



UNIVERSITY OF  
EASTERN FINLAND

## Karrageenin suolistovaikutukset

Riikka Manelius

Ravitsemustieteen koulutusohjelma

Itä-Suomen yliopisto

Terveystieteiden tiedekunta

Kansanterveystieteen ja kliinisen  
ravitsemustieteen yksikkö

1.4.2026

Itä-Suomen yliopisto, Terveystieteiden tiedekunta

Lääketieteen laitos

Ravitsemustieteen koulutusohjelma

Manelius, Riikka: Karrageenin suolistovaikutukset

Kandidaatintutkielma, 21 sivua, 1 liite (2 sivua)

Tutkielman ohjaaja: FT Jenni Korhonen

Maaliskuu 2026

**Asiasanat:** Karrageeni, elintarvikelisiäaine, suolistovaikutukset, haavainen paksusuolitulehdus

Suoliston terveys on keskeinen osa ihmisen kokonaisvaltaista hyvinvointia, ja viime vuosina elintarvikkeissa käytettyjen lisäaineiden mahdolliset vaikutukset suolistoon ovat herättäneet kasvavaa tieteellistä kiinnostusta. Karrageeni (E407) on punaleivistä valmistettu sulfatoitunut polysakkaridi, jota käytetään laajasti elintarviketeollisuudessa sakeuttamis- ja stabilointiaineena. Sen vaikutuksista suolistoterveysteen on esitetty ristiriitaista tutkimusnäyttöä, erityisesti kokeellisissa tutkimuksissa havaittujen tulehdusvaikutusten vuoksi.

Tämän kirjallisuuskatsauksen tavoitteena oli tarkastella, millaisia vaikutuksia karrageenilla on suolistoterveysteen ihmisillä tehtyjen satunnaistettujen kontrolloitujen tutkimusten perusteella. Aineisto kerättiin PubMed- ja Scopus-tietokannoista helmikuussa 2026, ja mukaan valittiin englanninkielisiä vertaisarvioituja tutkimuksia, jotka käsittelivät karrageenin vaikutuksia suolistoon. Kirjallisuuskatsaukseen sisällytettiin kolme tutkimusta.

Tulokset osoittivat, että karrageenin vaikutuksista suolistoon on toistaiseksi rajallisesti näyttöä. Yhdessä tutkimuksessa karrageenialtistus lisäsi haavaista paksusuolitulehdusta sairastavien potilaiden relapsiriskiä sekä tulehdusmarkkereita. Toisessa tutkimuksessa vastaavia vaikutuksia ei havaittu, eikä karrageeni vaikuttanut suolisto-oireisiin tai tulehdusbiomarkkereihin lyhytaikaisessa altistuksessa. Kolmannessa tutkimuksessa karrageenin havaittiin heikentävän insuliiniherkkyyttä sekä lisäävän suoliston läpäisevyyttä ja matala-asteista tulehdusta erityisesti ylipainoisilla osallistujilla.

Johtopäätöksenä voidaan todeta, että karrageenilla saattaa olla vaikutusta suoliston toimintaan ja tulehdusreaktioihin ihmisillä, mutta tutkimusnäyttö on vähäistä ja osin ristiriitaista. Lisää laadukasta ja pitkäkestoista kliinistä tutkimusta tarvitaan, jotta karrageenin mahdollisista terveysvaikutuksista voidaan tehdä luotettavia johtopäätöksiä.

# Sisällys

1 Johdanto .....	5
2 Kirjallisuuskatsauksen tausta .....	6
2.1 Tarkoitus, tavoitteet ja tutkimuskysymykset .....	6
2.2 Tiedonhaku ja aiheen rajausta .....	6
3 Karrageeni .....	8
3.1 Karrageeni elintarvikelisäaineena .....	9
4 Suoliston terveys ja tulehdukselliset suolistosairaudet .....	10
4.1 Tulehdukselliset suolistosairaudet .....	10
4.2 Haavainen paksusuolitulehdus .....	10
4.3 Lisäaineet ja suoliston terveys .....	11
5 Ihmisillä tehdyt RCT-tutkimukset .....	12
6 Pohdinta .....	17
7 Johtopäätökset .....	19
8 Tekoälyn käyttö kirjallisuuskatsauksen teossa .....	19
Lähteet .....	20
Liite 1. RCT-tutkimusten päätulokset .....	22

# 1 Johdanto

Suoliston terveys on keskeinen osa ihmisen kokonaisvaltaista hyvinvointia, sillä suolisto säätelee ravintoaineiden imeytymistä, vettä ja immuunijärjestelmän toimintaa (Lacy ym. 2016). Suoliston mikrobiston koostumus vaikuttaa paitsi ruoansulatukseen myös tulehdustasoon ja aineenvaihduntaan (Chassaing ym. 2015).

Viime vuosina prosessoiduissa elintarvikkeissa käytettyjen lisäaineiden, kuten stabilointi- ja sakeuttamisaineiden, vaikutus suoliston terveyteen on herättänyt huomiota (Chassaing ym. 2015). Eräs yleisesti käytetty lisäaine on karrageeni (E407), joka on punaleivistä valmistettu sulfaattipitoinen polysakkaridi (Bhattacharyya ym. 2017). Karrageenin kemiallinen rakenne muistuttaa elimistössä esiintyviä sulfatoituja glykosaminoglykaaneja, mutta se sisältää myös epätavallisia sidoksia, jotka eivät ole ihmiselle luontaisia ja joiden on osoitettu olevan immunogeenisiä (Bhattacharyya ym. 2017).

Karrageenia käytetään stabilointi- ja sakeuttamisaineena monissa prosessoiduissa elintarvikkeissa, kuten maitotuotteissa, kasvipohjaisissa juomissa ja lihavalvisteissa (Campo ym. 2009; Blakemore ja Harrell 2011). Vaikka karrageenia pidetään yleisesti turvallisena lisäaineena tavanomaisilla käyttömäärillä, sen vaikutuksia suoliston terveyteen on tutkittu lähinnä vain kokeellisissa asetelmissa. Eläin- ja solumallitutkimukset osoittavat sen voivan vaikuttaa limakalvorakenteeseen, lisätä suolen läpäisevyyttä ja aktivoida tulehdusreaktioita (Tobacman 2001; Bhattacharyya ym. 2008).

Ihmisillä tehty tutkimusnäyttö karrageenin vaikutuksista on toistaiseksi vähäistä. Saatavilla olevat kliiniset tutkimukset viittaavat mahdollisiin vaikutuksiin suoliston terveyteen ja tulehdusmarkkereihin, mutta tulokset eivät ole yksiselitteisiä (Bhattacharyya ym. 2017; Laatikainen ym. 2023). Tästä syystä karrageeni on merkittävä tutkimuskohde, ja sen vaikutuksia tarkastellaan erityisesti ihmisillä tehdyissä satunnaistetuissa kontrolloiduissa tutkimuksissa.

## 2 Kirjallisuuskatsauksen tausta

### 2.1 Tarkoitus, tavoitteet ja tutkimuskysymykset

Tämän kirjallisuuskatsauksen tavoitteena oli tarkastella ihmisillä tehtyjä satunnaistettuja kontrolloituja tutkimuksia (RCT), joissa on selvitetty karrageenin vaikutuksia suoliston terveyteen. Kirjallisuuskatsauksessa pyrittiin vastaamaan seuraavaan tutkimuskysymykseen:

1. Millaisia vaikutuksia karrageenilla on suoliston terveyteen ihmisillä tehtyjen satunnaistettujen kontrolloitujen tutkimusten perusteella?

### 2.2 Tiedonhaku ja aiheen rajaus

Kirjallisuushaun tavoitteena oli löytää vertaisarvioituja tutkimuksia karrageenin vaikutuksista suolistoon, haavaiseen paksusuolitulehdukseen ja suolistomikrobistoon. Haku tehtiin helmikuun 2026 aikana U.S National Library of Medicinen ylläpitämästä PubMed-tietokannasta sekä Scopus-tietokannasta, jota ylläpitää Elsevier. Hakuja tehtiin käyttämällä hakusanoja kuten "carrageenan", "ulcerative colitis" ja "gastrointestinal", joita yhdistettiin Boolean operaattoreilla (AND, OR).

Tietokantahaut tuottivat suuren määrän hakutuloksia, eikä hakuja tarkentavilla rajauksilla tai Boolean operaattoreilla saatu rajattua aineistoa riittävästi tutkimuskysymyksen kannalta. Tämän vuoksi tutkimusartikkelit valittiin manuaalisesti tarkastelemalla hakutulosten otsikoita ja tiivistelmiä sekä käymällä läpi relevanttien artikkelien lähdeluetteloita.

Kirjallisuuskatsauksen aineisto koostui pääosin ihmisillä tehdyistä kliinisistä tutkimuksista, jotka tarkastelivat karrageenin vaikutuksia suolistoterveyteen ja erityisesti tulehduksellisiin suolistosairauksiin. Lisäksi aineistoon sisällytettiin karrageenin biologisia vaikutusmekanismeja selvittäviä eläin- ja solumallitutkimuksia sekä aihetta käsitteleviä katsausartikkeleita ja viranomaisraportteja taustatiedon täydentämiseksi.

Tähän kirjallisuuskatsaukseen valittiin englanninkielisiä vertaisarvioituja tutkimusartikkeleita, joissa tarkasteltiin karrageenin vaikutuksia suolistoon, haavaiseen paksusuolitulehdukseen tai suolistomikrobistoon. Mukaan otettiin sekä ihmisillä tehtyjä kliinisiä tutkimuksia että kokeellisia eläin- ja solumallitutkimuksia, koska ihmisillä tehtyjä tutkimuksia on toistaiseksi vähän. Tutkimusten tuli käsitellä karrageenin suolistovaikutuksia ja pois rajattiin tutkimukset, jotka eivät käsitelleet karrageenia tai joissa se ei ollut tutkimuksen keskeinen tarkastelukohde.

Lisäksi kirjallisuuskatsaukseen sisällytettiin Wagnerin ym. (2024) satunnaistettu kaksoissokkoutettu vaihtovuorotutkimus, jossa arvioitiin karrageenin vaikutuksia insuliiniherkkyyteen ihmisillä. Vaikka tutkimuksen ensisijainen päätetapahtuma ei liittynyt suolistovaikutuksiin, siinä mitattiin myös suoliston läpäisevyyden ja matala-asteisen tulehduksen markkereita. Karrageenialtistuksen todettiin heikentävän insuliiniherkkyyttä sekä lisäävän suoliston läpäisevyyttä ja tulehdusmarkkereita, erityisesti ylipainoisilla osallistujilla. Näiden löydösten vuoksi tutkimus on relevantti myös suolistovaikutusten näkökulmasta, sillä se tukee käsitystä karrageenin mahdollisista proinflammatorisista vaikutuksista ihmisillä.

### 3 Karrageeni

Karrageeni (E407) on *Rhodophyta*-pääjakson punaleivistä valmistettu sulfatoitunut polysakkaridi, joka koostuu galaktoosiyksiköistä, jotka liittyvät toisiinsa vuorottelevin beeta-1,4- ja alfa-1,3 sidoksin (Bhattacharyya ym. 2017). Karrageeni muistuttaa rakenteeltaan elimistössä esiintyviä sulfatoituja glykosaminoglykaaneja, kuten kerataani- ja kondroitiinisulfaattia, mutta se eroaa niistä sisältämiensä epätavallisten Gal(1,3)Gal-sidosten vuoksi. (Bhattacharyya ym. 2017).

Karrageenit jaetaan kemiallisen rakenteensa perusteella kappa-, iota- ja lambda-muotoihin (Campo ym. 2009; Blakemore ja Harrell 2011). Elintarvikelaatuinen karrageeni koostuu pääosin kappa- ja lambda-karrageeneista, joiden molekyylipaino on 200 000-800 000 (Bhattacharyya ym. 2017). Sekä matala- että korkeamolekyylisen karrageenin on osoitettu aiheuttavan suolistotulehdusta (Bhattacharyya ym. 2017). Prosessoitu Eucheuma-merilevä (E407a) sisältää pääosin kappa-karrageenia ja muita leväperäisiä komponentteja, ja sen teknologiset ominaisuudet eroavat puhdistetusta E407-valmisteesta (EFSA 2018).

Tieteellisessä kirjallisuudessa tehdään selkeä ero elintarvikelaatuisen karrageenin ja hajotetun karrageenin (poligeenaani) välillä (Tobacman 2001; EFSA 2018). Poligeenaani on matalamolekyylinen yhdiste, jota käytetään kokeellisissa tutkimuksissa ja jonka on osoitettu aiheuttavan tulehdusreaktioita eläinmalleissa. Tätä muotoa ei kuitenkaan käytetä elintarvikkeissa, eikä sitä muodostu merkittävästi normaalin ruoansulatuksen aikana (EFSA 2018).

Tässä kirjallisuuskatsauksessa karrageenia tarkastellaan kokonaisuutena, eikä E407- ja E407a-valmisteita erotella systemaattisesti, koska suurin osa kokeellisista ja kliinisistä tutkimuksista ei tee selkeää eroa näiden välillä.

### 3.1 Karrageeni elintarvikelisäaineena

Karrageenia (E407) käytetään laajasti elintarviketeollisuudessa stabilointi-, sakeuttamis- ja hyytelöimisaineena (Campo ym. 2009; Blakemore ja Harrell 2011). Sen teknologiset ominaisuudet perustuvat sen kykyyn sitoa vettä ja muodostaa geelejä, mikä parantaa elintarvikkeiden suutuntumaa, rakennetta ja säilyvyyttä. Karrageenia esiintyy erityisesti monissa prosessoiduissa elintarvikkeissa, kuten maitotuotteissa, kasvipohjaisissa juomissa ja lihavalmisteeissa (Blakemore ja Harrell 2011).

Karrageenit jaetaan kolmeen päätyyppiin, kappa-, iota- ja lambda-karrageeniin, jotka eroavat toisistaan sulfaatioasteen ja geelinmuodostusominaisuuksien perusteella (Campo ym. 2009). Nämä rakenteelliset erot vaikuttavat siihen, miten karrageeni käyttäytyy elintarvikkeissa ja millaisia fyysisiä ominaisuuksia se niille antaa (Campo ym. 2009; Blakemore ja Harrell 2011).

Euroopan elintarviketurvallisuusviranomaisen (EFSA) mukaan hyväksyttävä päivittäinen enimmäisaanti (ADI) karrageenille on 75 mg/kg/vrk (EFSA 2018). Elintarvikelaatuinen karrageeni ei imeydy merkittävästi ruoansulatuskanavasta, vaan kulkee pääosin muuttumattomana suoliston läpi, mikä rajoittaa sen systeemisiä vaikutuksia. Karrageenia nautitaan kuitenkin säännöllisesti osana länsimaista ruokavaliota, ja keskimääräisen saannin on arvioitu olevan noin satoja milligrammoja vuorokaudessa, vaikka yksilöllinen vaihtelu on suurta ja runsaasti prosessoituja elintarvikkeita käyttävillä henkilöillä saanti voi olla huomattavasti suurempi (EFSA 2018).

## 4 Suoliston terveys ja tulehdukselliset suolistosairaudet

### 4.1 Tulehdukselliset suolistosairaudet

Tulehdukselliset suolistosairaudet (inflammatory bowel disease, IBD) ovat etenkin teollisuusmaissa yleistyneet nopeasti viime vuosina (Molodecky ym. 2012). IBD käsittää kaksi päämuotoa: haavaisen paksusuolitulehduksen (ulcerative colitis, UC) ja Crohnin taudin (Crohn`'s disease, CD) (Khor ym. 2012). Molemmille sairauksille on ominaista krooninen ja aaltoileva tulehdus suoliston limakalvolla, mutta ne eroavat toisistaan tulehduksen sijainnin ja laajuuden perusteella: UC rajoittuu paksusuoleen ja sen limakalvoon, kun taas Crohnin tauti voi esiintyä missä tahansa ruoansulatuskanavan osassa ja ulottua syvemmälle suolenseinämään. IBD:n syntymekanismia ei täysin tunneta, mutta sen ajatellaan kehittyvän geneettisen alttiuden ja ympäristötekijöiden, kuten ruokavalion ja suolistomikrobiston muutosten, yhteisvaikutuksesta. Nämä tekijät voivat johtaa immuunijärjestelmän epänormaaliin aktivoitumiseen, jolloin elimistö reagoi poikkeavasti suolen normaaliin mikrobistoon ja ylläpitää pitkäaikaista tulehdustilaa (Khor ym. 2012). Toisin kuin toiminnallisissa suolistohäiriöissä, kuten ärtyvän suolen oireyhtymässä (irritable bowel syndrome, IBS), IBD:ssä suolesta voidaan todeta selviä tulehduksellisia muutoksia, ja tauti voi johtaa kudonvaurioihin, komplikaatioihin ja lisääntyneeseen syöpäriskiin (Rubin ym. 2019).

### 4.2 Haavainen paksusuolitulehdus

Haavainen paksusuolitulehdus (colitis ulcerosa, engl. ulcerative colitis, UC) on pitkäaikainen, paksusuolen alueella esiintyvä tulehduksellinen suolistosairaus (Ordás ym. 2012). Sen tyypillisimmät oireet ovat vatsakipu, tihentynyt ulostaminen, pitkittynyt ripuli, limaiset ja veriset ulosteet sekä vaikeassa tulehduksessa myös kuumeilu ja laihtuminen (Ordás ym. 2012).

Sairauden ajatellaan kehittyvän henkilöillä, joilla on perinnöllinen alttius, kun suolistomikrobisto, ruokavalio ja muut ympäristötekijät vaikuttavat puolustusjärjestelmän toimintaan (Khor ym. 2011). Näiden tekijöiden yhteisvaikutus voi johtaa immuunipuolustuksen häiriöön, jolloin eli-

mistö reagoi poikkeavasti paksusuolen normaaliin bakteerikantaan (Khor ym. 2011). Tarkkaa taudin puhkeamisen mekanismia ei kuitenkaan vielä tunneta (Ordás ym. 2012). Haavaiselle paksusuolitulehdukselle on tyypillistä relapsoiva eli uusiutuva kulku, jossa oireettomat jaksot vuorottelevat pahenemisvaiheiden kanssa (Ordás ym. 2012).

Haavaisen paksusuolitulehduksen hoito perustuu pitkäaikaiseen lääkehoitoon, jonka tavoitteena on tulehduksen rauhoittaminen ja oireiden ehkäisy (Rubin ym. 2019). Hoito valitaan tulehduksen laajuuden ja vaikeusasteen mukaan, ja vaikeissa tapauksissa voidaan tarvita immuunipuolustukseen vaikuttavia lääkkeitä tai leikkausta. Sairautta seurataan säännöllisesti tähystysten ja laboratoriokokeiden avulla, ja pitkäaikaiseen tautiin liittyvän syöpäriskin vuoksi toteutetaan määräaikaista kontrollitähystyksiä (Rubin ym. 2019).

### 4.3 Lisäaineet ja suoliston terveys

Eryteisesti elintarvikkeissa käytetyt lisäaineet, kuten emulgointi- ja sakeuttamisaineet, ovat nousseet esiin mahdollisina suolistoterveysten vaikuttavina tekijöinä (Chassaing ym. 2015). Eläinmaailmassa on osoitettu, että tietyt lisäaineet voivat muuttaa suoliston mikrobiston koostumusta ja edistää matala-asteista tulehdusta (Chassaing ym. 2015).

Yksi laajasti käytetty elintarvikelisiä aine on karrageeni (E407), punaleivistä valmistettu sulfaattipitoinen polysakkaridi, jota lisätään moniin prosessoituihin elintarvikkeisiin sakeuttamis- ja stabilointiaineena (Blakemore ja Harrell 2011). Kokeellisissa eläin- ja solumallitutkimuksissa on tarkasteltu karrageenin mahdollisia vaikutuksia suoliston mikrobistoon, limakalvorakenteeseen ja tulehdusvasteisiin (Tobacman 2001; Bhattacharyya ym. 2008).

Ihmisillä tehtyjä tutkimuksia karrageenin suolistovaikutuksista on toistaiseksi vähän, ja niiden tulokset ovat osin ristiriitaisia (Bhattacharyya ym. 2017; Laatikainen ym. 2023). Seuraavassa luvussa esitellään keskeiset satunnaistetut kontrolloidut tutkimukset (RCT), jotka antavat tarkempaa tietoa karrageenin vaikutuksista suoliston terveyteen ihmisillä.

## 5 Ihmisillä tehdyt RCT-tutkimukset

Kirjallisuuskatsauksen tavoitteena oli selvittää, millaisia suolistovaikutuksia karrageenilla on ihmisillä tehdyissä satunnaistetuissa kontrolloiduissa tutkimuksissa (RCT). Tutkimusten vähäisen määrän vuoksi mukaan valittiin kaikki englanninkieliset kliiniset RCT:t, jotka käsittelivät karrageenin vaikutuksia suoliston terveyteen. Tällä hetkellä julkaistuja tutkimuksia on kaksi; Bhattacharyya ym. (2017) sekä Laatikainen ym. (2023). Molemmissa tutkimuksissa tarkasteltiin karrageenin vaikutuksia haavaista paksusuolitulehdusta sairastavilla potilailla, jotka olivat remissiossa.

Näiden lisäksi kirjallisuuskatsaukseen sisällytettiin Wagnerin ym. (2024) satunnaistettu kaksois-sokkoutettu vaihtovuorotutkimus, jossa tarkasteltiin karrageenin vaikutuksia insuliiniherkkyyteen ihmisillä. Vaikka tutkimus ei ensisijaisesti keskittynyt karrageenin suolistovaikutuksiin, siinä arvioitiin myös suoliston läpäisevyyttä ja matala-asteista tulehdusta kuvaavia markkereita. Tulokset viittasivat siihen, että karrageenialtistus heikensi insuliiniherkkyyttä sekä lisäsi suoliston läpäisevyyttä ja tulehdusmarkkereita erityisesti ylipainoisilla osallistujilla. Näin ollen tutkimus on merkityksellinen myös suolistoterveyden kannalta, sillä se antaa viitteitä karrageenin mahdollisista proinflammatorisista vaikutuksista ihmisillä. RCT-tutkimusten päätulokset on esitetty liitteessä 1.

Bhattacharyya ym. vuonna 2017 tekemässä tutkimuksessa tutkittiin karrageenin vaikutusta relapsin ilmaantumiseen aikuisilla potilailla, joilla oli biopsialla varmennettu remissiossa oleva haavainen paksusuolitulehdus. Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, vaikuttaako karrageenialtistus sairauden uusiutumisen ajankohtaan potilailla, joiden tauti oli remissiossa. Tutkimus toteutettiin satunnaistettuna, kaksois-sokkoutettuna ja lumekontrolloituna monikeskustutkimuksena. Kaikki osallistujat ohjeistettiin noudattamaan karrageenitonta ruokavaliota tutkimuksen ajan. Tämän lisäksi heidät satunnaistettiin saamaan joko lumekapseleita tai karrageenia sisältäviä kapseleita. Kapseleiden sisältämä karrageenimäärä (200 mg) oli pienempi kuin keskimääräinen päivittäinen saanti ravinnosta.

Tutkimuksessa relapsin määritelmänä käytettiin vähintään kahden pisteen nousua Simple Clinical Colitis Activity Index (SCCAI) -pistemäärässä sekä hoidon tehostamistarpeena. Osallistujien

seuranta toteutettiin puhelinhaastatteluna kahden viikon välein enintään kahdentoista kuukauden ajan tai siihen asti, kunnes relapsi ilmeni. Relapsin ilmenemisen lisäksi tutkimuksessa tarkasteltiin myös tulehdusta kuvaavia biomarkkereita, kuten interleukiini-6:ta (IL-6) ja ulosteen kalprotektiinia (f-Cal).

Tutkimuksen loppuun asti osallistui kaksitoista potilasta, mikä on otoskokona pieni. Kolme karrageenia saaneista osallistujista koki relapsin, kun lumeryhmässä yhdelläkään osallistujalla ei havaittu relapsia. Ryhmien välillä oli tilastollisesti merkitsevä ( $p = 0,046$ ) ero. Karrageeniryhmässä havaittiin tutkimuksen aikana nousua tulehdusmarkkereissa, erityisesti IL-6:ssa sekä ulosteen kalprotektiinissa, kun taas lumeryhmässä ei näitä vastaavia muutoksia havaittu.

Bhattacharyya ym. (2017) tulokset viittaavat siihen, että ihmisillä, joilla haavainen paksusuolitulehdus on remissiossa, voi karrageenialtistus lisätä relapsin riskiä sekä voimistaa tulehdusreaktioita. Tutkimus tukee hypoteesia siitä, että karrageeni voi toimia proinflammatorisena tekijänä suolistossa. Tuloksia tulkittaessa on kuitenkin syytä ottaa huomioon tutkimuksen pieni otoskoko ( $n=12$ ), mikä rajoittaa tulosten yleistettävyyttä.

Laatikainen ym. (2023) tutkivat elintarvikelaatuisen karrageenin vaikutuksia ruoansulatuskanavan oireisiin, tulehdukseen ja suolen läpäisevyyteen potilailla, joilla oli remissiossa oleva haavainen paksusuolitulehdus. Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, aiheuttaako karrageeni suolistovaikutuksia, kun sitä nautitaan määrinä, jotka vastaavat tavanomaista tai hieman korkeampaa ruokavalion kautta saatavaa altistusta. Tutkimus toteutettiin satunnaistettuna, lumekontrolloituna vaihtovuorotutkimuksena, jossa jokainen osallistuja toimi omana kontrollinaan. Tutkimukseen osallistui seitsemän osallistujaa ( $n=7$ ), joilla oli aiemmin diagnosoitu haavainen paksusuolitulehdus ja jotka olivat tutkimushetkellä remissiossa. Tutkimuksen osallistujat satunnaistettiin saamaan joko karrageenia tai lumevalmistetta. Remissio määriteltiin useiden kriteerien perusteella, mukaan lukien lääkärin kokonaisarvio, vakaa lääkitys, taudin pahenemisvaiheen puuttuminen edeltävien kolmen kuukauden aikana sekä matala Simple Clinical Colitis Activity Index (SCCAI) -pistemäärä. Lisäksi osallistujilta edellytettiin sitoutumista tutkimusprotokollaan, mukaan

lukien tutkimustuotteiden käyttö ja karrageenittoman ruokavalion noudattaminen tutkimusjaksojen aikana.

Tutkimuksessa verrattiin karrageenia sisältävää valmistetta ja lumetta, joka koostui beeta-glukaanipitoisesta kaurakuidusta. Molempia valmisteita nautittiin seitsemän päivän ajan, ja hoitajaksojen välillä oli vähintään 14 päivän pituinen washout-jakso. Karrageenin päivittäinen saanti tutkimuksessa oli noin 2000 mg, mikä vastaa tavanomaista eurooppalaista saantitasoa. Karrageeni annosteltiin osana juomaa, mikä jäljittelee sen normaalia käyttöä elintarvikkeissa.

Tutkimuksen ensisijaisena päätetapahtumana käytettiin SCCAI-pistemäärää hoitajakson lopussa. Toissijaisina muuttujina tarkasteltiin useita suolistotulehdusta ja suolen toimintaa kuvaavia biomarkkereita, kuten korkean herkkyuden C-reaktiivista proteiinia (hs-CRP), ulosteen kalprotektiinia sekä suolen epiteelivaurioon viittaavaa FABP-2-proteiinia. Lisäksi arvioitiin suolen läpäisevyyttä sekä lipopolysakkaridin (LPS) detoksifikaatioon liittyviä tekijöitä. Ruoansulatuskanavan oireita mitattiin visuaalisella analogia-asteikolla (VAS).

Tulosten perusteella karrageenin ja lumeryhmän välillä ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja ensisijaisessa päätetapahtumassa eli SCCAI-pistemäärässä. Myöskään tulehdusmarkkereissa tai muissa mitatuissa biologisissa muuttujissa ei havaittu merkitseviä eroja karrageenialtistuksen aikana verrattuna lumeryhmään tai lähtötilanteeseen. Yksikään osallistujista ei kokenut kliinistä relapsia tutkimusjakson aikana kummassakaan hoitajaksossa.

Mielenkiintoisena havaintona ruoansulatuskanavan oireita raportoitiin hieman enemmän lumeryhmässä kuin karrageeniryhmässä, vaikka ero ei liittynyt tulehdusmarkkereiden muutoksiin. Tutkijat esittivät mahdolliseksi selitykseksi sen, että käytetty kaurakuitu saattaa lisätä suolisto-kaasun muodostumista ja siten aiheuttaa oireita, vaikka se on yleisesti hyvin siedetty.

Tutkimuksen tulokset poikkeavat Bhattacharyya ym. (2017) tutkimuksesta, jossa saatiin viitteitä siitä, että karrageenialtistus näyttäisi lisäävän tulehdusreaktioita haavaista paksusuolitulehdusta

sairastavilla potilailla. Eroja tuloksissa voidaan selittää useilla tekijöillä, kuten tutkimusten erilaisilla karrageeniannoksilla, altistuksen kestolla sekä antotavalla. Laatikainen ym. (2023) tutkimuksessa karrageenia nautittiin elintarvikkeen osana, kun taas Bhattacharyya ym. (2017) tutkimuksessa sitä annosteltiin kapsleina. Laatikainen ym. (2023) tutkimuksen lyhyt kesto ja pieni otoskoko voivat osaltaan selittää merkitsevien vaikutusten puuttumisen. Edellä mainitut syyt myös rajoittavat tulosten yleistettävyyttä.

Kokonaisuudessaan tutkimus viittaa siihen, että lyhytaikainen karrageenin saanti tavanomaisilla käyttömäärillä ei välttämättä aiheuta merkittäviä muutoksia suolistotulehdukseen, suolen läpäisevyyteen tai oireisiin potilailla, joilla haavainen paksusuolitulehdus on remissiossa.

Wagner ym. (2024) tutkivat karrageenin vaikutuksia insuliiniherkkyyteen sekä matala-asteiseen tulehdukseen ja suoliston läpäisevyyteen ihmisillä. Tutkimuksen ensisijaisena tavoitteena oli selvittää, vaikuttaako karrageenialtistus insuliiniresistenssiin, mutta tutkimuksessa tarkasteltiin samanaikaisesti myös suoliston läpäisevyyttä, suolisto mikrobiomin koostumusta sekä tulehdusmarkkereita, minkä vuoksi tutkimus on relevantti myös suolistoterveyden näkökulmasta. (Wagner ym. 2024.)

Tutkimus toteutettiin satunnaistettuna, kaksoissokkoutettuna vaihtovuorotutkimuksena, jossa tutkittavat toimivat omana kontrollinaan. Tutkimus toteutettiin crossover-asetelmana, jossa osallistujat altistuivat sekä karrageenille että lumevalmisteelle eri tutkimusjaksojen aikana. Jaksojen välillä oli riittävä washout- vaihe, jonka tarkoituksena on minimoida edeltävän intervention vaikutus seuraavaan tutkimusjaksoon. Tutkimukseen osallistui aikuisia henkilöitä, ja analyysissä tarkasteltiin erikseen myös ylipainoisia osallistujia, sillä kehon painoindeksin havaittiin vaikuttavan vasteisiin. Tutkimuksen aikana osallistujat noudattivat muuten karrageenitonta ruokavaliota, jotta altistus voitiin rajata pelkästään tutkimuksessa annettuun karrageeniin. Karrageeni annosteltiin osallistujille kapsleina (250 mg), joka ohjeistettiin sekoittamaan makeuttamattoman jogurtin joukkoon kahdesti päivässä. (Wagner ym. 2024.)

Tutkimuksen ensisijaisena päätetapahtumana oli insuliiniherkkyyden muutos, jota arvioitiin standardoiduilla menetelmillä. Lisäksi toissijaisina päätetapahtumina tarkasteltiin suoliston läpäisevyyttä sekä matala-asteista tulehdusta kuvaavia biomarkkereita. Insuliiniherkkyyttä arvioitiin useilla mittareilla, kuten oraaliseen glukoosirasituskokeeseen (OGTT) perustuvalla indeksillä, paastoinsuliinia kuvaavilla mittareilla sekä maksan insuliiniherkkyyttä kuvaavalla indeksillä. Tulehdusta arvioitiin keskeisten biomarkkereiden avulla, kuten C-reaktiivisella proteiinilla (CRP) ja interleukiini-6:lla (IL-6). Lisäksi tutkimuksessa tarkasteltiin suolen läpäisevyyttä sekä immuunijärjestelmän aktivaatiota mittaamalla muun muassa perifeeristen veren mononukleaaristen solujen (PBMC) tulehdusvastetta. (Wagner ym. 2024.)

Koko tutkimusjoukossa karrageenialtistuksella ei havaittu tilastollisesti merkitsevää vaikutusta insuliiniherkkyyteen. Sen sijaan kehon painoindeksin ja tutkimusjakson välillä havaittiin tilastollisesti merkitseviä eroja vasteessa useissa insuliiniherkkyyttä kuvaavissa mittareissa. Ylipainoisilla osallistujilla karrageenialtistus heikensi sekä koko kehon että maksan insuliiniherkkyyttä verrattuna lumeryhmään. Lisäksi karrageenialtistus lisäsi tulehdusmarkkereita, kuten CRP:tä ja IL-6:ta, erityisesti ylipainoisilla osallistujilla. Tutkimuksessa havaittiin myös viitteitä lisääntyneestä suolen läpäisevyydestä sekä lisääntyneestä suolistoperäisestä tulehdusaktiivisuudesta. In vitro -analyysissä havaittiin lisäksi luonnollisten tappajasolujen (NK-solujen) aktivoitumista ja proinflammatoristen sytokiinien lisääntynyttä tuotantoa karrageenialtistuksen jälkeen. (Wagner ym. 2024.)

Wagner ym. (2024) tulokset viittaavat siihen, että karrageeni voi edistää matala-asteista tulehdusta ja heikentää aineenvaihdunnan säätelyä erityisesti ylipainoisilla henkilöillä. Suolen lisääntynyt läpäisevyys voi toimia yhtenä mekanismina, jonka kautta karrageeni vaikuttaa tulehdusreaktioihin ja edelleen aineenvaihduntaan. (Wagner ym. 2024.)

Vaikka Wagner ym. 2024 tutkimuksen ensisijainen fokus oli aineenvaihdunnallisissa vaikutuksissa, tulokset tukevat käsitystä siitä, että karrageenilla voi olla suolistoperäisiä proinflammatorisia vaikutuksia ihmisillä. Tutkimuksen tuloksia tulkittaessa on kuitenkin huomioitava, että vaikutukset eivät olleet yhtenäisiä koko tutkimusjoukossa, vaan korostuivat erityisesti tietyissä alaryhmissä.

## 6 Pohdinta

Tämän kirjallisuuskatsauksen tavoitteena oli tarkastella karrageenin vaikutuksia suoliston terveyteen ihmisillä tehtyjen satunnaistettujen kontrolloitujen tutkimusten perusteella. Tarkasteltujen tutkimusten perusteella näyttö karrageenin suolistovaikutuksista ihmisillä on vähäistä ja osin ristiriitaista.

Bhattacharyya ym. (2017) mukaan karrageenin saanti lisäsi relapsin riskiä haavaista paksusuolitulehdusta sairastavilla potilailla, jotka olivat remissiossa. Lisäksi tutkimuksessa havaittiin tulehdusmarkkereiden, kuten interleukiini-6:n ja ulosteen kalprotektiinin, nousua karrageenialtistuksen aikana. Nämä tulokset viittaavat siihen, että karrageenilla voi olla suolistossa proinflammatorisia vaikutuksia ja se saattaa edistää taudin aktivoitumista.

Sen sijaan Laatikainen ym. (2023) eivät havainneet karrageenialtistuksella merkittäviä vaikutuksia suolistotulehdukseen, oireisiin tai suolen läpäisevyyteen. Tutkimuksessa käytetyt keskeiset biomarkerit, kuten hs-CRP ja ulosteen kalprotektiini, eivät muuttuneet karrageenijakson aikana verrattuna lumeryhmään tai lähtötilanteeseen. Myöskään kliinistä relapsia ei havaittu tutkimuksen aikana. Tulokset viittaavat siihen, että lyhytaikainen karrageenin saanti tavanomaisilla käyttömäärillä ei välttämättä aiheuta haitallisia suolistovaikutuksia potilailla, joiden sairaus on remissiossa.

Wagner ym. (2024) tutkivat karrageenin vaikutuksia ensisijaisesti aineenvaihduntaan, mutta tutkimuksessa saatiin myös viitteitä suolistovaikutuksista. Karrageenialtistus lisäsi tulehdusmarkkereita, kuten C-reaktiivista proteiinia ja interleukiini-6:ta, sekä heikensi insuliiniherkkyyttä erityisesti ylipainoisilla osallistujilla. Lisäksi tutkimuksessa havaittiin viitteitä lisääntyneestä suolen läpäisevyydestä. Nämä havainnot tukevat käsitystä siitä, että karrageeni voi edistää matala-asteista tulehdusta ja vaikuttaa suoliston toimintaan ainakin tietyissä väestöryhmissä.

Tutkimusten väliset erot voivat johtua useista eri tekijöistä. Ensinnäkin tutkimusasetelmat poikkesivat toisistaan merkittävästi. Bhattacharyya ym. (2017) tutkimuksessa karrageenia annosteltiin kapselina pitkäaikaisesti, kun taas Laatikainen ym. (2023) tutkimuksessa altistus tapahtui

elintarvikkeen osana ja kesti vain seitsemän päivää. Lyhyt altistus aika voi olla riittämätön mahdollisten pitkäaikaisvaikutusten havaitsemiseksi. Toisaalta Wagner ym. (2024) tutkimuksessa tarkasteltiin eri päätetapahtumia ja kohdejoukko poikkesi muista tutkimuksista, mikä vaikeuttaa tulosten suoraa vertailua.

Sekä Bhattacharyya ym. (2017) että Laatikainen ym. (2023) keskittyivät haavaista paksusuolilehdusta sairastaviin potilaisiin, kun taas Wagner ym. (2024) tutkimuksessa tarkasteltiin laajempaa väestöä ja havaittiin vaikutuksia erityisesti ylipainoisilla henkilöillä. Tämä viittaa siihen, että karrageenin vaikutukset voivat olla riippuvaisia yksilön terveydentilasta ja metabolisista tekijöistä.

Lisäksi tutkimusten otoskoot olivat pieniä, mikä heikentää tilastollista voimaa ja lisää sattuman vaikutuksen mahdollisuutta. Esimerkiksi Laatikainen ym. (2023) tutkimukseen osallistui vain seitsemän henkilöä, mikä rajoittaa tulosten yleistettävyyttä. Myös Bhattacharyya ym. (2017) tutkimuksen osallistujamäärä oli rajallinen. Pienet otoskoot voivat osaltaan selittää tutkimustulosten ristiriitaisuutta.

Kokonaisuudessaan tarkasteltujen tutkimusten perusteella ei voida tehdä yksiselitteisiä johtopäätöksiä karrageenin vaikutuksista suoliston terveyteen ihmisillä. Osa tutkimuksista viittaa mahdollisiin haitallisiin vaikutuksiin, kuten tulehduksen lisääntymiseen ja suolen läpäisevyyden kasvuun, kun taas osa ei havaitse merkittäviä vaikutuksia. Näyttö viittaa siihen, että mahdolliset vaikutukset voivat olla riippuvaisia altistuksen kestoista, annoksesta sekä yksilöllisistä tekijöistä, kuten sairaudesta tai ylipainosta.

Jatkossa tarvitaan laajempia ja pidempikestoisia satunnaistettuja kontrolloituja tutkimuksia, jotta karrageenin vaikutuksista suolistoterveyteen voidaan tehdä luotettavampia johtopäätöksiä. Eriyisesti olisi tärkeää selvittää, miten karrageeni vaikuttaa eri väestöryhmissä sekä millaiset altistusotot ovat kliinisesti merkityksellisiä.

## **7 Johtopäätökset**

Kokonaisuutena tämän kirjallisuuskatsauksen perusteella voidaan todeta, että karrageenin suo-  
listovaikutuksista tarvitaan edelleen korkealaatuista tutkimusnäyttöä, erityisesti ihmisillä teh-  
dyistä satunnaistetuista kontrolloiduista tutkimuksista. Vaikka kokeelliset eläin- ja solumallit viit-  
taavat mahdollisiin haitallisiin vaikutuksiin, kliininen näyttö on toistaiseksi niukkaa ja osin ristirii-  
taista. Karrageenin vaikutusten ymmärtäminen on tärkeää sekä kuluttajien terveyden että elin-  
tarviketeollisuuden turvallisen valmistuksen näkökulmasta, ja siksi aihe vaatii jatkossa tarkem-  
paa ja pitkäkestoisempaa tutkimusta.

## **8 Tekoälyn käyttö kirjallisuuskatsauksen teossa**

Tämän kandidaatin tutkielman tekemisessä hyödynnettiin tekoälyä (OpenAI ChatGPT, versio  
GPT-5) aiheen rajaamiseen, työn rakenteen suunnitteluun, hakusanojen ja lauseiden muodosta-  
miseen, hakusanojen synonyymien etsimiseen, tiedonhakuun sekä kielen sujuvoittamiseen ja  
kieliasun tarkistamiseen. Kaikki lopulliset sisällölliset ratkaisut, tulkinat ja johtopäätökset on  
tehnyt tutkielman tekijä itse.

## Lähteet

- Bhattacharyya S, Borthakur A, Tyagi S ym. 2008. Carrageenan induces inflammatory signaling in intestinal epithelial cells. *Journal of Biological Chemistry* 283:10550–10558.
- Bhattacharyya S, Shumard T, Xie H ym. 2017. A randomized trial of the effects of the no-carrageenan diet on ulcerative colitis disease activity. *Nutrition and Healthy Aging* 4:181–192.
- Blakemore WR ja Harrell AR. 2011. Carrageenan. In: Phillips GO, Williams PA (eds.) *Handbook of Hydrocolloids*. Wiley-Blackwell, Oxford.
- Campo VL, Kawano DF, da Silva DB Jr, Carvalho I. 2009. Carrageenans: biological properties, chemical modifications and structural analysis. *Carbohydrate Polymers* 77:167–180.
- Chassaing B, Koren O, Goodrich JK ym. 2015. Dietary emulsifiers impact the mouse gut microbiota promoting colitis and metabolic syndrome. *Nature* 519:92–96.
- EFSA Panel on Food Additives and Nutrient Sources added to Food (ANS). 2018. Re-evaluation of carrageenan (E407) and processed Eucheuma seaweed (E407a) as food additives. *EFSA Journal* 16(4):5238.
- Khor B, Gardet A ja Xavier RJ. 2011. Genetics and pathogenesis of inflammatory bowel disease. *Nature* 474:307–317.
- Laatikainen R, Lehto M, Mäkelä-Salmi N ym. 2023. Randomized controlled pilot study: effect of carrageenan emulsifier on inflammation and gastrointestinal symptoms in quiescent ulcerative colitis. *Food & Nutrition Research* 67:9575.
- Lacy BE, Mearin F, Chang L ym. 2016. Bowel disorders. *Gastroenterology* 150:1393–1407.

Molodecky NA, Soon IS, Rabi DM ym. 2012. Increasing incidence and prevalence of inflammatory bowel diseases. *Gastroenterology* 142:46–54.

Ordás I, Eckmann L, Talamini M ym. 2012. Ulcerative colitis. *The Lancet* 380:1606–1619.

Rubin DT, Ananthakrishnan AN, Siegel CA ym. 2019. ACG clinical guideline: ulcerative colitis in adults. *American Journal of Gastroenterology* 114:384–413.

Tobacman JK. 2001. Review of harmful gastrointestinal effects of carrageenan in animal experiments. *Environmental Health Perspectives* 109:983–994.

Wagner R, Buettner J, Heni M ym. 2024. Carrageenan and insulin resistance in humans: a randomised double-blind cross-over trial. *BMC Medicine* 22:558. DOI: 10.1186/s12916-024-03771-8.

## Liite 1. RCT-tutkimusten päätulokset

Viite (maa)	Tutkimusasetelma	Tutkimuksen tarkoitus	Tutkimusaineisto ja otoskoko	Tärkeimmät tulokset
Bhattacharyya ym., 2017 (USA)	Satunnaistettu, kaksoissokkoutettu, lumekontrolloitu monikeskustutkimus	Selvittää, vaikuttaako ruokavaliolion karrageeni-altistus relapsin ilmaantumiseen remissiossa olevilla UC-potilailla	(n=12) aikuista UC-potilasta, satunnaistettiin karrageeni- ja lumeryhmiin, valmiste nautittiin kapselina	Kolme karrageeni-ryhmän potilasta relapsoi, lumeryhmässä ei relapsia (p=0,046), IL-6 ja ulostekalprotektiini nousivat karrageeni-ryhmässä
Laatikainen ym., 2023 (Suomi)	Satunnaistettu, kaksoissokkoutettu lumekontrolloitu ristikkäinen tutkimus	Tutkia, aiheuttaako elintarvikelaatuinen karrageeni vaikutuksia ruoansulatuskanavan oireisiin, tulehdukseen ja suolen läpäisevyyteen potilailla, joilla oli remissiossa oleva UC	(n=7) aikuista UC-potilasta remissiossa; jokainen osallistuja sai 7 pv karrageeni- ja 7 pv lumekausi (14 pv washout)	SCCAI ei muuttanut merkittävästi, ei kliinisiä relapseja. Biomarkerit (Hs-CRP, FABP-2, ulostekalprotektiini, fecal IAP) eivät nousseet. Suolisto-oireet hieman yleisempiä lumeryhmässä.

Wagner ym., 2024 (USA)	Satunnaistettu, kaksoissokkou- tettu vaihtovu- rotutkimus	Arvioida karrageenin vaikutuksia insuliiniherkkyyteen ja suoliston läpäisevyyteen ihmisillä	(n=14) aikuista, terveitä, osa myös ylipainoisia, crossover-malli karrageeni vs. lume	Koko joukossa ei merkitsevää vaikutusta insuliiniherkkyyteen. Ylipainoisilla karrageeni heikensi koko kehon ja maksan insuliiniherkkyyttä sekä lisäsi suoliston läpäisevyyttä ja tulehdusmarkkereita verrattuna lumeryhmään
---------------------------	--	---	---	---