

RIKAS, RAKAS RUIS

RUKIIN TUTKITUT TERVEYSVAIKUTUKSET JA TUTKIMUSRUOKAVALIOIDEN
TOTEUTUMINEN RYEBREATH-RUOKAVALIOINTERVENTIOSSA

Ringa Remes

Pro gradu -tutkielma

Ravitsemustiede

Lääketieteen laitos

Terveystieteiden tiedekunta

Itä-Suomen yliopisto

Toukokuu 2016

ITÄ-SUOMEN YLIOPISTO, Terveystieteiden tiedekunta

Ravitsemustiede

REMES, RINGA K.J.: Rukiin tutkitut terveystieteiden ja tutkimusruokavalioiden toteutuminen RyeBreath-ruokavaliointerventiossa.

Pro Gradu-tutkielma, 53 s.

Ohjaajat: FM Kaisa Raninen, TtM Elina Järvelä-Reijonen

Toukokuu 2016

Avainsanat: ruis, täysjyvävilja, aineenvaihdunta, terveystieteiden vaikutukset

RUKIIN TUTKITUT TERVEYSTIETEIDEN JA TUTKIMUSRUOKAVALIOIDEN TOTEUTUMINEN RYEBREATH-RUOKAVALIOINTERVENTIOSSA

Tausta Täysjyväviljat on epidemiologisissa tutkimuksissa yhdistetty muun muassa tyypin 2 diabeteksen sekä sydän- ja verisuonitautien alentuneeseen riskiin, mutta interventiotutkimuksissa mekanismeja ei ole pystytty täysin vahvistamaan. Yksittäisillä viljoilla voi olla täysjyväviljoista kokonaisuutena poikkeavia ominaisuuksia, ja siksi niitä on syytä tarkastella erillään toisistaan. Ruistuotteet omaavat tiiviin rakenteen sekä runsaasti ravintokuitua ja bioaktiivisia yhdisteitä, jotka mahdollisesti tekevät siitä kroonisten sairauksien riskiltä suojaavan täysjyväviljan.

Tavoite Tämän työn kirjallisuuskatsauksessa selvitetään, mitä tällä hetkellä tiedetään rukiin vaikutuksista elimistön aineenvaihduntaan ja arvioidaan rukiin merkitystä terveyden edistämässä ja kroonisten sairauksien, kuten tyypin 2 diabeteksen, ehkäisyssä. Työn kokeellisessa osiossa raportoidaan tutkimusruokavalioiden toteutuminen rukiin vaikutuksia hengitysilmaan tutkivassa RyeBreath-ruokavaliointerventiossa.

Aineisto ja menetelmät RyeBreath-tutkimus toteutettiin keväällä 2015 Itä-Suomen yliopiston Kansanterveystieteen ja kliinisen ravitsemustieteen yksikössä. Tutkimuksessa 9 tutkittavaa (6 naista ja 3 miestä) opastettiin noudattamaan satunnaistetussa järjestyksessä viikon mittaista runsaskuituista ruisruokavaliota ja runsaskuituista vehnäruokavaliota sekä vähäkuituista vehnäruokavaliota ennen molempia tutkimusruokavaliota. Ruokavaliotiedot kerättiin neljän päivän ruokapäiväkirjan avulla.

Tulokset Tutkimusruokavaliot erosivat toisistaan ainoastaan ravintokuidun saannin osalta ($p < 0,001$) tavoitteen mukaisesti. Vähäkuituiset ruokavaliot eivät eronneet toisistaan ($p = 0,374$) kuten eivät myöskään runsaskuituiset ruokavaliot ($p = 0,110$), mutta molemmat runsaskuituiset ruokavaliot erosivat tilastollisesti merkitsevästi vähäkuituisista vehnäleipäjaksoista ($p < 0,05$).

Johtopäätökset Kirjallisuusselvityksen mukaan rukiin säännöllisellä käytöllä on positiivisia vaikutuksia sokeriaineenvaihduntaan ja tyypin 2 diabeteksen riskiin, kylläisyydensäätelyyn, suoliston toimintaan sekä mahdollisesti eturauhassyövän ja paksu- ja peräsuolensyövän riskiin. Vaikutukset sydän- ja verisuonitautien riskiin ovat myös mahdollisia, mutta vielä epäselviä. Rukiin käytön seurauksena bakteerifermentaatio suolistossa voi lisääntyä, mutta näyttöä rukiin vaikutuksista mikrobiston koostumukseen ei ole. RyeBreath-tutkimusruokavaliot onnistuivat hyvin. Mikäli hengitysilmanäytteissä ruokavaliopakosten välillä nähdään eroa, voidaan sen olettaa johtuvan runsaskuituisten ruokavalioiden välillä viljakuidun lähteestä ja vähäkuituisten ja runsaskuituisten ruokavalioiden välillä viljakuidun määrästä ja lähteestä.

UNIVERSITY OF EASTERN FINLAND, Faculty of Health Sciences
Nutrition Science

REMES, RINGA K.J.: The health effects of rye and implementation of the study diets in RyeBreath dietary intervention.

Master's thesis, 53 p.

Supervisors: MSc Kaisa Raninen, MSc Elina Järvelä-Reijonen

Toukokuu 2016

Keywords: rye, whole grain, metabolism, health effects

THE HEALTH EFFECTS OF RYE AND IMPLEMENTATION OF THE STUDY DIETS IN RYEBREATH DIETARY INTERVENTION

Background Whole grain cereals have been linked to decreased risk of type 2 diabetes and cardiovascular disease, but mechanisms behind these effects are still unclear. Individual grains possess different characteristics from each other and therefore the grains should be studied separately to know whether they have differing effects on our metabolism and health, too. Rye products are rich in dietary fibre and bioactive compounds and they have a firm structure. These are factors that differ rye from other cereals and can make it especially protective against chronic diseases.

Objective The aim of the literature review of this study is to clarify the present knowledge on how rye affects our metabolism and to evaluate its relevance in health promotion and prevention of chronic diseases. The aim of the experimental part of this thesis is to report the realization of the study diets in RyeBreath dietary intervention.

Material and methods RyeBreath intervention was carried out in spring 2015 at the Institute of Public Health and Clinical Nutrition, University of Eastern Finland. 6 women and 3 men were recruited and assigned to a week-long fibre-rich rye and fibre-rich wheat bread diets in a randomized order. Wash-out periods containing low-fibre wheat bread before study periods. Dietary intake was measured with four-day food record in every period.

Results The diets differed only in fibre intake ($p < 0,001$), in line with the study intention. Low-fibre wash-out diets did not differ from each other ($p = 0,374$) neither the high-fibre diets ($p = 0,110$), but both high fiber diets differed significantly from the low fiber diets ($p < 0,05$).

Conclusions According to the literature review consumption of rye may have positive effects on glucose metabolism and risk of type 2 diabetes, appetite regulation and gut function. Rye can also possibly decrease the risk of prostate and colorectal cancer. Also effects on the risk of cardiovascular disease are possible but not clear. Rye seems to increase bacterial fermentation in the gut, but effects on the intestinal microbiota are unclear. The study diets in RyeBreath intervention were successful. If some differences between the intervention periods exist in the breath analyses, they are likely to be caused by the amount of dietary fibre between the high and low fibre periods and by the different source of fibre between the high fibre periods.

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	5
2 RUKIIN OMINAISUUDET	7
2.1 Rukiin merkitys suomalaisten ravitsemuksessa	7
2.2 Ravintoarvo ja jyvän rakenne	7
2.3 Kuitu	9
2.4 Bioaktiiviset yhdisteet	11
2.4.1 Alkyyliresorsinolit	11
2.4.2 Lignaanit	12
2.4.3 Benzoxazinoidit	13
2.4.4 Fenolihapot	14
2.4.6 Tokotrienolit ja tokoferolit	15
2.5 Rukiin käsittely	16
2.5.1 Jauhaminen	17
2.5.2 Idättäminen ja maltaiden valmistus	18
2.5.3 Hapattaminen	18
2.5.4 Kypsennys	19
2.5.5 Ruis elintarvikkeissa	20
3 RUIS JA AINEENVAIHDUNTA	20
3.1 Sokeriaineenvaihdunta	20
3.1.1 Ateriakokeet	21
3.1.2 Ruokavaliointerventiot	23
3.2 Rasva-aineenvaihdunta	25
3.3 Kylläisyys ja painonhallinta	27
3.4 Suoliston terveys	29
3.5 Syöpä	30
4 PRO-GRADU TYÖN TAVOITTEET	33
5 AINEISTO JA MENETELMÄT	34
5.1 Tutkittavat	34
5.2 Tutkimuksen kulku	34
5.2.1 Ruokavaliointervention kuvaus	34
5.2.2 Ruoankäytön mittausmenetelmät	35
5.3 Tilastolliset menetelmät	36
6 TULOKSET	36
7 POHDINTA	38
8. JOHTOPÄÄTÖKSET	43
LÄHTEET	44

1 JOHDANTO

Rukiilla on merkittävä asema suomalaisten ravitsemuksessa. Suomalaiset kuluttivat ruista vuonna 2014 yhteensä 81,2 miljoonaa kiloa ja pelkästään ruisleipä kattaa päivittäin suomalaisten energiansaannista keskimäärin 8–10 % (Ruokatieto 2015; Helldán 2013).

Leivän lisäksi ruista syödään muun muassa aamiaisvalmisteiden, aterialisäkkeiden ja puurojen muodossa ja pääosa siitä kulutetaan täysjyvänä (Poutanen 2014). Täysjyväruis sisältää runsaasti kuitua, vitamiineja, kivennäisaineita ja bioaktiivisia yhdisteitä, joiden tiedetään tai otaksutaan olevan terveytemme kannalta merkityksellisiä. Koska rukiin kulutus on meillä Pohjoismaissa runsasta, on se oleellinen lähde monelle ravintoaineelle ja samasta syystä on tärkeää ymmärtää, kuinka ruis käyttäytyy elimistössämme.

Epidemiologisissa tutkimuksissa täysjyväviljojen käyttö on yhdistetty useisiin terveyden kannalta edullisiin muutoksiin. Täysjyväviljojen käytön on havaittu vaikuttavan positiivisesti muun muassa painonhallinnassa onnistumiseen ja pienentävän riskiä sairastua tyypin 2 diabetekseen sekä sydän- ja verisuonitauteihin. (Pietinen ym. 1996; Liu ym. 2003; Du ym. 2010; Ye ym. 2012; Aune ym. 2013). Tutkimusnäytön vahvuudesta puhuu se, että pohjoismaisissa ja suomalaisissa ravitsemussuosituksissa korostetaan täysjyväviljojen merkitystä monien kroonisten sairauksien ehkäisyssä (NNR 2012, VRN 2014). Vahvasta yhteydestä huolimatta mekanismeja täysjyväviljojen positiivisten vaikutusten takana ei täysin tunneta.

Täysjyväviljat ovat laaja yläkäsite, jonka alalajit poikkeavat toisistaan monella tapaa. Siksi tulisikin verrata eri viljalajeja toisiinsa ja selvittää, ovatko terveydelle edulliset vaikutukset kohdennettavissa tiettyihin viljalajeihin. Ruis sisältää runsaasti kuitua ja fenolisia yhdisteitä ja poikkeuksellisesti osa sen kuidusta on sijoittunut jyvän sisäosiin (Andersson ym. 2009). Näin ollen myös lesty- eli ydinrukiista valmistettu ruistuote sisältää usein enemmän kuitua ja kuituun sitoutuneita bioaktiivisia aineita kuin suurin osa muista viljatuotteista. Ruista myös käytetään pääasiassa täysjyvänä, kun taas muista viljatuotteista kuitupitoisin leseosa usein poistetaan ennen käyttöä.

Ruistuotteet, etenkin Pohjoismaissa, poikkeavat myös rakenteeltaan muista viljatuotteista merkittävästi. Rukiin tärkkelyksen ja proteiinin käyttäytyminen leivonnassa saavat aikaan ruistuotteille tyypillisen tiiviin ja murean rakenteen. Rakenteelliset erot todennäköisesti saavat aikaan eroja aineenvaihdunnassa vaikuttaen muun muassa aterianjälkeiseen insuliinineritykseen (Juntunen ym. 2003a). Lisäksi ruisleivonnalle tyypillinen hapattaminen voi vaikuttaa muun muassa rukiin bioaktiivisten aineiden hyväksikäytettävyyteen sekä

kuiduksi luettavan resistentin tärkkelyksen määrään tuotteessa (Katina ym. 2005; Buddrick ym. 2015).

Vaikka tutkimusta rukiista ja täysjyväviljoista löytyy jo runsaasti, puuttuu ruista ja muita täysjyväviljoja keskenään vertaileva tutkimus lähes täysin. Tutkimus on keskittynyt vertaamaan ruista valkoiseen vehnään ja selvittämään, mistä erot näiden kuitupitoisuudeltaan erilaisten viljojen välillä johtuvat. Vain muutamassa tutkimuksessa ruista on verrattu täysjyvävehnään tai kauraan (McIntosh ym. 2003; Laaksonen ym. 2005; Lankinen ym. 2010). Tämän työn kokeellinen osa toteutuu osana RyeBreath-interventiota, jonka tarkoitus on tuottaa lisää tietoa täysjyväviljojen keskinäiseen vertailuun ja verrata täysjyvärukiin ja -vehnän vaikutuksia hengitysilman koostumukseen. Tässä työssä raportoidaan tutkimuksen ruokavaliointervention onnistuminen. Työn kirjallisuuskatsauksessa perehdytään rukiin ominaisuuksiin viljana ja selvitetään, mitä tutkimustieto tällä hetkellä kertoo rukiin vaikutuksista aineenvaihduntaan ja terveyteen, sekä voiko rukiista olla merkittävää hyötyä terveyden edistämisen tai sairauksien ehkäisyn näkökulmasta.

2 RUKIIN OMINAISUUDET

2.1 Rukiin merkitys suomalaisten ravitsemuksessa

Viljavalmisteet kattavat kokonaisuutena suomalaisten energiansaannista kolmanneksen. Työikäisten kuidunsaannista yli puolet tulee viljavalmisteista, ainoastaan ruisleivän kattaessa siitä noin kolmanneksen (Taulukko 1). Kuidunlähteenä ruis on siis suomalaisittain hyvin merkittävä vilja.

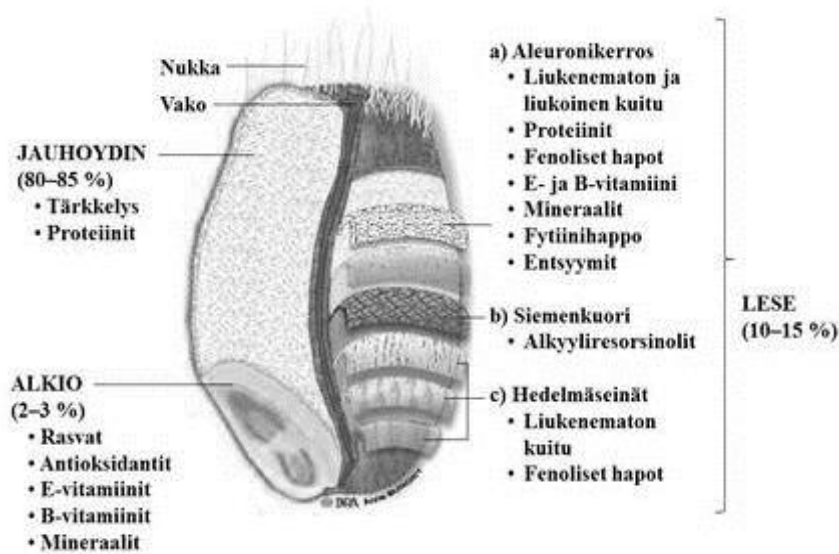
Ruis on lähde myös monille vitamiineille ja kivennäisaineille. Koska ruista kulutetaan Suomessa runsaasti, sen ravitsemuksellinen rooli korostuu. Esimerkiksi suomalaisten folaatin saannista pelkkä ruisleipä kattaa kuudenneksen. Folaatin lisäksi ruis tuo suomalaisten ruokavalioon muita B-ryhmän vitamiineja sekä muun muassa magnesiumia, rautaa ja kaliumia. Toisaalta ruistuotteiden, etenkin leivän mukana saadaan runsaasti suolaa, noin kymmenys päivittäisestä kokonaissaannista. (Helldán ym. 2013)

Taulukko 1. Ruisleivän osuus (% , miehet/naiset) ravintoaineiden saannista suomalaisilla (Helldán ym. 2013).

	25–64-vuotiaat	65–74-vuotiaat
Energia	8/9	10/9
Ravintokuitu	35/28	37/29
E-vitamiini	4/4	6/5
Tiamiini	9/9	11/10
Folaatti	15/13	17/13
Rauta	19/17	24/20
Magnesium	14/13	17/14
Suola (NaCl)	10/10	13/12

2.2 Ravintoarvo ja jyvän rakenne

Jyvä koostuu ytimestä, alkiosta ja kuoriosasta eli leseestä (Kuva 1). Lesekerrokseen on keskittynyt suuri osa muun muassa kuidusta ja B-vitamiineista. Leseen alla jyvässä on tärkeä ydin, joka kattaa suurimman osan jyvän painosta. Rukiin jyvän ydin poikkeaa muista viljalajeista rakenteeltaan. Ytimen tärkeä ydin ympäröivät polysakkaridisoluseinämät, joiden ansiosta myös jyvän sisäosa sisältää merkittävän määrän kuitua. (Poutanen 2014)



Kuva 1. Jyvän rakenne (Leipätiedotus 2016)

Sisimpänä jyvässä sijaitsee alkio, joka kattaa muutaman prosentin jyvän painosta ja koostuu pääasiassa rasvasta ja rasvaliukoisista yhdisteistä. (Poutanen 2014)

Ruis on tärkkelyspitoinen vilja hiilihydraatin kattaessa sen kuivapainosta yli puolet, proteiinin noin kymmenesosan ja rasvan muutaman prosentin (Taulukko 2). Kuitua jyvän painosta on noin viidennes. Rasvan määrä jyvässä on hyvin vakaa, mutta hiilihydraatti-, proteiini ja kuitupitoisuus ovat alttiita ympäristötekijöiden vaikutuksille ja lajikkeiden väliselle vaihtelulle. (Hansen ym. 2004; Andersson ym. 2014a). Verrattuna vehnään rukiin proteiineista suurempi osa on albumiineja ja globuliineja. Puolestaan sitkon muodostumiseen vaikuttavia gluteliineja on vähemmän kuin vehnässä. Tämän vuoksi rukiista leivotut tuotteet poikkeavat rakenteeltaan vehnätuotteista ollen kovempia ja helpommin murenevia (Gellrich ym. 2003).

Taulukko 2. Rukiin koostumus (Osuus % jyvän kuivapainosta).

	Hiilihydraatti	Proteiini	Rasva	Kuitu
Kujala 1999	55–65	10–15	2-3	15-17**
Hansen ym. 2004	57–62	8-11	-	-
Nyström ym. 2008	55–60	11–16	2-3	20–25
Shewry ym. 2010	55–59	11–13	2-3	22–24

**Ei sisällä fruktaania

Myös rukiin jyvän kuitupitoisuus vaihtelee, mutta vaihtelun on havaittu olevan huomattavasti pienempää kuin esimerkiksi vehnä- ja ohralajikkeilla (Ward ym. 2008). Vitamiinien ja

bioaktiivisten yhdisteiden määrään jyvässä vaikuttaa lajiketta enemmän kasvuympäristö, kun puolestaan jyvän proteiini- ja tärkkelyskoostumus vaihtelee enemmän lajikkeen kuin kasvupaikan mukaan (Hansen ym. 2004; Shewry ym. 2010).

2.3 Kuitu

Ravintokuitu on ravinnon osa, jota ihmiselimistö ei pysty hajottamaan ja joka siten kulkeutuu läpi ohutsuolen. Kuidun useat eri määritelmät AACC (American Association of Clinical Chemistry 2001), EU (Euroopan Unioni 2008), IOM (Institute of Medicine, USA 2001) ja Codex (Codex Alimentarius, FAO 2010) eroavat toisistaan sen suhteen, mitkä yhdisteet luetaan mukaan kuitufraktioon. Resistentin tärkkelyksen sekä lyhyt- ja keskipitkätetuisten fruktaanien, kuten inuliinin, hiilihydraattiketjun pituus ei täytä kaikkien määritelmien alarajaa (Codex, 2010). Lisäksi ravintokuidun määritelmän ulkopuolelle voivat jäädä hiilihydraattipolymeereihin sitoutuneet, fysiologisia vaikutuksia omaavat yhdisteet, kuten ligniini (Andersson ym. 2014a; Raninen ym. 2011). Kansainvälisistä määritelmistä AACC (2001), EU (2008) ja Codex (2010) lukevat mukaan kuitufraktioon ligniinin ja muut hiilihydraattiketjuun liittyneet yhdisteet, mutta IOM (2001) määritelmä rajaa ne pois (Raninen ym. 2011).

Koska ruis sisältää näitä määritelmällisesti haastavia yhdisteitä merkittäviä määriä, vaikuttaa määritelmän valinta rukiin laskennalliseen kuitupitoisuuteen. Myös ravintokuidun määrittymen menetelmät poikkeavat siltä osin, mitä yhdisteitä ne määrittävät ravintokuiduksi. Osa menetelmistä laskee mukaan sekä fruktaanin, resistentin tärkkelyksen että ligniinin (Hansen ym. 2003, Nyström ym. 2008; Andersson ym. 2009), joskin yksittäisissä tutkimuksissa muun muassa fruktaani jää määritelmän ulkopuolelle.

Rukiin kuitupitoisuus on korkea, kokojyvän sisältäessä noin viidenneksen painostaan ravintokuitua (Andersson ym. 2009). Rukiin kuidusta suurin osa, eli soluseinämien selluloosa ja ligniini sekä valtaosa arabinoksyylaaneista ovat veteen liukenematonta kuitua.

Liukenematon kuitu voi olla hyödyllistä muun muassa paksusuolensyöpäriskin kannalta, sillä se lisää ulosteen massaa, eli laimentaa ruokasulaa suolistossa. Liukoinen eli viskoosi kuitu sitoo itseensä vettä muuttuen geelimäiseksi massaksi. Veden lisäksi liukoinen kuitu sitoo itseensä sappihappoja ja mahdollisesti alentaa seerumin kolesterolipitoisuutta. (Mutanen & Voutilainen 2012) Rukiin kuidusta vesiliukoiseen osaan kuuluvat β -glukaani ja noin neljäsosa arabinoksyylaaneista (Andersson ym. 2014a).

Rukiin, vehnän ja ohran sisältämien erilaisten ravintokuitujen määrät on esitetty taulukossa 3. Ruis sisältää enemmän kuitua kuin vehnä, kun puolestaan ohran jyvän kuitupitoisuus vastaa rukiin pitoisuutta. Muiden viljojen, kuten ohran ja vehnän, kuitu sijoittuu lähinnä jyvän kuorikerrokseen, mutta rukiissa kuitua on runsaasti myös jyvän sisäosissa, ulomman ydinosan kuitupitoisuuden ollen noin 22 % ja ytimen 12 % (Rakha ym. 2010). Verrattuna sekä ohraan että vehnään rukiin kuidusta suurempi osa on arabinoksyylaaneja ja fruktaania. Nämä yhdessä β -glukaanin kanssa tekevät rukiista paremman vesiliukoisen kuidun lähteen verrattuna vehnään, ohra puolestaan sisältää ruista enemmän β -glukanaa ja on siten myös hyvä liukoisen kuidun lähde (Andersson ym. 2008 & 2013; Andersson ym. 2009).

Arabinoksylaanit ovat rukiin yleisimpiä kuitupartikkeleita kattaen jyvän painosta noin kymmenyksen ja jyvän kuidusta noin 40 %. Arabinoksylaanien määrä ja vesiliukoisuus vaikuttavat leivontatuotteiden ominaisuuksiin (Nilsson ym. 1997; Rakha ym. 2010). Niillä on erinomainen kyky sitoa itseensä vettä, mikä lisää taikinan pehmeyttä ja vaikuttaa leivän vanhenemiseen ja tärkkelyksen hajoamiseen. (Izydorczyk ym. 1995) Arabinoksylaanit myös sitovat itseensä bioaktiivisia yhdisteitä, kuten fenolisia happoja estäen niiden hyväksikäyttöä, mutta prosessointi lisää yhdisteiden irtoamista kuidusta ja imeytymistä elimistöön (Aura 2014).

Taulukko 3. Ravintokuidun määrä (% kuivapainosta) rukiin-, vehnän- ja ohranjyvässä.

	Ruis ¹	Vehnä ²	Ohra ³
Kokonaiskuitu	19–22	13	20–24
Arabinoksyylaani	8,6	6,5	1,9
β -glukaani	1,5	-	5,0
Selluloosa	2,7	2,1	-
Fruktaani	4,1	1,2	-
Klason ligniini	1,1	1,3	4,0

¹ Andersson ym. 2009

² Andersson ym. 2013

³ Andersson ym. 2008

Fruktaanit ovat lyhyt- ja keskipitkäketjuisia sokeripolymeerejä ja ne ovat arabinoxylaanin jälkeen rukiin seuraavaksi yleisin kuitutyyppi. Fruktaanit sijoittuvat jyvän sisäosiin toimien viljan varastohiilihydraatteina (Andersson ym. 2014a). Leivontaprosessin oletetaan vaikuttavan myös fruktaanien ominaisuuksiin ja pitoisuuteen (Rakha ym. 2010). Fruktaanien fermentaatio paksusuolella on voimakasta eli ne toimivat lähteenä lyhytketjuisten

rasvahappojen tuotannolle. Osan rukiin ravintokuidusta kattavat myös arabinogalaktaani-peptidit, jotka sijoittuvat jyvän sisäosiin (Andersson ym. 2014a).

2.4 Bioaktiiviset yhdisteet

Bioaktiiviset yhdisteet ovat ruoassa esiintyviä yhdisteitä, joilla on vaikutuksia ihmisen terveyteen (Biesalski ym. 2009). Rukiista merkittävänä määrinä löytyviä yhdisteitä ovat alkyyliresorsinolit, lignaanit, benzoxainoidit, fenolihapot, fytosterolit ja tokolit. Näiden yhdisteiden aineenvaihdunta ja vaikutukset elimistössä ovat mahdollisia tekijöitä rukiin terveydelle edullisten ominaisuuksien taustalla. (Bartlomiej ym. 2012; Andersson 2014b)

Pääosa rukiin bioaktiivisista yhdisteistä sijoittuu jyvän leseosaan eli kuorikerrokseen. Täysjyvärukiissa, jossa mukana ovat leseän lisäksi muutkin jyvän osat, bioaktiivisten yhdisteiden määrä on vielä korkea, mutta lestyruisjauhossa, joka valmistetaan jyvän sisäosasta, on määrä huomattavasti pienempi tai lähes olematon. (Liukkonen ym. 2003)

Rukiin käsittely voi vaikuttaa bioaktiivisten yhdisteiden hyväksikäytettävyyteen. Niin kuumennus, hapattaminen kuin idättäminenkin voivat osaltaan lisätä tai vähentää tiettyjen bioaktiivisten aineiden määrää ja hyväksikäytettävyyttä valmiissa tuotteessa. Suurin osa bioaktiivisista yhdisteistä kestää käsittelyn hyvin eikä niiden pitoisuuksissa tapahdu muutoksia prosessoinnin, kuten hapattamisen ja idätyksen aikana (Liukkonen ym. 2003).

2.4.1 Alkyyliresorsinolit

Alkyyliresorsinolit ovat rasvaliukoisia fenolisia yhdisteitä, joiden hiiliketjun pituus vaihtelee 13:sta 27:ään (Andersson ym. 2011). Alkyyliresorsinoleja esiintyy useissa kasvikunnan ryhmissä, kuten sienissä, kasveissa ja viljatuotteissa. (Landberg ym. 2014; Anderson ym. 2014b). Viljatuotteista niitä löytyy korkeina määrinä rukiissa, vehnässä ja ruisvehnässä ja ne sijoittuvat pääasiassa jyvän kuorikerrokseen (Landberg ym. 2014).

Alkyyliresorsinolien määrä plasmassa kuvastaa hyvin täysjyväviljojen saantia, mikäli saanti on säännöllistä (Landberg ym. 2008; Linko ym. 2005) ja siksi alkyyliresorsinoleja on viime vuosina alettu käyttämään täysjyvärukiin ja -vehnän käytön biomarkkereina. Säännöllinen täysjyväviljojen käyttö voi nostaa plasman alkyyliresorsinolien tasoa ja säännöllisen käytön jälkeen plasman alkyyliresorsinolipitoisuuden on havaittu olevan tasolla 0,1-0,2 $\mu\text{mol/l}$ (Landberg ym. 2008; Magnusdottir ym. 2014a). Rukiissa ja vehnässä runsaasti esiintyviä homologeja ovat C15:0–C25:0. Alatyypien C17:0/C21:0 -suhde kertoo, ovatko

alkyyliresorsinolit peräisin rukiista vai vehnästä. Rukiissa suhde on noin 1 ja vehnässä lähempänä 0,1. (Landberg ym. 2014)

Elimistössä alkyyliresorsinolit jakautuvat ruoansulatuskanavasta imeytyttyään eri lipoproteiinifraktioihin ja siirtyvät niistä punasolujen pintaan (Landberg ym. 2014). Säännöllisesti ja runsaasti käytettynä alkyyliresorsinolit alkavat varastoitumaan rasvakudokseen (Andersson ym. 2014b).

Alkyyliresorsinolien mahdollista roolia täysjyväviljan käytön ja matalamman sydän- ja verisuonitautiriskin yhteyden taustalla puoltaa niiden vaikutus LDL-partikkelien hapettumiseen, joka on merkittävä tekijä valtimonkovettumien synnyssä (Parikka ym. 2006). LDL-kolesterolin hapettumisen on todettu vähenevän rukiin alkyyliresorsinolien vaikutuksesta *in vitro* -kokeessa ja löytö tukee havaintoa siitä, että rukiin käytön lisääminen voi vähentää LDL-kolesterolin hapettumista myös ihmisillä (Parikka ym. 2006; Söderholm ym. 2012a).

Ruisleseen alkyyliresorsinoleilla on lisäksi havaittu olevan antioksidatiivisia vaikutuksia (Korycinska ym. 2009) ja rukiissa esiintyvien alkyyliresorsinolihomologien C17:0 ja C19:0 havaittiin vähentävän lipolyysia, eli vapaiden rasvahappojen muodostusta, rasvasoluissa. (Andersson ym. 2011). Alkyyliresorsinoleilla on myös osoitettu *in vitro* olevan syöpäsolujen kasvua rajoittava vaikutus (Zhu ym. 2011), mutta vaikutus on ollut suhteellisen heikko pitkän hiiliketjun omaavilla, viljatuotteissa dominoivilla homologeilla ja puolestaan vahvempi lyhyen hiiliketjun homologeilla, joita rukiissa esiintyy vähemmän.

2.4.2 Lignaanit

Lignaanit ovat fenolisia yhdisteitä, joita löytyy useista kasvikunnan tuotteista, kuten siemenistä, pähkinöistä ja täysjyväviljoista. Viljoissa ne ovat keskittyneet pääasiassa jyvän kuorikerrokseen (Andersson ym. 2014b), kuten monet muutkin bioaktiiviset yhdisteet. Täysjyväruis sisältää lignaaneja 2,5–6,7 mg/100 g ja alatyyppejä on useita, joista eniten rukiissa esiintyy syringaresinolia ja pinoresinolia (Peñalvo ym. 2014). Ruisleseessä alatyyppejen kirjjon on todettu olevan vielä suurempi kuin täysjyvässä (Andersson ym. 2014b). Rukiissa lignaanien määrä on kuitenkin suhteellisen pieni verrattuna esimerkiksi pellavansiemeniin, joiden pitoisuus voi olla jopa 379 mg/100 g (Thompson ym. 2006). Ruis sisältää lignaaneja enemmän kuin useat muut viljalajit, joskin esimerkiksi täysjyvävehnän lignaanit ilmeisesti kestävät kuumennusta ja käsittelyä niitä paremmin (Smeds ym. 2007; Andersson ym. 2014b). Suomessa, jossa muiden lignaanin lähteiden käyttö on melko

vähäistä, ruistuotteet ovat merkittävin lignaanien lähde tavanomaisessa ruokavaliossa marjojen, kahvin, teen ja juuresten tullessa seuraavina (Nurmi ym. 2010).

Elimistössä esiintyvät enterolaktoni ja enterodioli ovat kasvilignaanien aineenvaihduntatuotteita, jotka muodostuvat suolistossa (Andersson ym. 2014b). Ne luokitellaan fytoestrogeeneiksi, joilla on kyky sitoutua elimistön estrogeenireseptoreihin. Plasman enterolaktonipitoisuuden tiedetään korreloivan vahvasti lignaanien saannin kanssa, mutta toisaalta pitoisuuteen vaikuttavat myös lihavuus, tupakointi, ummetus sekä suoliston bakteeriston kyky muuntaa lignaaneja enterolaktoniksi (Peñalvo ym. 2014).

Runsaalla lignaanien saannilla on muun muassa osoitettu yhteys pienempään rintasyöpäriskiin (Touillaud ym. 2007), mutta mekanismi yhteyden taustalla on edelleen epäselvä. Vaikutusten on oletettu liittyvän enterolaktonin kykyyn sitoutua estrogeenireseptoreihin ja siten vaimentaa estrogeeni vaikutusta. Hiirillä rukiin, vehnän ja pellavan lignaanien ei nähty kuitenkaan vaikuttavan estrogeenisignaalointiin elimistössä, joskin erityisesti ruisleseellä syötettyjen hiirten reagoiti estrogeeniannokselle vaimeni verrattuna muihin (Penttinen-Damdimopoulou ym. 2009). Lisäksi seerumin enterolaktonipitoisuuden on nähty korreloivan negatiivisesti akuuttien sydäntapahtumien riskin kanssa (Vanharanta ym. 1999), mutta tutkimusta lignaanien mahdollisista terveysvaikutuksista tarvitaan edelleen lisää.

2.4.3 Benzoxazinoidit

Benzoxazinoidit ovat viljoista löytyviä yhdisteitä, joita on tutkittu muun muassa viljakasvien kasvimirkyinä. Kasvit erittävät näitä yhdisteitä joutuessaan stressiin ja niillä on kasvia suojaava vaikutus (Andersson ym. 2014b). Lisäksi niiden tiedetään toimivan alleokemikaaleina eli ottavan osaa kasvien viestinvälitykseen (Hanhineva ym. 2011). Täysjyväruista ja -vehnää pidetään pääasiallisina ravinnon benzoxazinoidien lähteinä ja benzoxazinoidien tiedetään keskittyvät jyvän alkioon (Tanwir ym. 2013; Andersson ym. 2014b). Rukiissa pääasiallinen benzoxazinoidien alatyyppejä on DIBOA, joskin useita muitakin alatyyppejä ilmenee (Niemeyer ym. 2009; Hanhineva ym. 2011).

Benzoxazinoideja löytyy rukiista myös prosessoinnin jälkeen (Tanwir ym. 2013). Prosessointi kuitenkin vaikuttaa yhdisteiden pitoisuuteen ja eri alatyyppeiden suhteisiin valmiissa tuotteessa (Tanwir ym. 2013). Benzoxazinoidien on myös osoitettu imeytyvän ravinnosta elimistöön (Beckmann ym. 2013; Hanhineva ym. 2014). Vaikka yksittäisten benzoxazinoidien on todettu *in vitro*-tutkimuksissa omaavan muun muassa anti-inflammatorisia ominaisuuksia (Andersson ym. 2014b), vielä ei tiedetä, millaisia vaikutuksia

benzoxazinoideilla ja niiden hajoamistuotteilla on elimistöömmä ja tutkimusta niistä kaivataan lisää.

2.4.4 Fenolihapot

Fenolisista yhdisteistä rukiissa on alkyyliresorsinolien ja benzoxazinoidien lisäksi fenolisia happoja, jotka ovat johdannaisia bentsoehaposta ja kanelihaposta (Aura, 2014; Pihlava ym. 2015). Kanelihapon johdannaiset ferulihappo ja sinappihappo ovat näistä kaikkein yleisimpiä. Osa fenolihapoista on viljan jyvässä vapaana ja niitä löytyy myös jyvän sisäosista, mutta pääosin fenolihapot sijoittuvat jyvän kuorikerrokseen, jossa ne sitoutuvat arabinoxylaanirakenteisiin. (Aura, 2014; Andersson ym. 2014b; Pihlava ym. 2015) Fenolihapot antavat rukiille sen kitkerän maun ja siksi sihti- ja lestyruisleipä, joista kuorikerrosta on poistettu, ovat maultaan täysjyväruista miedompia. (Andersson ym. 2014b)

Sitoutuneet fenoliset hapot, joita rukiin fenolisista hapoista on noin 90 %, imeytyvät elimistöön vapaita happoja huomoin, mutta prosessointi parantaa niiden imeytymistä ja sen vuoksi käymisen avulla valmistetuista ruistuotteista, kuten ruisleivästä, sitoutuneet fenolihapot imeytyvät suhteellisen hyvin. (Aura, 2014) On myös havaittu, että runsaskuituisen ruokavalion jälkeen fenolihappojen määrä veressä ja virtsassa nousee verrattuna vähäkuituiseen ruokavalioon (Harder 2004; Lappi, 2013a), eli fenolihappojen voidaan todeta imeytyvän ruoansulatuskanavasta elimistöön.

Fenolihappojen oletetaan toimivan kasvien puolustusmekanismina (Andersson ym. 2014b). Niillä on *in vitro* -kokeissa nähty olevan antioksidatiivisia vaikutuksia (Aura ym. 2014), joiden vuoksi ne on yhdistetty rukiin mahdollisiin vaikutuksiin niin sydän- ja verisuonitautien, diabeteksen kuin syöpienkin ehkäisyssä. (Andersson ym. 2014b) *In vivo* -kokeissa fenolihappojen saannilla ei ole kuitenkaan havaittu vaikutuksia LDL-kolesterolin hapettumiseen (Harder ym. 2004). Toisaalta verrattaessa ruisleipien vapaiden fenolisten yhdisteiden määrää keskenään havaittiin, että mitä enemmän fenolisia yhdisteitä leipä sisälsi, sitä matalampia olivat insuliini- ja glukoosivasteet kyseisen leivän nauttimisen jälkeen (Rosen ym. 2011a). Tutkimusleipien aikaansaamat insuliini- ja glukoosivasteet eivät kuitenkaan eronneet merkittävästi toisistaan, mutta tutkimus antaa aihetta tutkia fenolisten yhdisteiden ja sokeriaineenvaihdunnan yhteyttä lisää.

2.4.5 Fytosterolit

Fytosterolit ovat kasvikunnasta peräisin olevia rengasrakenteisia steroidialkoholeja, joista sitosteroli, kampesteroli ja sigmasteroli ovat kaikkein yleisimpiä. Fytosterolit esiintyvät viljoissa vapaina steroleina ja steryykonjugaateina, jotka muodostavat muiden yhdisteiden kanssa steryyliestereitä ja -glykosideja. (Piironen & Lampi 2014; Andersson ym. 2014b) Sterolit toimivat kasvien solukalvoilla säädellen kalvon liukoisuutta ja läpäisevyyttä. Elimistössä ne osallistuvat myös erilaisiin kuljetus- ja varastointitehtäviin. Vapaita steroleita tarvitaan myös useiden eri yhdisteiden synteisiin elimistössä. (Piironen & Lampi, 2014)

Rukiissa fytosteroleiden määrä voi vaihdella 700–1400 µg/g välillä lajikkeesta riippuen. Määrä on hieman suurempi kuin vehnässä, mikä voi johtua jyvien erilaisesta rakenteesta (Piironen & Lampi 2014; Andersson ym. 2014b). Jyvän osien fytosterolipitoisuus nousee yhdessä jyvän osien kuitupitoisuuden kanssa pitoisuuden ollessa kaikkein suurin jyvän leseosassa (Piironen & Lampi, 2014).

Fytosterolit voivat alentaa veren LDL-kolesterolipitoisuutta. Suurina annoksina kasvisteroleita käytetäänkin hyperkolesterolemian hoidossa (Piironen & Lampi 2014). Vaikuttavaksi annokseksi on todettu vähintään 2 g/vrk. (Andersson ym. 2014v), mikä on käytännössä mahdotonta saavuttaa pelkällä rukiilla. Kuitenkin fytosteroleilla rikastetun ruisleivän on havaittu laskevan LDL-kolesterolia yhtä tehokkaasti kuin pelkkien fytosteroleiden. (Söderholm 2012b) Mekanismit vaikutuksen taustalla ovat edelleen epäselviä (Genser ym. 2012).

2.4.6 Tokotrienolit ja tokoferolit

Tokolit, joihin tokotrienolit ja tokoferolit lukeutuvat, ovat E-vitamiiniaktiivisuuden omaavia antioksidantteja, eli niillä on elimistössä kyky estää haitallisia hapetusreaktioita solukalvoilla. (EFSA 2010; Andersson ym. 2014b) Tokotrienoleita ja tokoferoleita esiintyy sekä α -, β -, γ -että δ -muodoissa. Tokotrienoleiden antioksidatiivinen kyky on suurempi kuin tokoferoleiden mutta biologisesti aktiivisin tokoli on α -tokoferoli (Freese & Voutilainen, 2012; Andersson ym. 2014b). Rukiissa yleisimmin esiintyviä tokoleita ovat α -tokotrienoli ja α -tokoferoli. (Andersson ym. 2014b; Piironen & Lampi 2014)

Viljatuotteet kattoivat vuonna 2012 viidenneksen suomalaisten tokoleiden saannista vain kasviöljyjen ollessa suurempi lähde (Helldán ym. 2013). Kasviöljyjen tokolit ovat paremmin elimistön käytettävissä ja siksi tokoleiden saanti niistä on helpompaa, kun viljoista, joissa

tokolit ovat sitoutuneena kuitufraktioon ja siksi imeytyvät elimistöön heikommin. (Piironen & Lampi, 2014).

Rukiin, kuten muidenkin viljalajikkeiden, tokolipitoisuus vaihtelee kasvupaikan, lajikkeen ja kasvuajankohdan perusteella, mutta on noin 40–70 µg/g. (Nyström ym. 2008; Andersson ym. 2014b, Piironen & Lampi 2014). Määrä on samankaltainen muiden viljojen, kuten vehnän ja ohran kanssa (Piironen & Lampi 2014). Tokolit sijoittuvat pääosin jyvän kuorikerrokseen ja ne ovat alttiita käsittelylle, kuten käymiselle, kuumentamiselle ja vaivaamiselle, mutta hävikistä huolimatta täysjyvätuotteet ovat käsittelyn jälkeenkin suhteellisen hyviä tokolien lähteitä. (Andersson ym. 2014b; Piironen & Lampi 2014)

Antioksidatiivisten vaikutusten lisäksi on tutkittu tokoleiden sydän- ja verisuonitaudeilta suojaavia vaikutuksia. Runsaan E-vitamiininsaannin yhteys alentuneeseen sydänkuolemanriskiin on nähty muun muassa suomalaisessa ATBC-tutkimuksessa, jossa seerumin α -tokoferolipitoisuuden mukaan jaoteltuna ylimmän viidenneksen riski kuolla sydän- ja verisuonitauteihin (RR 0,81), syöpään (RR 0,79) tai muihin syihin (RR 0,70) viiden vuoden seurannassa oli merkitsevästi pienempi kuin alimman viidenneksen, samoin pienempi oli myös kokonaiskuolemanriski (RR 0,82). (Wright M ym. 2006) Erot nähtiin tarkasteltaessa ennen tutkimuksen alkua mitattuja arvoja, ennen E-vitamiinisupplementaatiota, eli seerumin α -tokoferolipitoisuus oli saavutettu normaalilla ruokavaliolla.

Laboratoriokokeissa tokoleiden on osoitettu parantavan verisuonen seinämien toimintaa ja säätelevän tulehdusreaktioita sekä solujen selviytymistä. *In vivo* -tutkimuksissa vastaavia tuloksia ei ole pystytty jäljentämään, vaikka viitteitä positiivisista vaikutuksista on useissa tutkimuksissa nähty (Vardi ym. 2013).

2.5 Rukiin käsittely

Ennen elintarvikkeeksi päätymistä rukiin jyvä käy läpi tuotteesta riippuen vaihtelevan määrän työvaiheita. Jyvän käsittely on välttämätöntä, jotta siitä saadaan kuluttajalle miellyttävä tuote. Käsittely vaikuttaa myös lopputuotteen rakenteeseen, makuun ja ravintoarvoon. (Slavin ym. 2000; Hansen ym. 2002)

Rukiin sakoluku määrää, millaisen tuotteen valmistukseen kyseinen viljaerä sopii. Sakoluku kertoo tärkkelystä pilkkovien entsyymien aktiivisuudesta. Mitä korkeampi luku on, sitä matalampi on entsyymiaktiivisuus. Sakoluvun ollessa liian alhainen ruiserä ei sovellu leivän leipomiseen, vaan lopputulos on taikinainen ja kostea. Matalan sakoluvun jyvät soveltuvat

paremmin esimerkiksi maltojen ja mämmien valmistukseen. (Hansen ym. 2004; Leipätiedotus 2016)

Valmistuksen vaikutukset ovat moninaiset. Ruistuotteissa kuitupitoisuus laskee valmistusprosessin aikana tapahtuvan käymisen ja muiden taikinan osien matalamman kuitupitoisuuden vuoksi viidenneksen (Hansen ym. 2002). Myös jauhaminen, kuumennus ja idättäminen voivat osaltaan vaikuttaa rukiin ravitsemuksellisiin ominaisuuksiin ja ravintoaineiden käytettävyyteen (Slavin ym. 2000; Donkor ym. 2012) ja toisaalta myös elintarvikkeiden säilytysaika voi vaikuttaa herkkien bioaktiivisten aineiden pitoisuuteen ja käsittelyn kestämiseen (Piironen & Lampi 2014).

2.5.1 Jauhaminen

Rukiin jyvistä valmistetaan useita erilaisia leivontaan ja ruoanvalmistukseen soveltuvia tuotteita. Suomessa suurin osa leivontaan käytetystä rukiista on täysjyvää karkeusasteiltaan erilaiseksi jauhettuna. Rukiin jauhausasteesta ja kuorikerrosten mukanaolosta riippuen eri ruistuotteet eroavat toisistaan merkittävästi. Rukiin jyvän osien ja niistä valmistettujen jauhojen kuitupitoisuus on esitetty taulukossa 4. Verrattuna esimerkiksi vehnään rukiissa kuidun hävikki on jauhamisen ja kuorikerrosten poiston jälkeen huomattavasti pienempää. (Slavin ym. 2000)

Taulukko 4. Rukiin jyvän osien ja rukiista valmistettujen jauhojen kuitupitoisuus (Rakha ym. 2010).

	Sisältyvät jyvänosat	Kuitupitoisuus	Osuus jyvän painosta (%)
	Kokojyvä	20–25 %*	100 *
	Lese (ylin kuorikerros)	37,7 %	10–15
	Aleuronikerros	21,8 %	10–15
	Ydin	11,8 %	80–85
	Alkio	-	2-3
Täysjyväruisjauho	Kaikki kerrokset	20-25 %*	
Sihtiruisjauho	Aleuronikerros, ydinosa ja alkio	9,4 %**	
Lestyruisjauho	Ainoastaan ydin ja alkio	11,8 %	

*Nyström ym. 2008

** Fineli, ei sisällä fruktaania

Yleensä rukiin jyvä jauhetaan jauhoksi kokonaan, saaden aikaan täysjyväruisjauhoa, joka on rakenteeltaan karkeaa. Täysjyväjauhosta voidaan puhua myös silloin, jos jyvän osat on jauhettu erillään, mutta lopputuotteessa jyvän osien suhteelliset osuudet ovat samat kuin kokojyvässä (Leipätiedotus 2016). Ruisjauhoa, josta ennen jauhamista on poistettu ylin

lesekerros, sisemmän kuorikerroksen eli aleuronikerroksen jäädessä vielä jauhatukseen, kutsutaan sihtiruisjauhoksi. Jos myös aleuronikerros on poistettu täysin ja vain ydin jauhettu jauhoksi, kutsutaan jauhoa lestyruisjauhoksi. (Salmenkallio-Marttila, 2002) Sihtiruisjauhon käyttö on suomessakin melko yleistä, mutta lestyruisjauhon käyttö keskittyy pääasiassa teollisuuteen. Lesettä puolestaan voidaan käyttää esimerkiksi lisäämään tuotteiden kuitupitoisuutta.

2.5.2 Idättäminen ja maltaiden valmistus

Idättäminen tarkoittaa jyvien alkion ”aktivoitua” kosteassa, lämpimässä ympäristössä, jossa alkio alkaa kehittymään uudeksi versoksi. Rukiin jyvistä valmistetaan idättämisen avulla maltaita, joita käytetään muun muassa mämmin ja oluen valmistamiseen sekä leivontaan. Maltaita valmistettaessa jyvän idätys keskeytetään, jyvät kuivataan ja jauhetaan mallasjauhoiksi (Leipätiedotus, 2016).

Idättämisen aikana tärkkelys alkaa pilkkoontumaan pienemmiksi sokeriosiksi, mutta tärkkelyksen määrä pysyy idättämättömä jyvää vastaavana, kun puolestaan rasvan ja proteiinin määrä jyvässä nousee idätyksen aikana (Donkor ym. 2012). Arabinoksyylaanien määrän rukiinjyvässä on todettu jopa hieman laskevan 5 päivän idätysprosessin aikana (Donkor ym. 2012). Idättämisen on todettu nostavan rukiin jyvän liukoisten fenolisten yhdisteiden ja folaatin pitoisuuksia, mutta muihin bioaktiivisiin aineisiin idättäminen vaikuttaa vain vähän (Liukkonen ym. 2003; Donkor ym. 2012). Hermoston välittäjäaineenakin toimivan GABA:n eli gamma-aminovoihapon pitoisuus nousee idätyksen aikana merkittävästi, kun taas idättämättömässä rukiinjyvässä pitoisuus on hyvin pieni. (Donkor ym. 2012)

2.5.3 Hapattaminen

Ruistuotteet valmistetaan usein hapantaikinamenetelmällä. Hapanleivonta perustuu maitohappokäymiseen, joka antaa etenkin suomalaisten tuntemalle ruisleivälle tutun, happaman maun. Maitohappokäyminen voidaan saada aikaan hiivalla, mutta se on mahdollista käynnistää myös ilman hiivaa, taikinajuuren, eli raskin, maitohappobakteerien avulla. Hapantaikinamenetelmällä leivottaessa pienestä määrästä ruisjauhoja ja vettä muodostetaan ensin liuos, johon taikinajuuri liotetaan. Tämän jälkeen taikinajuuren annetaan käydä 8-18 tuntia ja lopuksi taikinaan lisätään muut ainekset, leivotaan leiväksi, kohotetaan ja paistetaan. (Katina ym. 2014) Jos taikinan hapattamista jatketaan yli 24 tuntia, voi taikinan pH-arvo laskea jopa alle 4:n (Buddrick ym. 2015).

Taikinän hapattamisen aikana rukiin rakenne muuttuu ja proteiinien ja tärkkelyksen hajoaminen hidastuu entsyymiaktiivisuuden vaimentuessa. Rukiin tärkkelyksen kyky imeä itseensä vettä paranee happamassa ympäristössä (Katina ym. 2014). Resistentin tärkkelyksen määrä taikinassa puolestaan kasvaa hapattamisen aikana ja kasvu on ruistaikinassa nopeampaa kuin esimerkiksi vehnätaikinassa (Katina ym. 2014; Buddrick ym. 2015)

Hapattaminen parantaa ruisleivän säilyvyyttä, rakennetta, kosteutta ja kuohkeutta ja siksi sitä käytetään paljon. (Katina ym. 2014). Se myös mahdollisesti parantaa rukiin bioaktiivisten yhdisteiden käytettävyyttä, kun soluseinien läpäisevyys ja hajoaminen hapattamisen seurauksena lisääntyy (Katina ym. 2005). Toisaalta alkyyliresorsinolien ja tokoferoleiden määrän on todettu hapattamisen aikana vähenevän, kun puolestaan folaatin määrä voi taikinän hapatuksen aikana nousta merkittävästi. (Liukkonen ym. 2003).

Hapattamisen on nähty hajottavan jopa 90 % vehnätaikinän fytaateista (Lopez ym. 2001). Rukiilla vastaavia tutkimuksia ei ole tehty, mutta samojen maitohappobakteereiden on todettu toimivan sekä vehnä- että ruistaikinoissa, joten hajoamista voidaan olettaa tapahtuvan voimakkaasti myös ruistaikinassa. Fytaatit ovat kasvukunnassa esiintyviä yhdisteitä, jotka sitovat itseensä kivennäisaineita, kuten magnesiumia ja rautaa, estäen niiden imeytymisen. Fytaattien hajotessa ja niiden sitomiskyvyn heikentyessä viljan kivennäisaineet siis mahdollisesti imeytyvät paremmin elimistöön.

2.5.4 Kypsennys

Kypsentaaminen pehmentää viljatuotteiden rakennetta, mikä tekee niistä miellyttävämpiä nauttia ja helpompia sulattaa. Kypsennyksen aikana elintarvikkeista haihtuu vettä, mikä lisää niiden energia- ja ravintoainetiheyttä (Slavin ym. 2000).

Kuumennus vaikuttaa rukiin tärkkelykseen ja sen käytettävyyteen. Resistentin tärkkelyksen määrän on todettu nousevan leivän paistamisen aikana (Andersson ym. 2009).

Kypsennettäessä rukiin tärkkelysjyväset turpoavat ja ”vuotavat” valmistuksen aikana amyloosia jyvästen ulkopuolelle. Kuumennus vaikuttaa vapautuvaan amyloosiin tehden siitä vaikeammin pilkkoutuvaa. Esimerkiksi vehnässä amyloosi pysyy tärkkelysjyvästen sisällä ja sen koostumus muuttuu paistettaessa huokoiseksi ja kevyeksi (Juntunen ym. 2003a).

Kuumennus voi muuttaa myös aminohappojen rakennetta ja vaikuttaa niiden imeytymiseen (Slavin ym. 2000). Rukiin tärkkelyksen ja proteiinin käyttäytyminen leivonnassa saavat aikaan ruistuotteille tyypillisen tiiviin ja murean rakenteen.

Lignaani pilkkoutuu kuumennettaessa. Rukiin jyvän lignaanien on todettu olevan alttiimpia kuumennuksen vaikutuksille verrattuna esimerkiksi pellavansiementen lignaaneihin. (Gerstenmeyer ym. 2013) Kypsentäminen lisää myös useiden herkkien vitamiinien, kuten folaaatin hajoamista. Samoin kuumentaminen voi vähentää fytaattien määrää viljassa merkittävästi, mikä puolestaan parantaa muun muassa raudan imeytymistä ohutsuoletta (Slavin ym. 2000).

2.5.5 Ruis elintarvikkeissa

Rukiista valmistetaan pääasiassa leipää ja puurohiutaleita, mutta ruista myös lisätään muihin elintarvikkeisiin parantamaan niiden kuitupitoisuutta ja ravintoarvoa. Ruis myös kuuluu useisiin suomalaisiin perinneruokiin, kuten mämmiin, karjalanpiirakoihin ja kukkotaikinoihin. Yleisimmin ruista kulutetaan täysjyvänä. Täysjyvätuotteeksi saa kutsua tuotetta, joka sisältää vähintään 50 % viljasta täysjyvänä.

Eniten ruista kulutetaan leipänä. Erilaisia pehmeitä leipätuotteita, joissa ruispitoisuus vaihtelee 50–100 % välillä sekä näkkileipiä on markkinoilla runsaasti. (Leipätiedotus, 2016) Rukiista valmistetut leipätuotteet ovat useimmiten rakenteeltaan tiiviimpiä ja painavampia kuin vehnäleivonnaiset. Lisäksi suomalaisten tuntemat täysjyväruistuotteet ovat usein maultaan happamia ja rakenteeltaan tiiviitä, kun taas esimerkiksi Yhdysvalloissa ruisjauhot sekoitetaan usein vehnäjauhoihin vahvan maun laimentamiseksi (Slavin ym. 2000).

3 RUIS JA AINEENVAIHDUNTA

3.1 Sokeriaineenvaihdunta

Täysjyväviljavalmisteiden käytön on osoitettu olevan yhteydessä alentuneeseen diabetesriskiin (Aune ym. 2013; Ye ym. 2012) sekä diabeteksen ilmaantuvuuteen (Parker ym. 2013). Selkeää selittävää tekijää yhteyden taustalla ei ole vielä löytynyt, mutta taustalla arvellaan olevan muutoksien glukoosi- ja insuliiniaineenvaihdunnassa.

Rukiin vaikutuksia glukoosi- ja insuliiniaineenvaihduntaan on tutkittu ateriakokein, joiden tarkoitus on selvittää, millaisia vaikutuksia yksittäinen ruista sisältävä ateria saa aikaan insuliini- ja glukoosivasteissa 2-3 tunnin aikana aterian nauttimisesta. Näissä tutkimuksissa ruisaamiainen tai verrokiaamiainen nautitaan satunnaistetussa järjestyksessä yöpaastojen jälkeen ja viljatuote kattaa pääosan tutkimusateriasta. Rukiin pidempiaikaisen käytön vaikutuksia on tutkittu ruokavaliointerventioissa. Tällöin ruista käytetään osana ruokavaliota

vähintään viikon ajan, jonka jälkeen mitataan ruisruokavalion vaikutusta elimistön vasteisiin paastotilassa ja aterian jälkeen.

3.1.1 Ateriakokeet

Ateriakokeiden tulokset viittaavat tällä hetkellä siihen, että yksittäisellä aterialla rukiin käyttö saa aikaan maltillisemmän insuliinivasteen kuin vaalea vehnä (Leinonen ym. 1999; Rosen ym. 2009; Rosen ym. 2011a, Johansson ym. 2015). Mahdollisesti vaikutuksen taustalla on ainakin osittain ruistuotteiden rakenne, sillä ruiskuitua esimerkiksi vehnäleipään lisäämällä samaa hyötyä ei ole saavutettu (Lappi ym. 2013a; Rosen ym. 2009). Myös ruislajikkeella voi olla vaikutusta insuliinivasteen suuruuteen (Rosen ym. 2011a).

Ruis- ja vehnäleivän aikaansaamat akuutit glukoosivasteet vastaavat toisiaan (Taulukko 5), mutta näyttää siltä, että glukoosiprofiililtaan viljat kuitenkin eroavat. (Juntunen ym. 2003a; Rosen ym. 2009) Vaalean vehnäleivän nauttiminen saa aikaan hieman korkeamman, mutta lyhytkestoisemman, nousun verensokeissa, jonka jälkeen verensokeri saattaa laskea hypoglykemiselle tasolle. Puolestaan ruisleipien glukoosiprofiili on loivempi, eikä verensokeri laske yhtä nopeasti alle paastoarvon (Juntunen ym. 2003a; Kallio ym. 2008). Ruislajike voi mahdollisesti vaikuttaa rukiin aikaansaamaan glukoosivasteeseen, eikä kaikissa tutkimuksissa olekaan nähty vastaavaa eroa myöhäisessä glukoosivasteessa (Rosen ym. 2011a). Hypoglykemia aterian jälkeen voi johtaa stressihormonien lisääntyneeseen erityykseen ja näin edesauttaa tai ylläpitää matala-asteista tulehdustilaa (Kallio ym. 2008).

Ruiskuidun määrä ei yksin pysty selittämään rukiin vaikutuksia insuliiniaineenvaihduntaan, sillä ruislese irrotettuna rukiille tyypillisestä rakenteesta ei ole saanut aikaan yhtä voimakkaita vaikutuksia insuliinineritykseen kuin kokojyvä- tai lestyruisleipä. (Rosen ym. 2009; Lappi ym. 2013a) ja toisaalta kuitumäärältään erilaiset ruisleivät saivat kaikki aikaan vehnäleivästä poikkeavan insuliinivasteen (Juntunen ym. 2003a). Rakenteen merkityksen puolesta puhuu myös se, että tiiviimpirakenteisen ruisleivän on osoitettu aikaansaavan kuohkeaa leipää alhaisemman insuliinivasteen ja toisaalta ruisleipien insuliinivasteiden on todettu olevan maltillisempia kuin ruispuurojen. (Juntunen ym. 2003a; Rosen ym. 2009)

Hapattamisen on havaittu vähentävän rukiin suotuisia vaikutuksia ja muuttavan insuliinivastetta lähemmäs vehnäleivän aikaansaamaa vastetta näkkileivissä (Johansson ym. 2015), mutta leipiä ja puuroja tutkittaessa maitohapolla täydennetty ruisleipä ei eronnut hapattamattomista ruistuotteista insuliinivasteeltaan. (Rosén ym. 2009)

Taulukko 5. Rukiin vaikutukset insuliini- ja glukoosiaineenvaihduntaan ateriakokeissa.

Tutkimus	Kysymys	Asetelma	Koehenkilöt	n	Insuliini	Glukoosi
Leinonen ym. 1999	Aterianjälkeinen glukoosi- ja insuliinineritys kokojyväruisleivällä, ruisnäkkileivällä ja täysjyväruisleivällä verrattuna vaaleaan vehnäleipään.	Satunnaistettu cross over 0-180 min	Terveitä 22–35-vuotiaita miehiä ja naisia, BMI 19–27	20	Kokojyväruisleipä sai aikaan alhaisemman akuutti- ja kokonaisvasteen kuin vehnäleipä. Ruistuotteiden välillä ei eroa, ainoastaan ruisnäkkileivän ja täysjyväleivän vasteet erosivat akuutin vaiheen lopussa ²	Ei eroja.
Juntunen ym. 2003a	Kuitupitoisuudeltaan eroavien lesty- ja täysjyväruisleivän sekä leseellä rikastetun ruisleivän vaikutus aterian jälkeisiin insuliini- ja glukoosivasteisiin verrattuna vaaleaan vehnäleipään.	Satunnaistettu cross over 0-180 min	Terveitä yli 60-vuotiaita naisia. BMI 26±0,6	19	Ruistuotteet eivät eronneet toisistaan, mutta saivat aikaan vehnäleipää matalampia arvoja 90 min saakka. Lestyleipä sai myöhäisessä vaiheessa ⁴ aikaan korkeamman arvon kuin vaalea vehnäleipä	Kokonaisvasteissa ei eroa. Vehnäleipä sai aikaan matalamman P-Gluk-arvon myöhäisessä vaiheessa verrattuna lestyruisleipään ³ , täysjyväruisleipään ⁴ ja leseellä rikastettuun ruisleipään ⁴
Kallio ym. 2008	Ruisleivän ja kaura-peruna-vehnäleivän vaikutus aterian jälkeisiin glukoosi- ja insuliinivasteisiin.	Satunnaistettu cross over 0-180 min	MBO ⁵ :ta sairastavia 55,1±6,4 vuotiaita miehiä ja naisia, BMI 31,9±3,8	19	Ruisleipä sai aikaan matalamman kokonaisinsuliinivasteen ja akuutin insuliininerityksen kuin kaura-peruna-vehnäleipä.	Kokonaisvasteessa ei eroa. Myöhäisvaiheessa ³ kaura-peruna-vehnäleivän P-Gluk-arvo laski enemmän kuin ruisleivällä, alle arteriaa edeltäneen paastoarvon
Rosen ym. 2009	Hapatetun ja hapattamattoman täysjyväruisleivän ja -puuron lestyruisleivän ja -puuron ja ruisleseleivän vaikutukset insuliini- ja glukoosiaineenvaihduntaan verrattuna vaaleaan vehnäleipään ja -puuroon	Satunnaistettu cross over. 0-180 min	Terveitä 24–26-vuotiaita miehiä ja naisia, BMI 23± 0,5	12	Kaikki ruistuotteiden kokonaisvaste pienempi kuin vehnäleivän ja leseleivän. Leseleivän vaste korkeampi kuin vehnäleivän. Akuutti vaste ⁶ pienempi täysjyväleivillä ja lestyleivillä kuin leseleivillä täysjyvä- ja vehnäpuurolla. Ruispuurojen akuutti insuliinivaste korkeampi kuin vastaavien leipien	Hapatettu täysjyväleipä, täysjyväpuuro ja lestyruistuotteet saivat aikaan pienemmän kokonaisvasteen ⁷ kuin vehnäleipä. Lesty- ja täysjyväleipien vaste oli pienempi verrattuna vehnäleipään, -puuroon ja leseleipään. Ruispuurojen akuutti vaste korkeampi kuin leipien.
Rosen ym. 2011a	Aterianjälkeinen glukoosi- ja insuliinineritys eri ruislajikkeista (5) tehdyillä täysjyväleivillä verrattuna toisiinsa ja vehnäleipään.	Satunnaistettu cross-over Edellinen iltapala kontrolloitu. 0-180 min.	Terveitä 21–28-vuotiaita miehiä ja naisia, BMI 22±0,5	14	2 ruislajikkeen vaste oli matalampi kuin vehnäleivän. Eri ruislaaduista valmistettujen leipien insuliinivasteet erilaisia, mutta eivät merkitsevästi eroavia.	Ei eroja, yhden ruislajikkeen jälkeen P-Gluk-arvo laski nopeammin ⁸ kuin vaalealla vehnäleivällä.
Lappi ym. 2013a	Ruisleseellä rikastetun vehnäleivän, täysjyväruisleivän ja vaalean vehnäleivän vaikutukset glukoosiaineenvaihduntaan ja fenolisten yhdisteiden imeytymiseen	Satunnaistettu cross-over. 0-240 min	Terveitä 35–65-vuotiaita miehiä ja naisia, BMI 21–32	15	Täysjyväleipä sai aikaan alhaisemman vasteen kuin vaalea vehnäleipä, leseellä rikastettu leipä ei eronnut merkitsevästi kummastakaan.	Ei eroja.
Johansson ym. 2015	Fermentoidun ja fermentoimattoman ruisnäkkileivän vaikutus aterian jälkeiseen insuliiniin, glukoosiin ja kylläisyyteen verrattuna vehnänäkkileipään.	Satunnaistettu cross-over 0-230 min	Terveitä 27–70 –vuotiaita miehiä ja naisia BMI 18–31.	23	Fermentoimaton leipä sai aikaan alhaisemman kokonaisvasteen ⁹ verrattuna vehnänäkkileipään ja fermentoituun ruisnäkkileipään. Molempia ruistuotteita seurasi vehnätuotetta matalampi arvo akuutin vaiheen jälkeen ¹⁰ .	Ei eroja.

¹ P-Gluk= plasman glukoosi, mmol/l, ² 60 min, ³ 150 min ja 180 min, ⁴180 min, ⁵MBO=Metabolinen oireyhtymä ⁶30 min ⁷120 min, ⁸ 60-120 min , ⁹ 120 ja 230 min, ¹⁰65 ja 95 mi

On myös viitteitä viljojen aminohappoprofiilin vaikutuksista niiden aikaansaamiin insuliinivasteisiin. Haaraketjuisten aminohappojen määrän veressä on havaittu olevan korkeampia vehnäleipäaterian jälkeen verrattuna ruisleipiin (Moazzami ym. 2014). Jo pitkään on tiedetty, että haaraketjuisilla aminohapoilla on haiman insuliinineritystä lisääviä ominaisuuksia (Sener & Malaisse, 1981) ja etenkin leusiinin määrän veressä on havaittu korreloivan positiivisesti veren insuliinipitoisuuden kanssa (van Loon ym. 2003; Moazzami ym. 2014). Viljojen proteiiniakoostumuksen vaikutuksia glukoosimetaboliaan on tutkittu vielä vähän, mutta ne ovat yksi mahdollinen selittävä tekijä rukiin vaikutuksille aterianjälkeiseen insuliiniaineenvaihduntaan

3.1.2 Ruokavaliointerventiot

Ruokavaliointerventioissa tulokset rukiin vaikutuksista glukoosi- ja insuliiniaineenvaihduntaan ovat olleet ristiriitaisia. Vertailusta tekee haastavaa tutkimusmenetelmien erilaisuus. Kaikissa tutkimuksissa on toteutettu glukoosin- ja insuliinineritystä mittaava koe interventiojaksojen jälkeen (Taulukko 6), mutta kokeet vaihtelevat glukoosirasituskokeista ateriakokeisiin, joista edelleen osa on toteutettu vaalealla vehnäleivällä, osa tutkimusleivillä.

Akuutin insuliininerityksen on terveillä koehenkilöillä ja metabolista oireyhtymää sairastavilla nähty tehostuvan täysjyvärukiin käytön seurauksena (Juntunen ym. 2003b; Laaksonen ym. 2005). Samansuuntainen, mutta ei tilastollisesti merkitsevä, alenema ensivaiheen insuliininerityksessä havaittiin myös yhdessä tutkimuksessa terveillä aikuisilla (Lappi ym. 2014).

Ruisleipäruokavalio, toisin kuin ruiskuidulla rikastettu vehnäruokavalio, aiheutti vaaleaan vehnäleipään verrattuna suuremman aterian jälkeisen insuliininerityksen terveillä aikuisilla (Lappi ym. 2014). Toisaalta muissa tutkimuksissa eroa kokonaisinsuliininerityksessä ei ole havaittu (Laaksonen ym. 2005, Giacco ym. 2013). Ruisruokavalion on myös havaittu pienentävän aterianjälkeistä insuliinin- ja glukoosineritystä yhdessä tutkimuksessa (McIntosh ym. 2003), mutta kyseisessä tutkimuksessa ateriakokeet toteutettiin kunkin interventiojakson jälkeen jaksoa vastaavalla leivällä. Tämän vuoksi on epäselvää, onko vaikutus ruokavalion vai yksittäisen aterian aikaansaama.

Biomarkkerin (AR C17:0/C21:0) avulla mitattuna runsas täysjyvärukiin saanti on yhdistetty parantuneeseen insuliinisensitiivisyyteen ja alentuneeseen paastoinsuliinipitoisuuteen metabolista oireyhtymää sairastavilla (Magnusdottir ym. 2014a), mutta muissa tutkimuksissa

Taulukko 6. Rukiin vaikutus insuliini- ja glukoosiaineenvaihduntaan ruokavaliointerventioissa.

Tutkimus	Kysymys	Asetelma	Koehenkilöt	n	Insuliini	Glukoosi
Juntunen ym. 2003b	Pitkäaikaisen täysjyväviljan (rukiin) käytön vaikutukset glukoosi- ja insuliiniaineenvaihduntaan verrattuna vaaleaan vehnäleipään.	Satunnaistettu crossover. 8 vk interventio + glukoosirasitusko	Terveitä 59 ± 6 v naisia, BMI 27,5 ± 2,9	20	Paastoinsuliini ↔ Akuutti erityis ruisdieetin jälkeen ↑ Insuliinisensitiivisyys ↔	↔
McIntosh ym. 2003	Runsaskuituisen ruisruokavalion (HFR) ja runsaskuituisen vehnäruokavalion (HFW) vaikutukset suolistoon, plasman insuliiniin ja glukoosiin verrattuna vaaleaan vehnäleipään (WW)	Satunnaistettu cross-over - tutkimus. 4 viikon inverventiojakso + ateriakoe kyseisen jakson leivällä.	Ylipainoisia 40–65-vuotiaita miehiä.	28	Paastoinsuliini ↔ HFR ja HFW aterian jälkeinen erityis (60 min) ↓ vs. WW	HFR ja HFW ↓ vs. WW (60 min)
Laaksonen ym. 2005	Hiilihydraattimodifikaation vaikutus insuliiniaineenvaihduntaan ja seerumin lipideihin MBO ¹ :ta sairastavilla ruisruokavaliolla (RP) ja vehnä-kaura-peruna - ruokavaliolla (OWP)	Tapaus-kontrollitutkimus. 12 viikon interventio + glukoosirasitusko	MBO:ta sairastavia miehiä ja naisia	72	RP-ryhmässä insulinoogeeninen indeksi ² kasvoi enemmän kuin OWP-ryhmässä. Kokonaisinsuliinivaste ↔	↔
Giacco ym. 2013	Täysjyvärukiin- ja vehnän vaikutukset aineenvaihdunnallisiin riskitekijöihin verrattuna vaaleaan vehnään	Tapaus-kontrollitutkimus. 12 viikon interventio + glukoosirasitusko	MBO:ta sairastavia, ylipainoisia 40–65-vuotiaita miehiä ja naisia	149	Paastoinsuliini ↔ Insuliinisensitiivisyys ↔ Insuliinin erityis ↔ Veren rasva-arvot ↔ Tulehdukselliset tekijät ↔	↔
Lappi ym. 2014	Täysjyväruisleivän (WGR), ruisleseellä rikastetun vehnäleivän (BB+WW) ja vaalean vehnäleivän (WW) vaikutukset aterianjälkeiseen glukoosiaineenvaihduntaan ja lyhytketjuisten rasvahappojen tuotantoon	Satunnaistettu cross-over - tutkimus. 4 viikon interventio + ateriakoe vaalealla vehnäleivällä.	Terveitä 38–65-vuotiaita, toiminnallisista vatsavaivoista kärsiviä miehiä ja naisia, BMI <35.	21	WGR insuliinin erityis (120 min) ↓ vs. WW BB+WW ja WW ↔ BB+WW ja WGR ↔	↔

¹MBO=Metabolinen oireyhtymä, ²Insulogeeninen indeksi=Akuutti insuliinieritys suhteessa akuuttiin glukoosineritykseen

vastaavaa vaikutusta ei ole havaittu terveillä eikä metabolista oireyhtymää sairastavilla. (Juntunen ym. 2003b; Giacco ym. 2013)

3.2 Rasva-aineenvaihdunta

Suuret väestötason tutkimukset puoltavat täysjyväviljojen myönteisiä vaikutuksia sydän- ja verisuonitautiriskin kannalta (Pietinen ym. 1996; Jacobs & Gallaher 2004) ja tuoreessa tanskalaisessa kohorttitutkimuksessa (Helnaes ym. 2016) täysjyväviljoista nimenomaan runsas rukiin ja kauran, mutta ei vehnän, käyttö olivat yhteydessä pienentyneeseen sydäninfarktin riskiin. Vaikutusten on arveltu välittyvän rasva-aineenvaihdunnan kautta, joista on saatu viitteitä myös interventiotutkimuksissa (Lankinen ym. 2010; Söderholm ym. 2012; Magnusdottir ym. 2014b), joskaan kaikki kliiniset kokeet eivät ole puoltaneet rukiin hyödyllisyyttä rasva-aineenvaihdunnan kannalta (mm. Moazzami ym. 2012). Tutkimustieto rukiin vaikutuksista rasva-aineenvaihduntaan on koottu taulukkoon 7.

Täysjyvärukiin käytön biomarkkerina pidetyn AR C17:0/21:0 määrä veressä, mutta ei alkyyliresorsinolien kokonaismäärä yhdistyi seerumin alentuneeseen LDL-kolesterolin pitoisuuteen, kohonneeseen HDL-kolesterolin pitoisuuteen ja parantuneeseen LDL/HDL suhteeseen (Magnusdottir ym. 2014b). Interventioissa, joissa rukiin saantia on mitattu laskennallisesti ruokapäiväkirjan avulla, on kokonaiskolesterolin nähty alenevan ruisruokavalion seurauksena yhdessä tutkimuksissa miehillä (Leinonen ym. 2000), mutta muissa tutkimuksissa vastaavaa vaikutusta kolesteroliarvoihin ei ole havaittu (Laaksonen ym. 2005; Moazzami ym. 2012).

Hiilihydraattimodifikaatiotutkimuksessa, jossa verrattiin ruisruokavaliota kauraa, perunaa ja vehnää sisältävään ruokavalioon, havaittiin ruisruokavalion vähentävän haaraketjuisten aminohappojen määrää ja lisäävän pitkäketjuisen dokosaheksaeenihapon määrää seerumissa (Lankinen ym. 2010). Myös DNA-signalointi oli ruisryhmän ja vehnä-kaura-perunaryhmän välillä erilaista, puoltaen rukiin hyödyllisiä vaikutuksia muun muassa kudosten stressisignaloinnin ja rasvakudoksen erikoistumisen kannalta (Kallio ym. 2007). Rukiin lisäämisellä vähäkuituiseen ruokavalioon on osoitettu olevan vaikutusta LDL-oksidaation vähenemiseen, mutta HDL-oksidaatioon sillä ei ole ollut vaikutusta (Söderholm ym. 2012a).

Taulukko 7. Rukiin vaikutus rasva-aineenvaihduntaan.

Tutkimus	Kysymys	Asetelma	Koehenkilöt	n	Tulokset
Leinonen ym. 2000	Täysjyvärukiin ja vaalean vehnäleivän vaikutukset seerumin lipideihin	Satunnaistettu cross-over 2 x 4 viikon interventio,	kohonnut S-Kol ¹ (6,4 ± 0,2 mmol) BMI 22–32	40	Miehillä S-Kol ruisleipäjaksolla ↓ LDL ² ja HDL ³ ↔
Laaksonen ym. 2005	Hiilihydraattimodifikaation vaikutus insuliiniaineenvaihduntaan ja seerumin lipideihin	Tapaus-kontrollitutkimus. 12 viikon interventio, jossa OWP (vehnä, kaura, peruna)-ryhmä ja RP (ruis)-ryhmä.	MBO ⁴ , ylipainoisia	72	Naisilla S-Kol, LDL ja HDL ↔ Ei eroja LDL, HDL tai kokonaiskolesterolissa eikä seerumin triglyserideissä interventoryhmien välillä.
Lankinen ym. 2010	Hiilihydraattimodifikaation vaikutus veren lipideihin ja seerumin aineenvaihdutatuotteisiin.	Tapaus-kontrollitutkimus. 12 viikon interventio jossa OWP (vehnä, kaura, peruna) ja RP (ruis) -ryhmä. Kuidun saanti sama.	MBO, ylipainoisia	20	RP-ryhmässä DHA ⁵ ↑ Isoleusiini ↓ Stressireaktioon yhdistetyt reitit ↓ Insuliinisolointiin yhdistetyt reitit ↓ OWP-ryhmässä Stressireaktioon yhdistetyt reitit ↑ DNA-vauriosolointi rasvakudoksessa ↑ rasvakudoksen erikoistuminen ↑
Lankinen ym. 2011a	Täysjyväviljatuotteiden, kalan ja mustikan vaikutukset rasva- ja glukoosiaineenvaihduntaan	Tapaus-kontrollitutkimus. Interventio 12 vk, jossa täysjyvä- kala- mustikkaryhmä (GFB), täysjyvä-ryhmä (WG) ja vaalea vehnäleipäryhmä (WW)	MBO, ylipainoisia	106	GFB- että WG-interventio sai aikaan positiivisia muutoksia seerumin lipideissä. GFB-ryhmässä muutoksia huomattavasti enemmän kuin WG-ryhmässä.
Söderholm ym. 2012a	Rukiin käytön vaikutus LDL-oksidaatioon	Ei kontrolloitu interventio. Ruista 1 vko 0 g/vrk, 2 vko 99 g/vrk ja 2 vko 198 g/vrk Puolet sai leivän mukana kasvisteroleita.	terveitä, BMI 24,1 ± 3,2	63	Rukiin käyttö vähensi LDL-oksidaatiota verrattuna vähäkuituiseen baseline-jaksoon. HDL-oksidaatioissa ei tapahtunut muutosta.
Moazzami ym. 2012	Täysjyvärukiin vaikutukset seerumin aineenvaihdutatuotteisiin verrattuna vehnäleipään.	Satunnaistettu, kontrolloitu crossover. 8 viikon ruis- ja vehnäinterventiot	kohonnut S-Kol, vaihdovuosi- iän ylittäneitä naisia, BMI 20-33	33	Ruisjaksolla leusiini ja isoleusiini ↓ S-Kol- ja LDL ↑
Magnusdottir ym. 2014b	Täysjyvärukiin saannin yhteys (biomarkkerin avulla mitattuna) veren lipideihin	Tapaus-kontrollitutkimus 18/24 vko interventio. Suositusten mukainen vs ”tavallinen” ruokavalio	MBO, BMI 27– 40	153	AR C17:0/C21:0 ⁶ ↑= LDL ↓ LDL:HDL ⁷ ↓ ei-HDL ↓ HDL ↑ Apolipoproteiini B ↓

¹S-Kol = Seerumin kokonaiskolesteroli, mmol/l, ²LDL= seerumin, LDL-kolesteroli, mmol/l, ³HDL= Seerumin HDL-kolesteroli, mmol/l, ⁴MBO=metabolinen oireyhtymä, ⁵DHA = Seerumin dokosaheksaenihappo %, ⁶AR C17:0/C21:0= Alkyyliresorsinoliaatyyppien C17:0 ja C21:0 suhde, täysjyvärukiin käytön biomarkkeri ⁷ LDL/HDL = LDL-kolesterolin ja HDL-kolesterolin suhde seerumissa.

3.3 Kylläisyys ja painonhallinta

Runsas kuidun saanti on yhdistetty epidemiologisissa tutkimuksissa muun muassa maltillisempaan painon ja vyötärön ympäröityksen kasvuun verrattuna vähäiseen kuidun saantiin (Liu ym. 2003; Du ym. 2010). Suuressa kohorttitutkimuksessa viljakuidun yhteys pienempään painonnousuun sekä vyötärön ympäröityksen kasvuun oli lisäksi merkittävämpi kuin kokonaiskuidunsaannin (Du ym. 2010).

Tutkimuksia rukiin pitkäaikaisista vaikutuksista painonhallintaan ei löydy, mutta vaikutuksia kylläisyyteen ja yksittäisen aterian vaikutuksia seuraavan aterian energiamäärään on tutkittu huomattavasti enemmän (Taulukko 8). Tutkimusten perusteella on selvää, että ruistuotteet lisäävät kylläisyyttä aterian jälkeen seuraavien 4 tunnin ajan riippumatta rukiin muodosta (leipä/puuro), kuitupitoisuudesta ja jauhatuksesta verrattuna vaaleaan vehnäleipään. Lisäksi kylläisyys- ja painonhallintavaikutuksen taustalla voivat mahdollisesti olla muutoksia aineenvaihdunnassa. Esimerkiksi tryptofaanin esiasteiden ilmentyminen veressä voi johtaa lisääntyneeseen peptidi YY:n erittymiseen suolistossa ja täten alentuneeseen näläntunteeseen. (Lankinen ym. 2011)

Kun vertaillaan eri ruistuotteita keskenään, ovat runsaskuituiset tuotteet johtaneet suurempaan kylläisyyteen (Isaksson ym. 2009). Lisäksi kuitumäärästä riippumatta jyvän jauhatuksen on nähty vaikuttavan kylläisyyteen ja näläntunteeseen puurojen osalta siten, että karkeampi jauhatusaste ja kokojyvän käyttö saavat aikaan suuremman kylläisyysvaikutuksen aterian jälkeen verrattuna jauhetumpiin tuotteisiin. (Isaksson ym. 2011; Ibrücker ym. 2014)

Ruistuotteista leipä ja keitetty kokojyvä näyttäisivät vähentävän seuraavalla aterialla (3-4 h) syötyä energiamäärää, mutta puuroilla vaikutusta energiansaantiin ei ole havaittu (Isaksson ym. 2008; Rosen ym. 2011b; Ibrücker ym. 2014). Yhden tutkimuksen mukaan rukiin vaikutus energiansaantiin voi olla riippuvainen annoskoosta. Annoskoon ollessa pieni ruisaamiaista seurasi vehnäamiaiseen verrattuna pienempi energiansaanti lounaalla, mutta annoskoon kasvaessa ero lounaan energiansaannissa katosi (Forsberg ym. 2014).

Kylläisyysvaikutuksen taustalla voi olla muun muassa rukiin amyloosin vuotaminen tärkkelysjyväsistä paiston aikana, jonka vuoksi tärkkelys sulaa ruoansulatuskanavassa hitaammin. Samoin vehnäleipää hillitympi verensokerin lasku aterian jälkeen voi selittää pienempää näläntunnetta ja halua syödä (Juntunen ym. 2003ab).

Taulukko 8. Rukiin vaikutukset aterianjälkeiseen kylläisyyteen ja seuraavan aterian/vuorokauden energiansaantiin.

Tutkimus	Kysymys	Asetelma	n	Tuote	Kylläisyys	Nälän- tunne	Halu syödä	Energian- saanti	Muut huomiot
Isaksson ym. 2008	Ruispuuron vaikutus kylläisyyteen ja syötyyn energiamäärään verrattuna vaaleaan vehnäleipään	Satunnaistettu cross over. Seuranta 24 h	22	Puuro	↑*	↓	↓	↔	*kylläisyyden kesto
Isaksson ym. 2009	Rukiin eri jauhatustasojen erot kylläisyyteen ja annos-vastesuhde kuitupitoisuudeltaan erilaisten leipien välillä	Satunnaistettu cross over, 2-osainen koe. Seuranta 8 h	16	Leipä	↔	↓	↓	-	Ruislesettä sisältävät tuotteet lisäsivät kylläisyyttä eniten
Isaksson ym. 2011	Rukiin jauhatustason vaikutus kylläisyyteen	Satunnaistettu cross over. Seuranta 8 h	20/ 24	Puuro Leipä	↑ ↔	↓ ↔	- -	- -	Karkea jauhatustaso, suurempi kylläisyys
Isaksson ym. 2012	Ruisleipäämäärän kylläisyysvaikutus verrattuna vaaleaan vehnäleipään	Satunnaistettu cross over. Interventio + ateriakoe. Seuranta 3 vk/ 8 h	24	Puuro	↑	↓	↓	-	Kylläisyysvaikutus säilyi 3 viikon jälkeenkin ateriakokeessa
Rosen ym. 2011a	Eri ruislajikkeiden vaikutus kylläisyyteen verrattuna vaaleaan vehnäleipään	Satunnaistettu crossover. Seuranta 3 h	14	Leivät	↑	↔	↔	-	Lajikkeiden kylläisyysvasteet eri tyyppisiä, mutta ei merkittävästi eroavia
Rosen ym. 2011b	Rukiinjyvän (RK), täysjyväruisleipien (WRB;WRB-lac) ja lestyruisleipien (ERB ja ERB-lac) vaikutus kylläisyyteen ja energiansaantiin seuraavalla aterialla verrattuna vehnän jyvään (WK) ja vehnäleipään (WWB)	Satunnaistettu crossover. Seuranta 4,5 h	19	Kaikki tuotteet RK	↑ ↓ ¹	↔ ↓ ²	↔ ↓ ²³	↓ ↓ ¹	¹ vs. WWB ² vs WWB, WRB (2-4 h) ³ vs. ERB-lac, WRB-lac (1 h)
Forsberg ym. 2014	Runsaskuituisen rukiin vaikutus kylläisyyteen verrattuna vehnäleipään suuremmalla kokonaisannoksella (1) ja pienemmällä annoksella ja suuremmalla leivän suhteellisella osuudella (2)	2 satunnaistettua cross over-tutkimusta. Seuranta 4 h	20 21	Leipä 1 2	↔ ↓	↓ ↓	↓ ↓	↔ ↓	
Ibrükker ym. 2014	Kokojyvärukiin (leipä RKB, jyvä RK) vaikutus iltapalalla nautittuna seuraavan päivän kylläisyyden tunteeseen ja lounaan energiamäärään sekä suoliston bakteerifermentaatioon verrattuna vaaleaan vehnäleipään (WWB)	Satunnaistettu, kontrolloitu crossover. Seuranta 3h	12	Leipä Jyvä	↔ ↑	↓ ↓	↔ ↓	↓ ↓	Ruistuotteiden välillä ei eroa
Johansson ym. 2015	Fermentoidun (RCB) ja fermentoimattoman (uRCB) ruisnäkkileivän vaikutus kylläisyyteen verrattuna vehnänäkkileipään (WCB)	Satunnaistettu cross over. Seuranta 4 h	23	Näkki-leipä	↑	↓	-	-	RCB ja uRCB ei eroa

3.4 Suoliston terveys

Suoliston toimintaa arvioidaan useimmiten ulosteiden märkä- ja kuivapainon, ulosteiden vesipitoisuuden, ulostuskertojen, suoliston läpikulkuajan (ITT, Intestinal transit time) ja ulosteiden koostumuksen perusteella (de Vries ym. 2015). Nämä tekijät ovat yhteydessä muun muassa ummetukseen ja mahdollisesti paksu- ja peräsuolensyöpäriskiin (Mutanen & Voutilainen 2012). Tutkittaessa rukiin vaikutuksia näihin markkereihin, on rukiin havaittu lisäävän viikoittaisia ulostamiskertoja verrattuna vaaleaan vehnäleipään, täysjyvävehnäleipään ja kaupallisiin laksatiiveihin sekä vähentävän ruoan läpikulku-aikaa verrattuna vaaleaan vehnäleipään ja kaupallisiin laksatiiveihin. (Gråsten ym. 2000; McIntosh ym. 2003; Gråsten ym. 2007; Holma ym. 2010)

Runsas kuidunsaannin on spekuloitu vaikuttavan suotuisasti mikrobistoon, sillä se tarjoaa ravintoa mikrobeille, ja toisaalta myös kuidun mukana paksusuoleen kulkeutuvilla bioaktiivisilla yhdisteillä voi olla osansa suoliston terveyden kannalta. Täysjyväviljojen käyttö on yhdistetty muutoksiin mikrobiston koostumuksessa (Lappi ym. 2013b; Foester ym. 2014) mutta rukiin käytöllä mikrobistoon ei ole nähty merkittäviä vaikutuksia, joskin aiheesta on toteutettu vain yksi interventio metabolista oireyhtymää sairastavilla (Lappi ym. 2013b).

Vaikka tutkimuksia rukiin vaikutuksista suoliston mikrobistoon ei ole vielä juurikaan saatavilla, rukiin on useissa tutkimuksissa osoitettu lisäävän lyhytketjuisten rasvahappojen muodostusta paksusuoleessa verrattuna vaaleaan vehnään (Taulukko 9). Paksusuolen bakteerit tuottavat fermentaation lopputuotteena lyhytketjuisia rasvahappoja, joiden lisääntynyt määrä kertoo tehostuneesta fermentaatiosta suolistossa. Ruisleseen vaikutuksia mikrobistoon on tutkittu *in vitro* ja todettu bakteerien kykenevän fermentoimaan ruisleseen kuitua (Karppinen 2003). Vain muutamassa interventiotutkimuksessa on kartoitettu lyhytketjuisten rasvahappojen määrää laajasti. (Gråsten ym. 2007; Holma ym. 2010; Lappi ym. 2014) ja näistä kahdessa kokonaismäärän nähtiin nousevan merkitsevästi (Holma ym. 2010; Lappi ym. 2014). Lisäksi lyhytketjuisista rasvahapoista butyraatin määrän on nähty nousevan rukiin käytön seurauksena kahdessa tutkimuksessa (McIntosh ym. 2003; Gråsten ym. 2000).

Myös lignaaneista suolistossa muodostuvaa enterolaktonia pidetään muun muassa suolen limakalvon terveydelle hyödyllisenä tekijänä. Sen määrän plasmassa on osoitettu nousevan rukiin ja täysjyväviljojen käytön seurauksena (McIntosh ym. 2003; Gråsten ym. 2007)

Nopeutunut läpikulku-aika suolistossa voi mahdollisesti vähentää karsinogeenisten yhdisteiden kosketusta suolen limakalvon kanssa, kun puolestaan ulosteiden lisääntynyt määrä laimentaa ulostemassaa vaikuttaen samalla tapaa.

Rukiin ja täysjyväviljojen suolistovaikutuksia voidaan tutkia monelta eri näkökannalta, sillä ruis ei sovi kaikille. Ruis sisältää sekaliineja, jotka vehnän gliadiinin tavoin aiheuttavat suoliston limakalvon tuhoutumista keliakiaa sairastavilla. Terveelle suolelle ruis ei kuitenkaan ole vaarallinen. Koska ruis sisältää runsaasti kuitua, jota suoliston bakteeristo fermentoi muodostaen sivutuotteena kaasuja, voi herkkävatsainen saada rukiista vatsaoireita, kuten turvotusta ja kipua.

3.5 Syöpä

Ruis sisältää monia yhdisteitä, joiden on osoitettu tai oletettu liittyvän syöpien ilmaantumiseen ja kehittymiseen. Antioksidatiivisten tokoleiden ja mahdollisesti fenolisten yhdisteiden, suolistohormoneiden esiasteiden lignaanien sekä alkyyliresorsinolien on vähintään *in vitro* -kokeissa nähty vaikuttavan syöpäsolukoon tai epidemiologisesti yhdistetty syövän vähäisempään ilmaantumiseen. (Zhu ym. 2011; Touillaud ym. 2007; Aura 2014, Wright ym. 2006) Lisäksi rukiin suuri kuitupitoisuus voi osaltaan olla edullinen tekijä syöpäriskin kannalta (Adlercreutz, 2010). Rukiilla on siis monia potentiaalisia ominaisuuksia syöpäriskin pienentämiseen. Tieto yksittäisten yhdisteiden toiminnasta ei kuitenkaan vielä takaa, että kyseistä yhdistettä sisältävällä elintarvikkeella on samat ominaisuudet.

Ruista on tutkittu pääasiassa eturauhassyöpään ja paksu- ja peräsuolensyöpää liittyen. Myös mahdollisia vaikutuksia rintasyöpäriskiin on spekuloitu (Adlercreutz 2010). Kuitenkin tutkimus rintasyövän ja rukiin käytön yhteydestä on hyvin puutteellista. Täysjyväviljojen ja ruisleivän käytöllä ei ollut vaikutusta rintasyöpäriskiin yhdeksän vuoden seurannassa (Egeberg ym. 2009), eikä täysjyväviljojen käyttö suojannut rintasyövältä myöskään yhdysvaltalaisaineistossa (Nicodemeus ym. 2001), joskaan kyseisessä tutkimuksessa ruista ei ollut eritelty muista täysjyväviljoista.

Lisäksi täysjyväviljojen, ei yksin rukiin, käyttö näyttäisi vähentävän yläruoansulatuskanavan syöpien (suu-, nielu ja ruokatorvensyöpä) riskiä (Levi ym. 2000), tosin pohjoismaissa

Taulukko 9. Rukiin vaikutukset ulosteiden määrään, ulosteiden laatuun ja plasman enterolaktonipitoisuuteen.

Tutkimus	Kysymys	Asetelma	Koehenkilöt	n	Massa	Pehmeys	TITT*	Ulosteiden entsyymit	SCFA**	pH	Ureaasi-aktiivisuus
Gråsten ym. 2000	Täysjyväruis verrattuna vaaleaan vehnään	Satunnaistettu cross over.	Naisia miehiä	17	↑	-	↓	↓ ^{1,6}	↑Δ ¹	-	↑ ²
McIntosh ym. 2003	Runsaskuituinen ruis- ja vehnä verrattuna vaaleaan vehnään	Satunnaistettu cross over	Miehiä BMI >25	28	↑	-	-	↓ ⁵	↑Δ	↓	-
Gråsten ym. 2007	Runsaskuituisen ruisleipä verrattuna vaaleaan vehnään	Satunnaistettu cross over	Naisia	39	↑	↑	-	↑ ⁷	↔	-	↑
Holma ym. 2010	Ruis verrattuna vehnään ja laksatiiveihin	Tapaus-verrokki	Miehiä ja naisia	51	↑	↑	↓ ³	↓ ^{3,5}	↑△	↓	-
Lappi ym. 2014	Täysjyväruis ja ruisleseellä rikastettu vehnäleipä verrattuna vaaleaan vehnään	Satunnaistettu cross over	Naisia ja miehiä BMI <35.	21	-	-	-	-	↑ ⁴	-	-

*TITT=Ulosteiden läpikulku-aika (total intestinal transit time); **SCFA= Lyhytketjuiset rasvahapot (Short chain fatty acids) ¹Vain miehillä; ²vain naisilla ; ³myös verrattuna laksatiiveihin; ⁴sekä täysjyväruisleipä että ruisleseellä rikastettu vehnäleipä verrattuna vaaleaan vehnäleipään; ⁵β-glukuronidaasi-aktiivisuus; ⁶β-glukuronidaasi- ja β-glukosidaasiaktiivisuus; ⁷β-glukosidaasi-aktiivisuus; Δ butyraatti; △ butyraatti ja asetaatti ja propionaatti

toteutetussa suuressa kohortissa todettiin yhteys pienentyneen ruokatorvensyövän riskin runsaalla täysjyväviljojen ja täysjyvävehnän, mutta ei täysjyvärukiin tai -kauran käytöllä (Skeie ym. 2015). Muita rukiilla toteutettuja tutkimuksia aiheesta ei ole.

3.5.1. Eturauhassyöpä

Eturauhassyöpä, joka on miesten yleisin syöpätyyppi länsimaissa (Landberg ym. 2010), on yhdistetty muun muassa ylipainoon, insuliiniresistenssiin ja hyperinsulinemiaan. Nämä tekijät ovat yhteydessä myös aggressiivisempaan taudinkuvaan (Landberg ym. 2010). Näin ollen rukiin positiiviset vaikutukset insuliiniaineenvaihduntaan voivat heijastua myös eturauhassyöpäriskiin. Tutkimuksia eturauhassyövän ja rukiin yhteyksistä on saatavilla melko vähän (Taulukko 10).

Taulukko 10. Rukiin vaikutukset eturauhassyöpään.

Tutkimus	Kysymys	Asetelma	Koehenkilöt	n	Tulokset
Bylund ym. 2003	Runsaan ruis- ja vehnäkuidun saannin vaikutus eturauhassyöpään	Satunnaistettu verrokkitutkimus	eturauhassyöpää sairastavia miehiä	18	Ruisryhmässä plasman enterolaktoni \uparrow Apopt. index ¹ \uparrow . PSA ² , C-peptidi ja IGF-1 ³ \leftrightarrow
Landberg ym. 2010	Runsaan rukiin (>500 g) ja ruisleseen käytön yhteys eturauhassyövän etenemiseen verrattuna vaaleaan vehnään	Satunnaistettu, kontrolloitu cross-over. 6 vko.	eturauhassyöpää sairastavia miehiä	17	Plasman insuliini, PSA ja 24-h virtsan C-peptidi \downarrow ruisruokavaliolla
Torfadottir ym. 2012	Täysjyväruisleivän, kaurapuuron ja täysjyvävehnäleivän käyttö eri elämänvaiheissa ja yhteys eturauhassyövän riskiin	Kohorttitutkimus	69–96 v. miehiä	2268	Ainoastaan ruisleivän päivittäinen käyttö nuoruusiässä oli yhteydessä pienempään eturauhassyövä diagnoosin ja pitkälle edenneen eturauhassyövän riskiin.

¹Apopt. index= Apoptoottinen indeksi; ²PSA= Prostataspesifinen antigeeni; ³IGF-1=Insuliinin kaltainen kasvutekijä 1

Kohorttitutkimuksessa säännöllinen ruisleivän käyttö nuoruusiässä, mutta ei muissa ikävaiheissa, yhdistyi pienempään eturauhassyövän riskiin ja se oli myös suojasi pitkälle edenneeltä syövältä (Torfadottir ym. 2012). Runsaan ruisleivän saanti (>500 g/vrk) verrattuna vehnäleipään madalsi veren insuliini- ja PSA (prostataspesifinen antigeeni)-tasoja sekä virtsaan eritettyä C-peptidin määrää merkittävästi kuuden viikon interventiossa (Landberg ym. 2010). Pienemmällä käyttömäärällä toteutetussa kolmen viikon pilottitutkimuksessa ruisleseen vaikutuksia veren IGF-1 ja PSA -tasoihin ei kuitenkaan havaittu, mutta syöpäsolujen tuhoutumisesta kertovan apoptoottisen indeksin ja plasman enterolaktonipitoisuuden

havaittiin nousevan ruisruokavalion seurauksena (Bylund ym. 2003).

Enterolaktonipitoisuuden nousua plasmassa rukiin käytön seurauksena on nähty myös muissa tutkimuksissa (McIntosh ym. 2003; Gråsten ym. 2007)

3.5.2 Paksu- ja peräsuolensyöpä

Paksusuolen syövän tiedetään olevan vahvasti sidoksissa elintapoihin (Järvinen & Lepistö, 2013). Täysjyväviljojen käytön ja paksu- ja peräsuolensyöpien yhteydestä tutkimustulokset ovat kuitenkin ristiriitaisia (Aune ym. 2011; Bakken ym. 2016). Tarkasteltaessa syöpätyyppejä erillään havaittiin, että täysjyväviljojen käyttö oli yhteydessä pienempään paksu- muttei peräsuolensyöpäriskiin (Larsson ym. 2005).

Interventioissa on tutkittu mahdollisia mekanismeja täysjyväviljojen käytön ja paksu- ja peräsuolen riskin välillä. Ulosteiden massan on oletettu liittyvän paksu- ja peräsuolensyöpäriskiin ulosteiden laimenemisen ja sappihappojen sitomiskyvyn kautta (Weisburger ym. 1993; Järvinen & Lepistö 2013) ja tutkimuksissa rukiin onkin havaittu vaikuttavan niin ulosteiden massaankin läpikulkuajankin positiivisesti (McIntosh ym. 2003; Gråsten ym. 2000, Gråsten ym. 2007, Holma ym. 2010). Rukiin on vaaleaan vehnäleipään verrattuna nähty lisäksi vähentävän ulosteen β -glukuronidaasiaktiivisuutta ja lisäävän ulosteen butyraattipitoisuutta useissa (McIntosh ym. 2003; Gråsten ym. 2000; Holma ym. 2010; Lappi ym. 2014), joskaan ei kaikissa (Gråsten ym. 2007) tutkimuksissa. Bakteerien tuottama β -glukuronidaasi voi muodostaa suolistossa toksisia yhdisteitä edistäen näin syövän syntyä, kun butyraatti puolestaan voi olla karsinogeneesiltä suojaava tekijä. (Gråsten ym. 2000) Rukiin vaikutukset näihin yhdisteisiin ovat siis olleet suoliston terveydelle edullisia.

4 PRO-GRADU TYÖN TAVOITTEET

Tämän työn kokeellinen osuus toteutui osana RyeBreath-ruokavaliointerventiota. RyeBreath - tutkimuksen tarkoitus oli tutkia rukiin vaikutuksia hengitysilman yhdisteisiin.

Tavoite oli saada intervention avulla aikaan onnistunut tutkimusasetelma, jossa runsaskuituiset ruokavaliot eroavat toisistaan viljakuidun lähteen osalta, mutta ovat kuitupitoisuudeltaan toisiaan vastaavia. Toisaalta tavoitteena oli saada runsaskuituiset ruokavaliot poikkeamaan vähäkuituisista kuidun määrän osalta, jotta nähtäisiin, tuleeko mahdollinen vaikutus kuidun määrästä vai laadusta. Kuidunsaantia lukuun ottamatta ruokavalioiden haluttiin olevan samankaltaisia.

5 AINEISTO JA MENETELMÄT

5.1 Tutkittavat

Tutkittavia rekrytoitiin yliopiston intraviestien avulla. Kriteereinä tutkimukseen soveltumiselle olivat 18-65-vuoden ikä, painoindeksi 18,5-30, tupakoimattomuus ja tavanomaisen ruokavalion noudattaminen. Uloslukukriteereinä olivat lisäksi krooniset sairaudet (diabetes, sepelvaltimotauti, astma, suolistosairaudet), raskaus ja imetys. Osallistujiksi saatiin 3 miestä ja 6 naista.

5.2 Tutkimuksen kulku

Tutkimus toteutettiin Itä-Suomen yliopistolla Kansanterveystieteen ja ravitsemustieteen yksikössä helmi-maaliskuussa 2015. Tutkittavien rekrytointi tapahtui tammi-helmikuussa 2015 ja heidät satunnaistettiin ennen ensimmäisiä tutkimuskäyntejä kahteen ryhmään siten, että osa tutkittavista toteutti runsaskuituiset ruokavaliot järjestyksessä ruis-vehnä, osa puolestaan vehnä-ruis. Jokaisen tutkittavan kanssa sovittiin viisi aamupäivälle sijoittuvaa tutkimuskäyntiä viikon välein.

Ensimmäisellä tutkimuskerralla tarkastettiin tutkittavien soveltuvuus tutkimukseen, annettiin ohjeistus ensimmäiselle vähäkuituiselle ruokavaliolle sekä yleistä tietoa tutkimuksen kulusta. Seuraaville neljälle käynneille tutkittavat saapuivat 12 tunnin yöpaaston jälkeen. Käynneillä he antoivat ensin hengitysilmanäytteen, jonka jälkeen heille tarjottiin tulevan ruokavalion mukainen aamiainen. Tutkittavat palauttivat kyseisen viikon ruokapäiväkirjan jokaisella mittauskäynnillään. Ruokavaliotiedot tarkastettiin ruokapäiväkirjoista ja lopuksi annettiin ohjeet seuraavan viikon ruokavalioon. Intervention jälkeen tutkittavat saivat omista ruokapäiväkirjoistaan kirjallisen palautteen.

5.2.1 Ruokavaliointervention kuvaus

Tutkittavat ohjeistettiin noudattamaan intervention aikana viikon ajan kolmea erilaista ruokavaliota, jotka pyrittiin erottamaan toisistaan niin kuitupitoisuuden kuin kuidun lähteenkin osalta. Ruokavaliot olivat, runsaskuituinen ruisleipäruokavalio (RKR), runsaskuituinen vehnäleipäruokavalio (RKV) ja vähäkuituinen vehnäleipäruokavalio (VK), joka toteutettiin ennen molempia runsaskuituisia jaksoja. Tavoitteena oli, että runsaskuituiset ruokavaliot vastaavat kuitupitoisuudeltaan toisiaan ja ovat merkittävästi runsaskuituisempia kuin vähäkuituinen vehnäruokavalio. Merkittäväksi eroksi määritettiin 10 g/vrk ravintokuidun saannissa runsas- ja vähäkuituisilla jaksoilla.

Ruokavalioiden kuitupitoisuuteen pyrittiin vaikuttamaan tutkimusleivillä, jotka annettiin tutkittaville ennen tutkimusjaksoja. Jokaisella ruokavaliolla tutkittavat ohjeistettiin syömään tutkimusleipiä vähäkuituisella vehnäleipäjaksolla ja runsaskuituisella ruisjaksolla 5-7 palaa ja runsaskuituisella vehnäjaksolla 7-8 palaa päivässä. Jokaisella tutkimusjaksolla tutkittaville annettiin kahta eri valmistajan leipää, jotka on esitelty taulukossa 11. Tutkittavat saivat ensimmäisellä tutkimuskäynnillä mukaansa leiväsaantitaulukon, jonka avulla he pystyivät pitämään halutessaan kirjaa päivittäin syömästään leipämäärästä. Samoin kaikki syödyt leivät raportoitiin myös ruokapäiväkirjassa.

Taulukko 11. Tutkimusleivät ja niiden ravintosisältö.

Leipä	Vähäkuituinen vehnäruokavalio		Runsaskuituinen ruisruokavalio		Runsaskuituinen vehnäruokavalio	
	Iso paahto	Reilu Vehnä	Real Ruis	PikkuKartano	Paahto Täysjyvä	Isopaahto Täysjyvä
Valmistaja	Vaasan	Oululainen	Fazer	Porokylän leipomo	Fazer	Vaasan
Siivu (g)	25	29	42	30	22	39
Ravintoarvo/100 g						
Energia (kcal)	258	255	195	229	260	240
Rasva (g)	3,3	2,1	1,3	1,0	3,8	2,8
Hiilihydraatti (g)	45,0	48,0	35,0	44,8	46,0	39,0
Ravintokuitu (g)	3,6	4,1	10,0	5,4	7,0	6,5
Proteiini (g)	9,3	9,2	5,4	7,1	8,4	11,0
Suola (g)	1,1	1,2	0,7	1,2	1,2	1,2

Molemmilla vehnäjaksoilla tutkittavia ohjeistettiin välttämään kaikkia ruiskuitua sisältäviä tuotteita. Tutkimuksen aikana tutkittavia kehoitettiin myös vähentämään suolistossa runsaasti fermentaatiota aiheuttavien tuotteiden, kuten papujen, kaalien ja ksylitolivalmisteiden käyttöä. Runsaskuituisilla jaksoilla ohjeistettiin suosimaan kuitupitoisia aterialisäkkeitä, kuten täysjyväpastaa ja riisiä, kuitenkin siten, että runsaskuituisella vehnäjaksolla tuli välttää ruista sisältäviä tuotteita, kuten ruisriisiä ja -pastaa. Yleisimmät rukiin lähteet ja runsasta suolistofermentaatiota aiheuttavat elintarvikkeet käytiin läpi ensimmäisellä tutkimuskerralla tarkoitusta varten laaditun lomakkeen avulla.

5.2.2 Ruoankäytön mittausmenetelmät

Ruoan käyttöä mitattiin jokaisella tutkimusviikolla neljän päivän ruokapäiväkirjan avulla. Viikoittain raportoiduista päivistä yhden tuli olla viikonlopulta. Tutkittaville annettiin

ensimmäisellä tutkimuskäynnillä ensimmäisen viikon ruokapäiväkirja sekä sen täyttöohjeet. Ruokapäiväkirjan täyttöä ja ruokamittojen arviointia käytiin myös läpi suullisesti. Ruokapäiväkirjat tarkastettiin jokaisella tutkimuskäynnillä. Samalla tarkennettiin tiettyjen ruoka-aineiden reseptejä ja todellisia määriä, sekä opastettiin tutkittavia ruokamittojen arvioinnissa, mikäli he kokivat tähän tarvetta.

Ruokapäiväkirjat tallennettiin AivoDiet (versio 2.1. Aivo, Finland Oy, Turku) -ohjelman avulla. Tutkimusleipien tiedot syötettiin järjestelmään, samoin kuin muutamien ruokapäiväkirjoissa raportoitujen ruokien tiedot, mikäli niitä vastaavaa tuotetta ei AivoDiet-tietokannasta vielä löytynyt, ja niiden tarkka resepti tai ravintosisältö oli tiedossa.

5.3 Tilastolliset menetelmät

Tulosten analysointiin käytettiin IBM SPSS Statistics (versio 19) -ohjelmaa. Ruokavalioiden toteutumista mitattiin laskemalla jokaisen viikon ruokapäiväkirjoista keskiarvot ravintoaineiden saannille, joita verrattiin keskenään Friedmanin testillä nonparametrisille muuttujille. Kuidunsaannin osalta ruokavaliokasvoja verrattiin keskenään myös Wilcoxonin nonparametrisellä testillä, jotta pystyttiin tarkastelemaan ruokavalioiden välisiä eroja pareittain. P-arvoa 0,05 pidettiin tilastollisesti merkitsevän eron raja-arvona.

6 TULOKSET

Tutkimukseen saatiin rekrytoitua 9 osallistujaa, joista 6 oli naisia ja 3 miehiä. Tutkittavat olivat iältään 20–59 vuotiaita (keskiarvo 31 vuotta) ja yhtä lukuun ottamatta kaikki opiskelivat tai työskentelivät Itä-Suomen yliopistossa. Kaikki tutkittavat täyttivät kriteerit tutkimukseen osallistumiseen ja heistä kaikki suorittivat tutkimuksen loppuun saakka.

Tutkittavat noudattivat tutkimusruokavaliota hyvin ohjeistuksen mukaisesti. Ruokavaliot olivat vehnäjaksoilla muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta täysin vapaita rukiista. Yksi tutkittava oli syönyt ruiskuorisen karjalanpiirakan ja toinen maistanut lusikallisen mämmiä, lisäksi yksi tutkittava oli syönyt palan ruiskuorista kalakukkoa. Rukiin määrä näiden annosten seurauksena oli suhteellisen pieni, joten sen ei katsottu vaikuttavan ruokavaliion onnistumiseen kokonaisuutena.

Ruokavaliot eivät eronneet toisistaan tilastollisesti minkään muun ravintoaineen kuin ravintokuidun saannin osalta (Taulukko 12) Vähäkuittuiset ruokavaliot eivät eronneet toisistaan merkittävästi ravintokuidunsaannin suhteen, kuten eivät myöskään runsaskuittuiset, mutta kumpikin vähäkuittuinen ruokavaliokasvo erosi merkitsevästi kummastakin

runsaskuituisesta ruokavaliosta. Merkittäväksi kuidunsaannin eroksi runsas- ja vähäkuituisten ruokavalioiden välille asetettu 10 g/vrk toteutui kaikkien muiden, paitsi VK2 ja RKR viikkojen välillä, jolloin ero oli 9,8 g, eli hyvin lähellä tavoitetta. Liukoisen kuidun saannin suhteen tilastollisesti merkitsevää eroa ei saatu aikaan VK1 ja RKR jaksojen ($p=0,086$) ja VK2 ja RKR jaksojen ($p=0,110$) välille.

Taulukko 12. Tutkittavien ravintoaineiden saanti* tutkimusjaksojen aikana

	VK1	VK2	RKR	RKV	P-arvo
Energia kcal	2150±399	2212±383	2158±420	2157±364	0,895
Proteiini g	107±23	113±31	101±27	109±29	0,228
Proteiini E%	20±2,7	20±3,0	19±2,2	20±2,7	0,254
Rasva g	83±17	87±15	85±22	83±21	0,954
Rasva E%	35±4,1	36±4,8	35±4,0	35±6,5	0,644
Tyydyttynyt g	26±8,0	28±9,0	26±9,2	26±9,7	0,269
Mufa g	31 ±6,4	32±4,4	31±7,5	30±7,4	0,954
Pufa g	15±2,9	16±2,3	17±1,5	17±3,8	0,334
Kolesteroli mg	247±111	291±108	291±134	223±114	0,706
Hiilihydraatti g	225±46	227±26	226±39	222±26	0,978
Hiilihydraatti E%	41±2,2	41±3,9	42±3,2	41±3,7	0,706
Kuitu g	23,6 ±7,9	24,6±8,1	36,2±6,1	34,4±13,1	<0,001**
Kuitu g/MJ	2,6±0,9	2,6±1,0	4,2±1,1	3,9±1,5	<0,001***
Liukenematon	13,5±5,0	14,7±4,6	24,8±3,5	23,4±4,9	$p=0,008$ ****
Liukoinen	6,4±2,8	6,4±2,4	7,6±1,9	7,1±2,4	$p=0,028$
Sakkarooosi	39±13	33±7	36±14	30±7	0,392
Laktoosi g	16±10	17±11	18±13	15±11	0,316
Fruktoosi	18±7	17±4	17±4	16±9	0,254
Alkoholi E%	0,5±1,0	0,3±0,9	0,5±0,6	0,7±1,0	0,736
Suola g	8,2±1,9	9,0±2,7	8,7±2,4	8,0±1,9	0,392
Sokerialkoholit g	1,3±1,6	1,0±1,7	2,4±2,7	1,2±2,2	0,655

*Luvut on esitetty keskiarvoina±keskihajonta

* Tilastollinen merkitsevyys kaikkien ruokavalioiden välillä analysoitu Friedmanin testillä

** Friedmanin testi $p<0,001$, Wilcoxonin testi vk1 ja vk2 $p=0,374$; vk1 ja RKR $p=0,08$; vk1 ja RKR $p=0,08$; vk2 ja RKR $p=0,08$; vk2 ja RKR $p=0,08$; RKR ja RKR $p=0,110$

***Friedmanin testi $p<0,001$, Wilcoxonin testi: vk1 ja vk2 $p=0,767$; vk1 ja RKR $p=0,008$; vk1 ja RKR $p=0,008$; vk2 ja RKR $p=0,008$; vk2 ja RKR $p=0,008$; RKR ja RKR $p=0,214$

****Friedmanin testi $p=0,008$, Wilcoxonin testi vk1 ja vk2 $p=0,139$; vk1 ja RKR $p=0,008$; vk1 ja RKR $p=0,008$; vk3 ja RKR $p=0,008$; vk2 ja RKR $p=0,008$; RKR ja RKR $p=0,139$

*****Friedmanin testi $p=0,008$, Wilcoxonin testi vk1 ja vk2 $p=0,767$; vk1 ja RKR $p=0,086$ vk1 ja RKR $p=0,015$; vk2 ja RKR $p=0,021$; vk2 ja RKR $p=0,110$; RKR ja RKR $p=0,260$

Ruokapäiväkirjojen perusteella tutkittavat saavuttivat ohjeistetun leipämäärän kaikilla muilla paitsi runsaskuituisella vehnäjaksolla, jolloin keskimääräinen leipämäärä oli 6,6 tutkimusleipäsiivua vuorokaudessa ohjeistuksen ollessa 7-8 siivua. On kuitenkin huomattava, että kyseisellä jaksolla kaikki tutkittavat kahta naista lukuun ottamatta ylsivät 7 sivuun vuorokaudessa vähintään kolmena päivänä neljästä kirjatusta päivästä. Tutkimusleivät kattoivat vähäkuituisilla jaksoilla 18 % ja 19 % energiansaannista ja puolestaan runsaskuituisilla jaksoilla osuus oli hieman suurempi; runsaskuituisilla ruisjaksolla 24 % ja runsaskuituisella vehnäjaksolla 23 % energiansaannista.

Tutkittavat saivat intervention aikana merkittävän määrän kuitua myös muista lähteistä kuin tutkimusleivistä.

7 POHDINTA

Rukiin ominaisuuksia ja vaikutuksia elimistöön on tutkittu jo vuosikymmeniä monesta eri näkökulmasta, kuten tämänkin työn kirjallisuuskatsauksesta käy ilmi. Yksittäisiä tutkimuksia rukiista on toteutettu myös muualla, mutta tutkimus on keskittynyt vahvasti Pohjoismaihin, joissa rukiin kulutus on huomattavasti runsaampaa kuin muualla maailmassa. Muun muassa Itä-Suomen yliopistossa ruistutkimusta on toteutettu jo pitkään, tiiviisti ja tuloksellisesti. RyeBreath-tutkimus oli jatkumoa aiemmille Itä-Suomen yliopiston tutkimuksille ja sen tarkoituksena oli viedä ruistietämystä taas askel eteenpäin ja tutkia vielä lähes koskematon osa-alue, hengitysilmaa. Tähän mennessä hengitysilma on ruistutkimuksissa analysoitu vain vedyn (H₂) määrää, jonka avulla on pyritty arvioimaan suolistofermentaation voimakkuutta (Rosén ym. 2011b). Lisäksi rukiin vertaaminen täysjyvävehnään oli tuore tutkimusasetelma, joka toivottavasti luo tulevaisuuden tutkimuksille uusia mahdollisuuksia.

Tällä hetkellä viljojen keskinäinen vertailu on haastavaa vähäisen tiedon vuoksi. On ymmärrettävä, että eroavaisuudet eri viljalajien välillä vaikuttavat analyysimenetelmien valintaan, samoin kuin jyvän tai viljavalmisteen käsittelyaste ja elintarvikkeen olomuoto sekä se, mitä yhdisteitä kyseisessä tutkimuksessa halutaan määrittää. Siksi täysjyväviljoja vertailevia tutkimuksia on olemassa vähän ja tieto on haalittava kasaan yksittäisistä tutkimuksista, joiden vertaaminen on haastavaa.

Eroavat tutkimusasetelmat ja ruoankäytön mittausmenetelmät tekevät ruokavaliointerventioiden vertaamisesta haastavaa. Ruokavaliotutkimuksissa otoskoko on usein pieni, raportointivirheet voivat aiheuttavaa helposti vääristymiä tuloksissa. Koska täysjyväviljojen käyttöä voidaan arvioida nykyisin myös veren alkyyliresorsinolinpitoisuuden

perusteella, olisi tämän menetelmän yleistyminen suotavaa (Landberg ym. 2008).

Biomarkkeria käytettäessä vältytään raportointivirheiltä ja tutkittavia kuormittavalta ruokapäiväkirjanpidolta. Toisaalta biomarkkerin käyttäminen vaatii verinäytettä, mutta lähes kaikissa viljatutkimuksissa verinäytteitä joudutaan ottamaan muihinkin tarkoituksiin, kuten veren lipidien tai glukoosipitoisuuden mittaamiseen, joten tämä ei kuormittaisi tutkittavia enää lisää ja toisi tarkkuutta täysjyväviljojen saannin arviointiin.

Tällä hetkellä tutkimusnäyttö puoltaa rukiin positiivisia vaikutuksia sokeriaineenvaihduntaan. Nimenomaan rukiista leivottujen tuotteiden käyttö on tärkeää, sillä ruistuotteiden tiivis rakenne ja niiden tärkkelyksen hidaskajoaminen näyttäisivät olevan kuitumäärää merkittävämpiä tekijöitä aterianjälkeisen insuliinivaikutuksen taustalla (Juntunen ym. 2003a), kun puolestaan kylläisyyden kannalta jyvän karkea jauhatustaste ja tuotteen kuitupitoisuus ovat olennaisia seikkoja (Isaksson 2009;2011).

Tutkimukset viittaavat akuutin insuliininerityksen tehostumiseen ruista sisältävän ruokavalion seurauksena (Juntunen ym. 2003b; Laaksonen ym. 2005; Lappi ym. 2014). Tämä viittaa haiman β -solujen parantuneeseen kykyyn reagoida glukoosikuormaan, mikä voi johtua esimerkiksi ruisleivän yksittäisillä aterioilla insuliinia ”säästävistä” ominaisuuksista. Ensivaiheen insuliininerityksen heikkeneminen on merkki kehittyvästä sokeriaineenvaihdunnan häiriöstä (Virkamäki & Niskanen 2010). Jos rukiin käyttö todella säästää β -solujen toimintaa, voidaan sitä pitää tyypin 2 diabetekselta suojaavana tekijänä.

Epidemiologinen näyttö osoittaa, että täysjyväviljojen ja rukiin käyttö voivat pienentää riskiä sairastua sydän- ja verisuonitauteihin (Pietinen ym. 1996; Jacobs & Gallaher 2004; Helnaes ym. 2016). Vaikutukset kolesteroliarvoihin ovat olleet ristiriitaisia, mutta muutokset elimistön stressi- ja insuliinisignaloinnissa sekä tulehdusmarkkereiden väheneminen rukiin käytön seurauksena viittaavat sydän- ja verisuonitautien kannalta suotuisiin vaikutuksiin (Kallio ym. 2008; Lankinen ym. 2010). On mahdollista, että sydän- ja verisuonitautien riskin pieneneminen välittyy glukoosimetabolian tai kylläisyydensäätelyn kautta. Heikentynyttä glukoosinsietoa, tyypin 2 diabetesta ja lihavuutta pidetään itsenäisinä sydän- ja verisuonitautien riskitekijöinä (Aro, 2012). Jos ruis vaikuttaa positiivisesti tyypin 2 diabeteksen riskitekijöihin ja painonhallinnassa onnistumiseen, voi tämä johtaa myös pienempään sydän- ja verisuonitautiriskiä huolimatta ristiriitaisista vaikutuksista kolesteroliaineenvaihduntaan.

Vaikka pitkäaikaiset tutkimukset rukiin vaikutuksista painonhallintaan uupuvat, säännöllisesti kuluttuna ruis voi olla yksi tekijä mahdollistamassa onnistunutta painonhallintaa. Sen

vaikutukset aterianjälkeiseen näläntunteen vähenemiseen ovat selkeät (mm. Isaksson ym. 2008, Forsberg ym 2014, Ibrükker ym 2014) ja vaikutus näyttäisi säilyvän, kun ruista kulutetaan säännöllisesti (Isaksson ym. 2012). Siksi osana muutoin painohallintaa tukevaa, terveellistä ja ateriarytmiltään mielekäästä ruokavaliota ruis voi olla hyödyllinen apuväline syömisen hillitsemisessä ja siten painohallinnassa.

Rukiin käyttöä voidaan tutkimusnäytön perusteella pitää myös suoliston hyvinvoinnin kannalta edullisena ja mahdollisesti paksu- ja peräsuolensyövältä suojaavana tekijänä. Tämänhetkisen tutkimusnäytön perusteella rukiilla ei kuitenkaan ole vaikutusta suoliston mikrobiflooraan, mutta tutkimusta aiheesta on vielä vähän ja interventioiden kesto ei ole välttämättä ollut riittävä merkittävien muutosten tapahtumiseen mikrobifloorassa. Rukiin käyttö kuitenkin edesauttaa paksusuolella lyhytketjuisten rasvahappojen tuotantoa (Holma ym. 2010; Lappi ym. 2014). Lyhytketjuisista rasvahapoista etenkin butyraatin on todettu olevan olennainen yhdiste suolen limakalvon hyvinvoinnin kannalta (Kirjavainen ym. 2011). Butyraatti on myös mahdollisesti antikarsinogeeninen, jonka vuoksi sitä pidetään mahdollisen paksu- ja peräsuolensyöpäriskiä pienentävänä tekijänä. (Avivi-Green ym. 2000; Jahns ym. 2015). Lisäksi rukiin runsas kuitupitoisuus voi vaikuttaa paksu- ja peräsuolensyöpäriskiiin myös vähentäen estrogeenin takaisinimeytymistä ja mahdollisesti karsinogeenien kosketusta suolen pinnan kanssa (Adlercreutz 2010; Järvinen & Lepistö 2013).

Myös vaikutukset eturauhassyövän riskiin ovat mahdollisia ja niiden taustalla voi olla esimerkiksi rukiin lignaani ja sen aineenvaihduntatuotteet. Toisaalta toiseen hormonaaliseen syöpään, rintasyöpään, rukiilla ei vaikuttaisi olevan vastaavaa vaikutusta (Egeberg 2009). Ero voi johtua esimerkiksi sukupuolten toisistaan eroavista hormonitasoista, joilla voi olla merkitystä kasviestrogeenien käyttäytymiseen elimistössä (Slavin ym 1997).

Bioaktiivisten aineiden osalta näyttö terveyshyötyjen osalta on viitteellistä ja tutkimusta tarvitaan lisää. Vaikka yksittäiset rukiissa esiintyvät yhdisteet omaavat hyödyllisiä ominaisuuksia, ei hyötyjä pienillä käyttömäärillä ja elimistön pitoisuuksilla ole tutkittu riittävästi. Toisaalta on huomioitava, että bioaktiivisten yhdisteiden pitoisuudet ruistuotteissakin ovat suhteellisen pieniä, eikä niiden määrä yksin riitä saamaan aikaan ihmeitä, mutta kun ne yhdistetään muiden tekijöiden, kuten rukiin kuitupitoisuuden ja tiiviin rakenteen vaikutuksiin, voi niiden aikaan saama pieni lisähyöty olla juuri se tekijä, joka erottaa rukiin muista viljoista. Tulevaisuudessa etenkin fenolihappojen mahdolliset vaikutukset insuliini- ja glukoosiaineenvaihduntaan (Rosén ym. 2011b) ja rukiin lignaanien rooliin suoliston terveyden ja syöpien ehkäisyyn (Touillaud ym. 2007; Penttinen-Damdimopoulou ym. 2009) tulisi edelleen pitää mielessä.

Kuitupitoisuudeltaan vastaavien viljojen välillä vertailu puuttuu paitsi ominaisuuksien, myös terveysvaikutusten saralta. Suurin osa tutkimuksista vertaa ruista vaaleaan vehnäleipään ja saatavilla on vain yksittäisiä tutkimuksia, joissa verrokkina toimii täysjyvävehnä, kaura tai ruisleseellä rikastettu vehnäleipä (McIntosh ym. 2003; Laaksonen 2005; Lappi ym. 2014). Vasta tällaisen tutkimuksen yleistyessä voidaan todella selvittää, kuinka suuri osa yksittäisten viljojen positiivisista vaikutuksista terveyteen liittyy nimenomaan ravintokuidun määrään ja kuinka suuri vaikutus on viljojen muilla ominaisuuksilla, kuten rakenteella ja bioaktiivisilla aineilla.

RyeBreath-tutkimus on tällä saralla ensimmäisiä tutkimuksia, jossa ruokavaliointerventiolla pyrittiin vertaamaan runsaskuituista ruisjaksoa myös kuitumäärältään vastaavaan verrokkiin, eli runsaskuituiseen vehnäleipäruokavalioon. Kaikki verrokkituotteet eroavat ominaisuuksiltaan toisistaan ja siksi kyseisten tutkimusten vertailu keskenään on haastavaa. RyeBreath-ruokavaliointervention onnistuminen antaa ymmärtää, että täysjyväviljojen kuitumäärästä riippumaton vertailu on mahdollista ja siksi siihen tulisi pyrkiä myös tulevaisuudessa.

RyeBreath-tutkimuksessa ruisleipää syötiin keskimäärin 208 grammaa, täysjyvävehnäleipää 200 grammaa ja vaaleaa vehnäleipää 159 grammaa vuorokaudessa. Tämä vastaa hyvin muita tutkimuksia, joissa syödyt ruisleipämäärät ovat olleet 185–244 grammaa ja vaalean vehnäleivän 136–227 grammaa. Muissa tutkimuksissa interventio- ja kontrolliryhmien välillä on havaittu eroja muun muassa proteiinin, rasvan ja kolesterolin saannissa (mm. Juntunen ym. 2003b; Lappi ym. 2014), mutta RyeBreath-tutkimuksessa ruokavaliot onnistuttiin pitämään hyvin toistensa kaltaisina. Onnistumista voi selittää muun muassa tutkittavien kyky noudattaa ohjeita sekä selkeä ohjeistus. Liukoisen kuidun osalta eroa ei saatu aikaan kaikkien vähä- ja runsaskuituisten jaksojen välille, mikä voi johtua muun muassa puutteista ravintolaskentaohjelman tietokannassa. Kaikkien tuotteiden osalta järjestelmässä ei ole saatavilla tietoa kuidun laadusta, vaikka tieto kokonaiskuitumäärästä löytyisi ja siksi kuidun laadusta kertoviin liukoisen ja liukenemattoman kuidun määrästä saatuihin tuloksiin on suhtauduttava varauksella.

RyeBreath-tutkimuksen otos oli melko pieni, 9 henkilöä. Koska tutkittavat kuitenkin toimivat itsensä kontrollina, voidaan otosta pitää riittävän suurena, jotta siitä pystytään tutkimaan eroja vähä- ja runsaskuituisten ruokavalioiden välillä. Tulokset eivät ole suoraan johdettavissa esimerkiksi väestötasolle otoksen ollessa pieni ja valikoitunut.

Vaikka tutkimusruokavalioiden välille saatiin aikaan haluttu ero kuidunsaannissa, on kuitenkin huomattava, että tutkittavat saivat ruokavaliostaan merkittävän määrän kuitua myös

vähäkuituisilla ruokavalioilla. Vaikka heidän kuidunsaantiaan oli rajoitettu ja viljakuitu karsittu pois suurimmaksi osaksi, oli heidän kuidunsaantinsa 2,6 g/MJ vuorokaudessa, kun saantia 3 g/MJ pidetään ravitsemussuosituksissa riittävänä kuidun mahdollisille terveysvaikutuksille (VRN 2014). Puolestaan runsaskuituisilla jaksoilla tutkittavien ravintokuidun saanti kohosi peräti 3,6 g/MJ (RKV) ja 4,0 g/MJ (RKR), mitä voidaan pitää jo huomattavan korkeana kuidunsaantina, johon vain harva suomalainen yltää, suomalaisten työikäisten keskimääräinen kuidunsaanti vuonna 2012 ollessa miehillä 2,4 g/MJ ja naisilla 2,9 g/MJ (Helldán ym. 2013). Toisaalta ainoassa täysjyväruista ja -vehnää keskenään vertaavassa interventioissa ruis- ja vehnäleipäruokavaliolla kuidunsaanti kohosi vastaaviin lukemiin runsaskuituisilla ruokavalioilla, joskin vähäkuituisilla ruokavalioilla kuidunsaanti pystyttiin pitämään matalammalla (McIntosh ym. 2003)

Tutkittavien korkeat kuitumäärät antavat viitteitä poikkeavan runsaasta kuitupitoisten kasvien, vihannesten ja hedelmien käytöstä ja siksi voidaan olettaa, että otos ei vastaa täysin suomalaista väestöä. Tutkittavat olivat pääosin yliopiston henkilökuntaa ja opiskelijoita lääketieteen laitokselta, joten he todennäköisesti olivat keskivertoväestöä terveystietoisempia, mikä johti normaalia suurempaan kasvien, vihannesten ja hedelmien käyttöön. Toki ruokapäiväkirjaa käytettäessä on aina mahdollisuus virheraportointiin ja muutoksiin tutkittavien ruoankäytössä tutkimusjakson aikana. Tässäkin aineistossa kasvien saantia on siis voitu arvioida väärin tai lisätä niiden käyttöä tietoisesti tai tiedostamatta. Virheraportointia kuitenkin tapahtuu normaalisti molempiin suuntiin, jolloin koko otoksen keskiarvo palaa lähelle todellista kuidunsaannin keskiarvoa.

Runsas kuidunsaanti vähäkuituisilla jaksoilla voi aiheuttaa hengitysilmamittausten kannalta haasteita, sillä ruokavalioita ovat niin kuitupitoisia, että kuidun määrän vaikutukset hengitysilmaan saattavat näkyä jo vähäkuituisten ruokavalioiden seurauksena. Vaihtelu tutkittavien kasvien kulutuksessa tutkimusjaksojen välillä oli kuitenkin pientä, eli vaikutus pysyy samankaltaisena kaikilla jaksoilla, eikä siten oletettavasti aiheuta eroja hengitysilman koostumuksessa. Lisäksi vähäkuituisten ja runsaskuituisten ruokavalioiden välillä saatiin aikaan tilastollisesti merkitsevä ero ($p < 0,05$) ja etukäteen määritelty 10 g ero kaikkien, paitsi toisen vähäkuituisten ja runsaskuituisten vehnäruokavalioiden välillä (VK2 ja RKV, 9,8 g) eli mikäli viljakuidulla ja nimenomaan rukiin kuidulla on vaikutuksia hengitysilman koostumukseen, tulevat vaikutukset todennäköisesti näkymään mittauksissa.

Mikäli myös ruokavalioiden kokonaiskuitumäärä olisi haluttu pitää matalammalla, kantaväestöön verrattavissa olevalla tasolla, olisi jouduttu rajoittamaan vihannesten, juuresten

ja hedelmien käyttöä. Tutkittavien ruokavalioihin ei kuitenkaan haluttu puuttua muiden osaluokkien, kuin viljakuidun ja fermentoituvien hiilihydraattien osalta, jotta tutkittavien halu noudattaa ruokavalioita saatiin pysymään hyvänä ja jotta heidän ruokavalionsa ei poikkeaisi liiaksi normaalista. Mikäli aihetta halutaan tutkia lisää, tulee tämä seikka kuitenkin ottaa huomioon. Tutkittavia tulisi olla enemmän ja heidät tulisi pyrkiä rekrytoimaan muualtakin kuin yliopistolta, jotta otoksesta saataisiin paremmin väestöä kuvaava.

8. JOHTOPÄÄTÖKSET

Ruista voidaan pitää terveyden kannalta edullisena viljana ja sen säännöllisen käytön voidaan olettaa tukevan painonhallintaa ja pienentävän tyypin 2 diabeteksen, sydän- ja verisuonitautien ja muutamien syöpätyyppien riskiä, vaikka mekanismit vaikutusten taustalla ovat edelleen epäselviä. Rukiilla on monia potentiaalisia ominaisuuksia, kuten kuitupitoisuus, suuri bioaktiivisten aineiden määrä ja leipätuotteiden poikkeuksellinen, tiivis rakenne, jotka voivat vaikuttaa sen elimistössä aikaansaamiin vasteisiin myös verrattuna muihin viljoihin. Vertailevaa tutkimusta eri täysjyväviljojen välillä on kuitenkin saatavilla vain vähän. RyeBreath-tutkimuksen ruokavaliointerventio osoittaa, että runsaskuituisten vehnä- ja ruisruokavalioiden vertaaminen on mahdollista toteuttaa onnistuneesti ja jatkossa vastaavaa asetelmaa tulisi hyödyntää myös suuremmissa tutkimuksissa täysjyväviljoja vertailevan tiedon tuottamiseksi.

LÄHTEET

- Adlercreutz H. Can rye intake decrease risk of human breast cancer? *Food Nutr Res* 2010;54:10.3402/fnr.v54i0.5231.
- American Association of Cereal Chemists. The definition of dietary fiber. Report of the Dietary Fiber Committee to the Board of Directors of the American Association of Cereal Chemists. *Cereal Foods World*. 2001;46(3):112-126
- Ampatzoglou A, Atwal KK, Maidens CM, Williams CL, Ross AB, Thielecke F, Jonnalagadda SS, Kennedy OB, Yaqoob P. Increased whole grain consumption does not affect blood biochemistry, body composition, or gut microbiology in healthy, low-habitual whole grain consumers. *J Nutr* 2015;145:215-221.
- Andersson AA, Lampi AM, Nystrom L, Piironen V, Li L, Ward JL, Gebruers K, Courtin CM, Delcour JA, Boros D, Fras A, Dynkowska W, Rakszegi M, Bedo Z, Shewry PR, Aman P. Phytochemical and dietary fiber components in barley varieties in the HEALTHGRAIN Diversity Screen. *J Agric Food Chem* 2008;56:9767-9776.
- Andersson A, Rakha A, Andersson R, Åman P. Rye dietary fiber. Kirjassa: Poutanen K, Åman P, toim. Rye and Health. AACC International inc. Minnesota, USA: AACC International Inc. 2014a. s. 23–47.
- Andersson AAM, Dimberg L, Åman P, Landberg R. Recent findings on certain bioactive components in whole grain wheat and rye. *J Cereal Sci* 2014b;59:294-311.
- Andersson AAM, Andersson R, Piironen V, Lampi A, Nyström L, Boros D, Fras A, Gebruers K, Courtin CM, Delcour JA, Rakszegi M, Bedo Z, Ward JL, Shewry PR, Åman P. Contents of dietary fibre components and their relation to associated bioactive components in whole grain wheat samples from the HEALTHGRAIN diversity screen. *Food Chem* 2013;136:1243-1248.
- Andersson R, Fransson G, Tietjen M, Aman P. Content and molecular-weight distribution of dietary fiber components in whole-grain rye flour and bread. *J Agric Food Chem* 2009;57:2004-2008.
- Andersson U, Dey ES, Holm C, Degerman E. Rye bran alkylresorcinols suppress adipocyte lipolysis and hormone-sensitive lipase activity. *Molecular Nutrition & Food Research* 2011;55:S290-S293.
- Aro A. Sydän- ja verisuonitautien ehkäisy. Kirjassa: Aro A, Mutanen M, Uusitupa M, toim. Ravitsemustiede. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim 2012. s.294-305
- Aune D, Chan DS, Lau R, Vieira R, Greenwood DC, Kampman E, Norat T. Dietary fibre, whole grains, and risk of colorectal cancer: systematic review and dose-response meta-analysis of prospective studies. *BMJ* 2011;343:d6617.
- Aune D, Norat T, Romundstad P, Vatten LJ. Whole grain and refined grain consumption and the risk of type 2 diabetes: a systematic review and dose-response meta-analysis of cohort studies. *Eur J Epidemiol* 2013;28:845-858.
- Aura A. Phenolic acids. Kirjassa: Poutanen K, Åman P, toim. Rye and Health. AACC International inc. Minnesota, USA: AACC International Inc. 2014. s.109-119.
- Avivi-Green C, Polak-Charcon S, Madar Z, Schwartz B. Apoptosis cascade proteins are regulated in vivo by high intracolonic butyrate concentration: correlation with colon cancer inhibition. *Oncol Res* 2000;12:83-95.

Bakken T, Braaten T, Olsen A, Kyro C, Lund E, Skeie G. Consumption of Whole-Grain Bread and Risk of Colorectal Cancer among Norwegian Women (the NOWAC Study). *Nutrients* 2016;8:10.3390/nu8010040.

Bartlomiej S, Justyna RK, Ewa N. Bioactive compounds in cereal grains - occurrence, structure, technological significance and nutritional benefits - a review. *Food Sci Technol Int* 2012;18:559-568.

Beckmann M, Lloyd AJ, Haldar S, Seal C, Brandt K, Draper J. Hydroxylated phenylacetamides derived from bioactive benzoxazinoids are bioavailable in humans after habitual consumption of whole grain sourdough rye bread. *Mol Nutr Food Res* 2013;57:1859-1873.

Biesalski H, Dragsted LO, Elmadfa I, Grossklaus R, Müller M, Schrenk D, Walter P, Weber P. Bioactive compounds: Definition and assessment of activity. *Nutrition* 2009;25:1202-1205.

Buddrick O, Jones OA, Hughes JG, Kong I, Small DM. The effect of fermentation and addition of vegetable oil on resistant starch formation in wholegrain breads. *Food Chem* 2015;180:181-185.

Bylund A, Lundin E, Zhang JX, Nordin A, Kaaks R, Stenman UH, Aman P, Adlercreutz H, Nilsson TK, Hallmans G, Bergh A, Stattin P. Randomised controlled short-term intervention pilot study on rye bran bread in prostate cancer. *Eur J Cancer Prev* 2003;12:407-415.

Chambers ES, Morrison DJ, Frost G. Control of appetite and energy intake by SCFA: what are the potential underlying mechanisms? *Proc Nutr Soc* 2015;74:328-336.

Darzi J, Frost GS, Robertson MD. Do SCFA have a role in appetite regulation? *Proc Nutr Soc* 2011;70:119-128.

de Vries J, Miller PE, Verbeke K. Effects of cereal fiber on bowel function: A systematic review of intervention trials. *World J Gastroenterol* 2015;21:8952-8963.

Donkor ON, Stojanovska L, Ginn P, Ashton J, Vasiljevic T. Germinated grains--sources of bioactive compounds. *Food Chem* 2012;135:950-959.

Du H, van der ADL, Boshuizen HC, Forouhi NG, Wareham NJ, Halkjaer J, Tjønneland A, Overvad K, Jakobsen MU, Boeing H, Buijsse B, Masala G, Palli D, Sorensen TI, Saris WH, Feskens EJ. Dietary fiber and subsequent changes in body weight and waist circumference in European men and women. *Am J Clin Nutr* 2010;91:329-336.

EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA), Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to vitamin E and protection of DNA, proteins and lipids from oxidative damage (ID 160, 162, 1947), maintenance of the normal function of the immune system (ID 161, 163), maintenance of normal bone (ID 164), maintenance of normal teeth (ID 164), maintenance of normal hair (ID 164), maintenance of normal skin (ID 164), maintenance of normal nails (ID 164), maintenance of normal cardiac function (ID 166), maintenance of normal vision by protection of the lens of the eye (ID 167), contribution to normal cognitive function (ID 182, 183), regeneration of the reduced form of vitamin C (ID 203), maintenance of normal blood circulation (ID 216) and maintenance of a normal scalp (ID 2873) pursuant to Article 13(1) of Regulation (EC) No 1924/2006. *EFSA Journal* 2010;8(10):1816. [30 pp.]. doi:10.2903/j.efsa.2010.1816. Available online: www.efsa.europa.eu/efsajournal.htm

Egeberg R, Olsen A, Loft S, Christensen J, Johnsen NF, Overvad K, Tjønneland A. Intake of whole grain products and risk of breast cancer by hormone receptor status and histology among postmenopausal women. *Int J Cancer* 2009;124:745-750.

- European Union. Commission directive 2008/100/EC. Off J EU. Saatavilla <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:285:0009:0012:EN:PDF> (katsottu 2.3.2016)
- FAO/WHO Codex Alimentarius Commission. Report of the 31st session of the Codex Committee on nutrition and foods for special dietary uses. ALINORM 10/33/26. 2010. Saatavilla: ftp://ftp.fao.org/codex/meetings/CCNFSDU/CCNFSDU31/nf31_03ae.pdf (katsottu 2.3.2016)
- Foerster J, Maskarinec G, Reichardt N, Tett A, Narbad A, Blaut M, Boeing H. The influence of whole grain products and red meat on intestinal microbiota composition in normal weight adults: a randomized crossover intervention trial. *PLoS One* 2014;9:e109606.
- Forsberg T, Aman P, Landberg R. Effects of whole grain rye crisp bread for breakfast on appetite and energy intake in a subsequent meal: two randomised controlled trials with different amounts of test foods and breakfast energy content. *Nutr J* 2014;13:26-2891-13-26.
- Freese R, Voutilainen E. Vitamiinit ja kivennäisaineet. Kirjassa: Aro A, Mutanen M, Uusitupa M, toim. Ravitsemustiede. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim 2012 s. 88–167.
- Gellrich C, Schieberle P, Wieser H. biochemical characterization and quantification of storage protein (secalin) types in rye flour. *Cereal chem* 2003;80:102–109
- Genser B, Silbernagel G, De Backer G, Bruckert E, Carmena R, Chapman MJ, Deanfield J, Descamps OS, Rietzschel ER, Dias KC, Marz W. Plant sterols and cardiovascular disease: a systematic review and meta-analysis. *Eur Heart J* 2012;33:444-451.
- Gerstenmeyer E, Reimer S, Berghofer E, Schwartz H, Sontag G. Effect of thermal heating on some lignans in flax seeds, sesame seeds and rye. *Food Chem* 2013;138:1847-1855.
- Giacco R, Lappi J, Costabile G, Kolehmainen M, Schwab U, Landberg R, Uusitupa M, Poutanen K, Pacini G, Rivellese AA, Riccardi G, Mykkänen H. Effects of rye and whole wheat versus refined cereal foods on metabolic risk factors: A randomised controlled two-centre intervention study. *Clinical Nutrition* 2013;32:941-949.
- Grasten SM, Juntunen KS, Poutanen KS, Gylling HK, Miettinen TA, Mykkanen HM. Rye bread improves bowel function and decreases the concentrations of some compounds that are putative colon cancer risk markers in middle-aged women and men. *J Nutr* 2000;130:2215-2221.
- Grasten SM, Juntunen KS, Mättö J, Mykkänen OT, El-Nezami H, Adlercreutz H, Poutanen KS, Mykkänen HM. High-fiber rye bread improves bowel function in postmenopausal women but does not cause other putatively positive changes in the metabolic activity of intestinal microbiota. *Nutr Res* 2007;27(8):454-461.
- Hanhineva K, Keski-Rahkonen P, Lappi J, Katina K, Pekkinen J, Savolainen O, Timonen O, Paananen J, Mykkanen H, Poutanen K. The postprandial plasma rye fingerprint includes benzoxazinoid-derived phenylacetamide sulfates. *J Nutr* 2014;144:1016-1022.
- Hanhineva K, Rogachev I, Aura AM, Aharoni A, Poutanen K, Mykkanen H. Qualitative characterization of benzoxazinoid derivatives in whole grain rye and wheat by LC-MS metabolite profiling. *J Agric Food Chem* 2011;59:921-927.
- Hansen HB, Andreassen MF, Nielsen MM, Larsen LM, Bach Knudsen KE, Meyer AS, Christensen LP, Hansen Å. Changes in dietary fibre, phenolic acids and activity of endogenous enzymes during rye bread making. *Eur Food Res Technol.* 2002;214:33-42.

- Hansen HB, Rasmussen CV, Bach Knudsen KE, Hansen Å. Effects of genotype and harvest year on content and composition of dietary fibre in rye (*Secale cereale* L.) grain. *J Sci Food Agric* 2003;83:76-85.
- Hansen HB, Moller B, Andersen SB, Jorgensen JR, Hansen A. Grain characteristics, chemical composition, and functional properties of rye (*Secale cereale* L.) as influenced by genotype and harvest year. *J Agric Food Chem* 2004;52:2282-2291.
- Harder H, Tetens I, Let MB, Meyer AS. Rye bran bread intake elevates urinary excretion of ferulic acid in humans, but does not affect the susceptibility of LDL to oxidation ex vivo. *Eur J Nutr* 2004;43:230-236.
- Helldán A, Raulio S, Kosola M, Tapanainen H, Ovaskainen M-L, Virtanen S. Finravinto 2012-tutkimus. Terveysten ja hyvinvoinnin laitos, Raportti 16/2013. Juvenesprint. Suomen yliopistopaino. Tampere, 2013.
- Helnaes A, Kyro C, Andersen I, Lacoppidan S, Overvad K, Christensen J, Tjønneland A, Olsen A. Intake of whole grains is associated with lower risk of myocardial infarction: the Danish Diet, Cancer and Health Cohort. *Am J Clin Nutr* 2016;103:999-1007
- Holma R, Hongisto SM, Saxelin M, Korpela R. Constipation is relieved more by rye bread than wheat bread or laxatives without increased adverse gastrointestinal effects. *J Nutr* 2010;140:534-541.
- Ibrugger S, Vigsnaes LK, Blennow A, Skuflic D, Raben A, Lauritzen L, Kristensen M. Second meal effect on appetite and fermentation of wholegrain rye foods. *Appetite* 2014;80:248-256.
- Institute of Medicine. Dietary Reference Intake: Proposed definition of Dietary Fiber. A Report of the Panel on the Definition of Dietary Fiber and the Standing Committee on the Scientific Evaluation of Dietary Reference Intakes Food and Nutrition Board, Institute Of Medicine. 2001. Saatavilla: <http://www.nap.edu/read/10161/chapter/1> (katsottu 2.3.2016)
- Isaksson H, Sundberg B, Aman P, Fredriksson H, Olsson J. Whole grain rye porridge breakfast improves satiety compared to refined wheat bread breakfast. *Food Nutr Res* 2008;52:10.3402/fnr.v52i0.1809. Epub 2008 Jul 28.
- Isaksson H, Fredriksson H, Andersson R, Olsson J, Aman P. Effect of rye bread breakfasts on subjective hunger and satiety: a randomized controlled trial. *Nutr J* 2009;8:39-2891-8-39.
- Isaksson H, Rakha A, Andersson R, Fredriksson H, Olsson J, Aman P. Rye kernel breakfast increases satiety in the afternoon - an effect of food structure. *Nutr J* 2011;10:31-2891-10-31.
- Isaksson H, Tillander I, Andersson R, Olsson J, Fredriksson H, Webb DL, Åman P. Whole grain rye breakfast – sustained satiety during three weeks of regular consumption. *Physiol Behav* 2012;105(3):877-884.
- Izydorczyk MS, Biliaderis CG. Cereal arabinoxylans: advances in structure and physicochemical properties. *Carbohydr Polym* 1995;28:33-48.
- Jacobs DR,Jr, Gallaher DD. Whole grain intake and cardiovascular disease: a review. *Curr Atheroscler Rep* 2004;6:415-423.
- Jahns F, Wilhelm A, Jablonowski N, Mothes H, Greulich KO, Gleis M. Butyrate modulates antioxidant enzyme expression in malignant and non-malignant human colon tissues. *Mol Carcinog* 2015;54:249-260.

Johansson DP, Lee I, Risérus U, Langton M, Landberg R. Effects of Unfermented and Fermented Whole Grain Rye Crisp Breads Served as Part of a Standardized Breakfast, on Appetite and Postprandial Glucose and Insulin Responses: A Randomized Cross-over Trial. *PLoS ONE* 2015;10:1-19.

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

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* 2003b;77:385-391.

Järvinen HJ & Lepistö A. Paksusuolen syöpä. Kirjassa: Färkkilä M, Isoniemi H, Kaukinen K, Puolakkainen P, toim. Gastroenterologia ja hepatologia. Kustannus Oy Duodecim 2013. Saatavilla http://www.oppiportti.fi/dtk/oppi/koti?p_artikkeli=inf04554&p_selaus=55022 (katsottu 9.2.2016)

Kallio P, Kolehmainen M, Laaksonen DE, Kekäläinen J, Salopuro T, Sivenius K, Pulkkinen L, Mykkänen H, Niskanen L, Uusitupa M, Poutanen K. Dietary carbohydrate modification induces alterations in gene expression in abdominal subcutaneous adipose tissue in persons with the metabolic syndrome: the FUNGENUT Study. *Am J Clin Nutr* 2007;82:1218-1227.

Kallio P, Kolehmainen M, Laaksonen DE, Pulkkinen L, Atalay M, Mykkanen H, Uusitupa M, Poutanen K, Niskanen L. Inflammation markers are modulated by responses to diets differing in postprandial insulin responses in individuals with the metabolic syndrome. *Am J Clin Nutr* 2008;87:1497-1503.

Karppinen S. Dietary fibre components of rye bran and their fermentation *in vitro*. Väitöskirja. Helsingin yliopisto, 2003.

Katina K, Arendt E, Liukkonen K-, Autio K, Flander L, Poutanen K. Potential of sourdough for healthier cereal products. *Trends Food Sci Technol* 2005;16:104-112.

Katina K, Hartikainen K, Poutanen K. Process induced changes in rye food – rye baking. Kirjassa *Rye and Health*. AACC International inc. Minnesota, USA, 2014. s. 227–246.

Kirjavainen P, Von Wright A, Mykkänen H. Ravinto ja suolistomikrobisto Kirjassa: Aro A, Mutanen M, Uusitupa M, toim. Ravitsemustiede. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim 2012 s.183-195.

Korycińska M, Czelna K, Jaromin A, Kozubek A. Antioxidant activity of rye bran alkylresorcinols and extracts from whole-grain cereal products. *Food Chem* 2009;116:1013-1018.

Kujala T. Rye: nutrition, health and functionality. Nordic Rye Reseach Group. Helsinki, 1999.

Laaksonen DE, Toppinen LK, Juntunen KS, Autio K, Liukkonen KH, Poutanen KS, Niskanen L, Mykkanen HM. Dietary carbohydrate modification enhances insulin secretion in persons with the metabolic syndrome. *Am J Clin Nutr* 2005;82:1218-1227.

Landberg R, Andersson SO, Zhang JX, Johansson JE, Stenman UH, Adlercreutz H, Kamal-Eldin A, Aman P, Hallmans G. Rye whole grain and bran intake compared with refined wheat decreases urinary C-peptide, plasma insulin, and prostate specific antigen in men with prostate cancer. *J Nutr* 2010;140:2180-2186.

- Landberg R, Kamal-Eldin A, Andersson A, Vessby B, Aman 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.
- Landberg R, Hansen DR, Moazzami A, Zhang JX, Tjønneland A, Åman P, Hallmans G. Impact of rye food and physical activity on prostate cancer progression. *Kirjassa Rye and Health*. AACC International inc. Minnesota, USA, 2014. s. 227-246.
- Lankinen M, Schwab U, Gopalacharyulu PV, Seppanen-Laakso T, Yetukuri L, Sysi-Aho M, Kallio P, Suortti T, Laaksonen DE, Gylling H, Poutanen K, Kolehmainen M, Oresic M. Dietary carbohydrate modification alters serum metabolic profiles in individuals with the metabolic syndrome. *Nutr Metab Cardiovasc Dis* 2010;20:249-257.
- Lankinen M, Schwab U, Kolehmainen M, Paananen J, Poutanen K, Mykkänen H, Seppänen-Laakso T, Gylling H, Uusitupa M, Oresic M. Whole grain products, fish and bilberries alter glucose and lipid metabolism in a randomized, controlled trial. The Sysdimet Study. *Plos One* 2011a;6(8):e22646.
- Lankinen M, Schwab U, Seppanen-Laakso T, Mattila I, Juntunen K, Mykkanen H, Poutanen K, Gylling H, Oresic M. Metabolomic analysis of plasma metabolites that may mediate effects of rye bread on satiety and weight maintenance in postmenopausal women. *J Nutr* 2011;141(1):31-36.
- Lappi J, Aura AM, Katina K, Nordlund E, Kolehmainen M, Mykkanen H, Poutanen K. Comparison of postprandial phenolic acid excretions and glucose responses after ingestion of breads with bioprocessed or native rye bran. *Food Funct* 2013a;4:972-981.
- Lappi J, Salojärvi J, Kolehmainen M, Mykkanen H, Poutanen K, de Vos WM, Salonen A. Intake of whole-grain and fiber-rich rye bread versus refined wheat bread does not differentiate intestinal microbiota composition in Finnish adults with metabolic syndrome. *J Nutr* 2013b;143:648-655.
- Lappi J, Mykkanen H, Bach Knudsen KE, Kirjavainen P, Katina K, Pihlajamäki 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;13:104-2891-13-104.
- Larsson SC, Giovannucci E, Bergkvist L, Wolk A. Whole grain consumption and risk of colorectal cancer: a population-based cohort of 60 000 women. *Br J Cancer* 2005;92:1803-1807.
- Leinonen K, Liukkonen K, Poutanen K, Uusitupa M, Mykkanen 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.
- Leinonen KS, Poutanen KS, Mykkanen HM. Rye bread decreases serum total and LDL cholesterol in men with moderately elevated serum cholesterol. *J Nutr* 2000;130:164-170.
- Leipätiedotus ry. Kotimaiset viljat. Saatavilla:
http://www.leipätiedotus.fi/tietoa_leivasta/vilja_ja_viljalajit/kotimaiset_viljat (katsottu 10.2.2016)
- Levi F, Pasche C, Lucchini F, Chatenoud L, Jacobs DR, Jr, La Vecchia C. Refined and whole grain cereals and the risk of oral, oesophageal and laryngeal cancer. *Eur J Clin Nutr* 2000;54:487-489.

- Linko AM, Juntunen KS, Mykkanen HM, Adlercreutz H. Whole-grain rye bread consumption by women correlates with plasma alkylresorcinols and increases their concentration compared with low-fiber wheat bread. *J Nutr* 2005;135:580-583.
- Liu S, Willett WC, Manson JE, Hu FB, Rosner B, Colditz G. Relation between changes in intakes of dietary fiber and grain products and changes in weight and development of obesity among middle-aged women. *Am J Clin Nutr* 2003;78:920-927.
- Liukkonen KH, Katina K, Wilhelmsson A, Myllymaki O, Lampi AM, Kariluoto S, Piironen V, Heinonen SM, Nurmi T, Adlercreutz H, Peltoketo A, Pihlava JM, Hietaniemi V, Poutanen K. Process-induced changes on bioactive compounds in whole grain rye. *Proc Nutr Soc* 2003;62:117-122.
- Lopez HW, Krespine V, Guy T, Messenger A, Demigne C, Remesy C. Prolonged Fermentation of Whole Wheat Sourdough Reduces Phytate Level and Increases Soluble Magnesium. *J Agric Food Chem* 2001;49(5):2657-2662.
- Magnusdottir OK, Landberg R, Gunnarsdottir I, Cloetens L, Akesson B, Landin-Olsson M, Rosqvist F, Iggman D, Schwab U, Herzig KH, Savolainen MJ, Brader L, Hermansen K, Kolehmainen M, Poutanen K, Uusitupa M, Thorsdottir I, Riserus U. Plasma alkylresorcinols C17:0/C21:0 ratio, a biomarker of relative whole-grain rye intake, is associated to insulin sensitivity: a randomized study. *Eur J Clin Nutr* 2014a;68:453-458.
- Magnusdottir OK, Landberg R, Gunnarsdottir I, Cloetens L, Akesson B, Rosqvist F, Schwab U, Herzig KH, Hukkanen J, Savolainen MJ, Brader L, Hermansen K, Kolehmainen M, Poutanen K, Uusitupa M, Riserus U, Thorsdottir I. Whole grain rye intake, reflected by a biomarker, is associated with favorable blood lipid outcomes in subjects with the metabolic syndrome--a randomized study. *PLoS One* 2014b;9:e110827.
- McIntosh GH, Noakes M, Royle PJ, Foster PR. Whole-grain rye and wheat foods and markers of bowel health in overweight middle-aged men. *Am J Clin Nutr* 2003;77:967-974.
- Moazzami AA, Bondia-Pons I, Hanhineva K, Juntunen K, Antl N, Poutanen K, Mykkanen H. Metabolomics reveals the metabolic shifts following an intervention with rye bread in postmenopausal women--a randomized control trial. *Nutr J* 2012;11:88-2891-11-88.
- Moazzami AA, Shrestha A, Morrison DA, Poutanen K, Mykkanen H. Metabolomics reveals differences in postprandial responses to breads and fasting metabolic characteristics associated with postprandial insulin demand in postmenopausal women. *J Nutr* 2014;144:807-814.
- Mutanen M, Voutilainen E. Energiaravintoaineet, ravintokuitu ja alkoholi. Kirjassa: Aro A, Mutanen M, Uusitupa M, toim. Ravitsemustiede. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim 2012. s.47-49.
- Nicodemus KK, Jacobs DR Jr, Folsom AR. Whole and refined grain intake and risk of incident postmenopausal breast cancer (United States). *Cancer Causes Control* 2001;12(10):917-925.
- Niemeyer HM. Hydroxamic acids derived from 2-hydroxy-2H-1,4-benzoxazin-3(4H)-one: key defense chemicals of cereals. *J Agric Food Chem* 2009;57(5):1677-1696.
- Nilsson M, Åman P, Härkönen H, Hallmans G, Bach Knudsen E, Mazur W, Adlercreutz H. Nutrient and lignin content, dough properties and baking performance of rye samples used in Scandinavia. *Acta Agriculturae Scandinavia, Section B, Soil & Plant Science* 1997;47:1:26-34.

Nordic Nutrition Recommendations, 2012. © Nordic Council of Ministers 2013. Saatavilla: http://www.ravitsemusneuvottelukunta.fi/files/images/vrn/9789289326292_nnr-2012.pdf (katsottu 11.12.2015)

Nurmi T, Mursu J, Penalvo JL, Poulsen HE, Voutilainen S. Dietary intake and urinary excretion of lignans in Finnish men. *Br J Nutr* 2010;103:677-685.

Nystrom L, Lampi AM, Andersson AA, Kamal-Eldin A, Gebruers K, Courtin CM, Delcour JA, Li L, Ward JL, Fras A, Boros D, Rakszegi M, Bedo Z, Shewry PR, Piironen V. Phytochemicals and dietary fiber components in rye varieties in the HEALTHGRAIN Diversity Screen. *J Agric Food Chem* 2008;56:9758-9766.

Parikka K, Rowland IR, Welch RW, Wahala K. In vitro antioxidant activity and antigenotoxicity of 5-n-alkylresorcinols. *J Agric Food Chem* 2006;54:1646-1650.

Parker ED, Liu S, Van Horn L, Tinker LF, Shikany JM, Eaton CB, Margolis KL. The association of whole grain consumption with incident type 2 diabetes: the Women's Health Initiative Observational Study. *Ann Epidemiol* 2013;23:321-327.

Peñalvo J, Hanhineva K, Adlercreutz H. Bioavailability of rye lignans and their relevance for human health. Kirjassa: Poutanen K, Åman P, toim. Rye and Health. AACC International inc. Minnesota, USA: AACC International Inc. 2014. s.71-84

Penttinen-Damdimopoulou P, Power K, Hurmerinta T, Nurmi T, van der Saag P, Mäkelä S. Dietary sources of lignans and isoflavones modulate responses to estradiol in estrogen reporter mice. *Mol Nutr Food Res* 2009;53:996-1006.

Pietinen P, Rimm EB, Korhonen P, Hartman AM, Willett WC, Albanes D, Virtamo J. Intake of dietary fiber and risk of coronary heart disease in a cohort of Finnish men. The Alpha-Tocopherol, Beta-Carotene Cancer Prevention Study. *Circulation* 1996;94:2720-2727.

Pihlava J, Nordlund E, Heiniö R, Hietaniemi V, Lehtinen P, Poutanen K. Phenolic compounds in wholegrain rye and its fractions. *Journal of Food Composition and Analysis* 2015;38:89-97.

Piironen V, Lampi A-M. Rye as source of phytosterols, tocopherols, and tokotrienols. Kirjassa: Poutanen K, Åman P, toim. Rye and Health. AACC International inc. Minnesota, USA: AACC International Inc. 2014a. s.131-158

Poutanen K. Rye and rye bread – An important part of the North European bread basket. Kirjassa: Kirjassa: Poutanen K, Åman P, toim. Rye and Health. AACC International inc. Minnesota, USA: AACC International Inc. 2014. s.1-6.

Pradhan AD, Ridker PM. Do atherosclerosis and type 2 diabetes share a common inflammatory basis? *Eur Heart J* 2002;23:831-834.

Raninen K, Lappi J, Mykkänen H, Poutanen K. Dietary fiber type reflects physiological functionality: comparison of grain fiber, inulin and polydextrose. *Nutrition revs.*2011;69(1):9-21.

Rakha A, Åman P, Andersson R. Characterisation of dietary fibre components in rye products. *Food Chem* 2010;119:859-867.

Rosen LA, Silva LO, Andersson UK, Holm C, Ostman EM, Bjorck IM. Endosperm and whole grain rye breads are characterized by low post-prandial insulin response and a beneficial blood glucose profile. *Nutr J* 2009;8:42-2891-8-42.

Rosen LA, Ostman EM, Shewry PR, Ward JL, Andersson AA, Piironen V, Lampi AM, Rakszegi M, Bedo Z, Bjorck IM. Postprandial glycemia, insulinemia, and satiety responses in healthy subjects after whole grain rye bread made from different rye varieties. 1. *J Agric Food Chem* 2011a;59:12139-12148.

Rosen LA, Ostman EM, Bjorck IM. Effects of cereal breakfasts on postprandial glucose, appetite regulation and voluntary energy intake at a subsequent standardized lunch; focusing on rye products. *Nutr J* 2011b;10:7-2891-10-7.

Ruokatieto. Tietohaarukka, tilastoja elintarvikealasta. Ruokatieto yhdistys ry. Helsinki, 2015. Saatavilla: <http://www.ruokatieto.fi/ruokafakta/tietohaarukka/elintarvikkeet> (katsottu 2.2.2016)

Rye and Health. Nutrients of rye. 2013 Saatavilla: <http://www.ryeandhealth.org/composition/nutrients-of-rye> (katsottu 13.10.2015)

Salmenkallio-Marttila M. MTT Koetoiminta ja käyttö. Liite 10.6.2002. Saatavilla: <http://www.mtt.fi/koetoiminta/pdf/mtt-kjak-v59n2s04b.pdf> (katsottu 30.10.2015)

Sener A, Malaisse WJ. The stimulus-secretion coupling of amino acid-induced insulin release: insulinotropic action of branched-chain amino acids at physiological concentrations of glucose and glutamine. *Eur J Clin Invest* 1981;11:455-460.

Shewry PR, Piironen V, Lampi AM, Edelman M, Kariluoto S, Nurmi T, Fernandez-Orozco R, Andersson AA, Aman P, Fras A, Boros D, Gebruers K, Dornez E, Courtin CM, Delcour JA, Ravel C, Charmet G, Rakszegi M, Bedo Z, Ward JL. Effects of genotype and environment on the content and composition of phytochemicals and dietary fiber components in rye in the HEALTHGRAIN diversity screen. *J Agric Food Chem* 2010;58:9372-9383.

Skeie G, Braaten T, Olsen A, Kyro C, Tjonneland A, Landberg R, Nilsson LM, Wennberg M, Overvad K, Asli LA, Weiderpass E, Lund E. Intake of whole grains and incidence of oesophageal cancer in the HELGA Cohort. *Eur J Epidemiol* 2015

Slavin J, Jacobs D, Marquart L. Whole-grain consumption and chronic disease: protective mechanism. *Nutr Cancer* 1997;27(1):14-21.

Slavin JL, Jacobs D, Marquart L. Grain processing and nutrition. *Crit Rev Food Sci Nutr* 2000;40:309-326.

Smeds AI, Eklund PC, Sjoholm RE, Willfor SM, Nishibe S, Deyama T, Holmbom BR. Quantification of a broad spectrum of lignans in cereals, oilseeds, and nuts. *J Agric Food Chem* 2007;55:1337-1346.

Söderholm PP, Alfthan G, Tikkanen MJ, Adlercreutz H. Rye bread intake improves oxidation resistance of LDL in healthy humans. *Atherosclerosis* 2012a;221:583-586.

Söderholm P,. Alkylresorcinol metabolites as potential biomarkers for whole-grain rye intake and the effect of rye bread intake on plasma low-density lipoproteins. *Väitöskirja. Helsingin yliopisto* 2012b.

Tanwir F, Fredholm M, Gregersen PL, Fomsgaard IS. Comparison of the levels of bioactive benzoxazinoids in different wheat and rye fractions and the transformation of these compounds in homemade foods. *Food Chem* 2013;141:444-450.

Thompson LU, Boucher BA, Liu Z, Cotterchio M, Kreiger N. Phytoestrogen content of foods consumed in Canada, including isoflavones, lignans, and coumestrol. *Nutr Cancer* 2006;54:184-201.

- Torfadottir JE, Valdimarsdottir UA, Mucci L, Stampfer M, Kasperzyk JL, Fall K, Tryggvadottir L, Aspelund T, Olafsson O, Harris TB, Jonsson E, Tulinius H, Adami HO, Gudnason V, Steingrimsdottir L. Rye bread consumption in early life and reduced risk of advanced prostate cancer. *Cancer Causes Control* 2012;23:941-950.
- Touillaud MS, Thiebaut AC, Fournier A, Niravong M, Boutron-Ruault MC, Clavel-Chapelon F. Dietary lignan intake and postmenopausal breast cancer risk by estrogen and progesterone receptor status. *J Natl Cancer Inst* 2007;99:475-486.
- Valtion ravitsemusneuvottelukunta. Terveyttä ruoasta! Suomalaiset ravitsemussuositukset 2014. Juvenes Print - Suomen yliopistopaino Oy, Tampere 2014.
- Van Loon LJ, Kruijshoop M, Menheere PP, Wagenmakers AJ, Saris WH, Keizer HA. Amino acid ingestion strongly enhances insulin secretion in patients with long-term type 2 diabetes. *Diabetes Care* 2003;26:625-630.
- Vanharanta M, Voutilainen S, Lakka TA, van der Lee M, Adlercreutz H, Salonen JT. Risk of acute coronary events according to serum concentrations of enterolactone: a prospective population-based case-control study. *Lancet* 1999;354:2112-2115.
- Vardi M, Levy NS, Levy AP. Vitamin E in the prevention of cardiovascular disease: the importance of proper patient selection. *J Lipid Res* 2013;54:2307-2314.
- Virkamäki A, Niskanen L. Tavallisten diabetesmuotojen synty. Kirjassa: Välimäki M, Sane T, Dunkerl L, toim. Endokrinologia. Kustannus Oy Duodecim 2010. Saatavilla: http://www.oppiporssi.fi/dtk/oppi/koti?p_artikkeli=inf04489&p_selaus=16083 (katsottu 4.4.2016)
- Ward JL, Poutanen K, Gebruers K, Piironen V, Lampi AM, Nyström L, Andersson AA, Åman P, Boros D, Rakszegi M, Bedo Z, Shewry PR. The HEALTHGRAIN Cereal Diversity Screen: concept, results, and prospects. *J Agric Food Chem* 2008;56(21):9758-9766.
- Weisburger JS, Reddy BS, Rose DP, Cohen LA, Kendall ME, Wynder EL. Protective mechanism of dietary fibers in nutritional carcinogenesis. *Basic Life Sci* 1993;61:45-63.
- Wright ME, Lawson KA, Weinstein SJ, Pietinen P, Taylor PR, Virtamo J, Albanes D. Higher baseline serum concentrations of vitamin E are associated with lower total and cause-specific mortality in the Alpha-Tocopherol, Beta-Carotene Cancer Prevention Study. *Am J Clin Nutr* 2006;84:1200-1207.
- 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.
- Zhu Y, Conklin DR, Chen H, Wang L, Sang S. 5-Alk(en)ylresorcinols as the major active components in wheat bran inhibit human colon cancer cell growth. *Bioorg Med Chem* 2011;19:3973-3982.