



UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND

Ravintokuidun vaikutukset glukagonin kaltaisen peptidi 1:n
eritykseen terveillä, esidiabeettisilla ja
tyypin 2 diabetesta sairastavilla aikuisilla

Anna Pulkkinen

Ravitsemustiede

Itä-Suomen yliopisto

Terveystieteiden tiedekunta

Kansanterveystieteen ja kliinisen

ravitsemustieteen yksikkö

31.3.2026

Itä-Suomen yliopisto, Terveystieteiden tiedekunta

Lääketieteen laitos

Ravitsemustiede

Pulkkinen, Anna K.: Ravintokuidun vaikutukset glukagonin kaltaisen peptidi 1:n eritykseen terveillä, esidiabeettisilla ja tyypin 2 diabetesta sairastavilla aikuisilla

Opinnäytetutkielma, 30 sivua, 6 liitettä (9 sivua)

Tutkielman ohjaaja, TtM, väitöskirjatutkija Vilma Liikonen

Maaliskuu 2026

Asiasanat: ravintokuitu, tyypin 2 diabetes, GLP-1, terveysvaikutteiset elintarvikkeet

Tyypin 2 diabetes on yleinen sairaus, jolle tyypilliset glukoosimetabolian häiriöt ovat pääosin seurausta elintapoihin kytkeytyvästä insuliiniresistenssistä. Taudinkuva korostaa elintapojen, kuten ruokavalion, merkitystä sairauden hoidossa ja ehkäisyssä. Ravintokuitu on yhdistetty pienempään tyypin 2 diabetes -riskiin, mutta sen vaikutusmekanismit ovat osin tuntemattomat. Yksi mahdollinen vaikutuskohde on glukagonin kaltainen peptidi 1 (GLP-1), joka on insuliinieritystä tehostava ja kylläisyyttä säätelevä hormoni. Kuidun ja GLP-1:n välisiä yhteyksiä koskeva tutkimusnäyttö on kuitenkin ollut osin vaihtelevaa ja tutkimusolosuhteista riippuvaista.

Tässä kirjallisuuskatsauksessa pyrittiin selvittämään, kuinka kuitu vaikuttaa GLP-1-eritykseen terveillä, esidiabeettisilla ja tyypin 2 diabetesta sairastavilla aikuisilla satunnaistetuissa ja kontrolloiduissa tutkimuksissa. Tavoitteena oli tuottaa tietoa, jota voitaisiin hyödyntää taudin ehkäisyssä ja hoidossa. Tiedonhaku suoritettiin MEDLINE-, Scopus- ja Web of Science -tietokannoissa. Katsaukseen valikoitui yhdeksän alkuperäistutkimusta, joiden tarjoama tutkimusnäyttö ei pääsääntöisesti tukenut oletusta kuidusta GLP-1-eritystä stimuloivana tekijänä tarkastelluissa kohderyhmissä. Tuloksiin liittyi kuitenkin joitakin rajoitteita, minkä vuoksi niitä on tulkittava harkiten. Tulokset vahvistivat käsitystä aiheen kompleksisuudesta ja koeolosuhteiden keskeisestä merkityksestä. Huomion kiinnittäminen tutkimuskäytänteisiin ja niiden yhdenmukaisuuteen voisi jatkossa parantaa tulosten validiteettia ja vertailtavuutta.

Lyhenteet

| | |
|-------------------|---|
| AOAC | Association of official analytical collaboration |
| α -CD | Alfa-cyclodextrin, suom. alfa-syklodekstriini |
| (i)AUC | (Incremental) area under the curve, suom. "(nousevan) käyrän alle jäävä pinta-ala" |
| BG | Beetaglukaani |
| EFSA | European Food Safety Authority, suom. Euroopan elintarviketurvallisuusviranomainen |
| FFAR | Free fatty acid receptor, suom. "vapaiden rasvahappojen reseptori" |
| FOS | Frukto-oligosakkaridi |
| GIP | Gastric inhibitory polypeptide/glucose-dependent insulinotropic polypeptide |
| GLP-1 | Glucagon-like peptide 1, suom. glukagonin kaltainen peptidi 1 |
| GPCR | G-protein-coupled receptor, suom. g-proteiinikytkentäinen reseptori |
| HbA _{1c} | Glykoitunut hemoglobiini |
| IFG | Impaired fasting glucose, suom. suurentunut glukoosipitoisuuden paastoarvo |
| IGT | Impaired glucose tolerance, suom. heikentynyt glukoosinsieto |
| ITF | Inuliinityyppinen fruktaani |
| LDL | Low density lipoprotein, suom. "LDL-kolesteroli" |
| NSP | Non-starch polysaccharides, suom. "ei-tärkkelystä olevat polysakkaridit" |
| OIST | Okinawa Institute of Science and Technology Graduate University |
| PHGG | Partially hydrolyzed guar gum, suom. "osittain hydrolysoitu guarkumi" |
| RCT | Randomized controlled trial, suom. satunnaistettu, kontrolloitu tutkimus |
| RS | Resistant starch, suom. resistentti tärkkelys |
| SCFA | Short chain fatty acid, suom. lyhytketjuinen rasvahappo |
| T2D | Tyypin 2 diabetes |

Sisällys

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | Johdanto..... | 6 |
| 2 | Kirjallisuuskatsauksen tausta..... | 8 |
| 2.1 | Tarkoitus, tavoitteet ja tutkimuskysymykset..... | 8 |
| 2.2 | Tiedonhaku ja aineiston rajaus..... | 8 |
| 3 | Ravintokuidun rooli diabetesruokavaliossa..... | 9 |
| 3.1 | Ruokavalio tyypin 2 diabeteksen ehkäisyssä ja hoidossa..... | 9 |
| 3.2 | Ravintokuitu..... | 10 |
| 3.2.1 | Määritelmä ja lähteet..... | 10 |
| 3.2.2 | Diabetekseen yhdistetyt terveystvaikutukset..... | 11 |
| 4 | GLP-1..... | 13 |
| 4.1 | Mekanismit ravintokuidun ja GLP-1:n välillä..... | 13 |
| 5 | Ravintokuidun vaikutukset GLP-1-eritykseen ateriatutkimuksissa..... | 16 |
| 5.1 | Vaikutukset terveillä aikuisilla..... | 16 |
| 5.2 | Vaikutukset esidiabeettisilla aikuisilla..... | 18 |
| 5.3 | Vaikutukset tyypin 2 diabetesta sairastavilla aikuisilla..... | 19 |
| 6 | Pohdinta..... | 20 |
| 6.1 | Tulosten tarkastelu..... | 20 |
| 6.2 | Luotettavuus ja eettisyys..... | 23 |
| 6.3 | Johtopäätökset ja jatkotutkimusaiheet..... | 24 |
| 7 | Tekoälyn käyttö tutkielman teossa..... | 25 |
| | Lähteet..... | 26 |

Liitteet

Liite 1. Alkuperäisartikkelien sisäänotto- ja poissulkukriteerit.

Liite 2. Hakulausekkeet tietokannoittain.

Liite 3. Tiedonhaun kuvaus.

Liite 4. Alkuperäisartikkelit: Pelkästään terveillä aikuisilla tehdyt tutkimukset.

Liite 5. Alkuperäisartikkelit: Terveillä ja esidiabeettisilla aikuisilla tehty tutkimus.

Liite 6. Alkuperäisartikkelit: Tyypin 2 diabetesta sairastavilla aikuisilla tehdyt tutkimukset.

1 Johdanto

Vuonna 2022 diabetesta sairasti 830 miljoonaa henkilöä (World Health Organization 2024). Yli 95 % sairastavuudesta on tyypin 2 diabeteksestä (T2D) johtuvaa (World Health Organization 2024). T2D on kuitenkin monimuotoinen sairaus konsensuskseen perustuvine määritelmineen, eikä sen diagnostiikka ole aina yksiselitteistä (Tyypin 2 diabetes: Käypä hoito -suositus 2024). Eri vaikeusasteita yhdistää insuliinihormonin häiriöihin kytkeytyvä dysglykemia, joka voi johtaa vakaviin komplikaatioihin ja altistaa lukuisille liitännäissairauksille, kuten sydän- ja verisuonitaudeille (Tyypin 2 diabetes: Käypä hoito -suositus 2024).

Keskeisin T2D:n ja sitä edeltävän esidiabeteksen syntyä selittävä taustatekijä on insuliiniresistenssi, joka puolestaan linkittyy usein ylimääräiseen energiansaantiin ja sisäelinten rasvoittumiseen (Tyypin 2 diabetes: Käypä hoito -suositus 2024, Miettinen 2025). Lääkehoidon tarve määräytyy taudinkuvan perusteella. T2D:n syntymekanismi korostaa kuitenkin elintapojen, kuten ruokavalion, merkitystä sairauden hoidossa ja ehkäisyssä (Tyypin 2 diabetes: Käypä hoito -suositus 2024, Miettinen 2025).

Täysjyväviljan vähäinen käyttö ja riittämätön kuidun saanti ovat tutkitusti yhteydessä suurempaan T2D-riskiin (Valtion ravitsemusneuvottelukunta ja Terveiden ja hyvinvoinnin laitos 2024). Kuidun ja T2D:n väliset taustamekanismit ovat kuitenkin vielä osin tuntemattomat (Birkeland ym. 2021, Uusitupa 2021). Viime vuosina kiinnostus terveysvaikutteisista, esimerkiksi kuidulla rikastetuista elintarvikkeista kohtaan on kasvanut (Binou ym. 2021, Pino ym. 2021). Glukagonin kaltainen peptidi 1 (GLP-1, glucagon-like peptide 1) on insuliinieritystä tehostava ja kylläisyyttä säätelevä hormoni (Akanji ja Frayn 2024), jonka reseptoriagonisteja käytetään niin diabeteksen kuin lihavuudenkin lääkehoidossa (Tyypin 2 diabetes: Käypä hoito -suositus 2024). On esitetty, että kuitu voisi lisätä GLP-1-eritystä esimerkiksi lyhytketjuisten rasvahappojen (SCFA, short chain fatty acid) välityksellä, tosin mekanismin vaikuttavuudesta saatu näyttö on ollut paikoin ristiriitaista ja tutkimusolosuhteista riippuvaista (Nogal ym. 2021, Kabisch ym. 2024, Faradilah ym. 2025).

T2D on yleistynyt yhdessä ylipainon kanssa etenkin vähä- ja keskituloisissa maissa (Tyypin 2 diabetes: Käypä hoito -suositus 2024, World Health Organization 2024), mikä alleviivaa tarvetta löytää tilanteeseen laajasti toteutettavissa olevia ratkaisuja lääkekehityksen ohella. Tässä kirjallisuuskatsauksessa aihetta on lähestytty ravitsemustieteen näkökulmasta tarkastelemalla ravintokuidun vaikutuksia aikuisväestön GLP-1-eritykseen satunnaistetuissa ja kontrolloiduissa tutkimuksissa (RCT, randomized controlled trial). T2D:n heterogeenisen sairaudenkuvan ja ennaltaehkäisevän näkökulman esille tuomiseksi katsauksessa on huomioitu paitsi T2D:ta sairastavat, myös esidiabeettiset ja normoglykeemiset aikuiset.

2 Kirjallisuuskatsauksen tausta

2.1 Tarkoitus, tavoitteet ja tutkimuskysymykset

Kirjallisuuskatsauksen tarkoituksena oli vertailla ravintokuidun vaikutuksia GLP-1-eritykseen terveillä, esidiabeteksessa ja T2D:ssa aikuisväestössä. Tutkielman tavoitteena oli tuottaa viimeisimpään tieteelliseen näyttöön perustuvaa tietoa, jota voitaisiin hyödyntää T2D:n ehkäisyssä ja hoidossa. Katsauksessa pyrittiin vastaamaan seuraaviin kysymyksiin:

1. Miten kuitu vaikuttaa GLP-1-eritykseen terveillä aikuisilla?
2. Miten kuitu vaikuttaa GLP-1-eritykseen esidiabeettisilla ja T2D:ta sairastavilla aikuisilla?

2.2 Tiedonhaku ja aineiston rajaus

Katsauksen tiedonhaku suoritettiin tammikuussa 2026. Tietoa haettiin MEDLINE (PubMed) -, Scopus- ja Web of Science -tietokannoista, joita käytetään yleisesti terveystieteellisessä tutkimuksessa. Katsauksen aihepiiriä on tutkittu paljon vaihtelevissa tutkimusasetelmissä, joissa GLP-1-vaste on kuitenkin ollut usein vain yksi osamittari muiden joukossa. Relevanttien, mutta kattavien tulosten saavuttamiseksi hakulausekkeet testattiin ennen lopullisten hakujen suorittamista. Esimerkiksi Scopus- ja Web of Science -tietokannoissa käytetyt kieltolausekkeet muodostettiin näiden testien perusteella. Lisäksi hauissa hyödynnettiin tietokantojen omia suodattimia.

Uusimman tutkimusnäytön kartoittamiseksi alkuperäisartikkeleita haettiin viimeisen viiden vuoden ajalta. Tutkimusten oli käsiteltävä ravintokuidun vaikutuksia aikuisväestössä joko terveillä, esidiabeteksessa tai T2D:ssa RCT-tutkimusasetelmassa. Kuitutyyppi ja GLP-1-vaste tuli olla esitetyinä. Artikkelien tarkat sisäänotto- ja poissulkukriteerit on esitetty **liitteessä 1**, lopulliset hakulausekkeet **liitteessä 2** ja tiedonhaku **liitteessä 3**.

3 Ravintokuidun rooli diabetesruokavaliossa

3.1 Ruokavalio tyypin 2 diabeteksen ehkäisyssä ja hoidossa

T2D:n etiologiaan kytkeytyy niin ympäristöön kuin perimäänkin liittyviä tekijöitä (Tyypin 2 diabetes: Käypä hoito -suositus 2024). Taudin taustamekanismit linkittyvät usein sisäelinten rasvoittumiseen, joka edistää T2D:lle tyypillisen insuliiniresistenssin ja dysglykemian kehittymistä (Miettinen 2025). Ylipaino ja metabolinen oireyhtymä lukeutuvatkin sairauden keskeisimpiin riskitekijöihin (Tyypin 2 diabetes: Käypä hoito -suositus 2024). T2D:ta edeltävässä esidiabeteksessä verensokeriarvot poikkeavat normaalista, mutta eivät vielä täytä sairauden raja-arvoja. Esidiabetekseksi luetaan glukoosipitoisuuden suurentunut paastoarvo (IFG, impaired fasting glucose) ja heikentynyt glukoosinsieto (IGT, impaired glucose tolerance). IFG:ssä verensokerin paastoarvo on 6,1–6,9 mmol/l, kun taas IGT:ssä glukoosipitoisuus on kahden tunnin sokerirasituskokeessa 7,8–11 mmol/l. T2D todetaan, kun paastoarvo on ≥ 7 mmol/l, rasituskokeen tulos ylittää 11 mmol/l tai glykoitunut hemoglobiini (HbA_{1c}) on ≥ 48 mmol/mol ($\geq 6,5$ %). Ajan myötä myös insuliinieritys voi heikentyä (Tyypin 2 diabetes: Käypä hoito -suositus 2024).

T2D:n vaikeusaste määrittää lääkehoidon tarpeen (Tyypin 2 diabetes: Käypä hoito -suositus 2024). T2D:ta sairastavista 80–90 %:lla on ylipainoa (Uusitupa 2021), minkä vuoksi tauti voidaan joissakin tapauksissa saada remissioon painoa pudottamalla (Miettinen 2025). Sairaus voi puhjeta myös ilman ylipainoa tai lihavuutta, mutta verensokeriarvojen korjaaminen edellyttää T2D:ssa kuitenkin aina elintapahoitoa. Huomiota tulee kiinnittää esimerkiksi fyysiseen aktiivisuuteen, tupakoimattomuuteen, uneen, stressinhallintaan ja ruokailutottumuksiin (Miettinen 2025).

T2D:n ruokavaliohoito perustuu koko väestöä koskeviin ravitsemussuosituksiin, tosin täydellistä konsensusta sen optimaalisesta toteutuksesta ei toistaiseksi ole (Uusitupa 2021). Energiansaannin ohella diabeettisesti oireilevien on tärkeää kiinnittää huomiota varsinkin rasvan ja proteiinin, mutta myös hiilihydraattien määrään ja laatuun (Uusitupa 2021, The Diabetes and Nutrition Study Group of the European Association for the Study of Diabetes 2023). Hiilihydraattipainotteisen ruokavalion suotuisat vaikutukset sokeri- ja rasva-aineenvaihduntaan saattavat osin selittyä

esimerkiksi sillä, että tyydyttyneen rasvan osuus energiansaannista jää tällöin vähäisemmäksi. Sairauden edetessä hiilihydraattien rooli ruokavaliassa korostuu entisestään, mikäli nefropatian vuoksi päädytään rajoittamaan ruokavaliosta saatavan proteiinin määrää (Uusitupa 2021, The Diabetes and Nutrition Study Group of the European Association for the Study of Diabetes 2023). Hiilihydraattien lähteistä erityisesti vähäsokeriset ja runsaskuituiset vaihtoehdot ovat suositeltavia (Valtion ravitsemusneuvottelukunta ja Terveiden ja hyvinvoinnin laitos 2024).

3.2 Ravintokuitu

3.2.1 Määritelmä ja lähteet

Ravintokuitu muodostaa yhdessä sokerien ja tärkkelyksen kanssa valtaosan ravinnon hiilihydraateista (Mutanen ym. 2021). Hiilihydraattien jaottelu perustuu niiden sisältämien monosakkariidien lukumäärään, mikä vaikuttaa osin niiden sulavuuteen ruoansulatuskanavassa (Mutanen ym. 2021), ja tätä kautta myös veren glukoosi- ja insuliinipitoisuuksiin (Uusitupa 2021). Kuitua voidaan tarkastella edelleen niin kemiallisten kuin fysiologistenkin ominaisuuksiensa osalta (Mutanen ym. 2021).

Vaikka kuidun määrittelyssä hyödynnetään laajasti standardoituja AOAC (Association of Official Analytical Collaboration) -menetelmiä, määritelmässä esiintyy vaihtelua esimerkiksi synteettisten tai eläinperäisten kuitujen tai eri viranomaistahojen mukaan (EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition, and Allergies 2010, Euroopan komissio 2025). Euroopan elintarviketurvallisuusviranomaisen EFSA:n (European Food Safety Authority) mukaan ravintokuiduksi lasketaan muun muassa polysakkaridit, jotka eivät ole tärkkelystä (NSP, non-starch polysaccharides), imeytymättömät oligosakkaridit, resistentti tärkkelys (RS, resistant starch) ja ligniini (EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition, and Allergies 2010). Elintarviketietoasetuksen 1169/2011 liitteen I mukaan ”—ravintokuidulla’ tarkoitetaan hiilihydraattipolymeerejä, joissa on vähintään kolme monomeeristä yksikköä ja jotka eivät sula tai imeydy ihmisen ohutsuolessa ja jotka kuuluvat seuraaviin luokkiin:

- syötävät hiilihydraattipolymeerit, joita esiintyy luonnollisesti nautintavalmiissa elintarvikkeessa,
- syötävät hiilihydraattipolymeerit, jotka on saatu elintarvikkeen raaka-aineesta fysikaalisella, entsyymaattisella tai kemiallisella keinolla ja joilla on yleisesti hyväksytyn tieteellisen näytön osoittamia myönteisiä fysiologisia vaikutuksia,
- syötävät synteettiset hiilihydraattipolymeerit, joilla on yleisesti hyväksytyn tieteellisen näytön osoittamia myönteisiä fysiologisia vaikutuksia.—”

Kuitua saadaan esimerkiksi täysjyviviljasta, kasviksista, marjoista, hedelmistä, pähkinöistä, siemenistä ja palkokasveista (Valtion ravitsemusneuvottelukunta ja Terveiden ja hyvinvoinnin laitos 2024). Fysiologisten vaikutustensa perusteella kuitu on perinteisesti jaoteltu liukoiseen ja liukenemattomaan (Euroopan komissio 2025). Palkokasvit, marjat ja hedelmät sisältävät tavallisesti liukoista eli viskoosia kuitua, kuten pektiiniä ja kumeja (Mutanen ym. 2021). Ei-viskoosia kuitua, kuten selluloosaa, on puolestaan tyypillisesti viljassa, mutta toisaalta kauran beetaglukaani (BG) on esimerkki viljaperäisestä, liukoisesta kuidusta (Mutanen ym. 2021).

3.2.2 Diabetekseen yhdistetyt terveystvaikutukset

Vaikka ravintokuitua ei lueta välttämättömäksi ravintoaineeksi (Mutanen ym. 2021), on sillä havaittu olevan yhteys monien kansansairauksien, kuten T2D:n, alhaisempaan riskiin (Valtion ravitsemusneuvottelukunta ja Terveiden ja hyvinvoinnin laitos 2024). Tavallisesti kuitua olisi hyvä saada päivittäin 25–35 g/vrk (3g/MJ) (Valtion ravitsemusneuvottelukunta ja Terveiden ja hyvinvoinnin laitos 2024). Diabeteksessä kuitutavoite on 35 g/vrk, ja mikäli kuitua ei saada riittävästi ravinnosta, voidaan harkita myös kuitulisiä tai kuidulla rikastettuja ruokia (The Diabetes and Nutrition Study Group of the European Association for the Study of Diabetes 2023).

Kuidun suotuisat vaikutukset voivat ilmetä muun muassa niin mahalaukun, ohut- kuin paksusuolenkin alueella (Mutanen ym. 2021). Viskoosit kuidut hidastavat mahalaukun tyhjenemistä vahvistaen kylläisyyden tunnetta, mikä voi edistää T2D:n ehkäisyssä ja hoidossa keskeisen painonhallinnan onnistumista. Liukoisten kuitujen on myös havaittu vaikuttavan suotuisasti sokeri-

ja kolesterolimetaboliaan (Mutanen ym. 2021, Uusitupa 2021). Viskoosit kuidut pystyvät esimerkiksi sitomaan sappihappoja, mikä voi johtaa epäedullisen LDL (low density lipoprotein) -kolesterolin määrän vähenemiseen (Uusitupa 2021). Liukenematon kuitu lisää ulostemassaa liukoista enemmän, millä voi myös olla vaikutusta muun muassa sappihappopitoisuuksiin (Mutanen ym. 2021) ja edelleen T2D:ssa olennaiseen rasva-aineenvaihduntaan (Uusitupa 2021). Hiilihydraatteja ja runsasta kuidun saantia suosivan ruokavalion on havaittu pitkällä aikavälillä normalisoivan paastoglukoosipitoisuuksia ja parantavan insuliinisenitiivisyyttä T2D:ta sairastavilla. Insuliinia käyttävillä potilailla kuitu voi pienentää tarvittavaa annostusta (Uusitupa 2021).

Kuidun vaikutukset elimistön glukoosi- ja insuliinimetaboliaan ovat kuitenkin osin tuntemattomat (Uusitupa 2021). Paksusuolen mikrobifermentaatioissa kuidusta voi syntyä SCFA:ja, joilla on esitetty olevan esimerkiksi maksan glukoneogeneesiin, insuliinieritystä sääteleviin suolistohormoneihin ja ruokahaluun liittyviä vaikutuksia (Uusitupa 2021). Mikrobifermentaatio on tyypillistä liukoisille kuiduille, mutta poikkeuksiakin on (Mutanen ym. 2021). Synteettisten kuitujen vedenpidätyskyky- ja fermentaatio-ominaisuudet vaihtelevat (Mutanen ym. 2021). Liukoisuus ei perinteisestä jaottelusta huolimatta ole ainoa kuidun terveysvaikutuksia selittävä tekijä (Euroopan komissio 2025). Kuidun aikaansaamat hyödyt riippuvat esimerkiksi muusta ravinnosta ja suolistomikrobistosta (Mutanen ym. 2021). Kuidun rooli suolistomikrobiston muokkaajana on tiettävästi yksittäisistä ravintotekijöistä tärkein (Rautava ja Salonen 2021).

Kuidun edullisista vaikutuksista huolimatta on hyvä huomata, ettei elintarvikkeista saa esittää lääkkeellisiä väitteitä, joiden perusteella niillä voisi ymmärtää olevan sairauksia parantavia, hoitavia tai ehkäiseviä ominaisuuksia (Ruokavirasto 2023). EFSA:n hyväksymät ravitsemus- ja terveysväitteet ovat puolestaan sallittuja. Ne perustuvat aina tietyn aineen, kuten kuitutyyppin, todennettuihin vaikutuksiin tietyllä käyttömäärällä (Ruokavirasto 2023). Esimerkiksi 4 g kauran tai ohran BG:ja 30 g imeytyvää hiilihydraattia kohti auttaa tutkitusti hillitsemään aterianjälkeistä verensokerin nousua (Euroopan komissio 2026a), kuten myös RS, mikäli sillä on korvattu imeytyvää tärkkelystä, ja sitä on vähintään 14 % kokonaistärkkelyksestä (Euroopan komissio 2026b).

4 GLP-1

GLP-1 on GIP:n (gastric inhibitory polypeptide, glucose-dependent insulinotropic polypeptide) ohella toinen elimistön pääasiallisista inkretiinihormoneista, jotka tehostavat insuliinieritystä hiilihydraattipitoisen aterian jälkeen (Akanji ja Frayn 2024). Hiilihydraattien ohella myös muut ravintoaineet, kuten proteiinit ja rasvat, voivat stimuloida GLP-1-eritystä (Müller ym. 2019, Freese ym. 2021). Inkretiinien tiedetään estävän mahalaukun tyhjenemistä ja liikkeitä, minkä lisäksi ne vaikuttavat ruokahalun säätelyyn aivoissa, insuliinisensitiivisyyteen ja glukoosin soluunottoon luumrankolihasissa, glukoneogeneesiin maksassa ja beetasolujen toimintaan haimassa (Akanji ja Frayn 2024, **Kuvio 1**). GLP-1 vaikuttaa tunnetusti etenkin aterioiden välillä vallitsevaan kylläisyyteen (Karhunen 2021), millä voi puolestaan olla merkitystä painonhallinnan ja tätä kautta myös T2D:n kannalta (Uusitupa 2021). GLP-1:n vaikutukset perifeerisessä elimistössä voivat olla joko suoria tai epäsuoria (Müller ym. 2019).

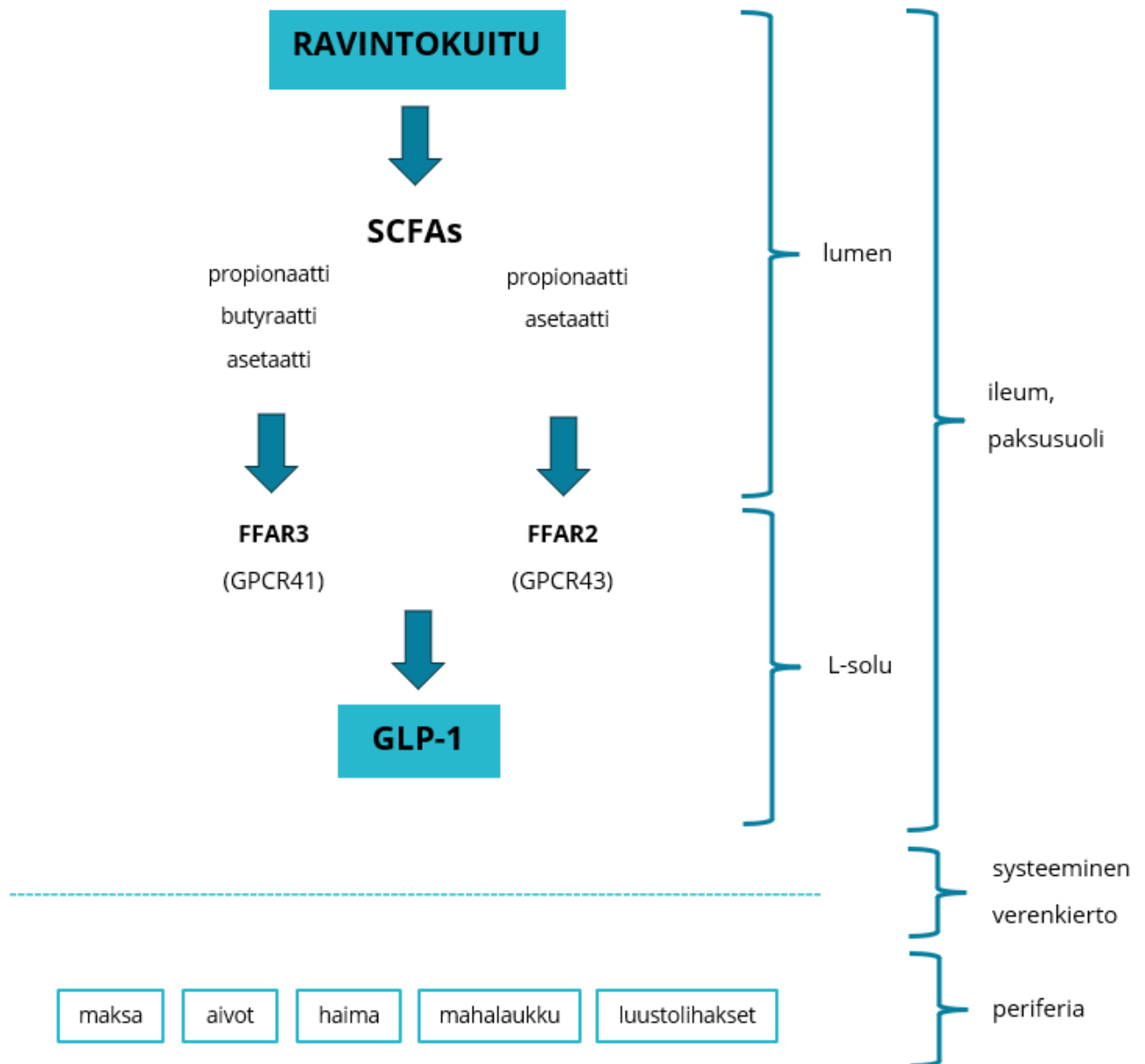
Plasman inkretiinitasot kohoavat nopeasti, kun ateriasta on kulunut noin 15 minuuttia, ja ne pysyvät koholla useiden tuntien ajan (Mutanen ym. 2021). GLP-1-eritykseen liittyy niin kemiallisia, hormonaalisia kuin neuraalisiakin tekijöitä (Freese ym. 2021, Karhunen 2021). GLP-1:tä tuotetaan pääasiassa ohutsuolen loppuosan ja paksusuolen L-soluissa (Freese ym. 2021, **Kuvio 1**), mutta myös aivoissa (Karhunen 2021). GLP-1:tä hajotetaan glukagonin tavoin proglukagonista ohutsuolen prohormonikonvertaasien avulla (Akanji ja Frayn 2024), mikä vähentää maksan glukoosituotantoa stimuloivan glukagonin muodostusta (Mutanen ym. 2021). Dipeptidyylipeptidaasi-4-entsyymin toiminta johtaa kuitenkin aktiivisen GLP-1:n hajoamiseen noin 1,5 minuutissa (Hui ym. 2002, Akanji ja Frayn 2024). Aktiivisen GLP-1:n pitoisuus käsittää näin ollen vain hajoamattomat muodot, kun taas kokonaispitoisuus myös hajonneet (Watkins ym. 2023).

4.1 Mekanismit ravintokuidun ja GLP-1:n välillä

Ravintokuitu ja GLP-1 on yhdistetty lukuisiin samansuuntaisiin postprandiaalisiin eli aterianjälkeisiin vasteisiin (Karhunen 2021, Mutanen ym. 2021, Akanji ja Frayn 2024), tosin ymmärrys niiden välisten mekanismien vaikuttavuudesta on ollut vaihtelevaa (Nogal ym. 2021, Faradilah ym.

2025). Tiedetään, että GLP-1-eritykseen kytkeytyy lukuisia eri signaalireittejä ja niitä ohjaavia tekijöitä (Watkins ym. 2023). Kuidun aikaansaamat vasteet elimistössä voivat nekin riippua monista eri muuttujista, kuten kuidun määrästä, tyypistä, sen edustamasta ruokamatriksista ja muista ravinnon sisältämistä aineista (Mutanen ym. 2021, Ruokavirasto 2023). Vaikka kuidun, glukoosiaineenvaihdunnan ja kylläisyyden väliset mekanismit ovat vielä osaksi epäselvät, on niiden epäilty liittyvän esimerkiksi ruoansulatuskanavan venytyksen aiheuttamiin signaaleihin. Liukoiset kuidut voivat muun muassa vaikuttaa suolen sisällön viskositeettiin ja tätä kautta stimuloida suolen kylläisyshormonieritystä (Mutanen ym. 2021). On kuitenkin olemassa tutkimusnäyttöä myös siitä, että liukoinen kuitu saattaisi joissakin tapauksissa vähentää postprandiaalisia GLP-1-pitoisuuksia (Uusitupa 2021, Kabisch ym. 2024, **Kuvio 1**).

On esitetty, että suolistomikrobiston koostumus voisi muokata kuidun aikaansaamia GLP-1-vasteita (Klümper ym. 2025). Suolistomikrobiston epätasapainon on puolestaan arveltu linkittyvän esimerkiksi lihavuuteen ja T2D:een (Birkeland ym. 2021, Rautava ja Salonen 2021). Kuidun T2D:een yhdistetyt terveystvaikutukset saattavatkin liittyä muun muassa sen paksusuolifermentaation metaboliitteihin (Uusitupa ym. 2021, **Kuvio 1**). Jotkut ravintokuidut toimivat energianlähteinä eli prebiootteina tietyille paksusuolen mikrobeille, joiden anaerobisessa metaboliassa syntyy SCFA:ja, kuten butyraattia, asetaattia ja propionaattia (Nogal ym. 2021, Rautava ja Salonen 2021). SCFA:jen on esimerkiksi esitetty toimivan signaalimolekyyleinä, jotka voisivat stimuloida GLP-1-eritystä kiinnittyessään L-solujen reseptoreihin (Freese ym. 2021, Nogal ym. 2021). GLP-1:n moninaiset vaikutukset elimistössä välittyvät eteenpäin hormonin g-proteiinikytkentäisten reseptorien avulla (Akanji ja Frayn 2024). Joissakin tutkimuksissa, joissa tutkittavilla on ollut lihavuutta, prebioottien, plasman SCFA-pitoisuuksien ja metaboliahormonien – kuten GLP-1:n – välisiä vaikutuksia ei kuitenkaan ole kyetty osoittamaan (Faradilah ym. 2025).



Kuvio 1. Ravintokuidun SCFA-välitteinen GLP-1-erityksen stimulaatio ileumin ja paksusuolen L-soluissa ja esimerkkejä GLP-1:n suorista ja epäsuorista vaikutuskohteista perifeerisessä elimistössä (Mukaiillen: Müller ym. 2019, Mutanen ym. 2021, Nogal ym. 2021, Akanji ja Frayn 2024). FFAR, free fatty acid receptor, “vapaiden rasvahappojen reseptori”; GLP-1, glucagon-like peptide 1, glukagonin kaltainen peptidi 1; GPCR, G-protein-coupled receptor, g-proteiinikytkentäinen reseptori; SCFAs, short chain fatty acids, lyhytketjuiset rasvahapot.

5 Ravintokuidun vaikutukset GLP-1-eritykseen ateriatutkimuksissa

Kirjallisuuskatsaukseen valikoitui sisäänottokriteerien mukaisesti yhteensä yhdeksän tutkimusartikkelia (n = 210), joista viidessä ravintokuidun vaikutuksia GLP-1-eritykseen tutkittiin pelkästään terveillä aikuisilla (**Liite 4**). Yhdessä tutkimuksessa vaikutuksia selvitettiin sekä terveillä että esidiabeettisilla tutkittavilla (**Liite 5**). Tutkimuksista kolme tarkasteli aihetta T2D:ta sairastavilla (**Liite 6**). Tutkimuksista viisi oli tehty Euroopassa (Binou ym. 2021, Birkeland ym. 2021, Binou ym. 2022a, Canfora ym. 2022, Revheim ym. 2024a), kaksi Etelä-Amerikassa (Pino ym. 2021, da Silva ym. 2022), yksi Pohjois-Amerikassa (Hughes ym. 2022) ja yksi Aasiassa (Nakamura ym. 2023). Seuraavissa alaluvuissa on käsitelty näiden ateriatutkimusten kerryttämää näyttöä aiheesta edellä kuvatuissa kohderyhmissä.

5.1 Vaikutukset terveillä aikuisilla

Kaikki viisi pelkästään terveillä tutkittavilla tehtyä tutkimusta olivat vaihtovuorokokeita (n = 86, **Liite 4**), kuten myös kaksi RCT-asetelmaa, joissa osallistujina oli sekä terveitä (n = 23) että esidiabeettisia aikuisia (**Liite 5**, Canfora ym. 2022). Neljässä tutkimuksessa tutkittavat olivat keskimäärin nuorempia (Binou ym. 2021, 2022a, da Silva ym. 2022, Revheim ym. 2024a) kuin kahdessa muussa (Canfora ym. 2022, Hughes ym. 2022). Neljässä tutkimuksessa testielintarvikkeina käytettiin erilaisilla kuitulisillä täydennettyjä leipätuotteita (Binou ym. 2021, 2022a, Hughes ym. 2022, Revheim ym. 2024a). Yhdessä tutkimuksessa kuitu lisättiin testiaterianosan joukkoon (da Silva ym. 2022) ja yhdessä lämpimään nesteeseen tai jogurttiin (Canfora ym. 2022). Kuitualtistuksen pituus vaihteli yksittäisistä testipäivistä (Binou ym. 2021, 2022a, Canfora ym. 2022, da Silva ym. 2022, Revheim ym. 2024a) seitsemään päivään (Hughes ym. 2022). GLP-1-pitoisuudet oli määritetty sekä paastotilassa että postprandiaalisesti otetuista verinäytteistä ja useimmiten määryksissä oli hyödynnetty erilaisia kaupallisia testisettejä (Binou ym. 2021, 2022a, Canfora ym. 2022, da Silva ym. 2022, Hughes ym. 2022, Revheim ym. 2024a). Pisimmillään GLP-1-mittausten aterianjälkeinen aikaikkuna ulottui neljään tuntiin ateriasta (Canfora ym. 2022).

Kahdessa tutkimusolosuhteiltaan samankaltaisessa kokeessa eri kuitujen vaikutuksia aterianjälkeisiin hormonivasteisiin tutkittiin rikastettujen vehnäleipien avulla (Binou ym. 2021, 2022a). Toisessa kokeessa verrattiin BG:n ja RS:n aikaansaamia vasteita (Binou ym. 2021), kun taas toisessa tarkasteltiin alfa-syklodekstriinin (α -CD, alpha-cyclodextrin) vaikutuksia (Binou ym. 2022a). Kuitumäärät perustuivat EFSA:n hyväksymiin terveystähteisiin kyseisten kuitutyypin aterianjälkeistä verensokeria tasaavista ominaisuuksista (Binou ym. 2021, 2022a, Euroopan komissio 2026a, 2026b, 2026c). BG-rikastetussa leivässä BG:ia oli 3,6 g 30 imeytyvää hiilihydraattigrammaa kohti ja RS-leivässä RS:tä 15 % kokonaistärkkelyksestä. α -CD-kokeessa kuiturikastettuja leipiä oli kaksi, joista toiseen oli lisätty myös hydroksityrosoli-polyfenolia. Pelkkää kuitulisää sisältäneessä leivässä α -CD:iä oli 5 g ja hydroksityrosoli- α -CD-leivässä 4,68 g 50 imeytyvää hiilihydraattigrammaa kohti. α -CD-leipien rinnalla testattiin lisäksi rikastamatonta leipää. BG:n jälkeisen kokonais-GLP-1-pitoisuuden havaittiin olevan 60 minuutin aikapisteessä korkeampi kuin RS:n, mutta ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä ($p = 0,1$). Ylipäänsä testileipien kokonais-GLP-1-iAUC (incremental area under the curve) -arvoissa ei havaittu merkitseviä eroja kummassakaan kokeessa (Binou ym. 2021, 2022a).

Vehnän RS:n tyyppillä 2 rikastettujen sämpylöiden vaikutuksia aktiivisen GLP-1:n pitoisuuksiin selvitettiin amerikkalaistutkimuksessa viikon mittaisen kuituallistuksen ja ateriatestin avulla (Hughes ym. 2022). Kuitulisän määrä perustui lähtöoletukseen siitä, että väestötasolla amerikkalaiset saavat ruokavaliostaan noin puolet suositellusta kuitumäärästä. Tutkimuksen aikana tutkittavat söivät tavanomaisen ruokavalionsa lisäksi kuidulla rikastettuja sämpylöitä, joiden avulla suositusten mukainen määrä oli laskennallisesti mahdollista saavuttaa. Verrokkituotteena käytettiin rikastamattomia sämpylöitä. Interventiolla ei kuitenkaan havaittu vaikutusta aktiivisen GLP-1:n postprandiaalisiin pitoisuuksiin. Tutkittavien kuidun saannin havaittiin olleen lähtötilanteessa keskimäärin 33,67 g/vrk, mikä oli odotettua suurempaa (Hughes ym. 2022).

Frukto-oligosakkaridien (FOS) ja osittain hydrolysoidun guarumin (PHGG, partially hydrolyzed guar gum) (da Silva ym. 2022) sekä kauran BG:n (Revheim ym. 2024a) vaikutuksia suolistohormonipitoisuuksiin tarkasteltiin keskenään samankaltaisissa tutkimusolosuhteissa. Molemmissa kokeissa tutkittavia oli noin 20 ja päämuuttujana tutkimuksissa oli joko mahalaukun ja ohutsuolen

tyhjentyminen (da Silva ym. 2022) tai pelkkä mahalaukun tyhjeneminen (Revheim ym. 2024a). FOS:ien ja PHGG:n plasebona käytettiin maltodekstriiniä (da Silva ym. 2022). Kauran BG:n verrokkituotteena toimi puolestaan täysjyvävehnäleipä (Revheim ym. 2024a). FOS:ien ja PHGG:n vaikutuksia kartoittaneessa tutkimuksessa postprandiaaliset aktiivisen GLP-1:n pitoisuudet vaihtelivat suuresti kolmen tunnin kohdalla (da Silva ym. 2022). Vasteet aktiivisen GLP-1:n pitoisuuksissa eivät kuitenkaan olleet BG- ($p = 0,892$) (Revheim ym. 2024a) eikä FOS/PHGG-kokeissa ($p > 0,05$) (da Silva ym. 2022) tilastollisesti merkitseviä.

Eri nopeudella fermentoituvien kuitujen vaikutuksia metaboliseen terveyteen selvitettiin kahdessa sekä terveillä että esidiabeettisilla miehillä tehdyssä interventiossa (Canfora ym. 2022). Toisessa kokeessa pääasiallisena tutkimuksen kohteena oli inuliini ja toisessa hiivan BG, joiden vaikutuksia tarkasteltiin joko yhdessä perunan RS:n tyypin 2 kanssa tai ilman sitä. Plasebona inuliinitutkimuksessa käytettiin maltodekstriiniä ja BG-tutkimuksessa maltodekstriini-proteiini-rasvayhdistelmää. Kokeissa mitattiin GLP-1:n kokonaispitoisuutta. Terveillä, normaalipainoisilla tutkitavilla ei havaittu eroja testituotteiden aikaansaamissa GLP-1-kokonais-AUC-arvoissa inuliinitutkimuksessa ($p = 0,666$), eikä BG-tutkimuksessa ($p = 0,796$) (Canfora ym. 2022).

5.2 Vaikutukset esidiabeettisilla aikuisilla

Kuitusekoitusten vaikutuksia tutkittiin terveiden ohella myös esidiabeettisilla miehillä, joilla oli lisäksi ylipainoa tai lihavuutta ($n = 22$, **Liite 5**, Canfora ym. 2022). Toisessa kahdesta interventiosta tutkittavat nauttivat tutkimuksia edeltävänä päivänä lämpimään nesteeseen sekoitettua inuliini-plasebo- tai inuliini-RS-sekoitusta tai pelkkää plaseboa, toisessa puolestaan jugurttiin lisättyä BG-plasebo- tai BG-RS-yhdistelmää tai plaseboa. Kokonais-GLP-1-pitoisuudet määritettiin testipäivänä paastotilassa ja runsasrasvaisen testiaterian jälkeen eri aikapisteissä. Esidiabeettisilla miehillä inuliini-RS-yhdistelmä sai aikaan trendiksi luonnehdittavan muutoksen 2–4 tunnin GLP-1-AUC-arvoissa plaseboon verrattuna ($p = 0,083$). Koko aikajännettä kuvaavissa GLP-1-AUC-arvoissa ei kuitenkaan havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja paasto- tai aterianjälkeisissä tiloissa kummassakaan ryhmässä (Canfora ym. 2022).

5.3 Vaikutukset tyypin 2 diabetesta sairastavilla aikuisilla

T2D:ta sairastavilla tehdyt tutkimukset (n = 79) on esitetty kokoomataulukossa **liitteessä 6**. Kolmesta interventioista (Birkeland ym. 2021, Pino ym. 2021, Nakamura ym. 2023) kaksi oli vaihtovuorokokeita (Birkeland ym. 2021, Nakamura ym. 2023). Kaikissa tutkimuksissa osallistujat olivat yli 40-vuotiaita naisia ja miehiä (Birkeland ym. 2021, Pino ym. 2021, Nakamura ym. 2023). GLP-1-mittausten aikaikkuna vaihteli paastotilasta neljään tuntiin aterian jälkeen. Diabeteslääkityksiä koskevat sisäänottokriteerit ja tutkimuskäytännöt vaihtelivat tutkimuksittain (Birkeland ym. 2021, Pino ym. 2021, Nakamura ym. 2023).

Kauran BG:n vaikutuksia paastotilan GLP-1-pitoisuuksiin tutkittiin 12 viikkoa kestäneessä interventiotutkimuksessa (Pino ym. 2021). Tutkittavat söivät joko BG:ia tai kontrollina käytettyä, ei-viskoosia mikrokiteistä selluloosaa 5 g/vrk veteen tai maitoon sekoitettuna tavanomaisen ruokavalionsa ohella. Lähtötilanteessa BG-ryhmän GLP-1-paastoarvo oli hieman kontrollia suurempi (p = 0,068). Intervention myötä kontrolliryhmässä havaittu GLP-1-erityksen lisääntyminen ei ollut tilastollisesti merkitsevä, toisin kuin BG-ryhmässä havaittu erityksen vähentyminen (p = 0,001), joka säilytti merkitsevyytensä verrattaessa ryhmiä toisiinsa (p < 0,01) (Pino ym. 2021).

Kuusi viikkoa kestäneen, inuliinityyppisillä fruktaaneilla (ITF) tehdyn vaihtovuorokokeen mallinnukset ennustivat edellä kuvatun kaltaisia, GLP-1-pitoisuuksien vähenemiseen viittaavia tuloksia nestemäisen testiaterian nauttimisen jälkeen (Birkeland ym. 2021). ITF-interventiossa tutkittavat söivät kuitulisää 16 g/vrk tavanomaisen ruokavalionsa lisäksi. Kontrollituotteena käytettiin malto-dekstriiniä. Kokonais-GLP-1-pitoisuudet määritettiin sekä pre- että postprandiaalisesti interventiojaksojen alussa ja lopussa. Tutkimuksessa ei havaittu eroja ITF-intervention aikaansaamissa varsinaisissa GLP-1-AUC-arvoissa ryhmien sisällä tai niiden välillä (Birkeland ym. 2021). Toisessa, yksittäisiä testipäiviä käsittäneessä, sokkouttamattomassa vaihtovuorokokeessa selvitettiin puolestaan OIST-yliopiston (Okinawa Institute of Science and Technology Graduate University) kehittämän RS-pitoisen riisin ja valkoisen riisin vaikutuksia postprandiaalisiin kokonais-GLP-1-pitoisuuksiin (Nakamura ym. 2023). RS:tä RS-pitoisessa riisissä oli noin viisinkertainen määrä verrattuna valkoiseen riisiin. Myöskään tässä tutkimuksessa tilastollisesti merkitseviä eroja riisien GLP-1-AUC- (p = 0,673) ja iAUC-arvoissa (p = 0,461) ei kuitenkaan havaittu.

6 Pohdinta

6.1 Tulosten tarkastelu

Tämän kirjallisuuskatsauksen tarkoituksena oli selvittää, kuinka ravintokuitu vaikuttaa GLP-1-eritykseen RCT-asetelmassa terveillä (**Liite 4, Liite 5**), esidiabeettisilla (**Liite 5**) ja T2D:ta sairastavilla (**Liite 6**) aikuisilla. Terveillä tai esidiabeettisilla tilastollisesti merkitseviä vaikutuksia ei havaittu. Esidiabeettisilla miehillä lyhytkestoinen inuliini-RS-altistus sai aikaan trenditasoisen kasvun 2–4 tunnin kokonais-GLP-1-AUC-arvoissa verrattuna plaseboon (Canfora ym. 2022). 12 viikon kauran BG:n käyttö vähensi puolestaan kokonais-GLP-1-paastoarvoa T2D:ta sairastavilla, ja vaikutus pysyi tilastollisesti merkitseväenä kontrolliryhmään verrattaessa (Pino ym. 2021). Pääsääntöisesti katsauksen yhdeksän tutkimuksen (n = 210) tulokset eivät näin ollen tukeneet käsitystä ravintokuidusta GLP-1-eritystä stimuloivana tekijänä missään tarkastelluista kohderyhmistä. Samalla on kuitenkin tärkeää ottaa huomioon, että kuidun ja GLP-1:n välisiä mekanismeja selittävät lukuisat eri tekijät, joista muutaman keskeisimmän avulla tuloksia on tarkasteltu seuraavaksi lähemmin.

12 viikon BG-interventio oli katsauksen pitkäkestoisin, minkä lisäksi GLP-1-mittaukset koskivat pelkästään paastotilaa (Pino ym. 2021), kun taas muissa tutkimuksissa mitattiin myös aterianjälkeisiä vasteita. BG-altistuksen aikaansaama käänteinen GLP-1-vaste oli osin linjassa joidenkin liukoisista kuiduista saatujen tulosten kanssa (Uusitupa 2021, Kabisch ym. 2024). Näyttö on kuitenkin ollut vaihtelevaa, ja joissakin tapauksissa pidemmän kuitualtistuksen on havaittu lisänneen GLP-1-eritystä. Joissakin tutkimuksissa ylipainon, lihavuuden ja/tai T2D:n yhteydessä vaikutuksia ei puolestaan ollut havaittu altistuksen kestosta riippumatta (Kabisch ym. 2024), toisin kuin Pinon ym. (2021) T2D:ta sairastavilla tutkittavilla. Näin ollen esidiabeettisilla ja ylipainoisilla tutkittavilla havaittu trendi lyhyen kuitualtistuksen jälkeen (Canfora ym. 2022) poikkeaa myös osin edellä kuvatusta tutkimusnäytöstä (Kabisch ym. 2024). Katsauksen pelkästään terveillä tehdyissä keissa altistus kesti korkeintaan viikon, eikä merkitseviä GLP-1-vasteita ilmennyt. Tämä tukee joistakin lyhytkestoisista kuituinterventioista saatuja tuloksia (Kabisch ym. 2024), ja voi osaltaan selittää myös tässä katsauksessa havaittuja eroja tutkimusten kesken.

Kohdeväestö ja metabolinen fenotyyppi voivat vaikuttaa ravitsemusinterventioiden aikaansaamien vasteiden havaitsemiseen (Rautava ja Salonen 2021, Canfora ym. 2022). Katsaukseen valikoitui enemmän terveillä (n = 109) kuin esidiabeettisilla (n = 22) tai T2D:ta sairastavilla (n = 79) tehtyjä tutkimuksia. Terveet tutkittavat olivat myös keskimäärin nuorempia kuin esidiabeettiset ja T2D:ta sairastavat. Lisäksi esidiabeettiset tutkittavat edustivat vain miessukupuolta. Nämä seikat saattavat selittää katsauksessa käsiteltyjen tulosten eroja, minkä lisäksi ne on huomioitava tulosten yleistettävyyttä arvioitaessa. Joissakin tutkimuksissa raportoidut haittavaikutukset eivät kuitenkaan vaikuttaneet olevan kohderyhmästä riippuvaisia. Lievyytensä ja lyhytkestoisuutensa vuoksi niillä ei todennäköisesti ollut myöskään suurta merkitystä tutkimusadherenssin kannalta. Maantieteellisen sijainnin suhteen tuloksissa ei ollut erotettavissa mainittavaa vaihtelua.

Katsauksen ateriakokeissa tutkittiin sekä liukoisia että liukenemattomia kuitutyyppisiä. On otaksuttu, että liukoinen kuitu voisi viskositeettia lisäämällä estää glukoosimonomeerien vapautumista ja hidastaa ruokasulan kulkua ruoansulatuselimistössä, ja tätä kautta vähentää aterianjälkeistä GLP-1-eritystä (Pino ym. 2021, Uusitupa 2021, da Silva ym. 2022, Revheim ym. 2024a). Tämä teoria ja kauran BG-altistuksesta seurannut käänteinen GLP-1-vaste (Pino ym. 2021), mutta myös mallinnus BG:n jälkeisestä vähentyneestä GLP-1-erityksestä (Birkeland ym. 2021) vaikuttasivat näin ollen tukevan toisiaan. Toisaalta Pinon ym. (2021) tapauksessa mittaukset oli tehty 12 tunnin paaston jälkeen, mikä ei välttämättä ole täysin yhteneväistä sen kanssa, mitä postprandiaalisilla mittauksilla yleensä ymmärretään. Muissa kokeissa mittausten aterianjälkeinen aikajänne oli pisimmillään neljä tuntia (Canfora ym. 2022, Nakamura ym. 2023), mikä saattoi rajoittaa SCFA-välitteisten GLP-1-vasteiden täysimääräistä havaitsemista (Freese ym. 2021, Nogal ym. 2021, da Silva ym. 2022, Revheim ym. 2024a). Esidiabeettisilla miehillä havaittu trendi 2–4 tunnin GLP-1-AUC-arvoissa voisi kuitenkin viitata SCFA-mekanismiin aktivaatioon (Canfora ym. 2022).

Testiaterian koostumuksen on joissakin GLP-1-pitoisuuksia tarkastelleissa tutkimuksissa epäilty vaikuttaneen T2D:ta sairastavien välillä havaittuihin, eriäviin GLP-1-vasteisiin ja toisaalta siihen, että terveisiin verrattuna erot ovat olleet pieniä (Watkins ym. 2023). Tämän katsauksen kokeissa käytetyt kuitutyypit, testituotteiden ja -aterioiden tyypit ja ravintosisällöt sekä tutkittavien lähtötilan kuidun saanti vaihtelivat tutkimuksittain. Testituotteet eivät olleet välttämättä yksittäisissä

tutkimuksissakaan täysin yhteneväisiä esimerkiksi proteiini- ja energiamääriltään (Binou ym. 2021, Revheim ym. 2024a), mikä on saattanut muokata niiden aikaansaamaa GLP-1-vastetta (Müller ym. 2019, Freese ym. 2021, Watkins ym. 2023). Lisäksi joissakin tutkimuksissa testikuiduille alun perin asetettuja kriteereitä ei saavutettu täysin (Binou ym. 2021, 2022a). Osassa tutkimuksia erojen arvioitiin olleen vähäisiä ja tulosten kannalta merkityksettömiä (Revheim ym. 2024a), kun taas toisissa niiden mahdolliset vaikutukset oli tiedostettu kattavammin (Nakamura ym. 2023). Erojen vaikuttavuutta arvioitaessa voi olla hyvä ottaa huomioon, ettei GLP-1 ollut kaikissa kokeissa ensisijainen päätemuuttuja. Tutkittavien lähtötilanteen odotettua suurempi kuidun saanti saattoi puolestaan vaikuttaa joissakin kokeissa (Hughes ym. 2022, da Silva ym. 2022) siihen, ettei tilastollisesti merkitseviä vaikutuksia havaittu.

Tutkittavien kehonkoostumus ja suolistomikrobisto voivat muokata GLP-1:n kaltaisten, syömistä säätelevien, hormonien eritystä (Karhunen 2021, Rautava ja Salonen 2021). Yli kuuden viikon mittaisen ITF-altistuksen epäiltiin voivan vaikuttaa tutkittavien painoon ja aiheuttaa harhaa tuloksiin (Birkeland ym. 2021). 12 viikkoa kestäneessä kokeessa tutkittavien paino laski, mutta erot ryhmien välillä eivät olleet merkitseviä (Pino ym. 2021). Kuuden viikon ITF-intervention myötä parempaan verensokerin säätelyyn yhdistettyjen bifidobakteerien määrä kasvoi, mutta tällä ei havaittu vaikutusta GLP-1-eritykseen (Birkeland ym. 2021). Arvioiden mukaan oli mahdollista, ettei T2D:lle tyypillisenä pidetty suolistomikrobiston dysbioosi ehtinyt korjaantua kokeen aikana. Vaikka post hoc -analyysissä ei löydetty yhteyttä GLP-1-vasteiden ja suolistomikrobiston välillä (Birkeland ym. 2021), on aiheesta saatu hiljattain myös mikrobiston merkitystä korostavia tuloksia (Klümper ym. 2025).

Suolistomikrobiston koostumus saattaa vaihdella suuresti myös normaalitilassa, mikä voi vaikuttaa SCFA-tuotantoon ja GLP-1-eritykseen, mutta samalla vaikeuttaa ravitsemusaltisteiden vaikutusten havaitsemista (Nogal ym. 2021, Rautava ja Salonen 2021, Klümper ym. 2025). Katsauksen yhdeksästä tutkimuksesta kahdeksan käytti vaihtovuorokoeasetelmaa, jonka avulla yksilön sisäisen mikrobistovaihtelun vaikutuksia vasteisiin on mahdollista vähentää (Birkeland ym. 2021). Lisäksi diabeteslääkityksiä koskevat käytänteet erosivat toisistaan T2D:ta koskevissa tutkimuksissa,

millä saattoi olla vaikutusta muun muassa suolistomikrobistoon ja edelleen eriäviin havaintoihin GLP-1-erityksen suhteen (Pino ym. 2021, Birkeland ym. 2021, Nakamura ym. 2023).

Tilastollisesti merkitseviä tuloksia esittäneessä tutkimuksessa GLP-1:n muoto ei suoranaisesti käynyt ilmi artikkelista, mutta paastoverinäytteistä päätellen kyse oli kokonaispitoisuudesta (Pino ym. 2021). Esidiabeettisilla havaittu trendi ilmeni niin ikään kokonaispitoisuuksista (Canfora ym. 2022). Havainnot ovat linjassa kokonaispitoisuuksien suositeltavuutta puoltavan näytön kanssa (Watkins ym. 2023). Toisaalta kokeissa, joissa vaikutuksia ei havaittu, mitatun GLP-1:n muoto vaihteli. Käytetyt määrityssetit poikkesivat nekin toisistaan tutkimuksittain. Erot määritystavoissa vaikeuttivat tulosten vertailtavuutta, mikä on ilmiönä tunnistettu aihetta koskevassa kirjallisuudessa (Watkins ym. 2023). Lisäksi yhdessä tutkimuksessa otoskoko ei ollut laskettu havaitsemaan muutoksia suolistohormonipitoisuuksissa (da Silva ym. 2022). Vaikka kuitu ei pääsääntöisesti vaikuttanut GLP-1-pitoisuuksiin katsauksessa tarkastelluissa tutkimuksissa, osassa niistä havaittiin joitakin T2D:n kannalta suotuisia vasteita, kuten matalampia aterianjälkeisiä glukoosiarvoja (Canfora ym. 2022, Nakamura ym. 2023). Tämä antaa puolestaan viitteitä siitä, että GLP-1:n ohella myös muut tekijät välittävät ravintokuidun T2D:een liittyviä terveysvaikutuksia.

6.2 Luotettavuus ja eettisyys

Katsausaiheen osatekijät – ravintokuitu, GLP-1 ja T2D – ovat jo itsessään monisyisiä ja määritelmiltään paikoin vaihtelevia, mikä vaikeutti tutkielman tiedonhakuja ja haastaa täten myös sen toistettavuutta. Haku suunniteltiin ja suoritettiin kuitenkin huolellisesti, ja sen toteutus on kuvattu avoimesti ja tarkasti **liitteissä 1, 2 ja 3**. Haku tehtiin terveystieteiden alalla yleisesti käytetyissä ja luotettavina pidetyissä tietokannoissa. On toisaalta otettava huomioon, että katsaukseen sisältyi ainoastaan yhdeksän tutkimusta, joiden 210 tutkittavaa muodostavat vain murto-osan edustamistaan kohderyhmistä. Tiettyjen kohderyhmien lisäksi tiedonhaku koski vain satunnaisesti ja kontrolloituja tutkimuksia, eivätkä tulokset tämän vuoksi ole ulotettavissa muihin asetelmiin tai populaatioihin. Katsauksen todistusvoima on näin ollen monin paikoin rajallinen.

Katsausartikkeleista neljä oli julkaistu julkaisufoorumiluokitukseltaan johtavan (Binou ym. 2021, Pino ym. 2021, Binou ym. 2022a, Hughes ym. 2022) ja viisi perustason (Birkeland ym. 2021, Canfora ym. 2022, da Silva ym. 2022, Nakamura ym. 2023, Revheim ym. 2024a) vertaisarvioituissa lehdissä (Tieteellisten seurain valtuuskunta ja Tieteen tietotekniikan keskus Oy 2026). Kaikissa artikkeleissa oli raportoitu eettisten tutkimuskäytänteiden noudattamisesta (Binou ym. 2021, Birkeland ym. 2021, Pino ym. 2021, Binou ym. 2022a, Canfora ym. 2022, Hughes ym. 2022, da Silva ym. 2022, Nakamura ym. 2023, Revheim ym. 2024a). Rahoituksesta ja mahdollisista sidonnaisuuksista raportointi vaihteli tutkimuksittain ollen kuitenkin yleisellä tasolla asianmukaista (esim. Pino ym. 2021, Hughes ym. 2022). Kahdessa artikkelissa ilmeni taulukoihin liittyneitä virheitä, joihin oli jälkeempään esitetty korjaukset (Binou ym. 2022b, Revheim ym. 2024b). Kaiken kaikkiaan katsaukseen valikoituneita tutkimuksia voidaan näin ollen pitää luotettavuudeltaan ja eettisyydeltään hyväksyttävänä.

6.3 Johtopäätökset ja jatkotutkimusaiheet

Katsauksessa käsitelty tutkimusnäyttö ei pääsääntöisesti tukenut oletusta ravintokuidusta GLP-1-eritystä stimuloivana tekijänä missään tarkastelluista kohderyhmistä RCT-olosuhteissa. Toisaalta tuloksissa oli havaittavissa jonkinasteista ristiriitaisuutta, mikä vahvistaa käsitystä kuidun ja GLP-1:n välisten mekanismien kompleksisuudesta ja spesifien tutkimusolosuhteiden keskeisestä merkityksestä. Pidempikestoisten interventioiden ohella GLP-1-mittausten ulottaminen yli neljään tuntiin aterialta voisi tulevaisuudessa auttaa avaamaan esimerkiksi SCFA-välitteisten mekanismien vaikutuksia. Huomion kiinnittäminen myös kuitutyyppeihin ja -määriin, testielintarvikkeiden ravintosisältöihin ja GLP-1-määrityksiä koskevien tutkimuskäytänteiden yhdenmukaisuuteen voisi jatkotutkimuksissa parantaa tulosten validiteettia ja vertailtavuutta.

7 Tekoälyn käyttö tutkielman teossa

Tässä tutkielmassa on käytetty tekoälyä seuraavissa osioissa ja vaiheissa:

- Tiedonhaku: synonyymien etsintä hakulausekkeita muodostettaessa (Microsoft Copilot 2026).
- Otsikot ja leipäteksti: oikeinkirjoituksen ja kielenhuollon tarkistus sekä ilmaisun sujuvoittaminen (Microsoft Copilot 2026).

Lähteet

Akanji A, Frayn K. 4 Integration of Metabolism 2: Macronutrients. Teoksessa: Roche HM, MacDonald I, Schols AMWJ, Lanham-New S (toim.) Nutrition and metabolism. Chichester, West Sussex: John Wiley & Sons Ltd 2024, s. 74–83. E-kirja. <https://www-vlebooks-com.ezproxy.uef.fi:2443/Product/Index/3358614?page=0&startBookmarkId=-1>

Binou P, Stergiou A, Kosta O, Tentolouris N, Karathanos VT. Positive postprandial glycaemic and appetite-related effects of wheat breads enriched with either α -cyclodextrin or hydroxytyrosol/ α -cyclodextrin inclusion complex. *Eur J Nutr* 2022a;61:3809–3819. doi:10.1007/s00394-022-02913-z

Binou P, Stergiou A, Kosta O, Tentolouris N, Karathanos VT. Correction to: Positive postprandial glycaemic and appetite-related effects of wheat breads enriched with either α -cyclodextrin or hydroxytyrosol/ α -cyclodextrin inclusion complex. *Eur J Nutr* 2022b;61:3821. doi:10.1007/s00394-022-02973-1

Binou P, Yanni AE, Stergiou A, ym. Enrichment of bread with beta-glucans or resistant starch induces similar glucose, insulin and appetite hormone responses in healthy adults. *Eur J Nutr* 2021;60:455–464. doi:10.1007/s00394-020-02265-6

Birkeland E, Gharagozlian S, Gulseth HL, ym. Effects of prebiotics on postprandial GLP-1, GLP-2 and glucose regulation in patients with type 2 diabetes: A randomised, double-blind, placebo-controlled crossover trial. *Diabet Med* 2021;38:e14657. doi:10.1111/dme.14657

Canfora EE, Hermes GDA, Müller M, ym. Fiber mixture-specific effect on distal colonic fermentation and metabolic health in lean but not in prediabetic men. *Gut Microbes* 2022;14:2009297. doi:10.1080/19490976.2021.2009297

EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition, and Allergies. Scientific Opinion on Dietary Reference Values for carbohydrates and dietary fibre. *EFSA J* 2010;8:1–15. doi:10.2903/j.efsa.2010.1462

Elintarviketietoasetus 1169/2011. Annettu 25.10.2011. Saatavilla sähköisesti osoitteessa <http://data.europa.eu/eli/reg/2011/1169/oj>

Euroopan komissio. Defining dietary fiber. Health Promotion Knowledge Gateway. https://knowledge4policy.ec.europa.eu/health-promotion-knowledge-gateway/dietary-fibre_en (Päivitetty 5.11.2025)

Euroopan komissio 2026a. Kauran ja ohran beeta-glukaanien vaikutukset aterianjälkeiseen verensokeriin. Terveysväiterekisteri. <https://ec.europa.eu/food/food-feed-portal/screen/health-claims/eu-register/details/POL-HC-6331> (Luettu 2.3.2026)

Euroopan komissio 2026b. Resistentin tärkkelyksen vaikutus aterianjälkeiseen verensokeriin. Terveysväiterekisteri. <https://ec.europa.eu/food/food-feed-portal/screen/health-claims/eu-register/details/POL-HC-6449> (Luettu 2.3.2026)

Euroopan komissio 2026c. Alfa-syklodekstriinin vaikutus aterianjälkeiseen verensokeriin. Terveysväiterekisteri. <https://ec.europa.eu/food/food-feed-portal/screen/health-claims/eu-register/details/POL-HC-8268> (Luettu 2.3.2026)

Faradilah A, Bukhari A, Aminuddin A, Syauki AY. The role of obesity in altering the effects of short chain fatty acids (SCFA) on metabolic hormone regulation: A systematic review and meta-analysis. *Clin Nutr Open Sci* 2025;60:181–199. doi:10.1016/j.nutos.2025.01.011

Freese R, Mutanen M, Voutilainen E. Ruoansulatus. Teoksessa: Mutanen M, Niinikoski H, Schwab U, Uusitupa M (toim.) Ravitsemustiede. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim 2021, s. 71–77.

Hughes RL, Horn WF, Wen A, ym. Resistant starch wheat increases PYY and decreases GIP but has no effect on self-reported perceptions of satiety. *Appetite* 2022;168:105802. doi:10.1016/j.appet.2021.105802

Hughes RL, Horn WH, Finnegan P, ym. Resistant Starch Type 2 from Wheat Reduces Postprandial Glycemic Response with Concurrent Alterations in Gut Microbiota Composition. *Nutrients* 2021;13:645. doi:10.3390/nu13020645

Hui H, Farilla L, Merkel P, Perfetti R. The short half-life of glucagon-like peptide-1 in plasma does not reflect its long-lasting beneficial effects. *Eur J Endocrinol* 2002;146:863. doi:10.1530/eje.0.1460863

Kabisch S, Weickert MO, Pfeiffer AFH. The role of cereal soluble fiber in the beneficial modulation of glycometabolic gastrointestinal hormones. *Crit Rev Food Sci Nutr* 2024;64:4331–4341. doi:10.1080/10408398.2022.2141190

Karhunen L. Syömisen säätely. Teoksessa: Mutanen M, Niinikoski H, Schwab U, Uusitupa M (toim.) Ravitsemustiede. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim 2021, s. 88–92.

Klümper L, Donkers A, Seel W, ym. GLP-1 Responses to a Single Meal Fortified With Oyster Mushroom Powder in Adults With Impaired Glucose Tolerance Depend on the Gut Microbiota Composition Before the Meal. *Mol Nutr Food Res* 2025;69:e70159. doi:10.1002/mnfr.70159

Microsoft (2026). Copilot [Suomi]. Saatavilla: www.microsoft.com/

Miettinen V. Tyypin 2 diabeteksen hoito. Lääkärikirja Duodecim. Terveyskirjasto Duodecim: Kustannus Oy Duodecim. www.terveyskirjasto.fi/dlk00775 (Päivitetty 10.12.2025)

Mutanen M, Voutilainen E, Freese R. Hiilihydraatit ja ravintokuitu. Teoksessa: Mutanen M, Niinikoski H, Schwab U, Uusitupa M (toim.) Ravitsemustiede. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim 2021, s. 94–101.

Müller TD, Finan B, Bloom SR, ym. Glucagon-like peptide 1 (GLP-1). *Mol Metab* 2019;30:72–130. doi:10.1016/j.molmet.2019.09.010

Nakamura Y, Takemoto A, Oyanagi T, ym. Effects of cooked rice containing high resistant starch on postprandial plasma glucose, insulin, and incretin in patients with type 2 diabetes. *Asia Pac J Clin Nutr* 2023;32:48–56. doi:10.6133/apjcn.202303_32(1).0008

Nogal A, Valdes AM, Menni C. The role of short-chain fatty acids in the interplay between gut microbiota and diet in cardio-metabolic health. *Gut Microbes* 2021;13:e1897212. doi:10.1080/19490976.2021.1897212

Pino JL, Mujica V, Arredondo M. Effect of dietary supplementation with oat β -glucan for 3 months in subjects with type 2 diabetes: A randomized, double-blind, controlled clinical trial. *J Funct Foods* 2021;77:104311. doi:10.1016/j.jff.2020.104311

Rautava S, Salonen A. Ravinto ja suolistomikrobisto. Teoksessa: Mutanen M, Niinikoski H, Schwab U, Uusitupa M (toim.) Ravitsemustiede. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim 2021, s. 255–259.

Revheim I, Ballance S, Standal AF, ym. The acute effect of a β -glucan-enriched oat bread on gastric emptying, GLP-1 response, and postprandial glycaemia and insulinemia: a randomised crossover trial in healthy adults. *Nutr Metab* 2024a;21:1–10. doi:10.1186/s12986-024-00789-w

Revheim I, Ballance S, Standal AF, ym. Correction: The acute effect of a β -glucan-enriched oat bread on gastric emptying, GLP-1 response, and postprandial glycaemia and insulinemia: a randomised crossover trial in healthy adults. *Nutr Metab* 2024b;21:1–2. doi:10.1186/s12986-024-00872-2

Ruokavirasto. Ravitsemus- ja terveystieteiden elintarvikealan yrityksille ja valvojille. Ohje 621/04.02.00.01/2023/5, luvut 1–2, 3.1–3.2, 3.4, 4–6. www.ruokavirasto.fi/yritykset/oppaat/ravitsemus--ja-terveysvaiteopas/ravitsemus--ja-terveysvaiteopas--elintarvikealan-yrityksille-ja-valvojille/

da Silva MVT, Nunes SS, Costa WC, ym. Acute intake of fructooligosaccharide and partially hydrolyzed guar gum on gastrointestinal transit: A randomized crossover clinical trial. *Nutrition* 2022;102:111737. doi:10.1016/j.nut.2022.111737

The Diabetes and Nutrition Study Group of the European Association for the Study of Diabetes. Evidence-based European recommendations for the dietary management of diabetes. *Diabetologia* 2023;66:965–985. doi:10.1007/s00125-023-05894-8

Tieteellisten seurain valtuuskunta ja Tieteen tietotekniikan keskus Oy. JUFO-portaali. <https://jfp.csc.fi/jufoportaaali> (Luettu 11.3.2026)

Tyypin 2 diabetes. Käypä hoito -suositus. Suomalaisen Lääkäriseuran Duodecimin, Suomen Sisätautilääkärin yhdistyksen ja Diabetesliiton Lääkärineuvoston asettama työryhmä. Helsinki: Suomalainen Lääkäriseura Duodecim, 2024 (viitattu 7.3.2026). Saatavilla internetissä: www.kaypa-hoito.fi

Uusitupa M. Diabetes sairautena ja sen ravitsemus- ja muu hoito. Teoksessa: Mutanen M, Niinikoski H, Schwab U, Uusitupa M (toim.) Ravitsemustiede. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim 2021, s. 426–449.

Valtion ravitsemusneuvottelukunta ja Terveiden ja hyvinvoinnin laitos. Kestävää terveyttä ruoasta – kansalliset ravitsemussuositukset 2024. Helsinki: PunaMusta Oy, 2024, s. 21-23, 31–34, 49, 51, 72. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-408-405-5>

Watkins JD, Carter S, Atkinson G, ym. Glucagon-like peptide-1 secretion in people with versus without type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis of cross-sectional studies. *Metabolism* 2023;140:155375. doi:10.1016/j.metabol.2022.155375

World Health Organization. Diabetes. www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/diabetes (Päivitetty 14.11.2024)

Liitteet

Liite 1. Alkuperäisartikkelien sisäänotto- ja poissulkukriteerit.

Sisäänottokriteerit

- Tutkimus käsittelee tietyn kuitutyyppin vaikutuksia terveillä, esidiabeettisilla tai tyyppin 2 diabetesta sairastavilla aikuisilla.
- GLP-1-vaste ja kuitutyyppi on esitetty.
- Kyseessä on alkuperäisartikkeli.
- Artikkelin on julkaistu 2021–2026.
- Julkaisu on englanninkielinen.
- Tutkimus on satunnaistettu ja kontrolloitu.
- Artikkelin on saatavilla kokonaisuudessaan Itä-Suomen yliopiston tietokannoissa.

Poissulkukriteerit

- Artikkelin ei käsittele nimenomaista aihetta (esim. eläin- ja solumallit, kuidun rooli altisteessa epäselvä).
- GLP-1-vastetta tai kuitutyyppiä ei ole esitetty.
- Kyseessä ei ole alkuperäisartikkeli.
- Tutkimus ei ole satunnaistettu ja kontrolloitu.
- Artikkelin ei ole saatavilla kokonaisuudessaan Itä-Suomen yliopiston tietokannoissa.

Liite 2. Hakulausekkeet tietokannoittain.

| Tietokanta | Hakulauseke |
|-------------------------|--|
| MEDLINE (PubMed) | All fields: (fiber* OR fibre* OR "Dietary Fiber"[Mesh]) AND (GLP-1 OR "GLP 1" OR "Glucagon-Like Peptide 1"[Mesh]) |
| Scopus | Article title, abstract, key words: (fibre* OR fiber* OR "dietary fiber*") AND (GLP-1 OR "GLP 1" OR "glucagon like peptide 1") AND NOT Article title: (metformin OR semaglutide OR agonist OR drug OR animal* OR rat* OR rodent* OR mice OR dog* OR cat* OR broiler* OR pig* OR fish OR pregnan* OR child* OR adolesc* OR excercis* OR exercis* OR "physical activit*" OR review OR "systematic review" OR "case report") |
| Web of Science | All fields: (fibre* OR fiber* OR "dietary fiber*") AND (GLP-1 OR "GLP 1" OR "glucagon like peptide 1") NOT title: (review OR "systematic review" OR "case report" OR mice OR rat* OR child* OR adolesc* OR pregnan*) |

Liite 3. Tiedonhaun kuvaus.

| Tietokanta | Suodattimet | Hakutulos | Otsikon ja tiivistelmän perusteella valitut | Kokonaisten tekstien perusteella ja päällekkäisyyksien poiston jälkeen valitut |
|-------------------------|--|------------------|--|---|
| MEDLINE (PubMed) | "in the last 5 years" (2021–2026), Full text, Randomized Controlled Trial | 21 | 10 | 3 |
| Scopus | 2021–2026, Document type: Article, Language: English, Keyword: Glucagon Like Peptide 1 | 86 | 16 | 5 (päällekkäisyydet MEDLINE-tuloksiin huomioitu) |
| Web of Science | 2021–2026, Document type: Article, Language: English | 119 | 14 | 1 (päällekkäisyydet MEDLINE- ja Scopus-tuloksiin huomioitu) |

Liite 4. Alkuperäisartikkelit: Pelkästään terveillä aikuisilla tehdyt tutkimukset.

| Viite (maa) | Tarkoitus | Tutkimustyyppi RCT | Tutkittavat (n = lkm) | Keskeisimmät aiheeseen liittyvät tutkimusmenetelmät | Keskeisimmät aiheeseen liittyvät tulokset |
|--------------------------------|---|--|--|--|---|
| Binou ym. 2021 (Kreikka) | Verrata EFSA:n terveysväitteisiin perustuvien BG- ja RS-määrien vaikutuksia postprandi-aalisiin mahasuolikanavan hormonivasteisiin. | Yksöissokkoutettu vaihtovuorokoe: neljä testipäivää, joiden välillä aina viikon intervallijakso, 1. ja 4. kerta kontrolli. | n = 10 (5 miestä, 5 naista): ikä 27,0 ± 3,9 vuotta, BMI 24,5 ± 2,8 kg/m ² , normoglykemia | Testielintarvikkeet: BG:lla (3,6 g/30 g kok. hiilihydraattia) tai RS:llä (vahamaissitärkkelys, 15 % kok. tärkkelyksestä) rikastettu vehnäleipä, kontrolli (glukoosiliuos). Molemmat leivät sisälsivät 50 g imeytyvää hiilihydraattia. Verinäytteet otettiin eri aikapisteissä 0–3 h välillä: GLP-1 kok. pitoisuus (sandwich-ELISA, Millipore-määrityssetti). | Rikastettujen leipien GLP-1-iAUC-arvoissa ei havaittu eroa: BG 946 ± 289, RS 604 ± 258 (pmol·ml ⁻¹ * 180 min, p = 0,190). 60 min aikapisteessä havaittiin BG:n jälkeen RS:tä korkeampi GLP-1-vaste, mutta ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä (p = 0,1). |
| Binou ym. 2022 (Kreikka) | Verrata α-CD:n ja HT-α-CD-kompleksin vaikutuksia muun muassa insuliini-, glukoosi- ja hormonivasteisiin sekä kylläisyyteen EFSA:n terveysväitteisiin perustuvilla määrillä. | Yksöissokkoutettu vaihtovuorokoe: viisi testipäivää, joiden välillä aina viikon intervallijakso, 1. ja 5. kerta kontrolli. | n = 10 (4 miestä, 6 naista): ikä 28,2 ± 6,8 vuotta, BMI 22,5 ± 2,7 kg/m ² , normoglykemia | Testielintarvikkeet: α-CD:llä (5 g/50 g imeytyvää hiilihydraattia, kok. kuitu 10,9 g) rikastettu vehnäleipä, HT-α-CD:llä (4,68 g α-CD ja 0,32 g HT/50 g imeytyvää hiilihydraattia, kok. kuitu 10,9 g) rikastettu vehnäleipä, rikastamaton vehnäleipä (kok. kuitu 1,8 g), kontrolli (glukoosiliuos). Verinäytteet otettiin eri aikapisteissä 0–3 h välillä: GLP-1 kok. pitoisuus (sandwich-ELISA, Millipore-määrityssetti). | GLP-1-iAUC (pmol·ml ⁻¹ * 180 min): rikastamaton vehnäleipä 121,1 ± 30,2, α-CD-leipä 255,1 ± 124,0, HT-α-CD-leipä 398,1 ± 106,7. Erot kolmen testileivän välillä eivät olleet tilastollisesti merkitseviä (p > 0,05). |

| Viite (maa) | Tarkoitus | Tutkimustyyppi RCT | Tutkittavat (n = lkm) | Keskeisimmät aiheeseen liittyvät tutkimusmenetelmät | Keskeisimmät aiheeseen liittyvät tulokset |
|------------------------------------|--|---|---|---|--|
| Hughes ym. 2022* (USA) | Tutkia vehnän RS:n tyypin 2 vai- kutuksia kylläisyys- vasteisiin, suolisto- hormoneihin ja ulosteen sappi- happopitoisuuk- siin. | Kaksoissokkou- tettu vaihtovuoro- koe: kaksi testikä- sittelyä (7 + 7 päi- vää), ateriatesti 8. päivänä, välissä kahden viikon puhdistusjakso. | *n = 30 (12 miestä, 18 naista): ikä 53,9 ± 6,6 vuotta, BMI 26,5 ± 3,8 kg/m ² , normoglykemia | Ruokavaliotäydennys RS-vehnäsämpylöillä (14–19 g RS/vrk)/kontrollilla (vehnäsämpylä, 2–3 g RS/vrk) 7 päivän ajan. 8. päivänä ateriatesti, jonka RS-va- kioateriassa RS/kok. kuitupitoisuus oli 9,6 g/19,7 g ja kontrolliateriassa 1,8 g/4,7 g. Verinäytteet otettiin eri aikapisteissä 0–3 h välillä: aktiivinen GLP-1 (MSDMSAS). | Aktiivisen GLP-1:n pitoisuu- ksissa ei havaittu eroa testi- tuotteiden välillä. |
| da Silva ym. 2022 (Brasilia) | Tutkia FOS:ien ja PHGG:n vaikutuk- sia mahalaukun ja ohutsuolen tyhje- nemiseen, suolis- tohormoneihin ja ruokahaluun. | Kaksoissokkou- tettu vaihtovuoro- koe: kolme testi- päivää, joiden vä- lillä vähintään seit- semän päivän puhdistusjakso. | n = 24 (10 miestä, 14 naista): ikä 25 ± 3,9 vuotta, medi- aani-BMI 21,7 kg/m ² (17,1–32,7 kg/m ²); GLP-1-tu- lokset n = 14, joista ei saata- villa tarkempia tietoja | Kolme testikäsitteilyä: vakioateria + 20 g FOS tai PHGG tai plasebo = MD. Verinäytteet otettiin eri ai- kapisteissä 0–3 h välillä: aktiivinen GLP-1 (Merck HMHEMAG-34K). | 3 tunnin aikapisteessä GLP- 1-vasteet vaihtelivat suuresti. Testituotteiden välillä ei kui- tenkaan havaittu tilastolli- sesti merkitseviä eroja hor- monipitoisuuksissa. |

*Tiedot tutkittavista peräisin Hughesin ym. (2021) tutkimusartikkelista: <https://doi.org/10.3390/nu13020645>

| Viite (maa) | Tarkoitus | Tutkimustyyppi RCT | Tutkittavat (n = lkm) | Keskeisimmät aiheeseen liittyvät tutkimusmenetelmät | Keskeisimmät aiheeseen liittyvät tulokset |
|--------------------------------|--|---|---|---|--|
| Revheim ym. 2024 (Norja) | Tutkia BG:lla rikastetun kauraleivän vaikutuksia mahalaukun tyhjenemiseen, GLP-1-eritykseen ja glykemiamavasteisiin. | Yksöissokkoutettu vaihtovuorokoe: kaksi testipäivää, joiden välillä vähintään kolmen päivän puhdistusjakso. | n = 22 (8 miestä, 14 naista): ikä 24,6 ± 3,1 vuotta, BMI 23,1 ± 2,7 kg/m ² , normoglykemia | Tutkittavat saivat 25g imeytyvää hiilihydraattia joko BG-kauraleivästä tai kontrollituotteena käytetystä täysjyvävehnäleivästä. Verinäytteet otettiin eri aikapisteissä 0–2 h välillä: aktiivinen GLP-1 (Merck ELISA-EGLP-35K). | Leipien välillä ei havaittu eroja GLP-1-vasteessa (p = 0,892). |

α-CD = alfa-syklodekstriini, (i)AUC = "(nousevan) käyrän alle jäävä pinta-ala", BG = beetaglukaani, EFSA = Euroopan elintarviketurvallisuusviranomainen, ELISA = enzyme-linked immunosorbent assay, FOS = frukto-oligosakkaridi, GLP-1 = glukagonin kaltainen peptidi 1, HMHE-MAG = human metabolic hormone magnetic bead panel metabolism multiplex assay, HT = hydroksityrosoli, MD = maltodekstriini, MSDMSAS = meso scale discovery multi-spot assay system, PHGG = "osittain hydrolysoitu guarkumi", RS = resistentti tärkkelys

Liite 5. Alkuperäisartikkelit: Terveillä ja esidiabeettisilla aikuisilla tehty tutkimus.

| Viite (maa) | Tarkoitus | Tutkimustyyppi RCT | Tutkittavat (n = lkm) | Keskeisimmät aiheeseen liittyvät tutkimusmenetelmät | Keskeisimmät aiheeseen liittyvät tulokset |
|-------------------------------------|---|---|---|---|--|
| Canfora ym. 2022 (Alankomaat) | Tutkia eri nopeudella fermentoituvien kuitujen vaikutuksia paksusuolen asestaattituotantoon ja metaboliiseen terveyteen eri metaboliafenotyypeillä. | Kaksi kaksoissokkoutettua vaihtovuorokoetta, joissa kummassakin kolme testikäsittelyä. Käsitteilyiden välillä oli vähintään 14 päivän puhdistusjakso. | RCT 1 ja 2: N/ED, miehiä. N: BMI 20–24,9 kg/m ² , paastoglukoosi < 6,1 mmol/l, 2 h glukosirasituskoete < 7,8 mmol/l ED: BMI 25 – ≤ 34,9 kg/m ² , paastoglukoosi ≥ 6,1 – ≤ 7,0 mmol/l (IFG) ja/tai 2h glukosirasituskoete ≥ 7,8 – ≤ 11,0 mmol/l (IGT) RCT 1: n (N) = 12, ikä 54 ± 12 vuotta, n (ED) = 11, ikä 59 ± 7 vuotta RCT 2: n (N) = 11, ikä 59 ± 8 vuotta, n (ED) = 11, ikä 61 ± 7 vuotta | Testituotteet oli ohjeistettu nauttimaan mittauksia edeltävänä päivänä aamiaisen, lounaan ja vähäkuituisen vakioillallisen yhteydessä. Mittauspäivänä tutkittavat söivät runsasrasvaisen vakioaterian. Verinäytteet otettiin eri aikapisteissä 0–4 h välillä: GLP-1 kok. pitoisuus. Kokeissa käytettiin seuraavia testituotteita (suluissa ilmoitettu tuotteiden sis. kok. määrä/vrk; BG peräisin hiivasta, RS:n tyyppi 2 perunasta): RCT 1: INU (12 g) + RS2 (7,5 g = 80 % kuitulisän kok. tärkkelyksestä) tai INU (12 g) + MD tai plasebo (= MD) RCT 2: BG (4 g) + RS2 (7,5 g = 80 % kuitulisän kok. tärkkelyksestä) tai BG (4 g) + MD tai plasebo (= MD + proteiini + rasva) | RCT 1: kok. GLP-1-AUC N p = 0,666, ED p = 0,180; ED-ryhmässä 120–240 min GLP-1-AUC-arvoissa havaittu INU-RS-yhdistelmän ja plasebon välinen ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä (p = 0,083). RCT 2: kok. GLP-1-AUC N p = 0,796, ED p = 0,662. |

AUC = ”käyrän alle jäävä pinta-ala”, BG = beeta-glukoosi, ED = esidiabetes ja ylipaino/lihavuus, GLP-1 = glukagonin kaltainen peptidi 1, IFG = suurentunut glukosipitoisuuden paastoarvo, IGT = heikentynyt glukosinsieto, INU = pitkäketjuinen inuliini, MD = maltodekstriini, N = normoglykemia ja normaalipaino, RS = resistentti tärkkelys

Liite 6. Alkuperäisartikkelit: Tyyppin 2 diabetesta sairastavilla aikuisilla tehdyt tutkimukset.

| Viite (maa) | Tarkoitus | Tutkimustyyppi RCT | Tutkittavat (n = lkm) | Keskeisimmät aiheeseen liittyvät tutkimusmenetelmät | Keskeisimmät aiheeseen liittyvät tulokset |
|----------------------------------|--|--|--|---|--|
| Birkeland ym. 2021 (Norja) | Tutkia ITF:ien vaikutuksia GLP-1-, GLP-2-, glukoosi- ja insuliinivasteisiin tyyppin 2 diabeetikoilla. | Kaksoissokkoutettu vaihtovuorokoe: kaksi kuuden viikon testikäsitteilyä, välissä neljän viikon puhdistusjakso. | n = 25 (GLP-1-tulokset, 15 miehiä, 10 naisia): diabeteksen kesto $4,7 \pm 4,4$ vuotta, HbA _{1c} $6,9 \pm 1,0$ %, paastoglukoosi $8,7 \pm 2,4$ mmol/l, ikä $63,1 \pm 11,5$ vuotta, BMI $29,1 \pm 4,7$ kg/m ² , kuidun saanti $32,2 \pm 10,3$ g/vrk | Tutkimustuotteet: ITF- /plasebojauhe (plasebo = MD) 16 g/vrk tavallisen ruokavaliion ohella. Verinäytteet otettiin interventiojaksojen alussa ja lopussa. Näytteet kerättiin ennen nestemäisen testiaterian nauttimista ja sen jälkeen eri aikapisteissä 0–3 h välillä. Kok. GLP-1-pitoisuudet mitattiin radioimmunomäärityksellä. | GLP-1-AUC-arvojen erot ryhmien sisällä tai välillä eivät olleet merkitseviä. Mallinnus ennusti 4,8 % alhaisempaa aterianjälkeistä GLP-1-vastetta ITF-interventiolle, kun taas kontrollin myötä vasteen ennustettiin kasvavan 8,6 % (p < 0,001). |
| Pino ym. 2021 (Chile) | Tutkia kauran BG:n vaikutuksia metaboliavasteisiin, suolistomikrobistoon ja ruokahaluun kytkeytyviin hormoneihin tyyppin 2 diabeetikoilla. | Kaksoissokkoutettu interventiotutkimus. Kesto 12 viikkoa. | n = 37 BG-ryhmä: n = 20 (5 miehiä, 15 naisia), ikä $49,3 \pm 6,75$ vuotta, diabeteksen kesto $7,55 \pm 5,87$ vuotta, GLP-1 $18,7 \pm 2,23$ µg/ml, HbA _{1c} $8,91 \pm 1,57$ %, paastoglukoosi $9,4 \pm 2,59$ mmol/l, BMI $33,2 \pm 5,16$ kg/m ² Kontrolliryhmä: n = 17 (4 miehiä, 13 naisia), ikä $52,8 \pm 3,45$ vuotta, diabeteksen | BG-ryhmä sai liukoista kauran BG:ia 5g/vrk ja kontrolliryhmä liukenematonta mikroki-teistä selluloosaa 5 g/vrk tavallisen ruokavaliionsa lisäksi. Kuitulisät sekoitettiin veden tai maitoon. Paastoverinäytteet otettiin intervention alussa ja lopussa: GLP-1 (Magnetic Luminex-määritys, R&D Systems Inc., GLP-1-muotoa ei mainittu). | Lähtötilanteessa BG-ryhmän GLP-1-pitoisuudet olivat hie-man kontrolliryhmää suurempia (p = 0,068). BG-ryhmässä havaittu muutos $-8,51 \pm 0,60$ (µg/ml) oli merkitsevä (p = 0,001), ja pysyi merkitsevä-nä verrattaessa ryhmiä toisiinsa (p < 0,01). |

| Viite (maa) | Tarkoitus | Tutkimustyyppi RCT | Tutkittavat (n = lkm) | Keskeisimmät aiheeseen liittyvät tutkimusmenetelmät | Keskeisimmät aiheeseen liittyvät tulokset |
|----------------------------------|---|--|---|--|---|
| | | | kesto 6,88 ± 3,84 vuotta, GLP-1 15,0 ± 6,1 µg/ml, HbA _{1c} 8,78 ± 1,73 %, paastoglukoosi 11,7 ± 3,46 mmol/l, BMI 34,2 ± 7,04 kg/m ² | | |
| Nakamura ym. 2023 (Japani) | Verrata OIST:ssa kehitetyn RS-pitoisen riisin (OR) ja valkoisen riisin (VR) vaikutuksia postprandiaaliin glukoosivasteisiin. | Sokkouttamaton vaihtovuorokoe: kaksi testipäivää, välissä 1–3 päivän intervalli. | n = 17 (10 miehiä, 7 naisia): mediaani-ikä 70 (59,0–73) vuotta, BMI 25,9 ± 3,1 kg/m ² , mediaani diabeteksen kesto 1,0 (0,1–5,0) vuotta, HbA _{1c} 11,5 ± 3,0 %, plasman glukoosipitoisuus ennen testiateriaa 10,7 ± 3,7 mmol/l | OR- (sis. RS 4,7 g/100 g) ja VR- (sis. RS 0,9 g /100 g) testiateriat sisälsivät 150 g kypsennettyä riisiä. Kattavat laboratoriomääritykset testiaterioiden ravintosisällöistä. Verinäytteet otettiin eri aikapisteissä 0–4 h välillä: GLP-1 kok. pitoisuus (ELISA YK 161, Yanaihara Institute Inc.). | Kok. GLP-1-AUC-arvo (min·pmol/l) ryhmien välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevä (-171, p = 0,673). Ero GLP-1-iAUC-arvoissa (min·pmol/l) ei myöskään ollut merkitsevä (143, p = 0,461). |

(i)AUC = "(nousevan) käyrän alle jäävä pinta-ala", BG = beetaglukaani, ELISA = enzyme-linked immunosorbent assay, GLP-1 = glukagonin kaltainen peptidi 1, HbA_{1c} = sokerihiemoglobiini, ITF = inuliinityypiset fruktaanit, MD = maltodekstriini, OIST = Okinawa Institute of Science and Technology Graduate University, RS = resistentti tärkkelys