

Vihreän teen katekiinit

Helsingin yliopisto

Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta

Kemian laitos

Kemian opettajankoulutusyksikkö

Kandidaatintutkielma

Tekijä: Henri Tunturi

Pvm. 18.11.2015

Ohjaajat:

Kristiina Wähälä

Maija Aksela

Sisällys

Lyhenneluettelo.....	3
1. Johdanto	4
1.1 Vihreän teen historia ja nykypäivä	5
1.2 Kasvatus ja prosessointi.....	6
2. Katekiinit.....	9
2.1 Erilaiset katekiinit	10
2.2 Katekiinien biosynteesi	11
2.3 Katekiinien synteesi laboratoriossa	13
2.4 Katekiinien metabolia	15
3. Terveysvaikutukset	17
4. Yhteenveto	19
LÄHTEET	20

Lyhenneluettelo

(EGCG)	= (-)-epigallokatekiini-3-gallaatti
(EGC)	= (-)-epigallokatekiini
(ECG)	= (-)-epikatekiini-3-gallaatti
(EC)	= (-)-epikatekiini
(COMT)	= katekoli- <i>O</i> -metyylitransferaasi
(UGT)	= UDP-glukuronosyyliitransferaasi
(SULT)	= fenolisulfotransferaasi
(UDP-GA)	= UDP-glukuronihappo
(UDP)	= uridiinidifosfaatti
(SAM)	= <i>S</i> -adenosyyli- <i>L</i> -metioniini
(SAH)	= <i>S</i> -adenosyyli- <i>L</i> -homokysteiini
(PAPS)	= 3'-fosfoadenosiini 5'-fosfosulfaatti
(PAP)	= adensiini-3',5'-bifosfaatti
(TBDMS)	= <i>tert</i> -butyylidimetyylisilyyli
(DMF)	= dimetyyliformamidi
(AD-mix- α/β)	= kaupallinen reagenssiseos (asymmetrinen dihydroksylaatioseos)
(TBAF)	= tetra- <i>n</i> -butyyliammoniumfluoridi
(THF)	= tetrahydrofuraani
(PPTS)	= pyridinium- <i>p</i> -tolueenisulfaatti
(DMAP)	= 4-dimetyyliaminopyridiini

1. Johdanto

Vihreästä teestä keskusteltaessa nousee usein esiin se, että teen juonnilla uskotaan olevan paljon erilaisia terveydellisiä vaikutuksia, minkä vuoksi sitä pidetään hyvin suotavana. Tähän voi olla osasyynä esimerkiksi se, että vihreätä teetä markkinoidaan hyvin vahvasti terveystuotteena. Tämän tutkielman tarkoituksena on tarkastella vihreän teen terveydellisiä vaikutuksia sen sisältämien katekiinien näkökulmasta. Samalla tarkastellaan erilaisia kemiallisia prosesseja, jotka liittyvät katekiinien synteesivaiheisiin kasveissa ja laboratoriossa sekä teen myöhemmässä tuotantoprosessissa.

Tutkielman alussa kuvataan teen historiaa ja sen aseman kehittymistä vuosisatojen ajan aina nykypäivään saakka. Johdantona tarkastellaan myös teen kasvatukseen ja valmistukseen liittyviä asioita, sillä ne vaikuttavat merkittävästi eri teelaatujen ominaisuuksiin. Tarkemmin perehdytään erilaisten prosessointimenetelmien vaikutukseen teelaatujen katekiinipitoisuuksissa.

Katekiineja tarkastellaan bioaktiivisina molekyyleinä ja työssä esitellään muutamia vihreässä teessä yleisimmin esiintyviä katekiinimolekyyliä ja niiden rakenteita. Tutkielmassa perehdytään siihen, kuinka kyseisiä molekyyliä muodostuu kasveissa ja kuinka niitä voidaan toisaalta myös syntetisoida laboratoriossa. Lisäksi tarkastellaan kuinka erilaiset katekiinit reagoivat ihmiselimistössä ja millaisia metaboliareaktioita ne käyvät läpi.

Lopuksi esitellään viimeisimpiä tutkimustuloksia vihreän teen terveysvaikutuksista. Tarkastelussa keskitytään erityisesti siihen, kuinka vihreän teen katekiinit estävät syöpien kehittymistä ja millaiset reaktiomekanismit ovat katekiinimolekyylien ja syöpäsolujen välisen toiminnan taustalla.

1.1 Vihreän teen historia ja nykypäivä

Teen viljelyn, prosessoinnin ja juonnin historia juontaa juurensa Kiinaan. Kiinalaisen legendan mukaan vihreän teen historian alkuhetket sijoittuvat aikaan 2737 eaa., jolloin keisari Sheng Nung löysi teen lehtien parantavat voimat. Hänen kerrottiin opettaneen ihmisille erilaisia tapoja nauttia teetä. Teen juonnin keksimisen ajankohtaa on erittäin vaikea osoittaa, mutta Lu Yu:n vuonna 780 julkaisemaa teetä kasvitieteen, viljelyn ja prosessoinnin näkökulmasta esittelevää kirjaa ”*Tea Classics*” pidetään yhtenä ensimmäisistä luotettavista teetä käsittelevistä teoksista.¹ Myöhemmin japanilaiset ottivat kiinalaisen teekulttuurin osaksi omaansa ja kehittivät 1400-luvulla teeseremoniat. Lisäksi muun muassa Intiassa teen viljely alkoi yleistyä brittien asuttamisen seurauksena. Myöhemmin teen viljely aloitettiin monissa muissakin maissa, kuten Sri Lankassa, Keniassa ja Malawilla. Kun tee lopulta kaupankäynnin myötä levisi ympäri maailmaa, siitä tuli monien lempijuoma erityisesti Englannissa, Venäjällä ja Kanadassa.^{2,3}

Teen merkitystä ihmiselle voidaan tarkastella monelta eri kannalta. Vihreää teetä voidaan käsitellä kasvina, maatalouden tuotteena, juomana tai vapaa-ajan harrastuksena. Teellä on ollut merkittävä rooli kaupankäynnin kehittymisen ja matkustamisen historiassa erityisesti teehen liittyneen verotuksen vuoksi. Teen käyttö hyödykkeenä ja osana perinteitä on siirtynyt aikojen saatossa kulttuurien välillä ja on nykypäinäkkin merkittävässä roolissa varsinkin itämaisissa kulttuureissa.²

Arviolta joka toinen ihminen maailmassa juo teetä. Tee on kylmänä tai kuumana maailman toiseksi juoduin juoma veden jälkeen, ja teepensaita kasvatetaan noin 40 maassa. Moni valtio onkin riippuvainen teen tuotannosta. Lisäksi se työllistää monissa maissa ihmisiä eri tasoilla: teepensaiden kasvattajat, tuottajat, välittäjät, huutokaupat, sekoittajat ja maistajat, jakelijat ja niin edelleen. Monet valtiot hyötyvät myös turismista, joka on lähtöisin kiinnostuksesta erilaisia teekulttuureita ja -käytänteitä kohtaan.³ Taloudellisen hyödyn lisäksi vihreän teen terveysvaikutuksista paljastuu jatkuvasti enemmän tietoa, mikä kasvattanee tulevaisuudessa yhä enemmän kiinnostusta kyseistä kasvia kohtaan.

1.2 Kasvatus ja prosessointi

Teen valmistuksessa käytetään teepensaan nuoria lehtiä sekä aukeamattomia lehtien silmuja. Teepensaan latinankielinen nimi on *Camellia sinensis*, ja siitä on olemassa kahta variaatiota: *Camellia sinensis* var. *sinensis* ja *Camellia sinensis* var. *assamica*.¹ Teepensas on aina vihertävän värinen (kuva 1 ja 2) ja kasvin syntyperä sijoittunee Kiinan, Intian Sri Lankan, Malesian ja Indonesian mäenrinteille. Teetä voidaan kuitenkin kasvattaa myös avoimilla pelloilla. Jotta teepensaan kasvattaminen on mahdollista, ilmaston tulisi olla suhteellisen lämmin ja sademäärien tulisi olla tasaisesti jaottuneet vuodenaikojen välille. Teesato kerätään poimimalla kasvista silmut ja versojen kaksi viimeistä lehteä.³



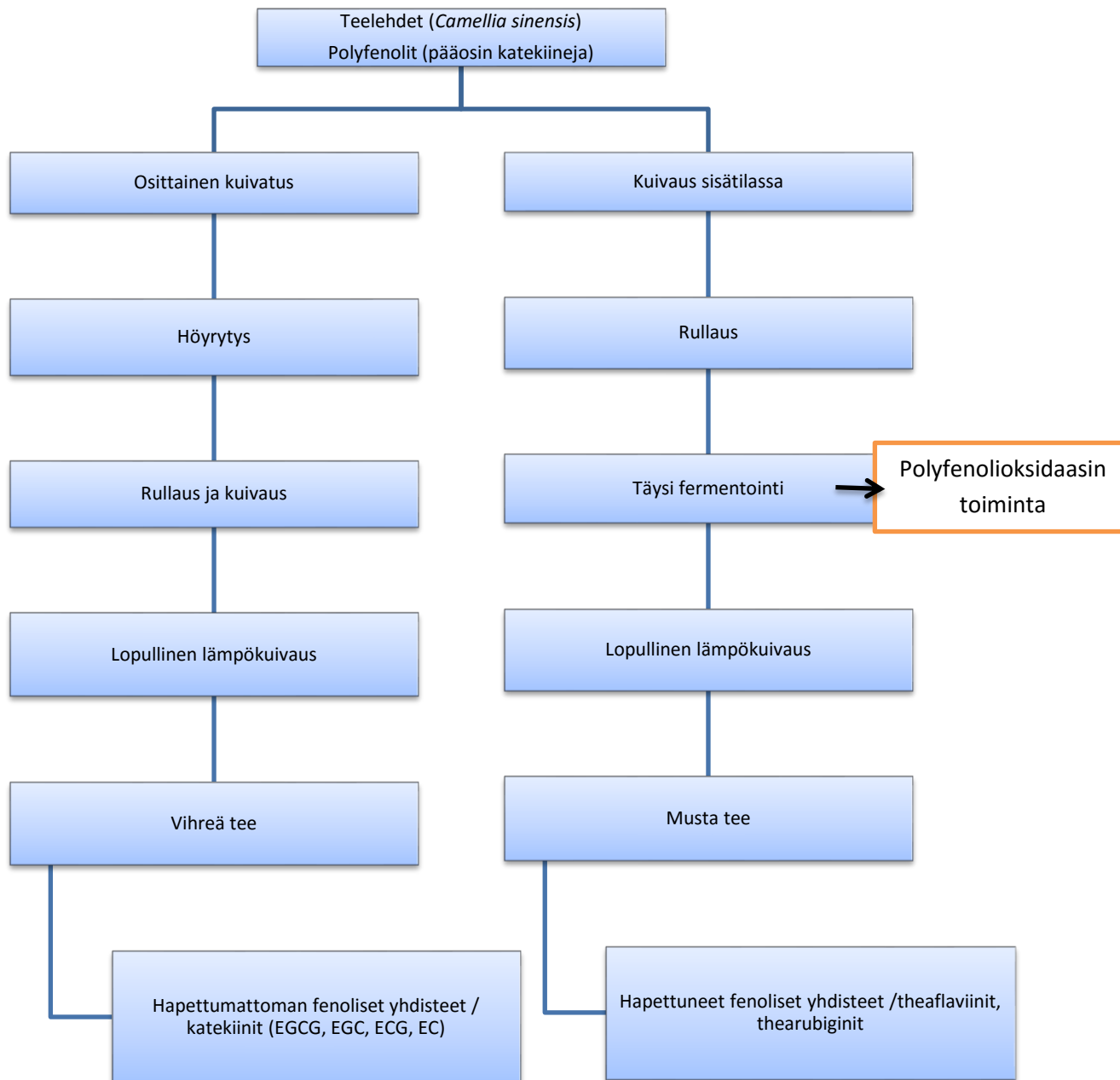
Kuva 1 ja 2. Teepensas *Camellia sinensis*, (Kuva 1: Axel Boldt 17.5.2004, Kuva 2: Pinus 2.12.2010)

Tee voidaan jakaa käsittelytavan perusteella erilaisiin tyyppeihin: täysin fermentoimaton vihreä tee, osittain fermentoitu oolong-tee ja täysin fermentoitu musta tee.

Fermentaatiokäsittelyn lisäksi voidaan valmistaa erilaisia hajustettuja teesekeituksia, joissa teelehtien sekaan on lisätty erilaisten kukkien, kuten jasmiinin lehtiä.

Eri teetyyppien suosio vaihtelee eri kulttuureissa. Kiinassa vihreätä teetä pidetään kansallisjuomana, kun taas mustalla teellä on Englannissa kyseinen rooli. Kiinassa Fujianin maakunnassa, Taiwanissa ja Thaimaan pohjoisosissa suositaan enimmäkseen oolong-teetä. Kuitenkin kaikissa teekulttuureissa teen nauttiminen on erityisesti tärkeässä roolissa erilaisissa sosiaalisissa tilanteissa ja liiketapaamisissa.²

Alla esitettyssä kaaviossa (kuva 3) vertaillaan vihreän teen ja mustan teen prosessointivaiheita. Kaaviosta käy ilmi se, kuinka erilaiset vaiheet vaikuttavat lopputuotteiden polyfenolisisältöön. Vihreän teen käsittelyssä teelehdet kuivataan ja höyrytetään polyfenolioksideasin inaktivoimiseksi, jotta esimerkiksi katekiinien hapettumista ei tapahtuisi.⁴



Kuva 3. Vihreän ja mustan teen käsittelyn erot ja vaikutus lopulliseen polyfenolisisältöön.⁴

Fermentaatiotason kasvaessa siis erilaisten katekiinien määrä vähenee. Näin ollen erilaisia teelaatuja voidaan vertailla niiden katekiinipitoisuuksien suhteen. Alla olevassa taulukossa (taulukko 1) on teelaatujen katekiinipitoisuuksien lisäksi ilmoitettu teen alkuperämaa.

Taulukko 1. Erilaisten teelaatujen katekiinipitoisuudet mg/g.⁵ Rakenteet kuvassa 5 sivulla 10.

Teelaatu ja alkuperä	EGCG	EGC	ECG	EC
vihreä tee, Sencha (Japani)	73,3	32,1	10,4	14,1
musta tee, Assam (koillis-Intia)	27,9	3,9	11,5	7,4
semi-fermentoitu tee, Oolong (Kiina)	11,8	7,3	3,1	3,5
musta tee, Keemun (Kiina)	12,3	20,1	4,4	4,0
punainen tee (Etelä-Afrikka)	4,1	4,8	4,4	6,1
musta tee, Ceylon (Sri Lanka)	17,8	41,7	9,5	6,6
teesekoitus, Earl Grey (Kiina)	12,5	40,7	9,6	4,9
musta tee, English breakfast (Sri Lanka)	30,1	33,7	13,5	9,1
vihreä tee, Jasmine (Japani)	94,8	39,7	45,6	21,2
vihreä tee, Kokaicha (Japani)	82,3	35,2	13,5	9,6
punainen tee, Pu-erh (Kiina)	1,4	5,8	0,2	0,6
musta tee, Darjeeling (Intia)	85,1	5,9	20,6	11,4
vihreä tee, Bancha (Japani)	84,2	45,3	14,4	13,8
vihreä tee, Paimutan (Kiina)	103,5	44,1	23,0	8,1
vihreä tee, Gunpowder (Kiina)	77,1	24,3	14,8	9,8

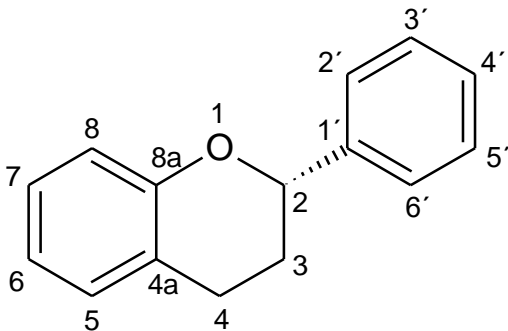
EGCG (epigallokatekiinigallaatti) on teen katekiineista yleisin ja sitä on eri teelaaduissa runsaiten muihin katekiineihin verrattuna. Yleisesti eri maista peräisin olevat vihreät teet sisältävät huomattavasti enemmän EGCG:tä, kuin esimerkiksi erilaiset teesekoitukset, musta tee ja punainen tee. Joitakin poikkeuksia lukuun ottamatta sama pätee muidenkin katekiinien kohdalla.

Teelaatuja luokitellaan yleisesti käsittelytavan ja alkuperämaan mukaan, minkä lisäksi teelaatuja voidaan jaotella kaupanimen ja yksittäisten teetä tuottavien puutarhojen perusteella.³ Näin ollen kasvupaikan ravinteisuuden, sijainnin ja ilmaston kannalta on mahdollisesti pääteltävissä teen katekiinipitoisuuksia. Yllä olevasta taulukosta on nähtävissä, että monet japanilaiset vihreät teelaadut sisältävät keskimäärin enemmän EGC:tä, ECG:tä ja EC:tä kuin kiinalaiset vihreä tee -laadut. Viljeltävän kasvin lajikkeen ollessa sama, on tämän eron johduttava kasvuvaiheen olosuhteista, sillä käsittelyssä ja prosessoinnissa eroja ei juuri ole. Toisaalta kuten muidenkin viljelytuotteiden kohdalla, laatu voi vaihdella vuodesta toiseen riippuen vallitsevista olosuhteista.

2. Katekiinit

Katekiinit kuuluvat flavonoideihin, jotka ovat erilaisia fenolisia yhdisteitä. Flavonoideja voidaan esimerkiksi eristää putkilokasveista ja flavonoideihin kuuluvia yhdisteitä tunnetaan tuhansia. Flavonoideja tutkitaan hyvin paljon niiden biologisten vaikutusten vuoksi, mutta suurinta kiinnostusta tutkijoiden keskuudessa ovat herättäneet flavonoidien antioksidatiiviset ominaisuudet. Flavonoideilla on kyky estää vapaiden radikaalien syntyminen ja kaapata niitä.⁶

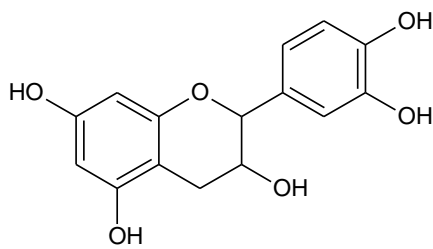
Flavonoidit ovat kemialliselta rakenteeltaan bentso- γ -pyronin johdannaisia ja niissä on fenolinen rengas sekä pyraanirengas. Flavonoidit voidaan luokitella erilaisiin ryhmiin erilaisten ydinrakenteeseen (kuva 4) kiinnittyneiden substituenttien perusteella. Ravinnosta saatavat flavonoidit eroavat toisistaan hydroksyyli-, metoksi- ja glykosidisten sivuryhmien lukumäärän, sijoittumisen sekä rengasrakenteiden konjugaation osalta. Flavonoidit esiintyvät pääosin 3-*O*-glykosideina ja polymeereinä, joista polymeerit käsittävät merkittävimmän osan. Flavonoidien metaboliareaktioissa hydroksyyli-ryhmiä lisätään, metyloidaan, sulfatoidaan tai glukuronidoidaan. Erilaisten flavonoidien rakenteella onkin olennainen merkitys metaboliareitteihin ja niiden myötä muodostuviin metaboliitteihin. Vihreän teen lehtien entsymaattisen hapettumisen seurauksena saadaan mustaa teetä, jolloin flavonoidit polymerisoituvat tanniineiksi ja muiksi monimutkaisiksi yhdisteiksi.⁷



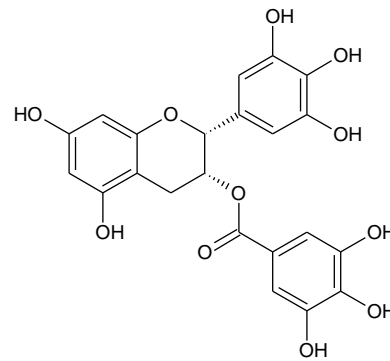
Kuva 4. Flavonoidien ydinrakenne.⁷

2.1 Erilaiset katekiinit

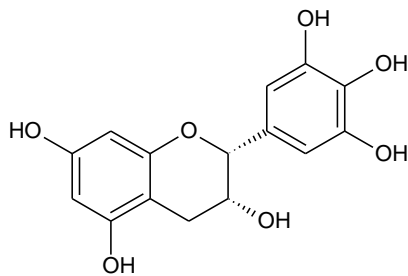
Vihreän teen kuivapainosta 30–42% koostuu erilaisista katekiineista (kuva 5). Neljä yleisintä vihreässä teessä esiintyvää katekiinia ovat (-)-epigallokatekiini-3-gallaatti (EGCG), (-)-epigallokatekiini (EGC), (-)-epikatekiini-3-gallaatti (ECG) ja (-)-epikatekiini (EC).⁸



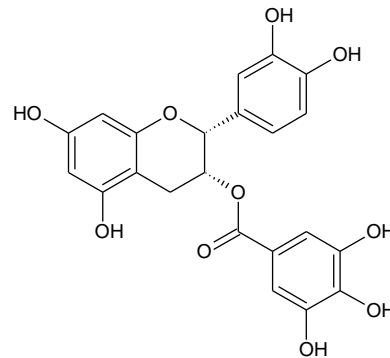
yleinen katekiinin rakenne



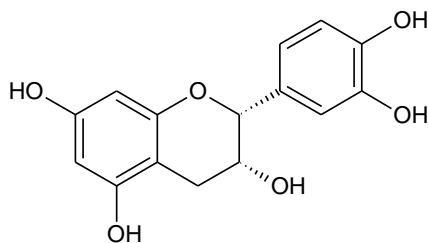
(-)-epigallokatekiini-3-gallaatti (EGCG)



(-)-epigallokatekiini (EGC)



(-)-epikatekiini-3-gallaatti (ECG)



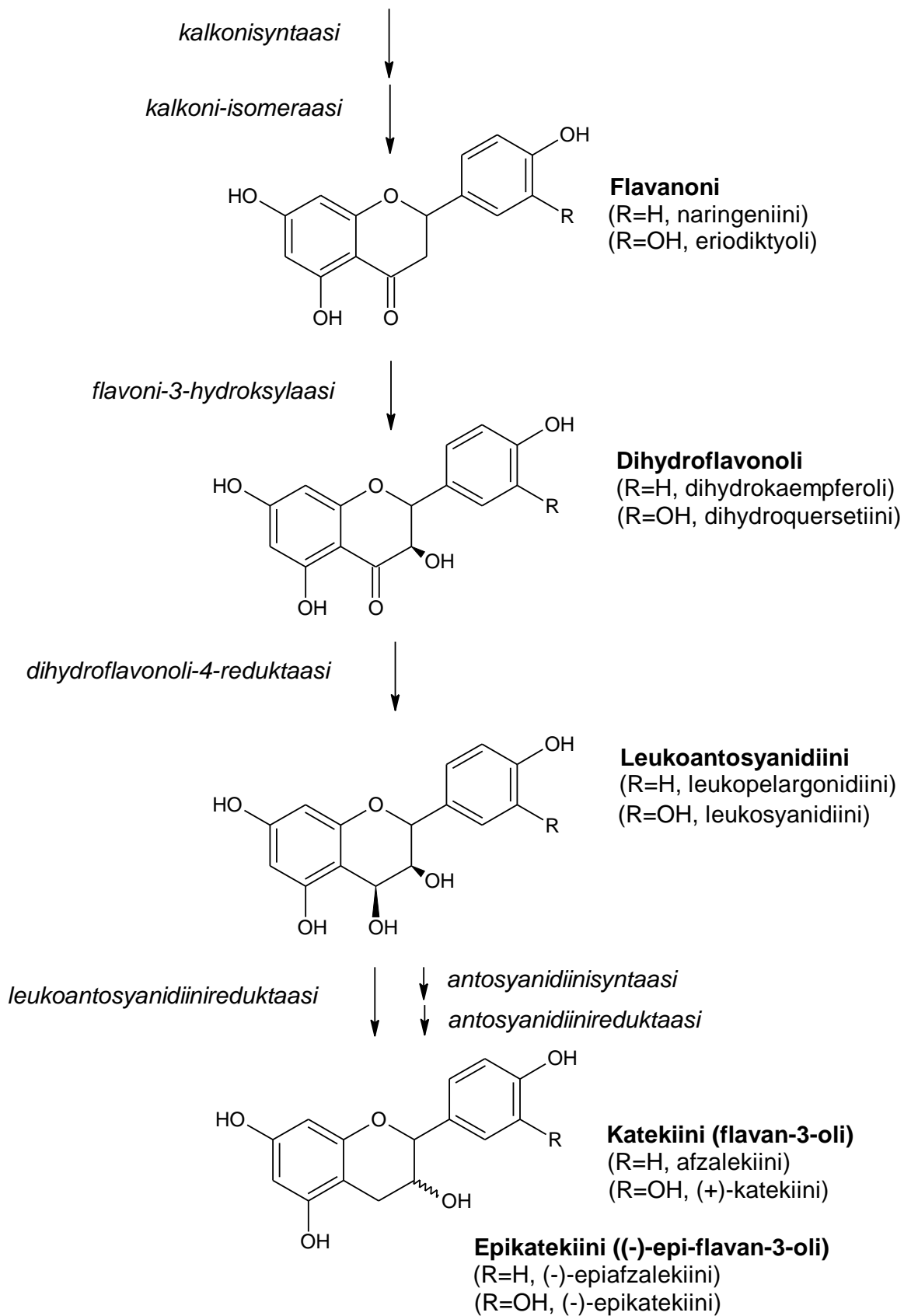
(-)-epikatekiini (EC)

Kuva 5. Tärkeimmät vihreän teen katekiinit.

2.2 Katekiinien biosynteesi

Erilaiset kasvit, kuten teepensas *Camellia sinensis*, valmistavat katekiineja ja muita polyfenoliyhdisteitä omaan käyttöönsä monista syistä. Ne parantavat kasvien kykyä taistella erilaisten mikrobipatogeenien ja hyönteisten aiheuttamia tuhoja vastaan ja suojaavat kasveja auringon UV-säteilyltä. Tämä on auttanut niitä selviytymään evoluution saatossa ja näin mahdollistanut niiden lisääntymisen, kasvun ja ravinnonsaannon eri olosuhteissa ja symbioottisen toiminnan erilaisten organismien kanssa maan pinnalla ja alla.⁹

Katekiinien biosynteesi tapahtuu kasvien soluissa useiden monivaiheisten reaktiosarjojen tuloksena, joita säätelevät entsyymit. Alla käsitellyssä reaktiosarjassa (kuva 6) esitetään yksinkertaisten katekiinien biosynteesireitti. Aluksi kalkonisyntaasin ja kalkoniisomeraasin tuottamat flavononit hapetetaan dihydroflavonoleiksi flavoni-3-hydroksylaasin toimesta, jolloin flavononien 3. hiileen liitetään hydroksyyli-ryhmä. Seuraavaksi dihydroflavonoli-4-reduktaasi muuntaa muodostuneet dihydroflavonolit leukoantosyanidiineiksi. Lopuksi on kaksi vaihtoehtoista reittiä, jotka tuottavat eri katekiinityyppejä. Ensimmäisessä tapauksessa leukoantosyanidiinireduktaasi muuttaa leukoantosyanidiinit katekiineiksi ((+)-katekiinit). Toisessa tapauksessa antosyanidiinisyntaasi ja antosyanidiinireduktaasi muuntavat leukoantosyanidiinit epikatekiineiksi ((-)-epikatekiinit). Nämä katekiinimuodot toimivat pohjana muille suuremmille katekiinimolekyyleille, kuten epigallokatekiinille (EGC) ja epigallokatekiinigallaatille (EGCG).¹⁰

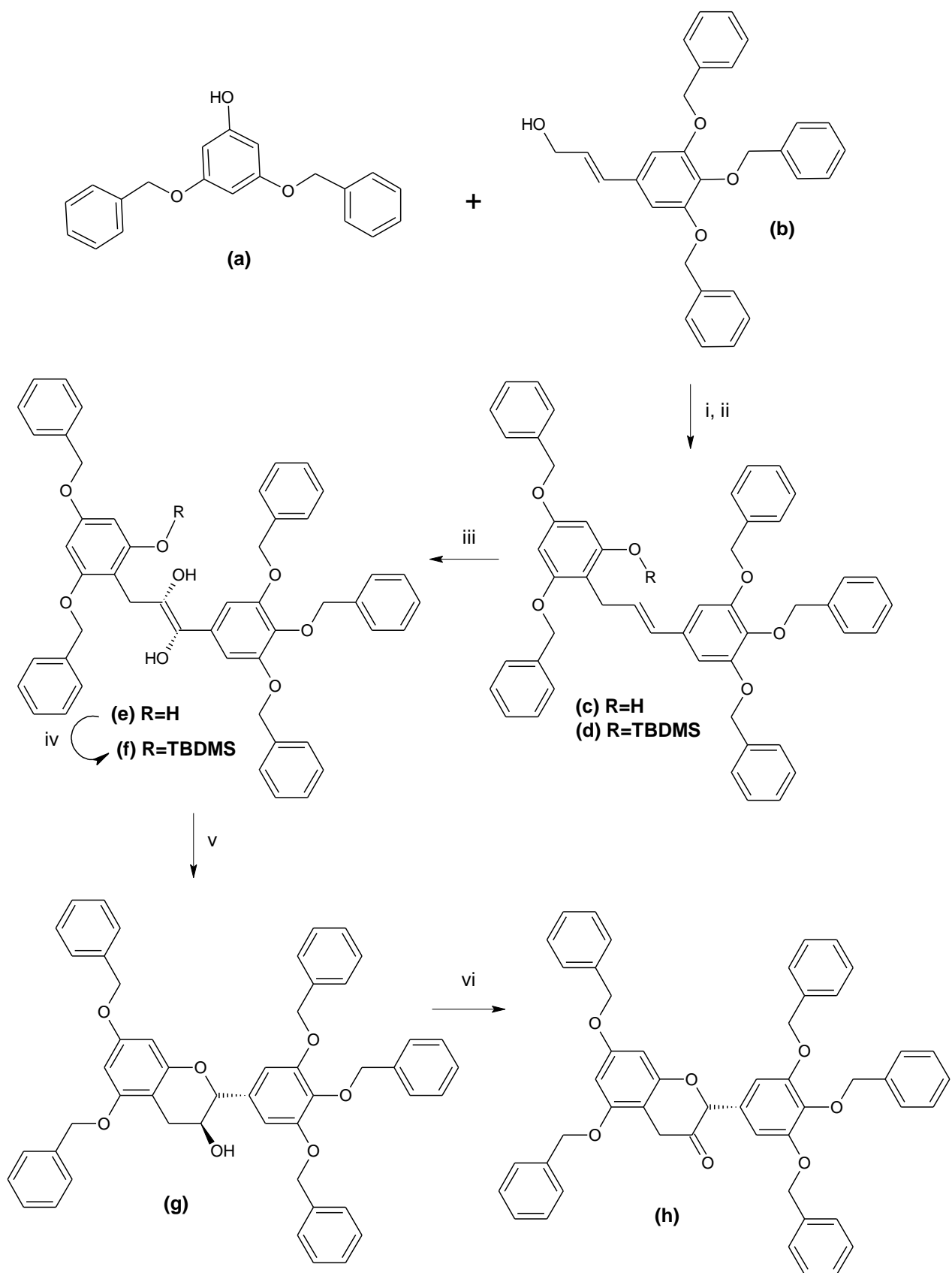


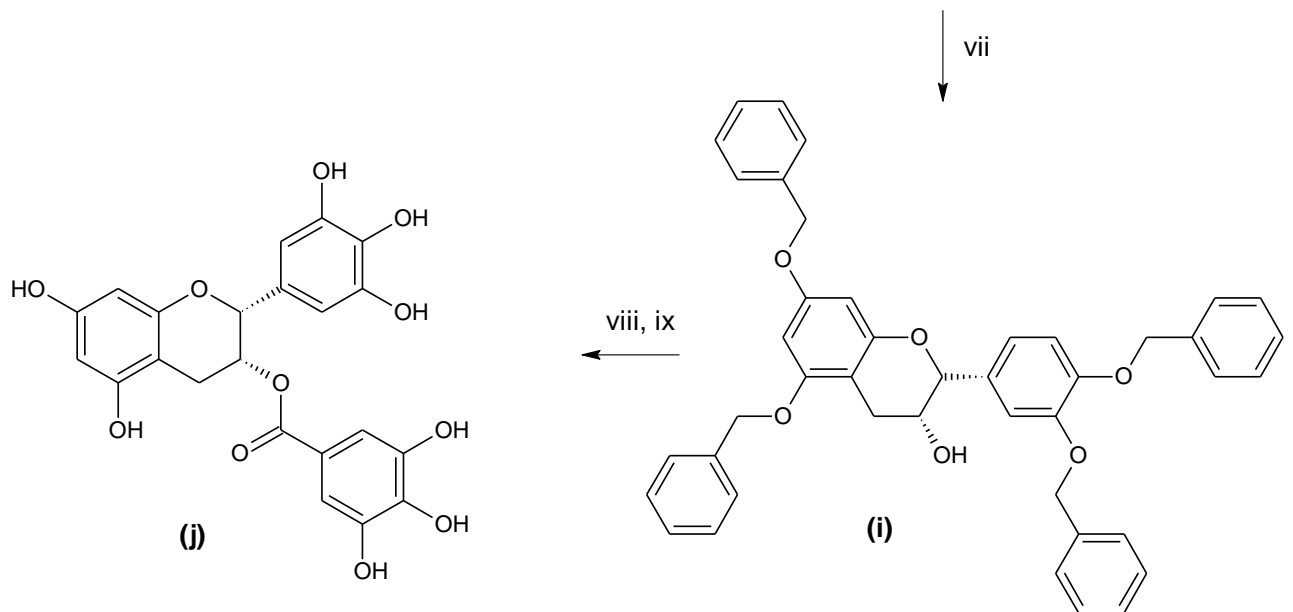
Kuva 6. Yksinkertaisten katekiinien biosynteesireitti.¹⁰

2.3 Katekiinien synteesi laboratoriossa

Erilaisten katekiinien biosynteesireittien selvittäminen on ollut apuna synteettisten menetelmien kehittämisessä ja erityisesti EGCG:tä pystytään nykyään valmistamaan synteettisesti laboratorio-olosuhteissa. Synteesimenetelmiä on kehitetty useita ja monet niistä sisältävät suuren määrän erilaisia reaktiovaiheita. Alla esitetty tapa toimii kuitenkin suhteellisen yksinkertaisena esimerkkinä EGCG:n synteesistä.

Tässä reaktiosarjassa (kuva 7) aluksi (*E*)-1,3-diaryylipropeeni (c) syntetisoidaan yhdistämällä *O*-bentsyyli suojaattua floroglusiniolia (a) ja (*E*)-kanelialkoholia (b). Seuraavaksi tapahtuu TBDMS-suojatun diaryylipropeenin (d) asymmetrinen dihydroksylaatio, jossa käyttäen AD-mix- α :aa (kaupallinen reagenssiseos asymmetrisessä dihydroksylaatioissa) saadaan (1*S*,2*S*)-syn-diolia (e). Tältä poistetaan suojaus, jolloin saadaan fenoli (f), joka syklistoidaan (+)-penta-*O*-bentsyyligallokatekiiniksi (g). Tämän jälkeen 3-ketoflavaani (h) käy läpi Dess-Martin-hapetuksen ja stereoselektiivisen pelkistymisen jälkeen muodostuu (-)-penta-*O*-bentsyyliepigallokatekiinia (i). Lopulta EGCG (j) saadaan aluksi käyttämällä 3,4,5-tri-*O*-bentsyylibentsoyylikloridia yksinkertaisessa asylaatioissa, minkä jälkeen poistetaan suojaus pelkistävällä de-*O*-bentsylaatiolla. (+)-ent-epigallokatekiini-3-gallaattia voidaan valmistaa yksinkertaisesti korvaamalla AD-mix- α AD-mix- β :lla asymmetrisessä dihydroksylaatiovaiheessa.¹¹

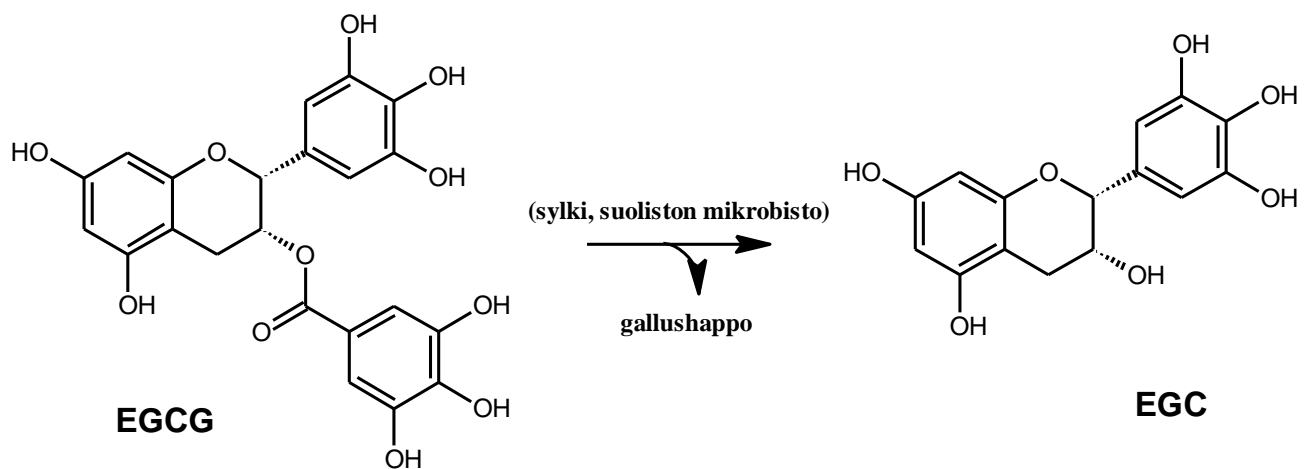




Kuva 7. EGCG:n synteettinen valmistus.¹¹ **(i)** $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{SiO}_2)/\text{CH}_2\text{Cl}_2/\text{CS}_2$; **(ii)** $\text{TBDMSCl}/\text{imidatsoli}/\text{DMF}$; **(iii)** $\text{AD-mix-}\alpha/\text{CH}_3\text{SO}_2\text{NH}_2/\text{H}_2\text{O}/\text{t-BuOH}$, 0 °C; **(iv)** TBAF/THF ; **(v)** $\text{CH}(\text{OEt})_3/\text{PPTS}/\text{CH}_2\text{Cl}_2$; **(vi)** Dess-Martin periodinani/ CH_2Cl_2 ; **(vii)** L-selektridi/ THF , -78 °C; **(viii)** 3,4,5-tris(bentsyylioksi)bentsoyylikloridi/ $\text{DMAP}/\text{CH}_2\text{Cl}_2$; **(ix)** $\text{H}_2/\text{Pd}(\text{OH})_2/\text{MeOH}/\text{THF}$

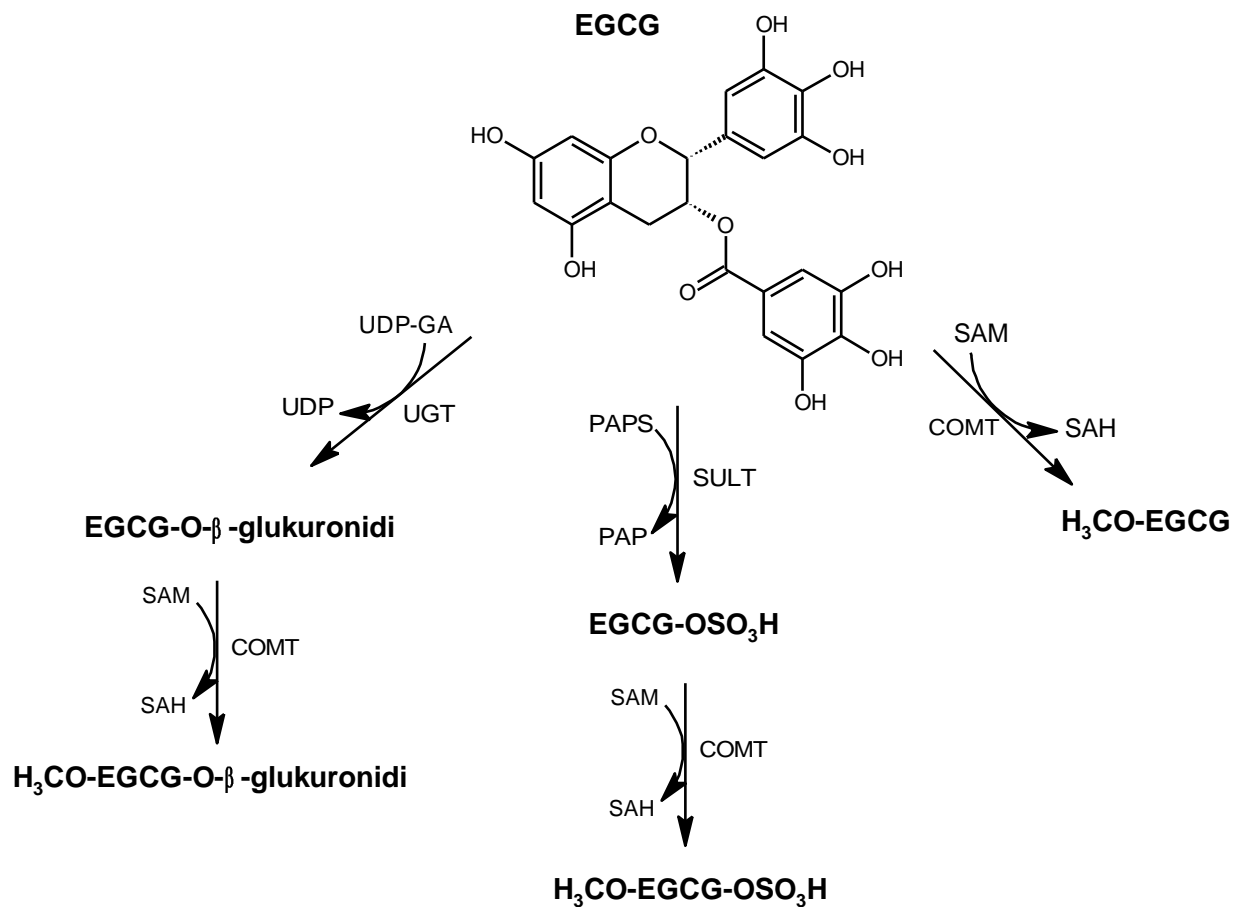
2.4 Katekiinien metabolia

Teetä nautittaessa EGCG ja muut katekiinit metabolisoituvat nopeasti monen reaktion kautta elimistön eri alueilla. Syljellä on huomattu olevan esteraasiaktiivisuutta, sillä EGCG:n on todettu degalloloituvan suussa ja ruokatorvessa (kuva 8).



Kuva 8. EGCG:n degalloloituminen EGC:ksi syljen vaikutuksesta.¹²

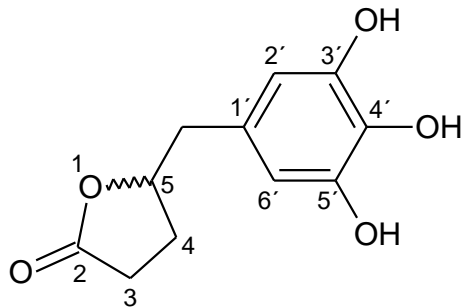
Ihmisille ja rotille tehtyjen tutkimusten mukaan on voitu selvittää katekiinien metaboliareittejä (kuva 9) vielä tarkemminkin ja on löydetty entsyymejä, jotka saavat aikaan katekiinien glukuronidaation, sulfaation ja *O*-metylaation. Näitä entsyymejä ovat mm. UGT, SULT ja COMT. Entsyymien esiintymisalueita ja toimintaa on tutkittu syöttämällä rotille 10 mg EC:tä ja tutkimalla tämän jälkeen niiden verinesteitä. Todettiin, että suurin UGT-aktiivisuus oli ohut- ja paksusuoleissa ja suurin COMT-aktiivisuus maksassa ja munuaisissa.



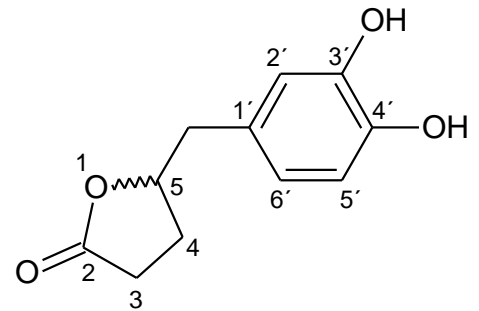
Kuva 9. EGCG:n mahdolliset biotransformaatioreitit ja sen metaboliitit UGT-, SULT-, ja COMT -entsyymien vaikutuksesta.¹²

Katekiinit imeytyvät elimistöön paksusuoleissa, jossa bakteerit entsyymaattisesti dekonjugoivat tai pilkkovat katekiinit yksinkertaisemmiksi yhdisteiksi. Biologinen merkitys tälle on se, että yksinkertaisemmat, usein vesiliukoiset yhdisteet, voidaan imeyttää takasin elimistöön tai poistaa virtsan ja ulosteen mukana.¹³ Ihmisen virtsasta on voitu eristää kahta katekiinien metaboliittia (kuva 10): (-)-5-(3',4',5'-trihydroksifenyyli)-γ-

valerolaktoni ja (-)-5-(3',4'-dihydroksifenyyli)- γ -valerolaktoni. Nämä ovat EGCG:n ja EC:n metaboliitteja ja ovat mitä luultavimmin muodostuneet ja imeytyneet paksusuoleessa, minkä jälkeen ne ovat erittyneet virtsaan.¹²



(-)-5-(3',4',5'-trihydroksifenyyli)- γ -valerolaktoni



(-)-5-(3',4',-dihydroksifenyyli)- γ -valerolaktoni

Kuva 10. Ihmisen virtsasta eristettyjä EGCG:n ja EC:n metaboliitteja.¹²

3. Terveysvaikutukset

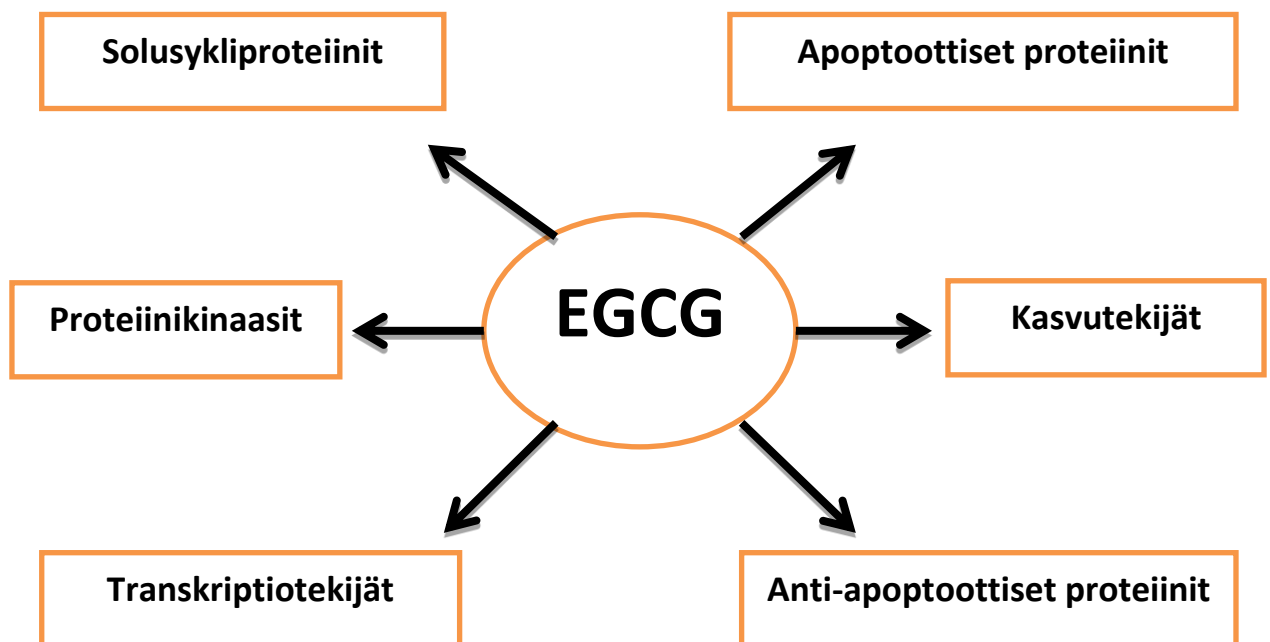
Vihreän teen terveydellisiä vaikutuksia on tutkimusten mukaan monia. Katekiinit toimivat antioksidanteina ja estävät tulehduksien syntymistä, heikentävät diabetesta ja estävät bakteerien ja virusten toimintaa.⁴ Vihreällä teellä on yleisesti todettu olevan merkittävä vaikutus ihmiskehon normaalin toiminnan ylläpitämiseksi.

Tutkimukset osoittavat myös sen, että säännöllisellä teen juonnilla on erilaisia suun sairauksia ehkäisevä vaikutus, minkä lisäksi teen juonti auttaa ihoa suojautumaan auringon säteilyltä. Vihreän teen juonnin on huomattu vaikuttavan positiivisesti painonhallintaan sekä vahvistavan luiden tiheyttä ja immuunijärjestelmää. On myös saatu positiivisia tuloksia tutkimuksissa, joissa on tutkittu vihreän teen katekiinien vaikutuksia Parkinsonin ja Alzheimerin tautien kehittymisen hidastumiseen.⁴

Hyvin monet vihreän teen terveysvaikutuksia käsittelevät artikkelit nostavat esiin tutkimuksia, joissa katekiinien, erityisesti EGCG:n, kemopreventiivisiä vaikutuksia on tutkittu. Katekiinien on todettu heikentävän syöpäsolujen kehittymistä ja jakautumista eri vaiheissa. Erilaisia syöpiä, joiden kehittymiseen katekiineilla on nähty olevan vaikutuksia, ovat muun muassa iho-, rinta- ja keuhkosyövät.¹⁴

On yleisesti todettu, että katekiineilla on syövän kehitystä hidastavia tai estäviä vaikutuksia, mutta tarkat reaktiomekanismit eivät ole vielä täysin selvillä. Osasyynä tähän on se, että hyvin monia eläinkokeita on pystytty toteuttamaan, mutta kunnollisia ihmiskokeita ei ole vielä juuri tehty.¹⁵

Joitakin mekanismeja on kuitenkin esitetty (kuva 11). EGCG:n on todettu vaikuttavan syöpäsolujen väliseen signalointiin, mitä kautta siis syöpäsolujen lisääntymiseen ja kuolemaan. Tutkimukset ovat myös osoittaneet sen, että kyseiset solusignalointiin vaikuttavat toimet ovat selektiivisiä eli solusignalointia ja solukuolemaa tapahtuu ainoastaan syöpäsoluissa, jolloin siis EGCG:n signalointivaikutukset kohdistu terveisiin soluihin. Lisäksi syöpäsoluissa EGCG inhiboi tyrosiinikinaasi-reseptoreita ja sitä kautta solujen transduktiota.



Kuva 11. EGCG:n toiminnan mekanismit syöpäsolujen toiminnassa.¹⁵

4. Yhteenveto

Vihreän teen hyödyt on tiedustettu jo vuosisatojen ajan. Se on kulkenut osana kulttuuria, valtiontaloutta ja kansanterveyttä. Vasta tieteen kehittyttyä on pystytty selittämään kemiallisia, fysikaalisia ja biologisia syitä vihreän teen terveysvaikutuksille, vaikkakin tutkimus on vielä täysin kesken. Tutkimusta katekiinien parissa tehdään hyvin aktiivisesti, mistä on merkinä se, että valtavat määrät kyseisiä molekyylejä käsitteleviä tutkimusartikkeleita julkaistaan kaiken aikaa.

Tulevaisuudessa vihreä teen juominen tulee mitä luultavimmin edelleen olemaan osa eri kulttuurien perinteitä ja tapoja. Tämän lisäksi se tulee luultavasti vakiinnuttamaan asemaansa lääketieteessä, mikäli katekiinitutkimukset etenevät ja päästään suorittamaan enemmän katekiinien vaikutuksia tutkivia ihmiskokeita. Sairauksien ja erityisesti syöpien hoitojen tutkimuksissa ollaan erityisen kiinnostuneita katekiineista, mikä voisi tulevaisuudessa mahdollistaa turvallisemman vaihtoehdon syöpien hoidolle. Monet nykypäivän syöpälääkkeet ovat hyvin kalliita, myrkyllisiä tai eivät välttämättä kykene hoitamaan tiettyjä syöpätyyppejä.¹⁵

Viimeisimmät katekiineja käsittelevät tutkimukset korostavat ihmiskokeiden vähäisyyttä. Onkin mielenkiintoista seurata näiden tutkimusten kehittymistä ja sitä, löydetäänkö katekiinimolekyyleille joitakin uusia ihmiskunnan kannalta tärkeitä ominaisuuksia.

LÄHTEET

- 1 Y. Hara, kirjassa *Green tea: health benefits and applications*, Marcel Dekker Inc., 2001, s.2.
- 2 L. Jolliffe, kirjassa *Tea and tourism: Tourists, traditions and transformations*, toim. L. Jolliffe, Channel View Publications, Clevedon 2007, s.38.
- 3 L. Jolliffe, kirjassa *Food tourism around the world: Development, management and markets*, toim. C. Hall, L. Sharples, R. Mitchell, N. Macionis ja B. Cambourne, Routledge, Lontoo 2003, s.121-136.
- 4 C. Cabrera, R. Artacho ja R. Giménez, *J. Am. Coll. Nutr.*, 2006, **25**, 79-99.
- 5 C. Cabrera, R. Giménez ja M. C. López, *J. Agric. Food Chem.*, 2003, **51**, 4427-4435.
- 6 P. Pietta, *J. Nat. Prod.*, 2000, **63**, 1035-1042.
- 7 K. E. Heim, A. R. Tagliaferro ja D. J. Bobilya, *J. Nutr. Biochem.*, 2002, **13**, 572-584.
- 8 N. Khan ja H. Mukhtar, *Life Sci.*, 2007, **81**, 519-533.
- 9 S. Quideau, D. Deffieux, C. Douat-Casassus ja L. Pouységu, *Angewandte Chemie International Edition*, 2011, **50**, 586-621.
- 10 O. Yu ja J. M. Jez, *The Plant Journal*, 2008, **54**, 750-762.
- 11 D. G. Nagle, D. Ferreira ja Y. Zhou, *Phytochemistry*, 2006, **67**, 1849-1855.
- 12 J. V. Higdon ja B. Frei, *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2003, **43**, 89-143.
- 13 W. Yong Feng, *Curr. Drug Metab.*, 2006, **7**, 755-809.
- 14 M. S. Butt, R. S. Ahmad, M. T. Sultan, M. M. N. Qayyum ja A. Naz, *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 2015, **55**, 792-805.
- 15 B. N. Singh, S. Shankar ja R. K. Srivastava, *Biochem. Pharmacol.*, 2011, **82**, 1807-1821.

Kuva 1: http://en.wikipedia.org/wiki/Camellia_sinensis#/media/File:Csinensis.jpg
(Katsottu 3.6.2015)

Kuva 2: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Camellia_sinensis_%282%29.jpg
(katsottu 3.6.2015)