



UNIVERSITY OF  
EASTERN FINLAND

# Kasvipohjaisten fermentoitujen tuotteiden suolistomikrobi- välitteiset terveysvaikutukset

Sara Koskinen  
Ravitsemustiede  
Itä-Suomen yliopisto  
Terveystieteiden tiedekunta  
Lääketieteen laitos  
19.3.2024

Itä-Suomen yliopisto, terveystieteiden tiedekunta

Lääketieteen laitos

Ravitsemustiede

Koskinen, Sara M.: Kasvipohjaisten fermentoitujen tuotteiden suolistomikrobivälitteiset terveysvaikutukset

Kandidaatin tutkielma, 34 sivua, 1 liite (1 sivu)

Tutkielman ohjaaja: FT Kati Väkeväinen

Maaliskuu 2024

**Asiasanat:** fermentointi, hapattaminen, suolistomikrobisto, mikrobisto, terveysvaikutukset

Fermentoiduilla eli hapatetuilla elintarvikkeilla on havaittu monia edullisia vaikutuksia terveydelle, kuten lihavuutta, korkeaa verenpainetta ja kolesterolia ja valtimotautia ehkäiseviä vaikutuksia. Fermentaatiossa hyödynnetään mikrobeja, ja fermentoidut elintarvikkeet voivat vaikuttaa suolistoon ja suolistomikrobistoon useilla eri mekanismeilla. Suolistomikrobiston muutosten on havaittu vaikuttavan terveyteen, ja mikrobistoa muokkaamalla voidaan mahdollisesti vaikuttaa positiivisesti terveydentilaan, kuten edellä mainittuihin kansanterveyshaasteisiin.

Tämän kirjallisuuskatsauksen tavoitteena oli selvittää, miten kasvipohjaiset fermentoidut elintarvikkeet vaikuttavat suolistoon ja suolistomikrobistoon, sekä pohtia sitä, millaisia terveysvaikutuksia näillä muutoksilla mahdollisesti on. Kirjallisuuskatsaukseen valittiin PubMed- ja Scopus-tietokantahauista löytyneet julkaisut, joissa käsiteltiin kasvipohjaisia fermentoituja tuotteita ja niiden vaikutusta suolistomikrobiston koostumukseen tai toimintaan. Valikoituneissa tutkimuksissa oli mukana ihmisillä, eläimillä ja suolimalleilla tehtyjä tutkimuksia.

Kirjallisuuskatsauksen tulokset olivat osittain ristiriitaisia, mutta tutkimuksissa päädyttiin siihen johtopäätökseen, että kasvipohjaisilla fermentoiduilla tuotteilla näyttäisi olevan edullisia vaikutuksia suolistomikrobistoon ja mahdollisesti sitä kautta erityisesti plasman lipidipitoisuuksiin, sokeriaineenvaihduntaan ja kognitiivisiin toimintoihin. Erityisesti klinisiä tutkimuksia aiheesta tarvitaan lisää.

## Lyhenteet

CLA	konjugoitunut linolihappo, engl. conjugated linolic acid
LPS	lipopolysakkaridi
LA	linolihappo, engl. linolic acid
HP	<i>Helicobacter pylori</i>
FRB	fermentoitu ruislese, engl. fermented rye bran
RW	puhdistettu vehnä, engl. refined wheat
SCFA	lyhytketjuiset rasvahapot, engl. short-chain fatty acids
HDL	engl. high-density lipoprotein
LDL	engl. low-density lipoprotein
BMI	kehon painoindeksi, engl. body mass index
FSM	fermentoitu soijajuoma, engl. fermented soybean milk
NFSM	fermentoimaton soijajuoma, engl. non-fermented soybean milk
FDS	fermentoitu rasvaton soijapapu, engl. fermented defatted soybean
BDNF	aivoperäinen hermokasvutekijä, engl. brain-derived neurotrophic factor
FS	fermentoitu soija, engl. fermented soy
BCFA	haaraketjuiset rasvahapot, engl. branched-chain fatty acids
LFP	fermentoitu sitruunatuote, engl. lemon fermented product
HD	korkeaenerginen ruokavalio, engl. high-calorie diet
FRJ	fermentoitu vadelmamehu, engl. fermented raspberry juice
NFJR	fermentoimaton vadelmamehu, engl. non-fermented raspberry juice

## Sisällys

1	Johdanto .....	5
2	Kirjallisuuskatsauksen tausta .....	7
2.1	Tarkoitus, tavoitteet ja tutkimuskysymykset .....	7
2.2	Aiheen rajausta ja tiedonhaku .....	7
3	Suolistomikrobisto .....	8
3.1	Tunnetut yhteydet terveyteen .....	8
3.2	Ravinnon vaikutus suolistomikrobistoon .....	10
4	Fermentoidut elintarvikkeet .....	11
4.1	Fermentointi .....	11
4.2	Tunnetut terveysvaikutukset .....	12
5	Kasvipohjaisten fermentoitujen tuotteiden vaikutukset suolistomikrobistoon .....	13
5.1	Vaikutukset suolistomikrobiston koostumukseen .....	13
5.2	Vaikutukset tutkittuihin biomarkkereihin .....	14
5.2.1	Vaikutukset lipideihin .....	15
5.2.2	Vaikutukset sokeriaineenvaihduntaan .....	16
5.3	Muut havaitut terveysvaikutukset .....	16
6	Pohdinta .....	25
7	Johtopäätökset ja jatkotutkimusaiheet .....	28
	Lähteet .....	29
	Liitteet	
	Liite 1 Tiedonhaun kuvaus	

# 1 Johdanto

Suomalaisessa väestössä merkittäviä kansanterveydellisiä haasteita ovat yleistynyt lihavuus, korkea verenpaine, rasva-aineenvaihdunnan häiriöt sekä tyypin 2 diabetes (Terveyden ja hyvinvoinnin laitos 2024). Vuoden 2022 Terve Suomi -tutkimuksen mukaan joka viides mies ja lähes joka kolmas nainen on vähintään kohtalaisessa riskissä sairastua tyypin 2 diabetekseen, yli kolmella miljoonalla suomalaisella aikuisella on rasva-aineenvaihdunnan häiriö, lihavia on suomalaisista 1,2 miljoonaa ja joka toisella aikuisella on verenpainelääkitys tai korkea verenpaine. Näihin terveyshaasteisiin voidaan vaikuttaa elintavoilla, kuten ruokavaliolla.

Monimuotoisella suolistomikrobistolla ja sen toiminnalla on havaittu olevan monia terveydelle edullisia vaikutuksia, mutta monimuotoisuuden on havaittu köyhtyvän länsimaisella vähäkuittuisella ja runsasrasvaisella ruokavaliolla (Mutanen ym. 2021). Suolistomikrobiston koostumuksen ja toiminnan muuttuessa myös niiden tuottamat aineenvaihduntatuotteet muuttuvat, ja näillä aineenvaihduntatuotteilla voi olla edullisia tai haitallisia vaikutuksia terveyteen (Zmora ym. 2019). Suolistomikrobiston tilaa kohentamalla voidaan siis saada aikaan terveyshyötyjä sekä yksilö- että väestötasolla, joten on tärkeää tietää, miten eri ruoka-aineet vaikuttavat suolistomikrobistoon ja millaisia terveysvaikutuksia näillä muutoksilla on.

Merkittävin suolistomikrobistoon vaikuttava tekijä on ravinto, ja etenkin runsaskuituiset kasvi- tuotteet on yhdistetty monimuotoiseen suolistomikrobistoon (Mutanen ym. 2021). Fermentoidut tuotteet sisältävät hapattavia mikrobeja, ja niillä on havaittu olevan edullisia vaikutuksia muun muassa sokeri- ja lipidiaineenvaihduntaan (Şanlier ym. 2019). Vielä ei kuitenkaan tiedetä, mikä rooli suolistomikrobistolla mahdollisesti on terveysvaikutusten välittäjänä, miten ja millaiset suolistomikrobiston muutokset vaikuttavat terveyteen ja millaisilla tuotteilla voidaan saada terveyttä edistäviä tuloksia. Kun tiedetään, miten ja miksi tietyt tuotteet vaikuttavat terveyteen, niitä voidaan hyödyntää osana terveyden edistämistyötä.

Fermentoituja maitotuotteita on tutkittu paljon, mutta vegaanisten ja kasvisruokavalioiden yleistyessä, ilmastonmuutoksen kiihtyessä ja maitoallergisten kannalta on tarpeen tuntee myös kas-

vipohjaisten tuotteiden terveysvaikutuksia ja vaikutusmekanismeja. Myös uusissa pohjoismaisissa ravitsemussuosituksissa on kasvatettu kasvien suositeltua käyttömäärää ruokavaliossa, korostettu kasviproteiinien ja täysjyväviljan merkitystä sekä vähennetty liha- ja maitotuotteiden suositeltavia käyttömääriä, joten uusien suositusten valossa on perusteltua selvittää, onko fermentoinnilla vaikutusta kasvipohjaisten tuotteiden terveysvaikutuksiin (Blomhoff ym. 2023).

Tähän tutkielmaan valikoituneissa tutkimuksissa on mukana havainnoivia ja kliinisiä ihmisillä tehtyjä tutkimuksia, eläimillä tehtyjä ja *in vitro* -tutkimuksia. Kirjallisuuskatsauksessa pyritään selvittämään, miten fermentoitujen kasvituotteiden käyttö vaikuttaa suolistomikrobistoon ja sitä kautta terveyteen. Suolistomikrobien roolista terveysvaikutusten välittäjänä on toistaiseksi hyvin niukasti tietoa, joten tutkielmassa keskitytään suolistomikrobiston ja suoliston muutoksiin sekä pohditaan sitä, miten nämä muutokset voivat vaikuttaa terveyteen.

## 2 Kirjallisuuskatsauksen tausta

### 2.1 Tarkoitus, tavoitteet ja tutkimuskysymykset

Tämän kirjallisuuskatsauksen tarkoituksena oli selvittää nykyisen tutkimustiedon perusteella, millaisia vaikutuksia kasvipohjaisilla fermentoiduilla tuotteilla on suolistomikrobistoon ja sitä kautta terveyteen. Tavoitteena on lisätä tietoa siitä, miten kasvipohjaiset fermentoidut tuotteet vaikuttavat suolistomikrobistoon, ja lisäksi pohditaan sitä, minkälaisia vaikutuksia näillä suolistomikrobiston muutoksilla on terveyteen.

Kirjallisuuskatsauksen tavoitteena on vastata seuraavaan tutkimuskysymykseen: millaisia vaikutuksia kasvipohjaisilla fermentoiduilla tuotteilla on suolistomikrobistoon?

### 2.2 Aiheen rajaus ja tiedonhaku

Kirjallisuuskatsauksen tiedonhaku tehtiin joulukuussa 2023. Tietoa haettiin PubMed- ja Scopus-tietokannoista, jotka ovat terveystieteellisillä aloilla yleisesti käytettyjä tietokantoja. Hakutulokset olivat tietokantojen välillä suurelta osin samoja. Hakulauseissa yhdisteltiin sanoja "ferment\*", "food\*", "product" tai "products" sekä "gut microb\*", "gut flora", "gut bacteri\*", "intestinal microb\*", "intestinal flora" tai intestinal bacteri\*". Kaikkia hakusanoja haettiin artikkelien otsikoista. Tarkempi kuvaus hakulausekkeista ja tiedonhausta on nähtävissä liitteestä 1.

Tarkasteluun valittiin englanninkieliset tieteelliset alkuperäisjulkaisut, joissa käsiteltiin kasvipohjaisia fermentoituja tuotteita ja niiden aiheuttamia muutoksia suolistomikrobiston koostumuksessa ja toiminnassa. Julkaisun tuli käsitellä kasvipohjaisia tuotteita tai siinä tuli olla eroteltuna kasvipohjaisten tuotteiden käyttö eläinperäisistä tuotteista. Valituissa tutkimuksissa oli kliinisiä tutkimuksia, havainnoiva tutkimus, eläinkokeita ja *in vitro* -tutkimus. Tutkimusartikkelien koko tekstin tuli olla saatavilla Itä-Suomen yliopiston tietokantojen kautta.

### 3 Suolistomikrobisto

Suolistomikrobisto tarkoittaa ihmisen suolistossa eläviä mikrobeja, kuten bakteereita, hiivoja, viruksia ja alkueläimiä (Mutanen ym. 2021). Mikrobeja on suolistossa noin kilon verran, ja niistä suurin osa on paksusuolella. Mikrobit elävät symbioosissa ihmisen kanssa, ja ne osallistuvat ruoansulatukseen hajottamalla ja fermentoimalla paksusuoleen päätyvää hajoamatonta ainesta, erityisesti ravintokuitua ja muita imeytymättömiä hiilihydraatteja. Hajotusprosessien aineenvaihduntatuotteina vapautuu energiaa sekä mikrobilajista ja ravintoaineesta riippuen yhdisteitä, jotka voivat olla hyödyllisiä tai haitallisia ihmisen terveydelle. Yhdisteet voivat vaikuttaa paikallisesti suoliston terveyteen, mutta ne voivat myös imeytyä suolistosta elimistöön ja vaikuttaa näin monien muidenkin elintoimintojen, kuten immuunivasteiden, aineenvaihdunnan ja hermoston, toiminnan säätelyyn. Lisäksi mikrobit tuottavat muun muassa B<sub>12</sub>- ja K-vitamiineja sekä välttämättömiä aminohappoja, eli ne vaikuttavat ravintoaineiden saantiin (Mutanen ym. 2021).

Suolistomikrobiston koostumusta ja diversiteettiä eli monimuotoisuutta tarkastellaan sekä lajien absoluuttisen että suhteellisen runsauden perusteella (Zmora ym. 2019, Mutanen ym. 2021). Alfadiversiteetillä viitataan eri lajien absoluuttiseen lukumäärään, ja betadiversiteetti tarkoittaa lajien keskinäisten määrasuhteiden jakauman tasaisuutta. Mikrobiston koostumus ja runsaimmat lajit vaihtelevat yksilöittäin, elintapojen ja elinympäristön perusteella paljon, mutta aikuisilla tyypillisimpiä lajeja ovat grampositiiviset firmikuutit, gramnegatiiviset bakteroidit ja proteobakteerit sekä aktinobakteerit (Zmora ym. 2019, Mutanen ym. 2021).

#### 3.1 Tunnetut yhteydet terveyteen

Suolistomikrobiston tutkiminen on lisääntynyt huomattavasti viime vuosina, kun mikrobiston toiminta on yhdistetty erilaisiin terveysvaikutuksiin (Mutanen ym. 2021). Koska mikrobisto hajottaa ja fermentoi suolistossa hajoamatonta ainesta ja vapauttaa aineenvaihduntatuotteita suolistoon ja muualle elimistöön, osa ruoan terveysvaikutuksista voi välittyä suolistomikrobiston kautta. Esi-



merkiksi kasvien sisältämien fytokeemikaalien hyödynnettävyys ja imeytyvyys elimistössä riippuvat suolistobakteerien tekemästä muokkaustyöstä. Terveen tai normaalin suolistomikrobiston määrittäminen on hyvin hankalaa, koska suurinta osaa mikrobilajeista ei voida nykytiedon perusteella määritellä yksiselitteisesti hyödyllisiksi tai haitallisiksi. Tietoa on vielä niukasti, ja toisaalta sama mikrobi voi eri olosuhteissa toimia joko terveyttä edistävästi tai tilaisuuden tullen patogeenina. Myös normaalivaihtelu ihmisten välillä on suurta, ja jo kasvuympäristö vaikuttaa mikrobiston koostumukseen. Kuitenkin mikrobiston koostumuksen ja toiminnan häiriöt on yhdistetty monien kroonisten sairauksien, kuten allergioiden, suolistosairauksien, lihavuuden ja liitännäissairauksien, puhkeamiseen (Mutanen ym. 2021).

Kun ravinnon imeytymättömät hiilihydraatit ja aminohapot päätyvät mikrobien hajotettavaksi ja fermentoitavaksi, aineenvaihduntatuotteina syntyy lyhytketjuisia rasvahappoja kuten asetaattia, propionaattia, butyraattia ja laktaattia (Mutanen ym. 2021). Lyhytketjuisista rasvahapoista saadaan jopa 5–10 prosenttia ihmisen päivittäisestä energiantarpeesta, ja niitä pidetään nykytiedon perusteella yhtenä merkittävimmistä tavoista, jolla suolistomikrobiston toiminta vaikuttaa terveyteen. Näin esimerkiksi suoliston epiteelisolut saavat käyttöönsä energiaa, mikä tukee suolistoepeiteelin eheyden ylläpitämistä ja suoliston hyvinvointia (Macia ym. 2015, Mutanen ym. 2021), mikä voi luoda hyödyllisille mikrobeille suotuisamman elinympäristön (Leeuwendaal ym. 2022).

Suolistomikrobiston tuottamat lyhytketjuiset rasvahapot säätelevät myös muun muassa hiilihydraattien ja rasvojen energia-aineenvaihduntaa sekä tulehdusreaktioita aktivoimalla inflammasomeja ja T-soluja. Lisäksi ne toimivat signaalintimolekyyleinä, eli vaikuttavat geenitranskriptioon inhiboimalla histonideasetylaaseja, sekä ligandeina erityisesti G-proteiinivälitteisille reseptoreille (Zmora ym. 2019). Lyhytketjuisten rasvahappojen vaikutusta terveyteen on tutkittu käyttämällä niitä ruokavaliotäydennyksenä, ja hiirillä ja ihmisillä tehdyissä tutkimuksissa on havaittu lihavuutta, insuliiniresistenssiä ja ruoanottoa ehkäiseviä vaikutuksia sekä energiankulutuksen kasvua ja glukoositoleranssin paranemista (Gao ym. 2009, Lin ym. 2012).

### 3.2 Ravinnon vaikutus suolistomikrobistoon

Suolistomikrobiston toiminta ja koostumus vaihtelevat paljon yksilöiden välillä, mutta keskeisin mikrobistoa muokkaava tekijä on syöty ravinto (Mutanen ym. 2021). Ravintoaineet ja muut yhdisteet vaikuttavat mikrobeihin suoraan tai epäsuorasti muokkaamalla niiden kasvuolosuhteita: ravintoaineet voivat vaikuttaa mikrobien elinympäristöön niiden kasvua edistävästi tai ehkäisevästi riippuen siitä, mitkä mikrobeille energianlähteeksi kelpaavat ravintoaineet päätyvät sulamattomina mikrobeille asti (Zmora ym. 2019). Ravinnon laatu vaikuttaa myös ruoan läpimenoaikaan ja suoliston pH-arvoon, jotka vaikuttavat kasvuolosuhteisiin (Mutanen ym. 2021).

Eri ravintoaineet vaikuttavat mikrobistoon eri tavoin, mutta merkittävin yksittäinen mikrobistoa muokkaava ravintoaine näyttäisi olevan ravintokuitu (Mutanen ym. 2021). Imeytymättömien hiilihydraattien määrä ruokavaliossa vaikuttaa bakteerifermentaation ja sitä kautta kaasun muodostuksen määrään suolistossa. Runsas kuitupitoisen kasvisravinnon syöminen on yhdistetty runsaaseen ja monimuotoiseen suolistomikrobistoon, ja vastaavasti niukasti kuitua ja runsaasti sokeria ja rasvaa sisältävä ruokavalio köyhdyttää mikrobiston monimuotoisuutta (Mutanen ym. 2021). Eniten mikrobiston alfadiversiteettiä muokkaa syötyjen kasvituotteiden monimuotoisuus, sillä kasveissa on kuidun lisäksi polyfenoleita, joiden mahdollisia terveystaikutuksia suolistomikrobisto välittää (McDonald ym. 2018) ja joiden on havaittu vaikuttavan suolistomikrobiston koostumukseen (Leeuwendaal ym. 2022).

Suolistomikrobistoon pyritään vaikuttamaan erilaisilla ravintolisillä ja funktionaalisilla elintarvikkeilla (Mutanen ym. 2021). Tällaisia ravintolisinä ja elintarvikkeisiin lisättyinä käytettäviä valmisteita ovat probiootit, prebiootit ja synbiootit. Probiootit ovat eläviä, riittävässä määrin nautittuna terveyttä edistäviä mikrobeja, yleensä *Lactobacillus*- tai bifidobakteereita tai *Saccharomyces*-hiivoja. Prebiootit puolestaan ovat valmisteita, joiden tarkoituksena on edistää terveydelle edulliseksi todettujen suolistomikrobien kasvua tai vaikuttaa muuten suotuisasti suolistomikrobistoon. Prebiootteja ovat muun muassa galakto- ja frukto-oligosakkaridit ja muut imeytymättömät sokeriyhdisteet (Mutanen ym. 2021). Tyypillisesti prebiootit nostavat *Lactobacillus*- ja bifidobakteerien määrää suolistossa (Zmora ym. 2019), mutta näyttö hyödyistä on vielä puutteellista. Synbiootit sisältävät sekä pre- että probiootteja (Mutanen ym. 2021).

## 4 Fermentoidut elintarvikkeet

Fermentoidut eli hapatetut elintarvikkeet tarkoittavat ruokia ja juomia, jotka on valmistettu hyödyntämällä kontrolloitua mikrobikasvua (Dimidi ym. 2019). Maitohappobakteerit ovat yleisiä elintarvikkeiden fermentoinnissa hyödynnettäviä mikrobeja, ja niitä voi olla tuotteessa valmiina tai niitä voidaan lisätä raaka-aineeseen (Wuyts ym. 2020). Kasvipohjaisista elintarvikkeista fermentointia hyödynnetään viljatuotteisiin kuten leipiin, vihanneksiin, juureksiin, hedelmiin ja juomiin, kuten olueen, kombuchaan ja simaan. Tähän kirjallisuuskatsaukseen valikoituneissa tutkimuksissa on käytetty ihmistutkimuksissa pääasiassa kokonaisia elintarvikkeita, mutta eläin- ja *in vitro*-tutkimuksissa on käytetty myös tutkimuksia varten valmistettuja uutteita tai juomia.

### 4.1 Fermentointi

Fermentointi tarkoittaa menetelmää, jossa elintarvike hapatetaan kontrolloidusti mikrobien avulla käymisprosessissa (Ruokavirasto 2023). Tällöin elintarvikkeen pH-arvo laskee ja rakenne ja maku muuttuvat. Oikein tapahtuneessa fermentaatiossa elintarvikkeen säilyvyys paranee, sillä pH-arvon lasku inhiboi useiden mikrobien kasvua ja entsyymiaktiivisuutta, ja lisäksi tietyistä ruoka-aineista voi tuhoutua toksiineja, kuten papujen sisältämä lektiini. Fermentaation onnistumiseen ja elintarviketurvallisuuteen vaikuttavat muun muassa raaka-aineiden laatu, tuotannon hygienia, lämpötila, aika ja prosessin hapettomuus (Ruokavirasto 2023).

Käymisprosessissa mikrobit tuottavat pääosin sokerista alkoholia, hiilidioksidia tai orgaanisia happoja, joiden kertyminen saa aikaan pH-arvon laskun (Leeuwendaal ym. 2022). Reaktiossa vapautuu myös energiaa. Käymisprosesseja voidaan jaotella reaktion ensisijaisten aineenvaihduntatuotteiden ja käytettyjen mikrobien mukaan (Marco ym. 2017). Esimerkiksi hiivat saavat aikaan alkoholi- ja hiilidioksidikäymistä, etikkahappobakteerit etikkahappokäymistä ja maitohappobakteerit maitohappokäymistä.

## 4.2 Tunnetut terveysvaikutukset

Fermentoiduilla elintarvikkeilla on havaittu olevan tiettyjä terveysvaikutuksia, ja esimerkiksi maitohappobakteereita käytetään yleisesti suoliston häiriötilojen, kuten akuutin ripulitaudin, hoitoon (Salminen ja Rautava 2021). Fermentoiduilla elintarvikkeilla on havaittu muun muassa diabetesta, valtimotautia, sekä korkeaa kolesterolia ja verenpainetta ehkäiseviä vaikutuksia (Şanlier ym. 2019).

Fermentoitujen elintarvikkeiden terveysvaikutukset voivat perustua useisiin eri mekanismeihin (Leeuwendaal ym. 2022). Käymisprosessin seurauksena elintarvikkeisiin muodostuu erilaisia yhdisteitä, joiden välitön ravintoarvo vaikuttaa terveyteen. Syödyn ruoan sisältämät ravintoaineet tai suolistossa tuotetut yhdisteet voivat edistää hyödyllisten suolistomikrobien kasvua muokkaamalla niiden kasvuympäristöä eli suolistoa, ja fermentoitujen tuotteiden on oletettu muokkaavan suolistomikrobistoa terveydelle suotuisammaksi. Fermentoidut elintarvikkeet myös sisältävät itessään fermentointiprosessissa käytettyjä mikrobeja, joista monet ovat mahdollisesti probioottisia. Nämä lähtökohtaisesti hyödylliset mikrobit voivat liittyä osaksi suolistomikrobistoa, jolloin ne vievät elintilaa nykyisiltä ja mahdollisesti terveydelle haitallisilta mikrobeilta (Leeuwendaal ym. 2022).

## 5 Kasvipohjaisten fermentoitujen tuotteiden vaikutukset suolistomikrobistoon

Kirjallisuuskatsauksen tavoitteena oli selvittää kasvipohjaisten fermentoitujen tuotteiden vaikutuksia suolistomikrobistoon ja sen toimintaan sekä arvioida sitä, millaisia terveysvaikutuksia näillä suolistomikrobiston muutoksilla on. Käytetyt tuotteet ja tutkimusasetelmat vaihtelivat tutkimusten välillä, ja tulokset olivat keskenään osittain ristiriitaisia. Kasvipohjaisten fermentoitujen tuotteiden suolistomikrobivälitteisistä terveysvaikutuksista on tehty vain vähän kliinisiä interventiotutkimuksia, ja tässäkin kirjallisuuskatsauksessa suurin osa valikoituneista tutkimuksista on eläinkokeita (taulukot 1 ja 2). Kirjallisuuskatsaukseen valikoituneissa tutkimuksissa tutkittiin suolistomikrobiston muutosten lisäksi tuotteiden käytön vaikutusta muun muassa lipidi- ja sokeriainenvaihduntaan, tiettyihin hormonitasoihin sekä kognitiiviseen suoriutumiseen. Kirjallisuuskatsaukseen valikoidut tutkimukset on koottu taulukoihin 1 ja 2.

### 5.1 Vaikutukset suolistomikrobiston koostumukseen

Kasvipohjaisten fermentoitujen tuotteiden on havaittu vaikuttavan ensisijaisesti suolistomikrobiston betadiversiteettiin. Sekä ihmisillä, eläimillä että suolimallilla tehdyissä tutkimuksissa on havaittu terveyttä edistäviä piirteitä suolistomikrobistossa niillä tutkittavilla, jotka käyttävät enemmän fermentoituja kasvituotteita verrattuna kontrolliryhmiin tai vähemmän fermentoituja kasvituotteita käyttäviin tutkittaviin (taulukot 1 ja 2). Bifidobakteerien suhteellisen määrän on havaittu kasvavan fermentoituja tuotteita käyttävillä tutkimusryhmillä sekä suolimallissa (Mårtensson ym. 2005, Inoguchi ym. 2012, Han ym. 2015, Lee ym. 2018, Vieira ym. 2021, Hor ym. 2022). Näissä kaikissa tutkimuksissa fermentoivana mikrobina on käytetty ainakin bifido- tai *Lactobacillus*-bakteereita.

Lähes kaikissa kirjallisuuskatsauksen tutkimuksissa havaittiin firmikuuttien suhteellisen määrän olevan runsaampi fermentoitua tutkimustuotetta käyttävillä ryhmillä verrattuna kontrolliryhmiin. Osassa tutkimuksista fermentoitu tuote sisältää itsessään firmikuutteihin kuuluvia *Lactobacillus*-suvun mikrobeja, mutta osa firmikuuteista hajottaa ja käyttää kasvien polysakkarideja (Zmora

ym. 2019), mikä voi myös mahdollisesti selittää niiden runsastumista enemmän kasvituotteita käyttäneillä tutkittavilla. Kun verrattiin usein fermentoituja kasvituotteita käyttäviä niihin, jotka käyttävät niitä vain vähän tai ei ollenkaan, sekä poikkileikkaus- että pitkittäistutkimuksessa havaittiin, että enemmän kasvipohjaisia fermentoituja elintarvikkeita käyttävillä esiintyy suolistossa enemmän fermentoitujen elintarvikkeiden sisältämiä mikrobeja, erityisesti *Lactobacillus*-suvun bakteereita (Taylor ym. 2020). Myös fermentoituja ruistuotteita käyttäneillä tutkittavilla on havaittu esiintyvän suhteessa runsaammin firmikuutteihin kuuluvia *Romboutsia*- ja *Faecalibacterium*-bakteereja kuin puhdistetusta vehnästä valmistettuja tuotteita käyttävillä tutkittavilla (Liu ym. 2021). Toisaalta osassa tutkimuksista havaittiin nimenomaan firmikuuttien suhteellisen määrän olevan pienempi fermentoitua tuotetta käyttävillä ryhmillä (Korem ym. 2017), ja muutamassa tutkimuksessa havaittiin firmikuuttien määrän pienenevän suhteessa bakteroidien määrään, vaikka tietyt firmikuutteihin kuuluvat bakteerisuvut runsastuisivat (Han ym. 2015, Wu ym. 2021, 2023).

Kontrolliryhmillä eli ryhmillä, jotka söivät normaalia tai korkeaenergistä ruokavaliota ja eivät käyttäneet fermentoituja tutkimustuotteita, huomattiin olevan suhteessa runsaammin muun muassa *Bilophila*-patogeeneja (Liu ym. 2021), proteobakteereihin kuuluvia ja mahdollisesti patogeenisia enterobakteereita (Lee ym. 2018), klostrideja (Vieira ym. 2021, Hor ym. 2022) ja bakteeroideja (Vieira ym. 2021, Wu ym. 2023). Toisaalta hapanjuuri- ja vehnäleipää vertailevassa vaihtovuorokokeessa havaittiin, että osaan tutkittavista vaikutti enemmän toinen leipä ja osaan toinen, joten vaihtelu selittyi lähinnä yksilöiden välisillä eroilla eikä käytetyllä leivällä (Korem ym. 2017).

## 5.2 Vaikutukset tutkittuihin biomarkkereihin

Suolistomikrobiston koostumuksen ja lajien välisten määrasuhteiden muuttuminen vaikuttaa myös suolistomikrobiston tuottamiin aineenvaihduntatuotteisiin. Kyseisissä tutkimuksissa tutkittiin veren lipiditasoja ja verensokeripitoisuuksia, lyhytketjuisten rasvahappojen pitoisuuksia suo-

listossa ja ulostenäytteissä sekä hormonipitoisuuksia veressä. Fermentoitujen tuotteiden käyttöön on yhdistetty useita lihavuuteen liittyviä terveysriskejä ehkäiseviä tai vähentäviä vaikutuksia (Han ym. 2015, Hor ym. 2022).

### 5.2.1 Vaikutukset lipideihin

Kasvipohjaisten fermentoitujen tuotteiden käyttö näyttäisi vaikuttavan erityisesti rasva-aineenvaihduntaan, ja monessa tutkimuksessa havaittiin terveydelle edullisia muutoksia rasva-aineenvaihdunnassa. Suolistomikrobit tuottavat lyhytketjuisia rasvahappoja, ja fermentoitujen tuotteiden aikaansaamat, terveydelle edulliset mikrobiston muutokset vaikuttavat niiden tuotantoon. Suolistomikrobiston tuottamien lyhytketjuisten rasvahappojen pitoisuuden on havaittu kasvavan fermentoituja tuotteita käytettäessä niin ihmisillä, eläimillä kuin suolimallillakin tehdyissä kokeellisissa tutkimuksissa, mikä on yhdistetty erityisesti bifidobakteerien ja firmikuutteihin kuuluvien *Lactobacillus*-bakteerien suurempaan suhteelliseen määrään (Liu ym. 2021, Vieira ym. 2021, Hor ym. 2022, Wu ym. 2023).

Lyhytketjuisten rasvahappojen lisäksi tietyt bakteerit tuottavat mahdollisesti terveydelle edullisia konjugoituneita linolihappoja (CLA), ja näistä bakteereista suurin osa yhdistettiin fermentoitujen kasvituotteiden runsaaseen käyttöön (Taylor ym. 2020). Fermentoituja kasvituotteita runsaammin käyttävillä havaittiin myös merkitsevästi korkeammat CLA4-tasot verrattuna niihin, jotka käyttävät fermentoituja kasvituotteita vähän tai ei ollenkaan, vaikka ruokavaliosta saatavan CLA:n määrä ei vaihdellut ryhmien välillä. Linolihapon runsastunut pitoisuus puolestaan on yhdistetty niihin mikrobikantoihin, jotka ovat yleisempiä vähemmän fermentoituja tuotteita käyttävillä kuin runsaasti fermentoituja tuotteita käyttävillä (Taylor ym. 2020).

Fermentoitujen kasvipohjaisten tutkimustuotteiden käyttö yhdistettiin tutkimuksissa terveyttä edistäviin muutoksiin veren kolesteroliarvoissa. Plasman LDL- ja kokonaiskolesteroli- sekä triglyseridipitoisuuksien on havaittu olevan alhaisemmat fermentoitua tutkimustuotetta käyttäneillä kuin kontrolliryhmillä (Mårtensson ym. 2005, Liu ym. 2021). Myös maksassa on havaittu alhaisemmat LDL-kolesterolitasot fermentoitua ruistuotetta käyttäneillä tutkittavilla kuin puhdiste-

tusta vehnästä valmistettuja tuotteita käyttäneillä tutkittavilla (Wu ym. 2023). HDL-kolesterolitason on havaittu olevan korkeampi fermentoitua tuotetta käyttäneillä tutkittavilla, ja HDL- ja LDL-kolesterolien välisen suhteen on havaittu olevan parempi fermentoitua tutkimustuotetta käyttävillä ryhmillä verrattuna kontrolliryhmiin (Hor ym. 2022). Toisaalta eräässä kliinisessä tutkimuksessa on havaittu HDL- ja kokonaiskolesterolien laskeneen kimchin käytön jälkeen (Han ym. 2015).

### 5.2.2 Vaikutukset sokeriaineenvaihduntaan

Fermentoitujen kasvituotteiden käyttö on yhdistetty myös sokeriaineenvaihduntaan kokeellisissa tutkimuksissa. Fermentoituja ruistuotteita käyttävillä on havaittu olevan matalampi plasman glukosipitoisuus ja korkeampi insuliinipitoisuus verrattuna puhdistetusta vehnästä valmistettuja tuotteita käyttäviin (Liu ym. 2021). Havainnot yhdistettiin firmikuuttien suhteellisen määrän runsastumiseen ja *Bilophila*-patogeenin alhaisempaan esiintyvyyteen ruistuotteita käyttävillä ryhmillä, mutta vaikutukset veren sokeritasoihin voivat johtua myös runsaskuituisten tuotteiden käyttämisestä, sillä fermentoitu ruistuote oli runsaskuituisempi kuin vehnästä valmistettu kontrollituote. Veren glukoosi- ja insuliinipitoisuudet ovat alhaisempia ja insuliinisensitiivisyys ja glukosinsieto parempia fermentoitua tuotetta saaneilla hiirillä verrattuna kontrolliruokavalioihin, mihin viittaa myös havainnot lisääntyneestä GLUT4-reseptorin ilmentymisestä rasvasolujen pinnalla (Hor ym. 2022). Nämä muutokset yhdistettiin erityisesti bifido- ja *Lactobacillus*-bakteerien suhteellisen määrän kasvuun sekä *Clostridium Perfringens* -bakteerien ja bakteroidien välisen suhteen pienenemiseen.

### 5.3 Muut havaitut terveystvaikutukset

Suolistomikrobiston toiminta ja sen muutokset on yhdistetty kognitiivisiin eli tiedonkäsittelyyn liittyviin toimintoihin. Hiirillä tehdyssä tutkimuksessa (Lee ym. 2018) havaittiin, että fermentoidun rasvattoman soijapapuvaikeuden käyttö suojaa kognitiivisten toimintojen säilymistä ja hidastaa



niiden heikkenemistä, mikä voi lieventää Alzheimerin taudin kehitystä. Havainnot ja fermentoidun tuotteen käyttö yhdistettiin lipopolysakkarideja (LPS) tuottavien suolistobakteerien vähentymiseen, mikä johti LPS-pitoisuuden pienenemiseen sekä suolistossa että plasmassa. Lipopolysakkarideja tuottavat bakteerit on yhdistetty runsasrasvaisen ruokavalion aikaan saamaan suolistomikrobistoon, ja lisäksi veren korkean LPS-tason on todettu lisäävän suoliston läpäisevyyttä ja vähentävän aktiivisuutta geeneissä, jotka koodaavat tiiviissä liitoksissa käytettäviä proteiineja (Cani ym. 2007). Nämä muutokset vaikuttavat suoliston terveyteen sitä heikentävästi.

Taulukko 1. Ihmisillä tehdyt tutkimukset kasvipohjaisten fermentoitujen tuotteiden terveysvaikutuksista vuosilta 2005–2021

Viite (maa)	Tutkimuksen tarkoitus	Tutkimustyyppi	Aineisto	Tutkimusmenetelmät	Keskeisimmät aiheeseen liittyvät tulokset
Taylor ym. 2020 (USA)	Tutkia suolistomikrobiston vaihtelua ihmisten välillä suhteessa fermentoitujen kasvi tuotteiden käyttöön	Kuvaileva tutkimus Sekä poikkileikkaus- että pitkittäistutkimusta	American Gut Projectin aineisto: 6811 osallistujaa, joista 46,1 % miehiä ja 53,9 % naisia, 20–69-vuotiaita, viimeisen vuoden aikana ei antibiootteja Pitkittäistutkimukseen otettiin näistä 115	Tutkittavat arvioivat itse fermentoitujen kasvi tuotteiden käyttöiheyttä Mikrobikantojen esiintyvyyttä analysoitiin sekvensointimenetelmillä	Joitain muutoksia mikrobiston betadiversiteetissä enemmän käyttävillä vrt. vähemmän käyttäviin: enemmän käyttävillä esiintyy enemmän fermentoitujen elintarvikkeiden sisältämiä mikrobeja (mm. monet <i>Lactobacillus</i> -suvun bakteerit) sekä mahdollisesti terveydelle hyödyllisiä molekyyilejä Merkittävimmät erot lipideissä: useammin käyttävillä runsaammin CLA <sup>4</sup> , jolla mahd. terveyshyötyjä CLA <sup>4</sup> yhdistettiin mikrobikantoihin, jotka esiintyvät yleisemmin enemmän kuluttavilla, ja LA <sup>2</sup> yhdistettiin vähemmän käyttävillä yleisiin mikrobikantoihin
Liu ym. 2021 (Kiina)	Tutkia runsaskuituisten fermentoitujen ruistuotteiden (FRB <sup>4</sup> , <i>Lactiplantibacillus plantarum</i> ) vaikutusta HP <sup>3</sup> -infektioon ja kardiometabolisiin riskimarkkereihin vrt.	12 viikon interventio, jossa toinen ryhmä (n=92) käytti runsaskuituisia ruistuotteita, joihin lisätty fermentoituja ruisleseitä, ja toinen ryhmä	Kiinalaiset HP <sup>3</sup> -infektioon sairastuneet potilaat, 20–70-vuotiaita, miehiä ja naisia (n=569)	Tutkittavat käyttivät 4 palaa leipää ja 2 pkt muroja joka päivä muun ruokailun ohessa (yht. n. 150 g/pvä) Viikoilla 0, 6 ja 12 antropometriset mittaukset, C-urea-hengitys-	FRB <sup>4</sup> -ryhmä vrt. RW <sup>5</sup> -ryhmään viikolla 12: Plasman LDL-pitoisuudet ↓ (p=0,033) Plasman glukoosipitoisuudet ↓ (p=0,035) Seerumin insuliinipitoisuudet ↑ (p=0,038) <i>Romboutsia</i> ↑ <i>Faecalibacterium</i> ↑ (p=0,046) <i>Bilophila</i> -patogeeni ↓ (p=0,017)

Viite (maa)	Tutkimuksen tarkoitus	Tutkimustyyppi	Aineisto	Tutkimusmenetelmät	Keskeisimmät aiheeseen liittyvät tulokset
	puhdistetusta vehnästä (RW <sup>5</sup> ) valmistettuihin tuotteisiin	(n=90) puhdistettua vehnää sisältäviä tuotteita		testi, paastoverinäytteet, ulostenäytteet sekä ruokavaliohaastattelu	Suoliston etikkahappopitoisuus ↑ (p=0,041), isovoihapon ↓ (p=0,038) ja 2-metyylivoihapon ↓ (p=0,022) Ei havaittua yhteyttä ulostenäytteiden SCFA <sup>6</sup> -pitoisuuksien ja plasman lipidipitoisuuksien välillä → fermentoidut runsaskuituiset ruis tuotteet vrt. puhdistettuun vehnään voi muuttaa suolistomikrobistoa terveyttä edistävämmäksi ja suoliston SCFA <sup>6</sup> -pitoisuuksia
Korem ym. 2017 (Israel)	Vertailla täysjyvähapanjuurileivän ja teollisen puhdistetusta vehnästä valmistetun leivän vaikutuksia terveyteen ja suolistomikrobiston koostumukseen ja toimintaan	Kliininen interventiotutkimus Satunnaistettu vaihtovuorokoe	n=20, 9 miestä ja 11 naista, 27–66-vuotiaita, perusterveitä	Kaksi viikon kestävää interventiojaksoa, joiden välillä 2 viikon washouot-jakso ja joista toisella käytettiin hapanjuurileipää ja toisella vehnäleipää (aamuisin 50 g hiilihydraatteja eli 145 g hapanjuurileipää tai 110 g vehnäleipää, päivän aikana ad libitum)	Tutkimustuotteiden välillä ei havaittu eroja suolistomikrobistoon tai tutkituihin biomarkkereihin, osaan vaikutti enemmän toinen leipä ja osaan toinen Leivän käyttäminen viikon ajan tyyppistä riippumatta sai aikaan samansuuntaisia tuloksia, yksilöllistä vaihtelua aterian jälkeisellä glykeemisellä vasteella → tärkein vaihtelua tuottava tekijä on ihmisten väliset yksilölliset erot

Viite (maa)	Tutkimuksen tarkoitus	Tutkimustyyppi	Aineisto	Tutkimusmenetelmät	Keskeisimmät aiheeseen liittyvät tulokset
Han ym. 2015 (Korea)	Tutkia eroavatko tuoreen ja fermentoidun kimchin vaikutukset toisistaan lihavuuteen yhdistettyjen parametrien suhteen	Satunnaistettu kontrolloitu kliininen koe	30–60-vuotiaita naisia, joiden BMI > 25 kg/m <sup>2</sup> , n=24	Tutkittavat käyttivät 180 g tuoretta tai fermentoitua kimchiä päivässä	Kimchin käyttö vähensi lihavuuteen liitettyjä terveysriskejä, fermentoitua tuotetta käyttävillä muutokset selvempiä Kimchin käyttö alensi tutkittuja lihavuuteen yhdistettyjä parametreja pl. triglyseridit ja pulssi Firmikuuttien suhde bakterioideihin ↓ <i>Proteobacteria</i> ↑ <i>Actinobacteria</i> ↑, negatiivinen korrelaatio rasvaprosentin kanssa Fermentoitu kimchi: Bakteroidit ja <i>Prevotella</i> ↑ <i>Blautia</i> ↓ <i>Bifidobacterium longum</i> ↑ (fermentoitu kimchi sisältää runsaasti)
Mårtensson ym. 2005 (Ruotsi)	Tutkia fermentoitujen kauratuotteiden vaikutuksia plasman lipideihin ja suolistomikrobistoon	Satunnaistettu kaksoissokkoutettu koe	n = 56, 32 naista ja 2 miestä, keski-ikä 55 vuotta, BMI keskimäärin 25,3 kg/m <sup>2</sup> , perusterveitä, plasman kolesteroli koholla (>5,0 mmol/L)	5 viikon ajan käytettiin kontrollituotetta (fermentoitu maitopohjainen) tai fermentoitua kaurapohjaista (3–3,5 g betaglukaania /pvä)	Fermentoitua kauratuotetta käyttäneet vrt. kontrolliryhmä: Kokonaiskolesteroli ↓ 6 % (p=0,022) LDL-kolesteroli ↓ (p=0,024) Kokonaisbakteerien (p=0,001) ja bifidobakteerien (p=0,012) määrä ↑
Inoguchi ym. 2012 (Japani)	Vertailla fermentoidun (bifidobakteereita) ja fermentoimattoman	Satunnaistettu kokeellinen tutkimus	n = 10, 6 miestä ja 4 naista, perusterveitä, 21–25-vuotiaita	100 g FSM <sup>7</sup> - tai NFSM <sup>8</sup> -tuotetta /pvä 2 viikon ajan	FSM <sup>7</sup> -ryhmä vrt. NFSM <sup>8</sup> : Bifidobakteerit ja laktobasillit ↑ (p<0,05) Klostridit ↓ (p<0,05)

Viite (maa)	Tutkimuksen tarkoitus	Tutkimustyyppi	Aineisto	Tutkimusmenetelmät	Keskeisimmät aiheeseen liittyvät tulokset
	soijajuoman vaikutuksia suolistomikrobistoon ja metaboliitteihin				Ulostenäytteen sulfidipitoisuus ↓ (p<0,01)

CLA<sup>1</sup> = konjugoitunut linolihappo (engl. conjugated linoleic acid), LA<sup>2</sup> = linolihappo (engl. linolic acid), HP<sup>3</sup> = *Helicobacter pylori*, FRB<sup>4</sup> = fermentoitu ruislese (engl. fermented rye bran), RW<sup>5</sup> = puhdistettu vehnä (engl. refined wheat), SCFA<sup>6</sup> = lyhytketjuiset rasvahapot (engl. short-chain fatty acids), FSM<sup>7</sup> = fermentoitu soijajuoma (engl. fermented soybean milk), NSFM<sup>8</sup> = fermentoimaton soijajuoma (engl. non-fermented soybean milk)

Taulukko 2. Eläin- ja *in vitro* -tutkimukset kasvipohjaisten fermentoitujen tuotteiden terveysvaikutuksista vuosilta 2018–2023

Viite (maa)	Tutkimuksen tarkoitus	Tutkimustyyppi	Aineisto	Tutkimusmenetelmät	Keskeisimmät aiheeseen liittyvät tulokset
Lee ym. 2018 (Korea)	Selvittää voiko fermentoidun ( <i>Lactobacillus Plantarum</i> C29) rasvattoman soijapavun (FDS <sup>1</sup> ) käyttö lieventää muistin alentumista transgeenisillä hiirillä	Kokeellinen tutkimus	Transgeeniset 6 kk vanhat uroshiiret (n=5), kontrollihiiret n=7	2 kk ajan kerran päivässä annos (100 mg–1 kg–1 body wt d–1) soijavalmistetta tai kontrollivalmistetta Analysoitiin muistitesteituloksia sekä histologisia ja biokemiallisia muuttujia	FDS <sup>1</sup> hoito lieventää merkittävästi kognitiivisten toimintojen heikentymistä transgeenisillä hiirillä → voi lieventää Alzheimeria lisäämällä BDNF <sup>2</sup> :n vapautumista ja inhiboimalla suolistomikrobiston LPS <sup>3</sup> -tuotantoa FDS <sup>1</sup> hoito vrt. kontrolliin: - LPS <sup>3</sup> -tasot veressä ja suolistossa ↓ - <i>Enterobacteriaceae</i> ↓ - bidibakteerit ja <i>Lactobacillus</i> ↑
Hor ym. 2022 (Intia)	Arvioida fermentoitujen riisituotteiden (sis. pääasiassa <i>Lactobacillus</i> -bakteereita) käytön mahdollisuuksia lihavuuden, hyperglykemian ja masennuksen hoidossa	Kokeellinen tutkimus: 8 viikon ajan hiirille syötettiin fermentoitua riisituotetta	Samoissa oloissa kasvatteet uroshiiret (n=20) 4 ryhmään: - normaali ruokavalio - korkearasvainen ruokavalio - korkearasvainen ruokavalio kontrolliruoalla - korkearasvainen ruokavalio tutkittavalla ruoalla	8 viikon ajan seurattiin ruoan käyttöä, painoa ja suolistomikrobistoa Kontrolli- tai tutkittavaa valmistetta 1,0 g/vrk muun ravinnon ohella	Fermentoitua tuotetta käyttäneet vrt. kontrolliruokavaliota syöneet: - bifidobakteerit ja <i>Lactobacillus</i> ↑ - <i>C. Perfringens</i> suhde bakteeroideihin ↓ - SCFA <sup>4</sup> -tasot suolistossa ↑ - HDL-taso ↑ - LDL-, VLDL- ja triglyseriditasot ↓ - verensokeritaso ↓ - insuliinisensitiivisyys ja glukoosinsieto sekä GLUT4-reseptorien ekspressio rasvasolujen pinnalla ↑ - seerumin insuliinipitoisuus ↓ - seerumin leptiinipitoisuus ↓ - seerumin adiponektiinipitoisuus ↑ - lipolyysiä lisäävien geenien aktiivisuus ↑ - kognitiiviset toiminnot paranivat

Viite (maa)	Tutkimuksen tarkoitus	Tutkimustyyppi	Aineisto	Tutkimusmenetelmät	Keskeisimmät aiheeseen liittyvät tulokset
Wu ym. 2021 (Kiina)	Tutkia fermentoidun vadelmajuoman (FRJ <sup>5</sup> ) vaikutuksia suolistomikrobistoon <i>in vitro</i> ja <i>in vivo</i>	Kokeellinen tutkimus: eläinkoe ja <i>in vitro</i> -ruoansulatusmalli	Eläinkoe: hiiriä, n=32, terveitä	Hiiret jaettiin 4 ryhmään: - kontrolliryhmä - 3 % FRJ <sup>5</sup> -lisä - 6 % FRJ <sup>5</sup> -lisä - 9 % FRJ <sup>5</sup> -lisä	FRJ <sup>5</sup> vrt. kontrolliryhmään eläinmallilla: - firmikuuttien suhde bakteeroideihin ↓ - SCFA <sup>4</sup> -tuotanto ↑ FRJ <sup>5</sup> vrt. NFRJ <sup>6</sup> <i>in vitro</i> : - <i>Escherichia coli</i> , voihapsä tuottavat bakteerit, laktobasillit ja <i>Akkermansia</i> ↑ - bakteroidit ja <i>Ruminococcus</i> ↓ - valeriaana- ja isovaleriaanahapon tuotanto ↑
Wu ym. 2023 (Intia)	Selvittää miten fermentoidut sitruunatuotteet (LFP <sup>7</sup> , <i>Lactobacillus</i> OPC1) vaikuttavat maksan lipidimetaboliaan ja suolistomikrobistoon lihavilla rotilla	Kokeellinen tutkimus	6 vko vanhat urosrotat (n=5)	9 viikon ajan ryhmittäin eri määriä tutkimustuotetta, ruokavaliot ryhmittäin: 1) kontrolli, normaali ruokavalio 2) korkeaenerginen ruokavalio (HD <sup>8</sup> ) 3) HD <sup>8</sup> + 0,58 g/kg tutkimustuotetta 4) HD <sup>8</sup> + 1,73 g/kg tutkimustuotetta 5) HD <sup>8</sup> + 2,89 g/kg tutkimustuotetta	LFP <sup>7</sup> käyttö vähensi triglyseridi- ja kokonaiskolesterolipitoisuuksia maksassa LFP <sup>7</sup> käyttö muutti suolistomikrobiston SCFA <sup>4</sup> -pitoisuuksia sekä bakteerisukujen suhteellisia esiintyvyyksiä LFP <sup>7</sup> käyttö vrt. HD <sup>8</sup> : - <i>Firmicutes Clostridiales</i> ↑ - <i>Actinobacteria</i> ↓ - firmikuuttien suhde bakteeroideihin ↓ - etikkahappo ↓ - propionihappo ↓ → voisi ehkäistä lihavuutta vaikuttamalla suolistomikrobistoon ja maksan lipidaineenvaihduntaan
Vieira ym. 2021 (Brasilia)	Arvioida probioottisia bakteerikantoja ( <i>Lactobacillus Acidophilus</i> LA-5 ja <i>Bifidobacterium</i> )	TIM-2 <i>in vitro</i> -suolimalli	Ulostenäytteet terveiltä vapaaehtoisilta Hoikat: n=5, 2 miestä ja 3	Suolimallissa joko lihavalta tai hoikalta otettu mikrobistonäyte	FS <sup>9</sup> -tuotteilla erilaisia vaikutuksia hoikkien mikrobistossa vrt. lihavien Hoikkien mikrobistoissa: - SCFA <sup>4</sup> -tuotanto lisääntyi kaikilla FS <sup>9</sup> -tuotteilla

Viite (maa)	Tutkimuksen tarkoitus	Tutkimustyyppi	Aineisto	Tutkimusmenetelmät	Keskeisimmät aiheeseen liittyvät tulokset
	<i>longum</i> BB-46) sisältävien fermentoitujen soijapohjaisten juomien (FS <sup>9</sup> ) vaikutuksia suolistomikrobistoon hoikkien ja lihavien mikrobistoissa		naista, 20–33-vuotiaita, BMI=21,69 kg/m <sup>2</sup> ± 0,90 Lihavat: n=13, 6 miestä ja 7 naista, 31–67-vuotiaita, BMI=33,2 kg/m <sup>2</sup> ± 3,70	Suolimalliin jokin seuraavista fermentoituista soijajuomista: 1) placebo 2) probioottinen tuote 3) prebioottinen tuote 4) synbioottinen tuote Tarkasteltiin SCFA <sup>4</sup> - ja BCFA <sup>10</sup> -tuotantoa sekä mikrobiston koostumusta	- synbioottisilla tuotteilla bifidobakteerien ja laktobasillien suhteellinen osuus ↑ - firmikuuttien määrä ↑ kaikilla muilla paitsi synbioottisilla - bakteroidien suhteellinen määrä ↓ kaikilla tuotteilla - bifidobakteerit placebolla ↓, synbioottisilla ↑ - pre- ja synbioottisilla <i>Actinobacteria</i> ↑ Lihavien mikrobistoissa: - mikrobiston koostumus muistutti enemmän hoikkien mikrobistoa - SCFA <sup>4</sup> -tuotanto kasvoi synbioottisilla FS <sup>9</sup> -tuotteilla - bifidobakteerit ja <i>Prevotella</i> ↑ kaikilla tuotteilla - <i>Lactobacillus</i> määrä synbioottisilla ↑ - <i>Actinobacteria</i> suhteellinen osuus ↑ - klostridit ↓

FDS<sup>1</sup> = fermentoitu rasvaton soijapapu (engl. fermented defatted soybean), BDNF<sup>2</sup> = aivoperäinen hermokasvutekijä (engl. brain-derived neurotrophic factor), LPS<sup>3</sup> = lipopolysakkaridi, SCFA<sup>4</sup> = lyhytketjuiset rasvahapot (engl. short-chain fatty acids), FRJ<sup>5</sup> = fermentoitu vadelmamehu (engl. fermented raspberry juice), NFRJ<sup>6</sup> = fermentoitamaton vadelmamehu (engl. non-fermented raspberry juice), LFP<sup>7</sup> = fermentoitu sitruunatuote (engl. lemon fermented product), HD<sup>8</sup> = korkeaenerginen ruokavalio (engl. high-calorie diet), FS<sup>9</sup> = fermentoitu soija, BCFA<sup>10</sup> = haaraketjuinen rasvahappo (engl. branched-chain fatty acids),



## 6 Pohdinta

Tämän kirjallisuuskatsauksen tavoitteena oli selvittää, miten kasvipohjaisten fermentoitujen tuotteiden käyttö vaikuttaa suolistomikrobistoon, sekä pohtia, millaisia terveysvaikutuksia näillä suolistomikrobiston muutoksilla on. Tuloksissa havaittiin muutoksia suolistomikrobiston koostumuksessa: erityisesti firmikuuttien ja bifidobakteerien suhteellisen määrän havaittiin monessa tutkimuksessa kasvavan fermentoituja tuotteita käytettäessä, kun taas patogeenisten tai muuten suurissa määrissä haitallisten mikrobien, kuten klostridien, osuus pieneni (Inoguchi ym. 2012, Han ym. 2015, Lee ym. 2018, Liu ym. 2021, Vieira ym. 2021, Wu ym. 2021, Hor ym. 2022). Bifidobakteereita käytetään probiootteina eli niitä sisältävillä tuotteilla on havaittu terveyttä edistäviä vaikutuksia, ja firmikuutteja pidetään pääasiassa terveydelle edullisina suolistobakteereina (Sun ym. 2022). Terveyttä tarkasteltiin monilla eri parametreilla, ja erityisesti plasman lipidipitoisuuksissa havaittiin edullisia muutoksia. Myös sokeriaineenvaihdunnassa ja siihen liittyvässä hormonitoiminnassa havaittiin monia suotuisia muutoksia (Lee ym. 2018, Liu ym. 2021, Hor ym. 2022). Suolistomikrobistossa havaittiin muutoksia, jotka on yhdistetty lihavuuden ehkäisyyn ja mahdollisesti hoitoon, ja esimerkiksi suolimallilla tehdyssä tutkimuksessa fermentoidun tuotteen käyttö sai lihavalta otetun mikrobistonäytteen muistuttamaan enemmän hoikalta otettua, terveydelle edullisempaa mikrobistonäytettä (Vieira ym. 2021). Näiden tulosten perusteella voidaan päätellä, että kasvipohjaisilla fermentoiduilla tuotteilla voi olla suotuisia vaikutuksia terveyteen.

Vaikka tutkimuksissa havaittiin terveyden kannalta hyödyllisiä vaikutuksia suolistomikrobistoon ja muutenkin terveyden tilaan, on hyvin vaikea arvioida sitä, mitkä terveysvaikutuksista ovat suolistomikrobiston välittämiä. Tutkimuksissa on haastavaa arvioida syy-seuraussuhteita eli sitä, joutuvatko havaitut terveysvaikutukset ruoan aiheuttamista muutoksista suolistomikrobistossa vai muista ruoan sisältämien yhdisteiden vaikutuksista eli ovatko havaitut suolistomikrobiston muutokset ensisijaisia vai toissijaisia muutoksia. Tulosten arviointia hankaloittaa myös se, että kirjallisuuskatsaukseen valikoituneet tutkimukset olivat keskenään hyvin erilaisia, ja mukana oli ihmiseläin- ja *in vitro* -tutkimuksia. Myös tutkimusasetelmat sekä käytetyt tuotteet vaihtelivat, sillä osassa tutkimuksista oli käytetty elintarvikkeita ja osassa tutkimuksia varten valmistettuja uutteita tai muita tutkimustuotteita (taulukot 1 ja 2).

Kun tutkimustuotteena käytetään elintarviketta sellaisenaan, tuloksia arvioitaessa tulee ottaa huomioon, että kokonaisuin elintarvikkeisiin voi liittyä tuloksia sekoittavia tekijöitä. Osassa tuotteista mikrobit olivat eläviä ja osassa kuolleita. Kasvituotteissa on usein myös kuitua, joka jo itsessään lisää mikrobiston diversiteettiä (Mutanen ym. 2021), joten mikäli kuidun saanti nousee tutkimukseen osallistuttaessa, fermentoinnin merkitystä tulosten selittäjänä on haastava arvioida. Esimerkiksi Liun ym. (2021) tutkimuksessa tutkimustuotteena oli runsaskuituisia ruispohjaisia tuotteita ja kontrollituotteet sisälsivät selvästi vähemmän kuitua. Koremin ym. (2017) vaihtovuorokokeessa arveltiin, että elintarvikkeen vaikutus tutkittuihin biomarkkereihin voi välittyä sen kautta, miten elintarvike vaikuttaa aterian jälkeiseen glykeemiseen vasteeseen. Tämä voi osittain selittää myös Liun ym. (2021) tutkimuksen tuloksia, jolloin tulokset eivät välttämättä johtuneet fermentoinnista tai sen puutteesta vaan tuotteen kuitupitoisuudesta ja sitä kautta glykeemisestä indeksistä.

Kirjallisuuskatsaukseen valikoituneiden tutkimusten tulokset olivat keskenään osittain ristiriitaisia. Tähän syynä voi olla muun muassa vaihtelevat otoskoot ja tutkimusasetelmat sekä se, että tutkimukset olivat eri puolilta maailmaa ja niissä oli sekä ihmis-, eläin että *in vitro* -kokeita. Suolistomikrobiston koostumus vaihtelee paljon yksilöiden välillä ja esimerkiksi elinympäristön mukaan, joten normaalia mikrobistoa ja sen muutoksia on vaikea määrittää ja vertailla. Suolistomikrobistot voivat poiketa ihmisryhmien välillä myös sen mukaan, millä alueella asuu maantieteellisesti (Mutanen ym. 2021). Eläinkokeiden vahvuuksia ovat koe-eläinten vähäinen geneettinen vaihtelu sekä kontrolloidut tutkimusolosuhteet, mutta toisaalta suolistomikrobien suhteelliset määrät vaihtelevat eri lajien kesken ja hiirten normaalifloora on erilainen kuin ihmisten (Zmora ym. 2019). Ruoansulatuselimistön toiminta vaihtelee muutenkin ihmisten ja hiirten välillä (Nguyen ym. 2015). Näin ollen eläinkokeiden tuloksia ei voi suoraan yleistää koskemaan ihmisiä. Myös suolimallin vahvuutena on kontrolloidut olosuhteet, mutta toisaalta se on hyvin yksinkertaistettu malli ihmisen suolistosta osana koko elimistöä. Tarvitaan siis enemmän kliinisiä ihmisillä tehtyjä kontrolloituja tutkimuksia.

Tulosten käytännön merkitystä arvioitaessa tulee ottaa huomioon käytetyt tuotteet, niiden annostus ja tutkimuksen kohderyhmä. Ihmistutkimuksissa käytetyt annokset olisivat pääosin hyvin käytettävissä osana terveyttä edistävää ruokavaliota, mutta Hanin ym. (2015) tutkimuksessa kimchin määrä olisi suurehko keskivertokuluttajalle ainakin Suomessa (taulukko 1). Eläinkokeissa käytetyt määrät vaihtelivat, mutta pääasiassa suhteelliset käyttömäärät olisivat ihmisellekin realistisia osana normaalia ruokavaliota. Eläinkokeissa tuotteet olivat uutteita tai juomia, joita ei kuitenkaan käytetä ruokana tai sen osana. Suurin käytännön merkitys lienee tutkimuksilla, joissa on käytetty globaalin väestön ravitsemustilan kannalta merkittäviä ruoka-aineita, kuten leipää, riisiä ja soijaa. Näiden ruoka-aineiden käyttömäärät ovat suuria monissa väestöryhmissä, joten mikäli fermentoinnilla saadaan aikaan terveyshyötyjä, tuotteita fermentoimalla voidaan saada aikaan merkittäviä terveyshyötyjä globaalisti.

Tutkimusten otoskoot vaihtelivat paljon: kliinisiä tutkimuksia oli tehty pienimmillään 10 ja suurimmillaan lähes 600 henkilön otoskooalla (taulukko 1). Tutkittavat olivat pääosin perusterveitä, paitsi Liun ym. (2021) tutkimuksessa, jossa tutkittiin nimenomaan HP-infektion saaneita potilaita. Tulokset vaativat vahvistusta jatkotutkimuksista, mutta sekoittavat tekijät huomioiden tulokset voitaisiin yleistää koskemaan keskivertoväestöä ja heidän kulutustottumuksiaan. Useimmissa tutkimuksissa monet analysoitavat biomarkerit liittyivät rasva- ja sokeriaineenvaihduntaan, joissa molemmissa havaittiin edullisia muutoksia. Kirjallisuuskatsauksen tulosten valossa näyttäisi siis siltä, että fermentoiduilla kasvipohjaisilla tuotteilla voidaan mahdollisesti vaikuttaa suomalaisten keskeisiin kansanterveyshaasteisiin, kuten diabetekseen ja korkeisiin kolesterolitasoihin.

Tiedonhaun tuloksena saatiin yllättävän vähän ihmisillä tehtyjä kliinisiä tutkimuksia, joissa olisi tutkittu fermentoituja kasvipohjaisia elintarvikkeita. Hakulausekettä edelleen muokkaamalla olisi voitu mahdollisesti löytää enemmän kliinisiä tutkimuksia. Erityisesti mikrobivälitteisyyden huomiointi hakulausekkeessa oli haastavaa, joten päädyttiin etsimään ensisijaisesti tutkimusartikkeleita fermentoitujen tuotteiden yhteyksistä suoliston terveyteen ja sisällyttämään kirjallisuuskatsaukseen ainoastaan kasvipohjaisia fermentoituja tuotteita käsittelevät julkaisut.

## 7 Johtopäätökset ja jatkotutkimusaiheet

Tämän kirjallisuuskatsauksen tulosten perusteella näyttäisi siltä, että kasvipohjaisilla fermentoiduilla tuotteilla voi olla suotuisia vaikutuksia suolistomikrobistoon ja ihmisen terveyteen. Havaitut muutokset rasva- ja sokeriaineenvaihdunnassa voivat vähentää lihavuuteen yhdistettyjen terveysriskien ilmenemistä, ja tietyt suolistomikrobiston muutokset on yhdistetty lihavuuden ehkäisyyn ja hoitoon.

Tulokset olivat kuitenkin monelta osin keskenään ristiriitaisia, eikä mitään muutoksia tai niiden käytännön vaikutusta terveyteen voida väittää varmaksi. Suolistomikrobistolla voi olla merkittäviäkin vaikutuksia ihmisen terveyteen, ja sen merkitystä ruoan terveysvaikutusten välittäjänä on syytä tutkia jatkossa yhä enemmän. Erityisesti kliinisiä kontrolloituja tutkimuksia aiheesta tarvitaan lisää.

Ristiriitaisista tuloksista huolimatta kaikissa tutkimuksissa päädyttiin johtopäätökseen siitä, että kasvipohjaisilla fermentoiduilla tuotteilla voi olla suotuisia vaikutuksia suolistomikrobiston beta-diversiteettiin, lyhytketjuisten rasvahappojen tuotantoon, plasman lipiditasoihin, sokeriaineenvaihduntaan, kognitiivisiin toimintoihin sekä lihavuuden ehkäisyyn ja hoitoon.

## Lähteet

Blomhoff R, Andersen R, Arnesen E K ym. Nordic Nutrition Recommendations 2023. Kööpenhamina Nordic Council of Ministers 2023.

Cani PD, Amar J, Iglesias MA, ym. Metabolic Endotoxemia Initiates Obesity and Insulin Resistance. *Diabetes* 2007;56:1761–1772. doi:10.2337/db06-1491

Dimidi E, Cox S, Rossi M, Whelan K. Fermented Foods: Definitions and Characteristics, Impact on the Gut Microbiota and Effects on Gastrointestinal Health and Disease. *Nutrients* 2019;11:1806. doi:10.3390/nu11081806

Ruokavirasto. Fermentointi. <https://www.ruokavirasto.fi/elintarvikkeet/elintarvikeala/hygieninen-toiminta/tuotanto--ja-kasittelyhygienia/fermentointi/> (Luettu 19.2.2024)

Gao Z, Yin J, Zhang J, ym. Butyrate Improves Insulin Sensitivity and Increases Energy Expenditure in Mice. *Diabetes* 2009;58:1509–1517. doi:10.2337/db08-1637

Han K, Bose S, Wang J, ym. Contrasting effects of fresh and fermented kimchi consumption on gut microbiota composition and gene expression related to metabolic syndrome in obese Korean women. *Mol Nutr Food Res* 2015;59:1004–1008. doi:10.1002/mnfr.201400780

Hor PK, Pal S, Mondal J, ym. Antiobesity, Antihyperglycemic, and Antidepressive Potentiality of Rice Fermented Food Through Modulation of Intestinal Microbiota. *Front Microbiol* 2022;13:794503. doi:10.3389/fmicb.2022.794503

Inoguchi S, Ohashi Y, Narai-Kanayama A, Aso K, Nakagaki T, Fujisawa T. Effects of non-fermented and fermented soybean milk intake on faecal microbiota and faecal metabolites in humans. *Int J Food Sci Nutr* 2012;63:402–410. doi:10.3109/09637486.2011.630992

Korem T, Zeevi D, Zmora N, ym. Bread Affects Clinical Parameters and Induces Gut Microbiome-Associated Personal Glycemic Responses. *Cell Metab* 2017;25:1243-1253.e5. doi:10.1016/j.cmet.2017.05.002

Lee H, Hwang Y, Kim D. *Lactobacillus plantarum* C29-Fermented Soybean (DW2009) Alleviates Memory Impairment in 5XFAD Transgenic Mice by Regulating Microglia Activation and Gut Microbiota Composition. *Mol Nutr Food Res* 2018;62:1800359. doi:10.1002/mnfr.201800359

Leeuwendaal NK, Stanton C, O'Toole PW, Beresford TP. Fermented Foods, Health and the Gut Microbiome. *Nutrients* 2022;14:1527. doi:10.3390/nu14071527

Lin HV, Frassetto A, Kowalik Jr EJ, ym. Butyrate and Propionate Protect against Diet-Induced Obesity and Regulate Gut Hormones via Free Fatty Acid Receptor 3-Independent Mechanisms. *PLoS ONE* 2012;7:e35240. doi:10.1371/journal.pone.0035240

Liu Y, Xue K, Iversen KN, ym. The effects of fermented rye products on gut microbiota and their association with metabolic factors in Chinese adults – an explorative study. *Food Funct* 2021;12:9141–9150. doi:10.1039/D1FO01423D

Macia L, Tan J, Vieira AT, ym. Metabolite-sensing receptors GPR43 and GPR109A facilitate dietary fibre-induced gut homeostasis through regulation of the inflammasome. *Nat Commun* 2015;6:6734. doi:10.1038/ncomms7734

Marco ML, Heeney D, Binda S, ym. Health benefits of fermented foods: microbiota and beyond. *Curr Opin Biotechnol* 2017;44:94–102. doi:10.1016/j.copbio.2016.11.010

McDonald D, Hyde E, Debelius JW, ym. American Gut: an Open Platform for Citizen Science Microbiome Research. *mSystems* 2018;3:e00031-18. doi:10.1128/mSystems.00031-18

Mutanen M, Niinikoski H, Schwab U, Uusitupa M, Ala-Kokko T, Ripatti-Toledo T. Ravitsemustiede. (8., uudistettu painos.). Helsinki: Duodecim 2021.

Mårtensson O, Biörklund M, Lambo AM, ym. Fermented, rOPY, oat-based products reduce cholesterol levels and stimulate the bifidobacteria flora in humans. *Nutr Res* 2005;25:429–442. doi:10.1016/j.nutres.2005.03.004

Nguyen TLA, Vieira-Silva S, Liston A, Raes J. How informative is the mouse for human gut microbiota research? *Dis Model Mech* 2015;8:1–16. doi:10.1242/dmm.017400

Salminen S ja Rautava S. Probiootit. <https://www.terveyskirjasto.fi/dlk01286> (Luettu 21.2.2024)

Şanlıer N, Gökçen BB, Sezgin AC. Health benefits of fermented foods. *Crit Rev Food Sci Nutr* 2019;59:506–527. doi:10.1080/10408398.2017.1383355



Taylor BC, Lejzerowicz F, Poirel M, ym. Consumption of Fermented Foods Is Associated with Systematic Differences in the Gut Microbiome and Metabolome. *mSystems* 2020;5:e00901-19.

doi:10.1128/mSystems.00901-19

Vieira ADS, De Souza CB, Padilha M, ym. Impact of a fermented soy beverage supplemented with acerola by-product on the gut microbiota from lean and obese subjects using an in vitro model of the human colon. *Appl Microbiol Biotechnol* 2021;105:3771–3785. doi:10.1007/s00253-021-

11252-8

Wu C-C, Huang Y-W, Hou C-Y, ym. Lemon fermented products prevent obesity in high-fat diet-fed rats by modulating lipid metabolism and gut microbiota. *J Food Sci Technol* 2023;60:1036–1044.

doi:10.1007/s13197-022-05445-w

Wu T, Chu X, Cheng Y, ym. Modulation of Gut Microbiota by *Lactobacillus casei* Fermented Raspberry Juice In Vitro and In Vivo. *Foods* 2021;10:3055. doi:10.3390/foods10123055

Wuyts S, Van Beeck W, Allonsius CN, Van Den Broek MF, Lebeer S. Applications of plant-based fermented foods and their microbes. *Curr Opin Biotechnol* 2020;61:45–52. doi:10.1016/j.cop-

bio.2019.09.023

Zmora N, Suez J, Elinav E. You are what you eat: diet, health and the gut microbiota. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol* 2019;16:35–56. doi:10.1038/s41575-018-0061-2

## Liitteet

Liite 1. Tiedonhaun kuvaus

Tietokanta	Hakulauseke	Hakutulos	Otsikon ja tiivistelmän perusteella valitut	Koko tekstin perusteella valitut (päällekkäisyydet poistettu)
PubMed	ferment*[TITLE] AND (food*[TITLE] OR product[TITLE] OR products[TITLE]) AND ("gut microb*" [TITLE] OR "gut flora" [TITLE] OR "gut bacteri*" [TITLE] OR intestinal microb*" [TITLE] OR "intestinal flora" [TITLE] OR "intestinal bacteri*" [TITLE])	55	(31) 23	6
Scopus	TITLE(ferment*) AND TITLE(food* OR product OR products) AND TITLE("gut microb*" OR "gut flora" OR "gut bacteri*" OR intestinal microb*" OR "intestinal flora" OR "intestinal bacteri*")	73	(40) 25=4+21	
Manuaalinen haku				5
Yhteensä				11