

TÄYSJYVÄVILJOJEN VAIKUTUS POSTPRANDIAALISEEN  
METABOLIAAN

Liikonen Vilma  
Kandidaatin tutkielma  
Ravitsemustiede  
Lääketieteen laitos  
Terveystieteiden tiedekunta  
Itä-Suomen yliopisto  
elokuu 2019

Itä-Suomen yliopisto, Terveystieteiden tiedekunta  
Kansanterveystieteen ja kliinisen ravitsemustieteen yksikkö  
Ravitsemustiede  
LIIKONEN VILMA SJ: Täysjyväviljojen vaikutus postprandiaaliseen metaboliaan  
Kandidaatin tutkielma, 30 sivua  
Ohjaaja: TtT Kati Hanhineva  
elokuu 2019

---

Avainsanat: täysjyvävilja, postprandiaalinen, metabolia

## TÄYSJYVÄVILJOJEN VAIKUTUS POSTPRANDIAALISEEN METABOLIA

Täysjyväviljoissa on mukana jyvän kaikki pääosat sisältäen paljon terveydelle edullisia komponentteja, kuten kuitua, vitamiineja ja muita bioaktiivisia yhdisteitä. Täysjyväviljojen käyttöä osana päivittäistä ruokavaliota suositellaan maailmanlaajuisesti niiden terveydelle edullisten vaikutusten vuoksi. Osa edullisista vaikutuksista ilmenee postprandiaalisen metabolian eli aterianjälkeisen aineenvaihdunnan kautta.

Tämän kirjallisuuskatsauksen tavoitteena on selvittää täysjyväviljatuotteiden vaikutuksia postprandiaaliseen metaboliaan. Tutkimukset osoittavat, että täysjyväviljatuotteiden syöminen aiheuttamat vasteet eroavat valkoisista viljoista valmistettujen tuotteiden aiheuttamista. Täysjyväviljat vaikuttavat erityisesti postprandiaaliseen insuliinivasteeseen edullisesti pienentäen insuliinin tarvetta aterian jälkeen ja mahdollisesti lisäämällä ensivaiheen eritystä. GLP-1:n ja GIP:n vasteet olivat pienemmät täysjyvätuotteiden nauttimisen jälkeen kuin vastaavilla, valkoisilla viljatuotteilla. Täysjyväviljojen syöminen saattaa pienentää postprandiaalista glukoosivastetta ja pitää verensokerin pidempään paastoarvojen yläpuolella verrattuna valkoisiin viljatuotteisiin, mutta täysin yksimielisiä tutkimustuloksia ei ole saatu. Täysjyväviljat saattavat vaikuttaa myös postprandiaaliseen lipidiprofiiliin, mutta tutkimuksia ei aiheesta ole paljoa. Joidenkin paastoplasman mitattujen betaainiyhdisteiden konsentraatiot korreloivat postprandiaalisten glukoosi- ja insuliinikonsentraatioiden kanssa.

Kirjallisuuskatsauksen perusteella voidaan todeta, että täysjyväviljojen edulliset vaikutukset postprandiaaliseen metaboliaan kohdistuvat pääasiallisesti insuliini- ja glukoosivasteisiin. Joitakin erimielisyyksiä aiheesta on kuitenkin tutkimusten välillä. Lisäksi tarvitaan lisää tutkimuksia tarkkojen mekanismien sekä mahdollisten yhdisteiden selvittämiseksi.

## SISÄLTÖ

1. JOHDANTO .....	4
2. TÄYSJYVÄVILJAT RUOKAVALIOSSA .....	5
2.1 Täysjyväviljan rakenne ja yhdisteet.....	5
2.2 Täysjyväviljojen ravitsemussuositukset ja käyttö Suomessa ja maailmanlaajuisesti ..	7
3. TÄYSJYVÄVILJOJEN VAIKUTUS POSTPRANDIAALISEEN METABOLIAAN ....	9
3.1 Tutkimusmenetelmät.....	9
3.2 Glukoosi .....	18
3.3 Insuliini .....	19
3.4 GLP-1 ja GIP.....	20
3.5 Lipidiprofiili .....	21
3.6 Muut.....	22
4. POHDINTA .....	22
5. JOHTOPÄÄTÖKSET .....	26
LÄHTEET .....	27

## 1. JOHDANTO

Täysjyväviljatuotteiden käyttämistä osana päivittäistä ruokavaliota pidetään yhtenä terveyttä edistävän ruokavalion perusteista (Ravitsemussuositukset 2014). Täysjyväviljatuotteiden sisältämän runsaan kuidun sekä valkoisesta viljasta valmistettuihin elintarvikkeisiin verrattuna suuremman ravintoainetiheyden ja pienemmän energiamäärän vuoksi niin sanottujen valkoisten viljavalmisteiden vaihtaminen täysjyvävalmisteisiin kuuluu väestön terveyden ja hyvinvoinnin edistämisen puitteissa suositeltaviin ruokavaliomuutoksiin. Lisääntynyt täysjyvän kulutus on yhdistetty muun muassa tyypin 2 diabeteksen sekä sydän- ja verisuonitautien vähentyneeseen riskiin (Ye ym. 2012). Vaikutusten mekanismit eivät ole kuitenkaan täysin selvät. Yksi mahdollinen kohde, jonka kautta täysjyväviljojen edulliset vaikutukset ilmenevät, on postprandiaalinen metabolia.

Termi ”postprandiaalinen” tarkoittaa suoraan käännettynä ”aterianjälkeistä” (Duodecim). Postprandiaalisella metabolialla tarkoitetaan nautitun aterian jälkeistä aineenvaihduntaa. Joidenkin tutkimusten pohjalta on esitetty oletus, että täysjyvän aiheuttamat metaboliset muutokset kohdistuvat enimmäkseen postprandiaaliseen vaiheeseen, kun taas vaikutukset paastoparametreihin ovat etenkin lyhyellä ja keskipitkällä aikavälillä pienet (Giacco ym. 2014). Täysjyväviljojen vaikutuksia ihmisen postprandiaaliseen metaboliaan on tarkasteltu veren glukoosipitoisuuden, lipidiprofiilin sekä tiettyjen syömisen säätelyyn osallistuvien hormonien, kuten insuliinin, glukagonin kaltaisen peptidin (GLP-1) ja GIP, kautta. Uusien tutkimusmenetelmien, kuten metabolomiikkatutkimuksen, myötä saadaan laajempaa käsitystä täysjyväviljojen postprandiaalisista vaikutuksista.

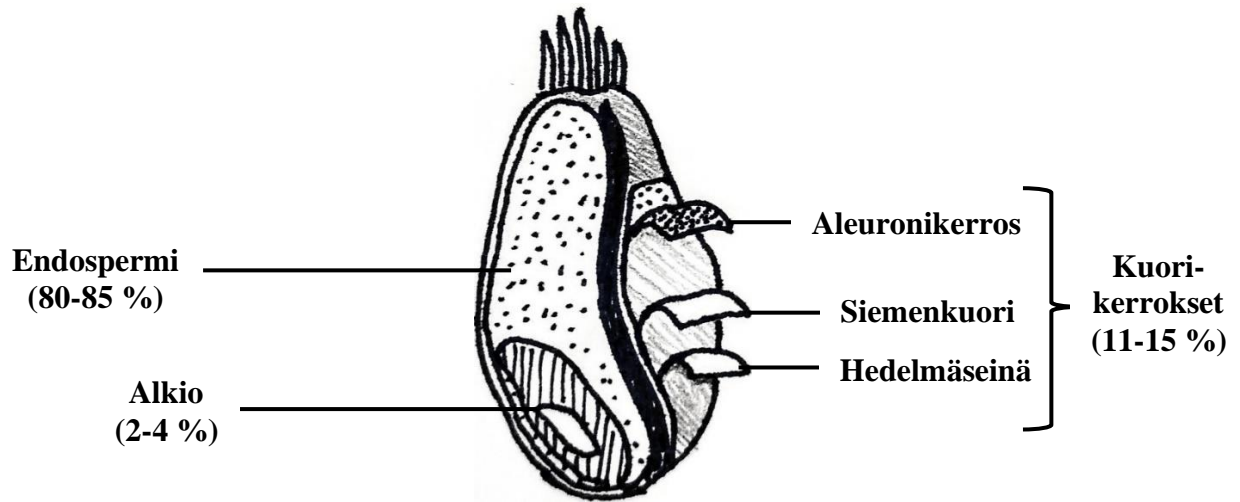
Tämän kirjallisuuskatsauksen tavoitteena on selvittää, miten täysjyväviljaa sisältävät ateriat vaikuttavat postprandiaaliseen metaboliaan. Kirjallisuuskatsauksessa keskitytään nimenomaan postprandiaaliseen (0–180 min aterianjälkeiseen) tilaan, eikä julkaisuja liittyen täysjyväviljojen vaikutuksiin veren paastoarvoihin oteta huomioon. Luvussa 2 tarkastellaan täysjyväviljan määritelmää ja rakennetta sekä täysjyväviljatuotteiden käytön suosituksia ja käyttöä Suomessa sekä muualla. Luvussa 3 käydään läpi tutkimusasetelmia ja postprandiaalisia vaikutuksia. Tutkielman päättää pohdinta ja johtopäätökset.

## 2. TÄYSJYVÄVILJAT RUOKAVALIOSSA

### 2.1 Täysjyväviljan rakenne ja yhdisteet

Jyvän pääosat ovat alkio, ydin eli endospermi sekä kuori. Täysjyvävilja on viljaa, jossa on mukana kaikki jyvän osat. Endospermin osuus jyvästä on 80–85 %, alkion noin 2–4 % ja kuoriosien noin 11–15 % (Seal ym. 2016). Puhdistetussa viljassa jyvän kuori ja alkio on poistettu, mikä aiheuttaa täysjyväviljan ja valkoisen viljan sisällölliset eroavaisuudet muun muassa kuidun ja suojaravintoaineiden kohdalla (Ravitsemussuositukset 2014). Rakenteeltaan täysjyvä voi olla joko kokonainen jyvä, rouhe, litistetty jyvä, hiutale tai jauho (Ruokavirasto 2009). Täysjyvävalmisteita ovat esimerkiksi täysjyväleipä, täysjyväpasta ja täysjyväpuuro, ja täysjyväriisi ja täysjyväkaura toimivat sellaisinaan lisukkeina. Täysjyväleivällä tarkoitetaan leipää, jonka viljaraaka-aineista vähintään 50 % on täysjyväviljaa. Kun tämä määrä ylittyy, voi Ruokaviraston (entisen Eviran) suosituksen mukaan leivän nimessä tai pakkausmerkinnöissä käyttää ja korostaa ”täysjyvä”-sanaa. Pakkauksessa on kuitenkin ilmoitettava, kuinka suuri osuus käytetyistä viljaraaka-aineista on täysjyvää. Termi ”täysjyväleipä” tulee erottaa ”kokojyväleivästä”, jolla tarkoitetaan leipää, jossa on nähtävissä kokonaisia jyviä lähinnä koristeena. Tästä huolimatta virheellisesti ”täysjyväleipää” ja ”kokojyväleipää” pidetään useissa yhteyksissä synonyymeinä (Ruokavirasto 2009).

Euroopassa ohjeistus täysjyvän pakkausmerkintöihin vaihtelee maitten välillä laajasti. Myös eri viljatuotteiden välillä on eriäviä vaatimuksia. Esimerkiksi Alankomaissa leivässä vaatimus on, että kaikki viljaraaka-aineista tulee olla täysjyvää, mutta esimerkiksi pastalle ohjeistuksia tai vaatimuksia ei ole annettu. Tanskassa puolestaan keksipaketeissa ei sallita sanan käyttöä, sillä keksejä pidetään sokerin ja rasvan puolesta muuten epäedullisina vaihtoehtoina, kun taas Ranskassa riittää, että yli 15 % kaikista kekseissä käytetyistä raaka-aineista on täysjyväviljaa. Erot pakkausmerkintöjen käytännöissä johtuvat osittain maiden eri tasoisesta täysjyväviljojen kulutuksesta ihmisten keskuudessa. Lisäksi nämä eroavat käytännöt saattavat vaikeuttaa täysjyväviljoja sisältävien tuotteiden löytämistä, mikä edelleen vaikuttaa kulutukseen (Ross ym. 2017).



Kuva 1. Jyvän rakenne (mukaiillen Seal ym. 2016)

Täysjyvä sisältää runsaasti erilaisia yhdisteitä, joilla voi olla aineenvaihdunnan kannalta merkitystä. Sisältyessään kaikki jyvän pääosat täysjyväviljat sisältävät runsaasti kuitua, vitamiineja ja hivenaineita. Täysjyväviljavalmistuksista löytyy myös ravintoaineiksi luokittelemattomia, bioaktiivisia yhdisteitä, kuten fenolisia yhdisteitä sekä kasvisteroleita, joilla voi olla terveydelle hyödyllisiä vaikutuksia toimiessaan esimerkiksi antioksidanteina (Aro ym. 2012). Erilaisten yhdisteiden määrät vaihtelevat täysjyvän eri osien välillä. Jyvän endospermi toimii ravintovarastona kasville ja se on jyvän merkittävin energianlähde. Se sisältää suurimmaksi osaksi tärkkelystä ja proteiineja. Valkoiset jauhot on tehty nimenomaan pelkästään jyvän endospermistä ja jyvän kuorikerrokset sekä alkio on poistettu jauhatuksessa.

Kuorikerroksia on useampia ja niitä kutsutaan yhteisnimityksellä leseeksi. Näiden kerrosten tehtävänä on suojata jyvän muita osia ulkoisilta ärsykkeiltä. Uloimpana oleva hedelmäseinä sisältää runsaasti liukenematonta ravintokuitua ja kivennäisaineita. Ohuempi siemenkuori sisältää erilaisia bioaktiivisia yhdisteitä, kuten polyfenoleja sekä alkyyliresorsinoleja. Alkyyliresorsinolit ovat fenolisia rasvayhdisteitä, joita löytyy rukiin, vehnän ja joissakin määrin ohran jyvissä, ja ne suojaavat kasvia homeelta, sienitaudeilta ja bakteereilta (Ross ym. 2004). Ne imeytyvät ohutsuolesta noin 40–60 prosenttisesti, minkä jälkeen ne kulkevat imusuoniston kautta verenkiertoon. Veressä lipoproteiinit toimivat niiden kuljettajina. Alkyyliresorsinoleiden pitoisuudet plasmassa heijastavat täysjyväviljojen kulutusta, joten niiden on todettu olevan hyviä täysjyvävehnän ja -rukiin käytön biomarkkereita. Ne muodot, joissa on pidempi alkyylisivuketju (21–25 hiiliatomia), korreloivat paremmin täysjyväviljojen kulutuksen kanssa verrattuna niihin, joilla alkyylisivuketju on lyhyempi. Alkyyliresorsinoleiden puoliintumisaika

veressä on noin 5 tuntia, joten oletettavasti plasma-arvot heijastavat täysjyväviljojen kulutusta lähinnä lyhyellä ja keskipitkällä aikavälillä (Landberg ym. 2008). Siemenkuoren ja hedelmäseinän lisäksi niin sanottu aleuronikerros luetaan teknologisesti kuorikerrokseen, vaikka rakenteellisesti se on endospermin uloin kerros. Se on proteiinirikasta ja sisältää runsaasti muun muassa B-vitamiineja, kuten niasiinia ja biotiinia, kivennäisaineita, kuten rautaa, magnesiumia ja sinkkiä, liukenematonta ja liukoista kuitua sekä betaiinia ja koliinia, joilla on havaittu olevan suotuisia vaikutuksia muun muassa glukoosimetaboliaan (Leipätiedotus 2019).

Alkio on jyvän sisäosassa ja se sisältää kaikkia niitä ravintoaineita, joita uusi kasvi tarvitsee kehittyäkseen. Alkio on jyvän rasvapitoisin osa ja se sisältää erityisesti  $\alpha$ -linoleenihappoja, minkä lisäksi alkion sokeri- ja kuitupitoisuus on kohtalaisen suuri. Alkiosta löytyy varastoituneena myös suuri osa jyvän tiamiinista sekä runsaasti E-vitamiinia, antioksidanteja ja mineraaleja, kuten fosforia. Lisäksi alkioon kuuluva osa, alkiokilpi, syntetisoi suotuisissa olosuhteissa entsyymejä, jotka pilkkovat ravintoaineita kasvinalun käyttöön. Yksi syy alkion poistamiseen jauhojen valmistuksen yhteydessä on sen suhteellisen korkea rasvapitoisuus, sillä tämä ominaisuus heikentää jauhojen säilyvyyttä (Leipätiedotus 2019).

On perusteltua sanoa, että lukuisten terveydelle edullisten yhdisteiden vuoksi jyvän kaikki osat olisi hyvä säilyttää viljatuotteiden valmistuksessa. Puhdistetussa viljassa, jossa on jäljellä ainoastaan endospermi, löytyy lähes 80 % vähemmän kuitua kuin täysjyväviljassa (Ravitsemussuositukset 2014). Näiden yhdisteiden suhteellinen jakauma kuitenkin vaihtelee eri viljojen välillä (Fardet 2010).

## **2.2 Täysjyväviljojen ravitsemussuositukset ja käyttö Suomessa ja maailmanlaajuisesti**

Täysjyväviljoja suositellaan käytettäväksi osana monipuolista ruokavaliota. Suomalaisten vuoden 2014 ravitsemussuositusten mukaan viljavalmisteiden päivittäiseksi käyttösuositukseksi on asetettu noin 6 annosta naisille ja noin 9 annosta miehille, ja vähintään puolet käytetystä määrästä tulisi olla täysjyväviljaa. Yhdellä annoksella tarkoitetaan 1 desilitraa keitettyä pastaa, ohraa, riisiä tai muuta viljalisäkettä, puolikasta puuroannosta tai yhtä leipäviipaletta. Lautasmallin mukaan täysjyvälisäkkeen osuus on noin neljännes annoksesta, minkä lisäksi ateriaan kuuluu täysjyväleipää.

FinRavinto-tutkimuksen (2017) mukaan viljavalmisteet olivat suomalaisilla merkittävin energian sekä kuidun lähde. Viljavalmisteista miehet saivat keskimäärin 30 % ja naiset 28 %

päivän energiensaannista. Kuidun päivittäinen saanti vaihteli noin 10 ja 40 gramman välillä, keskiarvon ollessa noin 21 g, ja tästä määrästä miehet saivat 58 % ja naiset 46 % viljavalmisteista. Suomessa täysjyväviljan kulutus on kuitenkin vähäisempää kuin mitä suositellaan (THL 2019). Sosioekonomiset tekijät vaikuttavat ihmisten ruokavalintoihin, mikä näkyy myös täysjyvätuotteiden kulutuksen eroissa. Esimerkiksi Lasten ja lapsiperheiden terveys- ja hyvinvointierot -raportissa (2012) havaittiin, että pidempään koulutettujen äitien lapset suosivat ruisleipää ja täysjyväleipää jonkin verran enemmän verrattuna vähemmän koulutettujen äitien lapsiin, kun taas Ovaskaisen ym. (2012) artikkelissa todettiin, että erityisesti ruisleivän käyttö oli vähäisempää pienituloisilla.

Maailmalla täysjyväviljoille on vaihtelevasti suosituksia. Joissakin ravitsemussuosituksissa täysjyväviljoja ei mainita erikseen, vaan viljatuotteiden käytöstä puhutaan yleisellä tasolla. Niissä ravitsemussuosituksissa, joissa täysjyväviljojen käyttöön otetaan kantaa, täysjyväviljatuotteiden käyttöä suositellaan osana terveyttä edistävää, monipuolista ruokavaliota, mutta suositusten tarkkuus vaihtelee maakohtaisesti. Esimerkiksi vuonna 2012 julkaistussa Pohjoismaisissa ravitsemussuosituksissa, joihin suomalaiset ravitsemussuosituksiset pohjautuvat, täysjyväviljojen suosimista pidetään tärkeänä osana väestön lihomisen ja kroonisten sairauksien, kuten sydän- ja verisuonitautien sekä tyypin 2 diabeteksen ehkäisyssä. Myös käytön seurauksena suotuisat vaikutukset suolistosyövän riskin pienentymiseen mainitaan, mutta tähän liittyen todistusaineisto on vielä vajavaista. Suosituksissa myös mainitaan, että kasvispainotteista ja vegaanista ruokavaliota noudattaville täysjyväviljat ovat tärkeä proteiinin, vitamiinien, kalsiumin ja raudan lähde. Euroopassa osassa suosituksissa on otettu selkeästi kantaa täysjyväviljojen käyttöön osana päivittäistä ruokavaliota, mutta monissa maissa täysjyväviljojen kulutus jää suositusten alapuolelle (Health Promotion and Disease Prevention Knowledge Gateway 2017) .

Yhdysvalloissa ja Kanadassa suositukset ovat hyvin samankaltaisia. Amerikkalaisten vuosille 2015–2020 laadituissa ravitsemussuosituksissa terveellisiin ruokailutottumuksiin sisältyvät viljatuotteet, joista ainakin puolet tulisi nauttia täysjyväinä. Määrällisesti viljatuotteita tulisi syödä päivittäin 6 annosta, mistä ainakin 3 annosta tulisi olla täysjyvää, mikä suositusten mukaan tarkoittaa 48 grammaa täysjyvää tai 84 grammaa 100 % täysjyväviljatuotteita päivässä. Vegaanista ruokavaliota noudattaville suositukset ovat korkeammat, noin 56 grammaa päivässä. Kansallisen kyselyn mukaan (NHANES 2007–2010) täysjyväviljan kulutus jää yhdysvaltalaisilla alle suositusten. Miehillä saanti on keskiarvoltaan kolmasosan ja naisilla neljäsosan päivittäisestä saantisuosituksista. Myös Kanadan vuoden 2019



ravitsemussuosituksissa täysjyväviljoja pidetään ravinteikkaana ruokana, jotka ovat terveellisen syömisen perusta ja niitä tulisi käyttää päivittäin osana ruokavaliota. Aikaisemmassa, vuoden 2007 ohjeistuksessa, viljatuotteita suositellaan 6 annosta päivässä, mistä ainakin puolet tulisi olla täysjyvää.

Myös Aasiassa täysjyväviljoja esiintyy ravitsemussuosituksissa vaihtelevasti. Useimmissa ravitsemussuosituksissa käytön lisäämistä päivittäisessä käytössä suositellaan. Esimerkiksi Singaporen ravitsemussuosituksissa sanotaan, että 5–7 annoksesta riisiä tai muuta vaihtoehtoista viljatuotetta ainakin 1 annos tulisi nauttia täysjyväna ja Malesiassa ravitsemussuosituksien opastavat syömään suunnilleen 43 grammaa täysjyvää päivässä. Täysjyväviljatuotteiden käyttö on Aasian maissa kuitenkin suhteellisen matalaa. Esimerkiksi Malesiassa tehdyssä poikittaistutkimuksessa vain 25 % lapsista ja 19 % nuorista söivät ollenkaan täysjyvätuotteita, mutta yhteensä vähemmän kuin 3 % osallistuneista saavutti suositusten mukaisen määrän täysjyväviljaa päivässä. Filippiineillä tehdyssä tutkimuksessa puolestaan selvisi, että kyselyyn osallistuneista vain joka kymmenes aikuinen söi täysjyväviljoja osana ruokavaliota. Singaporessa vuonna 2010 tehdyssä kartoituksessa vain reilu neljännes söi ainakin yhden täysjyvävilja-annoksen päivässä, mutta määrä oli moninkertaistunut vuodesta 2004, jolloin vastaava luku oli 8,4 %.

### **3. TÄYSJYVÄVILJOJEN VAIKUTUS POSTPRANDIAALISEEN METABOLIAAN**

#### **3.1 Tutkimusmenetelmät**

Täysjyväviljatuotteiden vaikutusta postprandiaaliseen metaboliaan on tarkasteltu monesti vertaamalla valkoisten, yleensä vehnästä tehtyjen, viljatuotteiden käytön vaikutuksiin. Tutkimusmenetelmät on esitelty tarkemmin Taulukossa 1. Tutkituin täysjyvävilja on ruis, jota on käytetty suurimmassa osassa kirjallisuuskatsauksen tutkimuksissa (Leinonen ym. 1999, Juntunen ym. 2002, Juntunen ym. 2003, Rosén ym. 2009, Rosén ym. 2011, Lappi ym. 2014). Myös täysjyväkaura (Li ym. 2016, Lanzerstorfer ym. 2018) on ollut kiinnostuksen kohteena. Suurin osa tutkimuksista on tehty leivillä, mutta täysjyväpasta (Juntunen ym. 2002), puuro (Rosén ym. 2009) ja täysjyväriisi (Adebamowo ym. 2017) ovat olleet tutkimuksissa mukana. Jotkut tutkimukset on tehty ruokavaliointerventiolla, jolloin ruokavaliota kaikki viljatuotteet

leipä mukaan lukien on vaihdettu täysjyväksi ja näin seurattu täysjyväviljatuotteiden pidempiaikaisen käytön vaikutuksia postprandiaalisiin vasteisiin (Giacco ym. 2014, Li ym. 2016).

Osassa tutkimuksissa on perinteisen valkoisen vehnäleivän ohella tarkasteltu vehnäleipää, joka on rikastettu ruisleseillä. Lappi ym. (2014) tutkimuksessaan halusivat tutkia, onko leivillä samanlaiset vaikutukset glukoosimetaboliaan ja plasman lyhytketjuisten rasvahappojen (SCFA) tasoihin, jos tällainen bioprosessoidulla ruisleseellä rikastettu vehnäleipä on kuitupitoisuudeltaan sama kuin perinteinen täysjyväruisleipä. Rosénin ym. (2009) tutkimuksessa puolestaan haluttiin arvioida, onko rukiin jyvän eri osilla tehtyjen leipiä vaikutuksilla eroavaisuuksia leipiä postprandiaaliseen vasteeseen.

Rukiin kohdalla on myös tutkittu, mitkä tekijät ovat sen edullisten vaikutusten taustalla. Joissakin tutkimuksissa on tarkasteltu tuotteita, joissa käytetty jauho on tehty rukiin jyvän endospermiosasta ja vertailtu näiden tuotteiden mahdollisia eroja täysjyväruukiista tehtyihin vastaaviin tuotteisiin sekä valkoiseen vehnäleipään. Tätä vertailua ovat tehneet omissa tutkimuksissaan Juntunen ym. (2003) leivillä sekä Rosén ym. (2009) leivillä ja puuroilla. Myös rukiin eri lajikkeet voivat vaikuttaa glukoosimetaboliaan ja insuliinivasteeseen eri tavalla niiden vaihtelevan kuitupitoisuuden ja mahdollisesti bioaktiivisten yhdisteiden koostumuksen vuoksi. Tutkimuksessaan Rosén ym. (2011) tarjosivat koehenkilöille viisi eri ruislajikkeista (*Amilo*, *Rekrut*, *H. Loire*, *Dankowski Zlote*, *Nikita*, *Haute Loire Pop*) valmistettua leipää sekä yhden valkoisen vehnäleivän ja näiden leipiä kemiallinen koostumus analysoitiin, jotta mahdolliset eroavaisuudet voitaisiin paremmin yhdistää tiettyihin tekijöihin.

Tutkimuksissa, joissa testiateria tarjottiin, analysoitiin testiaterioiden kemiallista koostumusta. Energiaravintoaineista hiilihydraattien määrä eri testiaterioissa oli voitu vakioida, jolloin eri tuotteiden vaikutuksia glukoosi- ja insuliinivasteisiin on helpompi verrata. Proteiinin ja rasvan osalta eri testiaterioiden välillä oli enemmän vaihtelua. Kuidun, tärkkelyksen ja vapaiden sokerien määrä oli useimmassa tutkimuksessa analysoitu, minkä lisäksi joissakin tutkimuksissa otettiin huomioon pienempiä tekijöitä, kuten alkyyliresorsinoli ja fenoliset yhdisteet. Tärkkelyksen määrä mitattiin testileivistä *in vitro* entsymaattista tärkkelyshydrolyysimenetelmää käyttämällä. Monessa tutkimuksessa yhdenarvoinen määrä saatavilla olevaa tärkkelystä jokaisesta testituotteesta pureskeltiin tutkittavien toimesta 15 sekunnin ajan, jonka jälkeen näytteet inkuboitettiin pepsiinin kanssa ja hydrolysoitiin amylaasin

avulla dialyysiputkessa. Hydrolyysin aste laskettiin maltoosiksi hajonneen potentiaalisesti saatavilla olevan tärkkelyksen osuudesta, mitä kutsutaan hydrolyysi indeksiksi.

Tutkittavilta otetuista näytteistä saadut tulokset ilmoitettiin osassa tutkimuksista AUC (area under the curve) -arvoina. AUC-arvot laskettiin alueesta, joka jäi mittaustuloksien muodostaman käyrän ja paastotason väliin. Arvot kuvaavat vasteiden suuruutta ja eri testituotteista saatujen alueiden suuruuden avulla voidaan vertailla tuotteiden aikaansaamia vasteita toisiinsa. Osaas tutkimuksissa on käytetty myös kasvualuetta eli iAUC, jonka avulla lasketaan glykeeminen indeksi (GI) ja insuliini-indeksi. Glykeeminen indeksi kuvaa ruoan hiilihydraattien aiheuttamaa verensokeritasojen muutosta verrattuna valkoiseen leipään. Tämän rinnalle Rosén ym. (2009) nostivat tutkimuksessaan glykeeminen profiilin (GP), jolla pyritään määrittämään glykemiakurssia. GP lasketaan jakamalla aika, jonka aikana verensokeri on paastotason yläpuolella, verensokeritason korkeimmalla arvolla. Toisin kuin GI, ruoan aiheuttama korkea GP ilmaisee helpottunutta postprandiaalisen glykemian säätelyä, matalampaa verensokeripiikkiä sekä huomaamattomampaa hypoglykemiaa.

**Taulukko 1. Täysjyväviljatuotteiden vaikutukset postprandiaaliseen metaboliaan.**

Viite	Materiaalit	Menetelmät	Mittaukset	Tulokset
<b>Abedamowo ym. (2017)</b>	n=51 19–25-vuotiaat ja 40–60-vuotiaat normaali- ja ylipainoiset sekä lihavat aikuiset	Sokkoutettu tutkimus. Tutkittavat söivät yhden riisiaterioista, jossa tumman riisin osuus verrattuna valkoiseen riisiin oli joko 25 %, 50 %, 75 % tai 100 %. Tutkittavat eivät tienneet aterian riisien osuuksien suuruudesta. 2 tunnin postprandiaalinen glukoosivaste mitattiin verestä.	Glukoosi	Glukoosiarvojen keskiarvot: - 25 %: 102 mg/dl - 50 %: 104 mg/dl - 75 %: 97 mg/dl - 100 %: 96 mg/dl
<b>Giacco ym. (2014)</b>	n=54 Metabolista oireyhtymää sairastavat 40–65-vuotiaat aikuiset	Satunnaistettu, kontrolloitu rinnakkaistutkimus. 4 viikon sisäänajovaihe omalla ruokavaliolla, jonka jälkeen toinen ryhmä söi 12 viikkoa täysjyväviljatuotteisiin pohjautuvaa ruokavaliota ja kontrolliryhmä valkoisia viljatuotteita. Verinäytteet otettiin 12 tunnin yöpaaston ja 30–180 minuuttia testiaterian jälkeen, ennen interventiota ja sen jälkeen.	Glukoosi Insuliini Triglyseridit	Postprandiaalinen glukoosivaste ei muuttunut intervention aikana kummallakaan ryhmällä  Postprandiaalinen insuliinikonsentraatio ↓ (30/90/120 min) täysjyväryhmällä vrt. ennen interventiota; muutos oli merkittävästi eroavainen kontrolliryhmään verrattuna  Postprandiaalinen triglyseridikonsentraatio ↓ (120–180 min) täysjyväryhmällä vrt. ennen interventiota ja vaste oli merkittävästi pienempi kuin kontrolliryhmällä
<b>Juntunen ym. (2002)</b>	n=20 Terveet, normaalipainoiset aikuiset	Tutkittavat söivät 1–2 viikon intervalleissa satunnaisessa järjestyksessä joko kokojyväruisleivän, β-glukaanilla rikastetun ruisleivän, valkoisen vehnäleivän tai tummaa durumvehnäpastaa (positiivinen kontrolli). Kaikissa annoksissa oli 50 g käytettävissä olevia hiilihydraatteja.	Glukoosi Insuliini GLP-1 GIP	Postprandiaaliset glukoosivasteet eivät eronneet ensimmäisen 90 min aikana; pastalla 120–180 min ja β-glukaanileivällä 120 min kohdalla arvot suuremmat kuin vehnäleivällä. Maksimaalinen glukoosivaste pastalla ↓

		Verinäytteet otettiin paastotilassa sekä 15, 30, 45, 60, 90, 120, 150 ja 180 minuuttia testiaterioiden jälkeen.		Postprandiaalinen insuliinivaste ruisleivillä ja pastalla pienempi vrt. vehnäleipään.  GLP-1: $\beta$ -glukaanilla rikastetulla ruisleivillä korkeampi vaste 15 min syömisestä jälkeen verrattuna vehnäleipään, minkä jälkeen samankaltaiset arvot, kunnes ruisleivillä arvot pysyivät korkeammalla (120–150 min)  GIP: kokojyväruikeivillä matalampi jokaisessa kohdassa ja $\beta$ -glukaaniruikeivillä ja pastalla ensimmäisten 2 tunnin aikana vrt. vehnäleipään.
<b>Juntunen ym. (2003)</b>	n=19 Terveet, postmenopaussin ohittaneet 51–69-vuotiaat naiset	Tutkittavat söivät 1–2 viikon intervalleissa satunnaisessa järjestyksessä joko endospermistä valmistettu ruisleivän (ERB), perinteisen täysjyväruikeivän, ruiseleillä rikastetun, runsaskuituisen ruisleivän tai valkoisen vehnäleivän. Kaikissa annoksissa oli 50 g käytettävissä olevia hiilihydraatteja. Verinäytteet otettiin paastotilassa sekä 15, 30, 45, 60, 90, 210, 150 ja 180 minuuttia testiaterioiden jälkeen.	Glukoosi Insuliini GLP-1 GIP	Postprandiaalinen glukoosivaste ei eronnut testiaterioiden välillä ensimmäisen 2 tunnin aikana; 150 minuutin jälkeen veren glukoosin konsentraatio putosi alle paastoarvon vehnäleivän jälkeen ja oli matalampi kuin vastaavat konsentraatiot ruisleivillä.  Postprandiaalinen insuliinivaste oli pienempi ERB:llä 30–90 min ja perinteisellä ja runsaskuituisella ruisleivillä 45–90 min kohdalla, mutta korkeampi ERB:llä ja runsaskuituisella ruisleivillä 180 min kohdalla vrt. vehnäleipään.  GLP-1: ei merkittävää eroa  GIP: ruisleivillä pienempi vaste vrt. vehnäleipään; ERB vaste suurempi 30–60 min vrt. muihin ruisleipiin.

<b>Kärkkäinen ym. (2018)</b>	<p>Kuopio: n=79 Metabolisen oireyhtymän piirteitä omaavat aikuiset</p> <p>Napoli: n=61 Ylipainoiset/lihavat, metabolista oireyhtymää sairastavat 40–65-vuotiaat aikuiset</p>	<p>Kuopio: Satunnaistettu rinnakkaistutkimus. Tutkittavat noudattivat 12 viikkoa joko täysjyvärikasta tai lähes ainoastaan puhdistettuja viljatuotteita sisältävää ruokavaliota. Oraalinen glukoosirasituskoete suoritettiin ennen interventiota ja sen jälkeen ja verinäytteet otettiin 30, 60 ja 120 min jälkeen.</p> <p>Napoli: Satunnaistettu, kontrolloitu rinnakkaistutkimus. Tutkittavat käyttivät 12 viikkoa joko täysjyväviljatuotteita tai puhdistettuja viljatuotteita ensisijaisena hiilihydraatin lähteenä (~60–80%). Testiateriat tarjottiin ennen interventiota ja sen jälkeen ja verinäytteet otettiin 3 tuntia testiaterioiden jälkeen.</p>	<p>Betaiini-yhdisteet (paastoarvo) Glukoosi Insuliini</p>	<p>Trigonellinen ja pipekoliinihapon konsentraatiot korreloivat käänteisesti postprandiaalisen glukoosikonsentraation nähdessä.</p> <p>Kuopio: Proliinibetaiini korreloi käänteisesti glukoosikonsentraation kanssa (2h)</p> <p>Napoli: Glysiinibetaiinin konsentraatio korreloi käänteisesti postprandiaalisten glukoosi- ja insuliinikonsentraatioiden kanssa. Valiinibetaiinin konsentraatio korreloi käänteisesti insuliinikonsentraation kanssa (2h)</p>
<b>Lanzerstorfer ym. (2018)</b>	<p>n=42 Terveet, normaalipainoiset aikuiset</p>	<p>Tutkittavat söivät yhden täysjyväleivästä (sämpylä, monisiemenleipä, spelttileipä, kauraleipä, ruisleipä, sekoitettu ruisleipä, vehnäleipä, öljynsiemenleipä, proteiinileipä) tai valkoisen vehnäleivän. Verinäytteet otettiin 15, 30, 45, 60, 90 ja 120 minuuttia testiaterioiden jälkeen.</p>	<p>Glukoosi</p>	<p>Täysjyväsämpylällä suurin postprandiaalinen glukoosivaste (suurempi kuin valkoisella vehnäleivällä), kun taas täysjyväkauraleivällä vaste oli pienin. Täysjyväruisleivällä, sekoituksella ja kauraleivällä merkittävästi pienentyneet verensokerin huippuarvot vrt. valkoiseen vehnäleipään</p>
<b>Lappi ym. (2013)</b>	<p>n=21 Terveet, joilla lieviä ruoansulatuskanavan oireita 38–65-vuotiaat</p>	<p>Satunnaistettu cross-over tutkimus, jossa 4 viikon matalakuituisen sisäänajovaiheen jälkeen tutkittavat söivät 4 viikkoa täysjyväruisleipää ja toiset 4 viikkoa bioprosessoiduilla ruisleivillä rikastettua vehnäleipää 6–10 palaa päivittäin.</p>	<p>Glukoosi Insuliini SCFA</p>	<p>Postprandiaaliset glukoosivasteet ja insuliinivasteet eivät eronneet interventioperiodien välillä; molempien interventioiden jälkeen ensivaiheen insuliinieritys oli suurempi ja perinteisellä ruisleivällä plasman insuliinivaste 120 min</p>

	aikuiset BMI 19-30	Testiateria tarjottiin ennen interventioita ja molempien testiperiodien jälkeen. Verinäytteet otettiin paastotilassa sekä 30, 60, 120 ja 180 minuuttia testiaterioiden jälkeen.		kohdalla oli pienempi kuin sisäänajovaiheen jälkeen.  Postprandiaalinen propionaattikonsentraatio oli korkeampi ruisleipäperiodin jälkeen ja butyraattikonsentraatio oli korkeampi molempien interventioiden jälkeen verrattuna vehnäleipään 30 minuutin kohdalla.
<b>Leinonen ym. (1999)</b>	n=20 Terveet aikuiset	Tutkittavat söivät satunnaisessa järjestyksessä eri päivinä joko täysjyväruisleivän, kokojyväruisleivän, täysjyväruisnäkkileivän tai valkoisen vehnäleivän. Verinäytteet otettiin 15, 30, 45, 60, 90, 120, 150 ja 180 minuuttia testiaterian jälkeen. Tuloksia vertailtiin kokojyväruisleivän ja vehnäleivän kesken sekä täysjyväruisleivän ja -näkkileivän kesken samanlaisten hiilihydraattisisältöjen perusteella.	Glukoosi Insuliini	Postprandiaalinen glukoosivaste ei eronnut kokojyväruisleivän ja vehnäleivän välillä; maksimaalinen glukoosikonsentraatio saavutettiin nopeammin ja plasmaglukoosi saavutti paastotason konsentraation hitaammin täysjyväruisleivällä kuin näkkileivällä.  Postprandiaalinen insuliinivaste 45–150 min kohdalla ja maksimaalinen insuliinivaste oli kokojyväruisleivällä pienempi kuin vehnäleivällä; täysjyväruisleivällä insuliinivaste 60 min kohdalla oli pienempi kuin näkkileivällä.

<b>Li ym. (2016)</b>	n=287 Ylipainoiset, diabetesta sairastavat aikuiset	Satunnaistetussa interventiotutkimuksessa viikon sisäänajovaiheen jälkeen tutkittavat jaettiin vähärasvaista ja korkeakuituista ruokavaliota noudattavaan ryhmään ("terveellinen ruokavalio"), 50 g ja 100 g täysjyväkauraa päivittäin kuluttaviin ryhmiin sekä kontrolliryhmään. Ryhmät noudattivat ruokavaliota vuoden ajan. Verinäytteet otettiin 2 tuntia testiaterioiden jälkeen.	Glukoosi	Postprandiaalinen glukoosivaste pieni merkittävästi lähtötasosta kaikilla interventoryhmillä, 100 g kauraa syöneillä eniten.
<b>Rosén ym. (2009)</b>	n=12 Terveet, normaalipainoiset aikuiset	Tutkittavilla tarjottiin satunnaisessa järjestyksessä jokin neljästä ruisleivästä (täysjyväruisleipä, laktaatilla rikastettu täysjyväruisleipä (WGRB-lac), endospermistä valmistettu ruisleipä (ERB), ruisleseleipä), kahdesta ruispuurosta (täysjyväruispuuro, endospermistä valmistettu ruispuuro (ERP)), valkoinen vehnäpuuro tai valkoinen vehnäleipä viikon välein järjestetyillä kerroilla. Verinäytteet otettiin paastotilassa sekä 15, 30, 45, 70, 95, 120 ja 180 min testiaterioiden jälkeen.	Glukoosi Insuliini Greliniini	ERP, ERB, WGRB-lac ja täysjyväruispuuro aiheuttivat matalammat glukoosivasteet, ja ERB ja WGRB-lac aiheuttivat pienemmän aikaisen insuliinivasteen vrt. vehnätuotteisiin ja ruisleseleipään. Ruispuurot saavuttivat suuremman iAUC:n aikaisessa postprandiaalisessa vaiheessa (0–30 min) verrattuna vastaaviin leipiin.  Kaikki ruisleivät (ruisleleipä pois lukien) sekä ERP aiheuttivat merkittävästi matalamman insuliinivasteen vrt. vehnäleipään. Molemmat ruispuurot aiheuttivat korkeamman insuliinivasteen kuin vastaavat leipätuotteet.  Vehnätuotteiden, ERP ja ruisleseleivän jälkeen greliinin plasmakonsentraatio nousi merkittävästi yli paastotasojen 180 min kohdalla.



<b>Rosén ym. (2011)</b>	n=14 Terveet, normaalipainoiset 21– 28-vuotiaat aikuiset	Tutkittaville tarjottiin satunnaisessa järjestyksessä jokin viidestä eri ruislajikkeesta tehtyä täysjyväruisleipää ( <i>Amilo</i> , <i>Nikita</i> , <i>D. Zlote</i> , <i>H. Loire</i> , <i>Rekrut</i> ) tai valkoinen vehnäleipä viikon välein järjestetyillä kerroilla. Verinäytteet otettiin paastotilassa sekä 15, 30, 45, 60, 90, 120 ja 180 minuuttia testiaterioiden jälkeen.	Glukoosi Insuliini	Postprandiaalisessa glukoosivasteessa ei ollut eroa eri testileipien välillä.  <i>Amilo</i> aiheutti pienemmän insuliinivasteen aikaisessa postprandiaalivaiheessa vehnäleipään ja joihinkin ruislajeihin verrattuna, ja 60–120 min kohdalla <i>Amilo</i> ja <i>Rekrut</i> aiheuttivat pienemmän postprandiaalisen insuliinivasteen kuin vehnäleipä ja <i>H. Loire</i> .
-----------------------------	---	---	-----------------------	--

### 3.2 Glukoosi

Tulokset täysjyväviljatuotteiden vaikutuksista postprandiaaliseen plasmaglukoosiin vaihtelevat tutkimusten välillä eikä yhtä selkeää linjaa ole löytynyt. Osassa tutkimuksissa postprandiaaliset glukoosivasteet eivät eronneet täysjyväviljatuotteiden ja valkoisten vehnätuotteiden välillä (Leinonen ym. 1999, Rosén ym. 2011, Giacco ym. 2014, Lappi ym. 2014). Näissä tutkimuksissa testituotteiden aiheuttamat muutokset plasman glukoosiarvoissa ovat olleet lähellä toisiaan tai glukoosivaste ei ole muuttunut lähtötasoon nähden interventiosta huolimatta.

Eroavaisuuksia glukoosivasteissa on kuitenkin havaittu. Pitkäaikaisen käytön seurauksena postprandiaalinen plasmaglukoosivaste on vähentynyt merkittävästi lähtötasosta ja ero on merkittävä verrattuna valkoisia viljatuotteita käyttäviin (Li ym. 2016). Käytetyllä viljalla voi olla myös väliä; täysjyväkauraleivällä havaittiin pienin glukoosivaste, joskin yhtä lailla täysjyväruisleivillä verensokerin huippuarvo oli merkittävästi pienempi verrattuna valkoiseen vehnäleipään (Lanzerstorfer ym. 2018). Myös Lin ym. (2016) tutkimuksessa suurin muutos tapahtui 100 grammaa kauraa päivittäin syövien kohdalla verrattuna perinteistä, terveellistä ruokavaliota noudattaviin. Riisin kohdalla on todettavissa, että mitä suurempi osuus annoksesta on tummaa riisiä, sitä pienemmät glukoosiarvot mitataan 2 tunnin päästä ateriesta (Adebamowo ym. 2017).

Täysjyväviljoja sisältävien aterioiden rakenteelliset ja kemialliset koostumukset saattavat vaikuttaa niiden aiheuttamiin postprandiaalisiin glukoosivasteisiin. Tutkimuksessaan Rosén ym. (2009) löysivät merkittäviä eroja eri viljatuotteiden välillä tietyissä aikapisteissä. Täysjyväruispuurolla ja maitohapolla rikastetulla täysjyväruisleivällä oli merkittävästi matalammat glukoosivasteet sekä glykeemiset indeksit kuin vehnäleivällä. Lisäksi täysjyväruisleivillä aikainen glukoosivaste (0–30 minuuttia) oli merkittävästi alentunut verrattuna valkoisiin vehnätuotteisiin. Täysjyväruispuurolla oli 30 minuutin kohdalla peräti 43% suurempi vaste verrattuna täysjyväruisleipään. Ruisleseleipä indusoi yhtä korkean glukoosivasteen 30 minuutin kohdalla kuin tavallinen vehnäleipä ja vaste oli merkittävästi korkeampi verrattuna täysjyväviljatuotteisiin. Toisaalta Lapin ym. (2014) tutkimuksessa postprandiaalinen glukoosivaste täysjyväruisleivän ja ruisleseillä rikastetun vehnäleivän välillä ei eronnut, vaan molemmat tuottivat yhtä suuren vasteen kuin vehnäleipä. Leinosen ym. (1999) tutkimuksessa havaittiin, että täysjyväruisleivällä saavutettiin nopeammin maksimaalinen

glukoosin plasmakonsentraatio kuin ruisnäkkileivällä (34 minuuttia ja 40 minuuttia), mutta plasmaglukoosi palasi lähtötasokonsentraatioon hitaammin täysjyväruisleivän jälkeen.

Joissakin tutkimuksissa eroavaisuudet glukoosivasteissa tulivat ilmi vasta myöhemmässä postprandiaalisessa vaiheessa. Juntusen ym. (2002) tutkimuksessa ensimmäiset 90 minuuttia erot glukoosivasteissa eivät olleet merkittäviä, vaikka täysjyväpastalla maksimaalinen vaste oli merkittävästi alempi kuin valkoisella vehnäleivällä. Tämän jälkeen täysjyväpastalla glukoosikonsentraatio pysyi kuitenkin suurempana aina 180 minuuttiin saakka. Myös  $\beta$ -glukaanilla rikastetulla ruisleivällä glukoosivaste pysyi korkeammalla aina 120 minuuttiin saakka. Toisessa tutkimuksessaan Juntunen ym. (2003) eivät myöskään huomanneet merkittävää eroa testileipien välillä ensimmäisten 2 tunnin aikana, mutta tämän jälkeen vehnäleivän glukoosin plasmakonsentraatio putosi alle lähtötason paastoarvojen ja oli muutenkin matalampi kuin vastaavat konsentraatiot ruisleivillä aina 180 minuuttiin saakka.

### 3.3 Insuliini

Täysjyväviljojen edullinen vaikutus postprandiaaliseen insuliinivasteeseen on pystytty toteamaan useissa tutkimuksissa. Valkoisiin viljatuotteisiin verrattuna täysjyväviljavalmisteen näyttivät lisäävän insuliinin ensivaiheen erityistä (Rosén ym. 2009, Lappi ym. 2014), mutta aiheuttavan kokonaisuudessaan pienemmän insuliinivasteen useampana ajankohtana aterian jälkeen (Leinonen ym. 1999, Juntunen ym. 2002, Juntunen ym. 2003, Rosén ym. 2009, Rosén ym. 2011, Giacco ym. 2014, Lappi ym. 2014). Tämä on osaltaan yhteydessä täysjyväviljojen suotuisiin vaikutuksiin glukoosimetaboliassa.

Eri täysjyväviljatuotteiden välillä voi olla vaihtelua insuliinivasteeseen. Leinosen ym. (1999) tutkimuksessa havaittiin, että varhaisessa postprandiaalisessa vaiheessa täysjyväruisleivän ja täysjyväruisnäkkileivän insuliinikonsentraatiot olivat samat, mutta 60 minuutin jälkeen aterialta insuliinivaste oli merkittävästi matalampi täysjyväruisleivällä. Ruispuurot, niin endospermistä kuin perinteisestä täysjyvärukiista valmistettu, puolestaan aiheuttivat merkittävästi suuremman insuliinivasteen kuin vastaavat leipätuotteet (Rosén ym. 2009). Toisaalta Juntusen ym. (2002) tutkimuksessa täysjyväpastan ja ruisleipien välillä ei havaittu merkittäviä eroavaisuuksia insuliinivasteessa.

Rukiin vaikutukset postprandiaaliseen insuliinivasteeseen eivät välttämättä johdu ainoastaan täysjyvistä saatavista tekijöistä. Juntusen ym. (2003) tutkimuksessa havaittiin, että erilaiset

ruisleivät (perinteinen täysjyväruisleipä, endospermistä valmistettu ruisleipä ja korkeakuituinen täysjyväruisleipä) erosivat merkittävästi insuliinivasteeltaan verrattuna valkoiseen vehnäleipään, muttei keskenään. Maksimaalinen insuliinivaste oli kaikille ruisleiville matalammat 45, 60 ja 90 minuutin kohdalla, minkä lisäksi endospermistä valmistetulla ruisleivällä myös 30 minuutin kohdalla kuin mitä valkoisella vehnäleivällä. Endospermin ja runsaskuituisten ruisleipien insuliiniarvot pysyivät kuitenkin pidempään paastoarvon yläpuolella ja olivat korkeammat verrattuna vehnäleipään 180 minuutin kohdalla. Toisaalta vehnäleipä, joka on rikastettu ruisleseillä, saattaa aikaansaada saman insuliinivasteen kuin täysjyväruisleipä (Lappi ym. 2014), mutta sen on havaittu myös indusoivan samanlaista vastetta kuin tavallinen vehnäleipä (Rosén ym. 2009).

Saman viljan eri lajikkeet voivat aiheuttaa erilaiset vasteet (Rosén ym. 2011). *Amilo* ja *Rekrut*-lajikkeista valmistetuilla täysjyväruisleivillä todettiin merkittävästi matalammat insuliini indeksit, kun taas *H. Loire*-lajikkeesta valmistetun leivän indeksi oli jopa suurempi kuin vehnäleivällä. *Amilolla* oli merkittävästi pienempi insuliinivaste aikaisessa postprandiaalisessa vaiheessa verrattuna vehnäleipään ja joihinkin toisiin ruislajeihin, ja 60–120 minuutin kohdalla *Amilon* lisäksi *Rekrut* indusoi pienempää insuliinivastetta kuin vehnäleipä ja *H. Loire*.

Vähentynyt postprandiaalinen insuliinivaste havaittiin myös metabolista oireyhtymää sairastavilla. Giaccon ym. (2013) tutkimuksessa postprandiaalinen plasman insuliinikonsentraatio aleni merkittävästi täysjyväviljatuotteita kuluttaneella ryhmällä 12 viikon intervention jälkeen verrattuna sisäänajovaiheeseen. Matalammat konsentraatiot mitattiin 30, 90 ja 120 minuutin kohdalla testiaterian jälkeen. Lisäksi muutos oli merkittävästi eroavainen verrattuna valkoisia viljatuotteita syöneeseen kontrolliryhmään, jolla ei tapahtunut merkittävää muutosta postprandiaalisen insuliinikonsentraation suhteen.

### 3.4 GLP-1 ja GIP

Kahdessa tutkimuksessa oli otettu huomioon myös insuliinin eritykseen liittyvät hormonit, glukagonin kaltainen peptidi (GLP-1) sekä mahan inhibitorinen peptidi (GIP). Näiden inkretiinien erityks, GIP:n ohutsuolen alkuosasta ja GLP-1:n ohutsuolen loppuosasta, lisääntyy aterioiden jälkeen. Ne lisäävät insuliinin eritystä ja tukevat haiman  $\beta$ -solujen proliferaatiota eli lisääntymistä. GIP lisää myös haiman glukagonin eritystä, kun taas GLP-1 vähentää eritystä. Lisäksi GIP muuan muassa lisää rasvan kertymistä rasvakudokseen sekä estää mahahapon

eritystä ja mahalaukun liikkeitä, kun taas GLP-1 hillitsee vatsan tyhjenemistä, jolloin ne osallistuvat myös syömisen säätelyyn (Seino ym. 2010).

Suurempi ero tulosten välillä oli GLP-1 kohdalla. Juntusen ym. (2002) tutkimuksessa  $\beta$ -glukaanilla rikastetulla ruisleivällä aikainen postprandiaalinen vaste (15 minuuttia aterista) oli korkeampi verrattuna valkoiseen vehnäleipään. Tämän jälkeen vasteet pysyivät samankaltaisina, kunnes 120 ja 150 minuutin kohdalla ruisleivän aikaansaama vaste pysyi korkeammalla.  $\beta$ -glukaanilla rikastetun ruisleivän GLP-1 vaste ei ollut yhtenevä vastaaviin insuliini- ja GIP-vasteisiin. Kokojyväruisleivällä (60 minuuttiin asti) ja täysjyväpastalla (120 minuuttiin asti) puolestaan postprandiaalinen GLP-1-vaste oli merkittävästi matalampi kuin valkoisella vehnäleivällä. Kokojyväruisleivällä ja pastalla myös maksimaalinen GLP-1-vaste oli kokonaisuudessaan merkittävästi pienempi kuin valkoisella vehnäleivällä. Toisaalta toisessa tutkimuksessa merkittävää eroa eri testileipien välillä ei havaittu, ainoana poikkeuksena vertaillessa korkeakuituista täysjyväruisleipää ja valkoista vehnäleipää (Juntunen ym. 2003).

GIP kohdalla tulokset olivat selkeämmät. Juntusen ym. (2002) tutkimuksessa kokojyväruisleivällä kaikkina ajankohtina sekä  $\beta$ -glukaanilla rikastetulla ruisleivällä ja täysjyväpastalla ensimmäisten 2 tunnin aikana vasteet olivat pienemmät kuin valkoisella vehnäleivällä. GIP arvot paastokonsentraation yläpuolella olivat merkittävästi pienemmät kuin vehnäleivällä. Myös maksimaaliset vasteet erosivat merkittävästi valkoiseen vehnäleipään verrattuna. Toisessa tutkimuksessa Juntunen ym. (2003) havaitsivat samankaltaisia tuloksia. GIP:n vaste oli kaikille ruisleiville merkittävästi pienempi kuin vehnäleivälle: täysjyväruisleivällä 30–120 minuutin, korkeakuituisella ruisleivällä 30–90 minuutin ja endospermistä tehdyllä ruisleivällä 60–90 minuutin kohdalla. Ruisleipiä vertaillessa endospermistä tehdyllä ruisleivällä GIP vaste oli suurempi 30–60 minuutin kohdalla, joten maksimaalinen vaste oli täysjyväruisleivälle ja korkeakuituiselle ruisleivälle pienemmät.

### **3.5 Lipidiprofiili**

Täysjyväviljatuotteiden akuuttia vaikutusta plasman lipidiprofiiliin ei ole monessa tutkimuksessa pystytty havaitsemaan. Giaccon ym. (2013) metabolista oireyhtymää sairastavilla tehdyssä interventiotutkimuksessa verrattiin täysjyväryhmän ja kontrolliryhmän postprandiaalisia triglyseridikonsentraatioita. Täysjyväryhmällä havaittiin 120 ja 180 minuutin kohdalla merkittävästi matalammat triglyseridiarvot intervention jälkeen lähtötasoon verrattuna

kuin mitä ennen interventiota, kun taas kontrolliryhmällä minkäänlaista muutosta ei havaittu. Täysjyväryhmässä postprandiaalisten tasojen keskiarvoinen muutos 180 minuutin kohdalla oli peräti 43 % matalampi kuin intervention alussa, ollen merkittävästi pienempi myös verrattuna kontrolliryhmään.

Lapin ym. (2014) interventiotutkimuksessa tarkasteltiin täysjyväviljaa sisältävän ruokavalion vaikutuksia plasman lyhytketjuisten rasvahappojen (SCFA) konsentraatioihin. Täysjyväruisleivällä ja ruisleivillä rikastetulla vehnäleivällä havaittiin vastaavanlaiset postprandiaaliset konsentraatiot kokonais-SCFA:n, asetaatin, propionaatin ja butyraatin osalta 30 minuuttia aterian jälkeen. Verrattuna vehnäleipään molemmilla testileivillä propionaattiarvot ja täysjyväruisleivällä myös butyraattiarvo olivat suuremmat.

### **3.6 Muut**

Kärkkäisen ym. (2018) tutkimuksessa tarkasteltiin metabolomiikan avulla betaiiniyhdisteitä ja niiden korrelaatioita postprandiaalisiin glukoosi- ja insuliinivasteisiin. Betaiiniyhdisteet mitattiin paastoplasmapista, mutta niiden pitoisuuksia verrattiin postprandiaalisiin glukoosi- ja insuliiniarvoihin interventiojaksojen jälkeen. Glysiinibetaiini korreloi käänteisesti postprandiaalisen glukoosi- ja insuliinikonsentraatioiden kanssa. Trigonellinen ja pipekoliinihapon konsentraatiot korreloivat käänteisesti postprandiaalisen glukoosikonsentraatioon nähden. Napolissa valiinibetaiinin konsentraatio korreloi käänteisesti insuliinikonsentraatioon nähden 2 tunnin kohdalla, ja Kuopiossa proliinibetaiini korreloi käänteisesti 2 tuntia oraalisen glukoositoleranssitestin jälkeen.

Lisäksi joitakin yksittäisiä huomioita löytyi aterianjälkeiseen hormonitoimintaan liittyen. Juntusen ym. (2003) tutkimuksessa C-peptidiarvot heijastivat insuliinin vastetta. Rosén ym. (2009) puolestaan havaitsivat, että greliini-hormonin plasmakonsentraatio nousi vehnäleivän, vehnäpuuron ja ruisleivän nauttimisen jälkeen merkittävästi yli paastotason 180 minuutin kohdalla, kun taas täysjyväviljatuotteilla vastaavaa ei havaittu.

## **4. POHDINTA**

Tässä kirjallisuuskatsauksessa käytettyjen tutkimusten perusteella voidaan havaita täysjyväviljojen positiivinen vaikutus postprandiaaliseen metaboliaan (Taulukko 1). Erityisesti vaikutukset glukoosimetaboliaan olivat huomattavissa verrattuna puhdistettujen viljojen käytön

vaikutuksiin, ja nämä vaikutukset ilmenivät lähinnä parantuneen insuliinitalouden kautta. Lisäksi suuntaa-antavia tuloksia postprandiaaliseen lipidiprofiiliin oli huomattavissa.

Koska pienentynyt insuliinivaste ei välttämättä ole suoraan rinnastettavissa veren glukoosivasteeseen, voidaan ajatella täysjyväviljatuotteilla olevan itsenäinen vaikutus insuliinitalouteen. Täysjyväviljatuotteiden nauttiminen lisää ensivaiheen insuliinin eritystä (Rosén ym. 2009, Lappi ym. 2014). Tämän jälkeen myöhemmässä postprandiaalisessa vaiheessa insuliinivaste on pienempi verrattuna puhdistettuihin viljoihin, mikä osoittaa insuliinin vähäisempää tarvetta veren glukoosikonsentraation kontrolloimiseksi. Pienentynyt insuliinivaste selittyy myös osittain pienentyneillä GLP-1 ja GIP konsentraatioilla, koska toimiessaan inkretiineinä näiden hormonien erittyminen verenkiertoon säätelee insuliinin erittymistä haimasta. Lisäksi C-peptidin matalampi vaste viittaa insuliinin vähentyneeseen eritykseen, mikä tarkoittaa beetasolujen pienentynyttä stressiä. Pitemmällä aikavälillä tämä voi tukea beetasolujen toimivuuden säilymistä ja näin ehkäistä muun muassa diabeteksen puhkeamista. Parantunut ensivaiheen insuliinivaste sekä pienempi hyperinsulinemia myöhemmässä postprandiaalisessa vaiheessa voi ehkäistä glukoosimetabolian häiriöiden riskiä ja näin suojata joitakin sairauksilta, minkä vuoksi täysjyväviljojen suosimista ruokavaliossa voidaan pitää terveyttä edistävänä ja tukevana toimenä. Lisäksi suurempi insuliinivaste aterian jälkeen on yhteydessä selkeämpään myöhäisenvaiheen hypoglykemiaan ja greliinin kohonneisiin pitoisuuksiin, jolloin se voi lisätä nälkää ja näin syömistä ja energiansaantia seuraavilla aterioilla (Juntunen ym. 2003, Rosén ym. 2009). Tämä viittaa siihen, että täysjyväviljojen käyttö voi parantaa ruokahalun säätelyä ja tätä kautta vaikuttaa laajalaisemmin ihmisen terveyteen niin lyhyellä kuin pitkälläkin aikavälillä.

Kirjallisuuskatsaukseen valkoiduista tutkimuksista saattaa huomata, että täysjyväviljojen vaikutus glukoosivasteeseen ei ole yhtä selkeällä pohjalla kuin insuliiniin (Taulukko 1). Useammassa tutkimuksessa täysjyväviljatuotteiden vaikutus glukoosivasteeseen oli sama kuin vastaavilla valkoisilla viljatuotteilla. Täysjyväviljojen positiivinen vaikutus glukoosimetaboliaan näkyikin lähinnä parantuneen insuliinitalouden kautta; terveillä yksilöillä plasmaglukoosi on tarkasti säädelty ja mahdolliset erot glukoosivasteessa eri viljatuotteiden välillä johtuvat muuttuneesta insuliinin tarpeesta (Juntunen ym. 2003). Toisaalta valkoisten viljatuotteiden nauttimisen jälkeen plasman glukoosikonsentraatio laski usein alle paastoarvon parin tunnin jälkeen ateriasta, kun taas erityisesti rukiista valmistetut täysjyväviljatuotteet pitivät verensokeritasot paastotason yläpuolella pidempään. Tämä voi vaikuttaa koettuun nälkään ja tätä kautta seuraavaan ateriaan. Voisi siis todeta, että vaikka glukoosivaste ei eroa

määrällisesti täysjyväviljatuotteiden ja valkoisten verrokkien kesken, täysjyväviljojen vaikutus näkyy myös glukoosimetaboliassa erityisesti myöhemmässä postprandiaalisessa vaiheessa.

Uudenlainen lähestymistapa täysjyväviljojen vaikutukseen glukoosimetaboliaan ja insuliiniherkkyyteen toteutettiin Kärkkäisen ym. (2018) tutkimuksessa, kun betaiiniyhdisteiden yhteyttä tutkittiin metabolomiikan keinoin. Glysiinibetaiinia on todettu löytyvän täysjyväviljoista runsaasti, mutta muita yhdisteitä ei olla tunnistettu. Näillä yhdisteillä näyttäisi olevan positiivinen assosiaatio insuliiniherkkyyttä osoittavien markkereiden sekä postprandiaalisen glukoosimetabolian kanssa. Käänteinen korrelaatio viestii siitä, että joidenkin betaiiniyhdisteiden, kuten glysiinibetaiinin, trigonellinen ja pipekoliinihapon, lisääntynyt saanti saattaa olla yhteydessä joihinkin täysjyväviljojen edullisiin glukoosimetaboliaan vaikuttaviin ominaisuuksiin. Ne eivät siis pelkästään kerro täysjyväviljojen syönnistä, vaan voivat olla osallisena täysjyväviljojen positiivisiin vaikutuksiin.

Täysjyväviljojen vaikutus postprandiaaliseen lipidiprofiiliin ei ollut näkyvä kirjallisuuskatsauksen tutkimuksissa. On mahdollista, että veren lyhytketjuisten rasvahappojen määrään vaikuttaa enemmän edelliset aterioidet kuin akuutti postprandiaalinen tila (Lappi ym. 2014). Ajatus on looginen, sillä täysjyväviljatuotteet ovat yleensä hyvin kuitupitoisia ja erityisesti resistentin tärkkelyksen fermentaatio paksusuolella suolistomikrobien toimesta synnyttää lyhytketjuisia rasvahappoja, jotka voivat imeytyä verenkiertoon (Fardet 2010, Aro ym. 2012). Täysjyväviljoja pidetäänkin tärkeänä epäsuorana butyraatin ja propionaatin lähteenä, ja nämä lyhytketjuiset rasvahapot voivat ehkäistä insuliiniresistenssiä (Fardet 2010). Triglyserideihin puolestaan täysjyväviljojen käyttö voi vaikuttaa muokkaamalla lipoproteiinipartikkeleiden lipidikoostumusta (Giacco ym. 2014). Tässäkin hypoteesissa kuidulla on merkittävä rooli. Täysjyväviljatuotteiden kuitu voi vaikuttaa rasvojen absorptioon ohutsuolessa, jolloin syntyviin lipoproteiineihin sisältyy vähemmän triglyseridejä. Pitää ottaa huomioon, että Giaccon ym. (2014) tutkimuksessa koehenkilöt sairastivat metabolista oireyhtymää, jolloin heidän veren lipidiprofiili on todennäköisesti eroavainen terveisiin henkilöihin verrattuna. Lyhytketjuisiin rasvahappoihin keskittyviä tutkimuksia tarvitaan terveillä henkilöillä lisää, jotta voidaan varmuudella sanoa, vaikuttaako heihin täysjyväviljat samalla tavalla. Metabolista oireyhtymää sairastavilla saatu tulos on kuitenkin hyvä alku, sillä se vahvistaa täysjyväviljojen terveyttä edistävää vaikutusta ja potentiaalia sairauksien hoidossa.

Valkoinen vehnäleipä, joka on rikastettu ruisleseillä, ei vastaa täysin vaikutuksiltaan ruisleipää, vaikka joitakin samoja vaikutuksia oli havaittavissa (Taulukko 1). Samantyylliset vaikutukset



voivat selittyä yhtenevällä kuitupitoisuudella, mutta toisaalta ruisleivän postprandiaalista insuliinivastetta vähentävä vaikutus ei ole kaikissa tutkimuksissa ollut yhteydessä kuitupitoisuuteen (Leinonen ym. 1999, Juntunen ym. 2003, Rosén ym. 2009). Tästä voidaan päätellä, että ruisleseillä rikastetulla vehnäleivällä ei ole samoja akuutteja vaikutuksia glukoosimetaboliaan kuin täysjyväruisleivällä. Leseissä ei välttämättä ole samoja tärkeitä komponentteja kuin mitä täysjyvistä kokonaisuudessaan löytyy, joten viljatuotteissa olisi tärkeää pitää jyvän kaikki osat mukana.

Vaikka täysjyvistä löytyy kaikki viljan hyödylliset komponentit, on rukiin endospermistä valmistetuilla viljatuotteilla lähes yhtä edulliset vaikutukset kuin täysjyvärukiista valmistetuilla vastaavilla tuotteilla (Taulukko 1). Tämä voi selittyä joillakin endospermin ominaisuuksilla, jotka vaikuttavat postprandiaaliseen glukoosivasteeseen ja madaltavat insuliinin tarvetta. Ensinäkin rukiin endospermin uloimmasta kerroksesta löytyy joitakin bioaktiivisia yhdisteitä, kuten alkyyliresinoleja, fenolihappoja ja kasvisteroleita. Näillä bioaktiivisilla yhdisteillä saattaa olla vaikutusta postprandiaaliseen metaboliaan, mutta joissakin tutkimuksissa näiden pitoisuudet ovat olleet suhteellisen matalat ja lisää tutkimuksia tarvitaan tarkkojen vaikutusten selvittämiseksi (Rosén ym. 2011). Rukiin endospermi sisältää myös suhteellisen paljon liukenevia kuituja. Tämän vuoksi sillä on korkea viskositeetti, mikä vaikuttaa mahan tyhjenemisenopeuteen sekä hiilihydraattien imeytymiseen suolistossa ja näin vaikuttaa erityisesti insuliinivasteeseen. Parempaa perehtymistä aiheeseen kuitenkin tarvitaan, jotta hypoteeseja voitaisiin todeta täysin varmoiksi. Täysjyväviljoilla voi siis olla kuidun ulkopuolisia hyötyjä, vaikka tutkimukset eivät sulkeneet pois kuituun liittyviä otollisia mekanismeja. Liukenemattomat kuidut ovat tehottomia postprandiaalisen glykemian ja insulinemian säätelyssä, mutta liukoiset kuidut, kuten arabinoksyylaani ja  $\beta$ -glukaani, on osoitettu alentavan postprandiaalista insuliini- ja GIP-vastetta (Juntunen ym. 2003). Toisaalta näiden kuitujen määrä testileivissä on ollut suhteellisen pieni, joten ne eivät selitä tutkimuksista saatuja tuloksia ainakaan täysin.

Mielenkiintoinen huomio on myös se, että jopa saman viljan eri lajikkeista tehdyt tuotteet voivat erota postprandiaalisilta vaikutuksiltaan toisistaan. Rosénin ym. (2011) tutkimuksessa havaittiin postprandiaalisissa insuliinivasteissa huomattavat erot ja joillakin viljoilla insuliinivasteet olivat jopa yllättävän korkeita, mutta plasman glukoosikonsentraatioissa vastaavia eroja ei havaittu edes ruisleipien ja valkoisen vehnäleivän välillä. Havainto on kiinnostava, sillä se avaa ovia uusille tutkimuksille siitä, mitkä täysjyväviljasta löytyvät komponentit ovat merkityksellisiä postprandiaalisessa metaboliassa. Kemiallisten

ominaisuuksien lisäksi tuotteen koostumuksella voi olla väliä postprandiaalisissa vaikutuksissa (Taulukko 3). Vaikutukset voivat liittyä kuitupitoisuuteen tai rakenteellisiin seikkoihin. Leipomisen jälkeen leivän jotkin rakenteet (esim. tärkkelysrakeet) muuttuvat eri viljoilla eri tavalla. Toisaalta samasta viljasta tehdyt eri tuotteet, kuten puuro ja leipä, voivat aiheuttaa erilaiset vasteet, sillä prosessointityyli vaikuttaa jauhopohjaisten tuotteiden glukoosi- ja hormonivasteeseen (Rosén ym. 2009).

## 5. JOHTOPÄÄTÖKSET

Täysjyväviljaa sisältävä ateria aiheuttaa jokseenkin erilaiset vasteet postprandiaalisessa metaboliassa verrattuna ateriaan, joka sisältää ainoastaan puhdistettuja viljoja. Selkeimmät eroavaisuudet ovat havaittavissa insuliinivasteissa; täysjyväviljat näyttävät laskevan postprandiaalista insuliinivaadetta ja osittain myös lisäävän ensiasteen insuliinieritystä. Täysjyväviljojen vaikutuksista postprandiaaliseen glukoosivasteeseen ei olla saatu yksimielistä tulosta, mutta todennäköisesti näitäkin vaikutuksia löytyy vähintään parantuneen insuliinitalouden kautta. Muiden ravintoaineiden, hormonien ja yhdisteiden osalta ei löydy yhtä kattavasti tutkimuksia, mutta näiden tutkimusten perusteella täysjyväviljoilla näyttäisi olevan joitakin edullisia vaikutuksia kyseisiin tekijöihin. Täysjyväviljojen eri komponenteilla voi olla merkitystä postprandiaalisessa metaboliassa, mutta selkeitä vastauksia ei ole asian tiimoilta vielä saatu.

Tämän kirjallisuuskatsauksen perusteella voidaan todeta, että täysjyväviljatuotteiden käyttö vaikuttaa edullisesti erityisesti postprandiaaliseen insuliinivasteeseen ja tätä kautta glukoosimetaboliaan. Myös jotakin näyttöä edullisista vaikutuksista plasman lipidiprofiiliin on, mutta tästä tarvitaan lisää tutkimuksia. Tutkimuksia tarvitaan lisää, jotta saadaan selville tarkemmin, mitkä kaikki täysjyväviljojen yhdisteet ovat näiden vaikutusten takana ja millä mekanismein ne vaikuttavat ihmisen postprandiaaliseen metaboliaan. Tällä tavoin voimme saada parempaa tietoa täysjyväviljojen terveyttä edistävästä vaikutuksista.

## LÄHTEET

Adebamowo SN, Eseyin O, Yilme S, Adeyemi D, Willett WC, Hu FB, Spiegelman D, Adebamowo CA. A Mixed-Methods Study on Acceptability, Tolerability, and Substitution of Brown Rice for White Rice to Lower Blood Glucose Levels among Nigerian Adults. *Frontiers in nutrition* 2017;4:33.

Aro A, Mutanen M, Uusitupa M. Ravitsemustiede. *Duodecim* 2012.

Brownlee IA, Durukan E, Masset G, Hopkins S, Tee E. An Overview of Whole Grain Regulations, Recommendations and Research across Southeast Asia. *Nutrients* 2018;10:752.

Canada's Dietary Guidelines 2019. Health Canada. 2019.

Duodecim KO. Postprandiaalinen. [http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p\\_artikkeli=ltt02695](http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=ltt02695) (luettu 27.6.2019).

Fardet A. New hypotheses for the health-protective mechanisms of whole-grain cereals: what is beyond fibre? *Nutr Res Rev* 2010;23:65-134.

Terveyttä ruoasta - Suomalaiset ravitsemussuosituksat 2014. Valtion ravitsemusneuvottelukunta 2014.

Food and Nutrition Research Institute - Department of Science and Technology (FNRI-DOST) 2015, Philippine Nutrition Facts and Figures 2013: 8th National Nutrition Survey Overview.

Giacco R, Costabile G, Della Pepa G, Anniballi G, Griffio E, Mangione A, Cipriano P, Viscovo D, Clemente G, Landberg R, Pacini G, Rivellese AA, Riccardi G. A whole-grain cereal-based diet lowers postprandial plasma insulin and triglyceride levels in individuals with metabolic syndrome. *Nutr Metab Cardiovasc Dis* 2014;24:837-844.

Health Promotion and Disease Prevention Knowledge Gateway 2017, Whole grain.

Juntunen KS, Laaksonen DE, Autio K, Niskanen LK, Holst JJ, Savolainen KE, Liukkonen K, 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* 2003;78:957-964.

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* 2002;75:254-262.

Kärkkäinen O, Lankinen MA, Vitale M, Jokkala J, Leppänen J, Koistinen V, Lehtonen M, Giacco R, Rosa-Sibakov N, Micard V, Rivellese AAA, Schwab U, Mykkänen H, Uusitupa M, Kolehmainen M, Riccardi G, Poutanen K, Auriola S, Hanhineva K. Diets rich in whole grains increase betainized compounds associated with glucose metabolism. *Am J Clin Nutr* 2018;108:971-979.

Landberg R, Kamal-Eldin A, Andersson A, Vessby B, Åman P. Alkylresorcinols as biomarkers of whole-grain wheat and rye intake: plasma concentration and intake estimated from dietary records. *Am J Clin Nutr* 2008;87:832-838.

Lanzerstorfer P, Rechenmacher E, Lugmayr O, Stadlbauer V, Höglinger O, Vollmar A, Weghuber J. Effects of Various Commercial Whole-Grain Breads on Postprandial Blood Glucose Response and Glycemic Index in Healthy Subjects. *Austin Journal of Clinical Medicine* 2018;5:.

Lappi J, Mykkanen H, Bach Knudsen KE, Kirjavainen P, Katina K, Pihlajamaki J, Poutanen K, Kolehmainen M. Postprandial glucose metabolism and SCFA after consuming wholegrain rye bread and wheat bread enriched with bioprocessed rye bran in individuals with mild gastrointestinal symptoms. *Nutr J* 2014;13:104.

Leinonen K, Liukkonen K, Poutanen K, Uusitupa M, Mykkänen H. Rye bread decreases postprandial insulin response but does not alter glucose response in healthy Finnish subjects. *Eur J Clin Nutr* 1999;53:262-267.

Leipätiedotus. Viljan jyvä. <https://www.leipatiedotus.fi/tietoa-leivasta/vilja/viljan-jyva.html> (luettu 27.6.2019).

Li X, Cai X, Ma X, Jing L, Gu J, Bao L, Li J, Xu M, Zhang Z, Li Y. Short- and Long-Term Effects of Wholegrain Oat Intake on Weight Management and Glucolipid Metabolism in Overweight Type-2 Diabetics: A Randomized Control Trial. *Nutrients* 2016;8:.

Nordic Nutrition Recommendations 2012. Nordic Council of Ministers 2014.

Norimah AK, H C Koo, Hamid Jan JM, Mohd Nasir MT, S Y Tan, Mahendran Appukutty, Nurliyana AR, Frank Thielecke, Sinead Hopkins, M K Ong, C Ning, E S Tee. Whole Grain Intakes in the Diets Of Malaysian Children and Adolescents – Findings from the MyBreakfast Study. PLoS One 2015;10:e0138247.

Ovaskainen M, Paturi M, Harald K, Laatikainen T, Männistö S. Aikuisten ruokavalinnat ja sosioekonomiset erot Suomessa. Sosiaalilääketieteellinen aikakauslehti 2012;49:132-139.

Ovaskainen M, Virtanen, S, Wikström K. Lasten ja lapsiperheiden terveys- ja hyvinvointierot. 2012.

Ravitsemus - Hyvinvointi- ja terveyserot. <http://thl.fi/fi/web/hyvinvointi-ja-terveyserot/eriarvoisuus/elintavat/ravitsemus> (luettu 27.6.2019).

Rosén LAH, Silva LOB, Andersson UK, Holm C, Ostman EM, Björck IME. Endosperm and whole grain rye breads are characterized by low post-prandial insulin response and a beneficial blood glucose profile. Nutrition journal 2009;8:42.

Rosén LAH, Östman EM, Shewry PR, Ward JL, Andersson AAM, Piironen V, Lampi A, Rakszegi M, Bedö Z, Björck IME. Postprandial glycemia, insulinemia, and satiety responses in healthy subjects after whole grain rye bread made from different rye varieties. J Agric Food Chem 2011;59:12139-12148.

Ross AB, Kamal-Eldin A, Åman P. Dietary Alkylresorcinols: Absorption, Bioactivities, and Possible Use as Biomarkers of Whole-grain Wheat–and Rye–rich Foods. Nutr Rev 2004;62:81-95.

Seal CJ, Nugent AP, Tee E-, Thielecke F. Whole-grain dietary recommendations: the need for a unified global approach. Br J Nutr 2016;115:2031-2038.

Seino Y, Fukushima M, Yabe D. GIP and GLP-1, the two incretin hormones: Similarities and differences. J Diabetes Investig. 2010;1(1-2):8–23.

Suositus "täysjyvä"- sanan käyttämisestä leivän nimessä tai sen korostamisesta pakkausmerkinnöissä ja täysjyväpitoisuuden ilmoittamisesta. 2009. [https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/tietoa-meista/asiointi/oppaat-ja-lomakkeet/yritykset/elintarvikeala/pakkausmerkinnat/elintarvikkeen-nimi/taysjyvasuositus-leivan-nimessa-17025\\_1.pdf](https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/tietoa-meista/asiointi/oppaat-ja-lomakkeet/yritykset/elintarvikeala/pakkausmerkinnat/elintarvikkeen-nimi/taysjyvasuositus-leivan-nimessa-17025_1.pdf) (luettu 27.6.2019).

Valsta L, Kaartinen N, Tapanainen H, Männistö S, Sääksjärvi K. Ravitseminen Suomessa – FinRavinto 2017 -tutkimus. Terveyden ja hyvinvoinnin laitos THL 2018.

Ye EQ, Chacko SA, Chou EL, Kugizaki M, Liu S. Greater Whole-Grain Intake Is Associated with Lower Risk of Type 2 Diabetes, Cardiovascular Disease, and Weight Gain. *J Nutr* 2012;142:1304-1313.