, kidney disease, and cardiovascular disease. *Am J Clin Nutr* 2007;86:899-906.
90. Schulze MB, Manson JE, Ludwig DS, et al. Sugar-sweetened beverages, weight gain, and incidence of type 2 diabetes in young and middle-aged women. *JAMA* 2004;292:927-34.
91. Malik VS, Popkin BM, Bray GA, Despres JP, Willett WC, Hu FB. Sugar Sweetened Beverages and Risk of Metabolic Syndrome and Type 2 Diabetes: A Meta-analysis. *Diabetes Care* 2010.
92. Valtion ravitsemusneuvottelukunta. Juomat ravitsemuksessa. Valtion ravitsemusneuvottelukunnan raportti 2008. Helsinki: Yliopistopaino, 2008.
93. Vartanian LR, Schwartz MB, Brownell KD. Effects of soft drink consumption on nutrition and health: a systematic review and meta-analysis. *Am J Public Health* 2007;97:667-675.
94. Marriott BP, Cole N, Lee E. National estimates of dietary fructose intake increased from 1977 to 2004 in the United States. *J Nutr* 2009;139:1228S-1235S.
95. Bray GA, Nielsen SJ, Popkin BM. Consumption of high-fructose corn syrup in beverages may play a role in the epidemic of obesity. *Am J Clin Nutr* 2004;79:537-43.
96. Rippe JM, Angelopoulos TJ. Sucrose, High-Fructose Corn Syrup, and Fructose, Their Metabolism and Potential Health Effects: What Do We Really Know? *Adv Nutr* 2013;4:236-245.
97. Miller JC, Lobbezoo I. Replacing starch with sucrose in a high glycaemic index breakfast cereal lowers glycaemic and insulin responses. *Eur J Clin Nutr* 1994;48:749-52.
98. Reiser S, Powell AS, Yang CY, Canary JJ. An insulinogenic effect of oral fructose in

- humans during postprandial hyperglycemia. *Am J Clin Nutr* 1987;45:580-7.
99. Livesey G. Fructose ingestion: dose-dependent responses in health research. *J Nutr* 2009;139:1246S-1252S.
100. Sievenpiper JL, de Souza RJ, Mirrahimi A, et al. Effect of fructose on body weight in controlled feeding trials: a systematic review and meta-analysis. *Ann Intern Med* 2012;156:291-304.
101. Tappy L, Le KA. Does fructose consumption contribute to non-alcoholic fatty liver disease? *Clin Res Hepatol Gastroenterol* 2012;36:554-60.
102. Sievenpiper JL, Chiavaroli L, de Souza RJ, et al. 'Catalytic' doses of fructose may benefit glycaemic control without harming cardiometabolic risk factors: a small meta-analysis of randomised controlled feeding trials. *Br J Nutr* 2012;108:418-23.
103. Cozma AI, Sievenpiper JL, de Souza RJ, et al. Effect of fructose on glycemic control in diabetes: a systematic review and meta-analysis of controlled feeding trials. *Diabetes Care* 2012;35:1611-20.
104. Madero M, Arriaga JC, Jalal D, et al. The effect of two energy-restricted diets, a low-fructose diet versus a moderate natural fructose diet, on weight loss and metabolic syndrome parameters: a randomized controlled trial. *Metabolism* 2011;60:1551-9.
105. WHO. Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases: report of a joint WHO/FAO expert consultation. Geneva: WHO technical report series; 916, 2003.
106. U.S. Department of Agriculture, U.S. Department of Health and Human Services. Dietary Guidelines for Americans 2010. 7th ed. Washington, DC: U.S. Government Printing Office, December 2010.
107. Johnson RK, Appel LJ, Brands M, et al. Dietary sugars intake and cardiovascular health: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation* 2009;120.
108. Suomen Sydänliitto ry, Sydänliiton asiantuntijaryhmä. Ravinto sydänterveyden edistämisessä. Tammisaaren Kirjapaino, 2010.
109. Drewnowski A. Concept of a nutritious food: toward a nutrient density score. *Am J Clin Nutr* 2005;82:721-32.
110. Kaartinen NE, Similä ME, Pakkala H, Korhonen T, Männistö S, Valsta LM. Glycaemic index values in the Finnish food composition database: an approach to standardised value documentation. *Eur J Clin Nutr* 2010;64:S68-S72.
111. Similä ME, Valsta LM, Virtanen MJ, Hätönen KA, Virtamo J. Glycaemic index database for the epidemiological Alpha-Tocopherol, Beta-Carotene Cancer Prevention (ATBC) Study. *Br J Nutr* 2009;101:1400-5.
112. ISO 26642:2010. *Food products - Determination of the glycaemic index (GI) and recommendation for food classification*. Switzerland: International Standard. ISO Copyright office, 2010.
113. Terveysten ja hyvinvoinnin laitos, Ravitsemusyksikkö, Fineli. Elintarvikkeiden koostumustietokanta. Versio 14. Helsinki 2011. <http://www.fineli.fi>.