



## Hengissäpysymisen kemiaa

Johanna Suomi

**Verkkoperhosen toukat ovat tarkkoja ruokavaliostaan. Ne pitävät erityisesti sellaisista kirpakan makuisista kasveista, jotka tekevät niistä itsestään niin pahanmakuisia, että saalistajat etsivät mieluummin makoisamman aterian.**

Verkkoperhoset käyttävät ravinnokseen kuuteentoista eri heimoon kuuluvia kasveja, joista neljää selvästi yleisemmin kuin muita. Ravintokasviheimoista kaksitoista sisältää iridoideiksi kutsuttuja yhdisteitä, joista osalla on myös lääkinällisiä ominaisuuksia.

### Mitä iridoidit ovat?

Iridoidit ovat joissakin kasviheimoissa esiintyviä sekundäärisiä aineenvaihduntatuotteita. Sekundäärinen tarkoittaa, että kasvi saattaisi elää näitä yhdisteitä valmistamattakin, mutta niillä on merkitystä sen menestymisen kannalta. Ne saattavat esimerkiksi suojella kasvia syödyksi tulemiselta tai auttaa parantamaan sen saamia vammoja. Eri kasvilajeissa on yleensä erilaisia iridoideja. Biokemiallisesti iridoidit ovat sukua alkaloideille kuten kofeiinille ja strykniinille, mutta niiden rakenne poikkeaa näistä jossakin määrin.

Iridoideja esiintyy yli neljässäkymmenessä kasviheimossa, ja niitä tunnetaan satoja erilaisia. Rakenteiden perusteella ne voidaan jaotella neljään kemialliseen pääryhmään: iridoidiglykosidit, aglykoni-iridoidit, sekoiridoidit ja bisiridoidit. Selvästi yleisin ryhmä on iridoidiglykosidit, joissa perusrakenteeseen (aglykoniin) liittyy sokeriosa.

Sokerista huolimatta iridoidiglykosidit maistuvat karvailta ihmisen ja epäilemättä muidenkin luontokappaleiden suussa. Verkkoperhosen toukkia kirpaka maku kuitenkin miellyttää, sillä ne ovat erikoistuneet käyttämään iridoidiglykosideja kemiallisessa puolustautumisessaan. Toukat varastoivat ahmimansa iridoidit elimistöönsä ja tulevat niin pahanmakuisiksi, että yleissaalistajat kuten linnut ja muurahaiset etsivät mieluummin makoisamman aterian.

Ilmeisesti verkkoperhostoukat tunnistavat ravintokasvinsa siitä, että sen lehdistä tuntuu iridoidien maku. Iridoidiglykosideihin erikoistuneet perhoset välttävät syömästä kasveja, joista nämä aineet puuttuvat. Vaikuttaa siltä, että maku on tärkein valintaperuste. Eräässä tutkimuksessa toukat harhautettiin syömään jopa suodatinpaperia, johon oli imeytetty pisara iridoidipitoista liuosta.

Vaikka iridoideja tunnetaan satoja, kemiallisessa puolustautumisessaan iridoideja käyttävistä perhostoukista on tähän mennessä löydetty vain viittä iridoidiyhdistettä. Ne kaikki ovat olleet iridoidiglykosideja. Vaikka muutamat verkkoperhoset elävätkin sekoiridoideja sisältävillä kasveilla, niiden ei ole havaittu varastoivan niitä elimistöönsä.


Toukkien mieltymys iridoideihin ei ole muuttunut ajan mittaan

Niklas Wahlberg toteaa tuoreessa väitöskirjassaan "Verkkoperhosten evoluutio ja ekologia", että kun perhosten polveutumiskaavioon merkitään, sisältävätkö niiden käyttämät ravintokasvit iridoideja vai eivät, havaitaan, että taipumus käyttää iridoidipitoisia kasveja on säilynyt hyvin. Sitä vastoin itse ravintokasvit ovat vaihtuneet paljon helpommin.


Yleensä jos perhonen on syystä tai toisesta vaihtanut pääasiallista ravintokasviaan, se on valinnut tilalle jonkin toisen kasvin, joka myös sisältää iridoideja. Uuden ravintokasvin ei tarvitse olla edes samaan sukuun tai heimoon kuuluva kuin aiempi. Vaikuttaa siltä, että ne perhoset, joista verkkoperhosten heimo on polveutunut, söivät iridoidipitoisia kasveja. Nämä kasvit kuuluivat todennäköisesti tädykekasveihin.

Perhosen vaikea valinta






Perhostoukkien ravintokasvi määräytyy jo munintavaiheessa, sillä pikkuruisen pienet vastakuoriutuneet toukat eivät kykene etenemään kuin muutaman senttimetrin munintapaikasta. Perhosnaaraat käyttävätkin paljon aikaa soveliaan kasvin valintaan. On voitu todeta, että ne tekevät päätöksensä nimenomaan kasviyksilön ominaisuuksien eivätkä lajin perusteella.




Useimmiten perhoset kuitenkin suosivat yhtä ravintokasvilajia ja rajoittavat etsiskelynsä tämän lajin yksilöihin. Ilmeisesti kasvin biokemialliset ominaisuudet, kuten siinä esiintyvät iridoidit ja niiden pitoisuudet, vaikuttavat valintaan. Mutta todennäköisesti myös kasvin ulkoisilla ominaisuuksilla on merkitystä. Suuri ja lehtevä kasvi houkuttelee perhosta enemmän kuin pieni ja harvalehtinen, joka ei tarjoa toukille juurikaan suojaa. Ulkonäöstä ei kuitenkaan voi suoraan päätellä kasvin sisältämien yhdisteiden pitoisuuksia sen paremmin kuin kasvupaikastakaan. Saman lajisten ja lähellä toisiaan kasvavien kasvien iridoidipitoisuudet voivat näet poiketa toisistaan huomattavastikin.




### Poikkitieteellistä tutkimusta




Helsingin yliopistossa on Populaatiobiologian osaston ja Analyttisen kemian laboratorion välillä tehty jo jonkin aikaa yhteistyötä ainoastaan Ahvenanmaalla esiintyvän täpläverkkoperhosen (*Melitaea cinxia*) käyttäytymisen kemiallisten perusteiden tutkimiseksi. Tarkoituksena on ollut selvittää, vaikuttaako täpläverkkoperhosen ravintokasvien (heinäratamon ja tähkätädyn) iridoidiglykosidipitoisuus siihen, mille kasville emoperhonen päättää munia.




Tutkimuksessa on keskitytty kahteen iridoidiglykosidiin, joita erilaiset toukat ovat yleisimmin käyttäneet hyväkseen kemiallisessa puolustautumisessaan ja joita ravintokasvien tiedetään sisältävän merkittäviä määriä. Yhdisteet eristetään uuttamalla kasvinäytteistä samaan tapaan kuin teetä valmistettaessa ja niiden pitoisuudet määritetään kapillaarielektroforeesilla, yhdellä uusimmista analyysimenetelmistä. Sillä tutkittavat iridoidit saadaan myös erotettua kasvista uuttuneista muista yhdisteistä.




Iridoidiglykosidien pitoisuudet tutkituissa sadoissa näytteissä ovat yleensä useita prosentteja kasvin kuivapainosta, mutta määriin vaikuttavat ainakin kasvin kasvupaikka ja geneettiset ominaisuudet. Lopullisia tuloksia iridoidipitoisuuksien vaikutuksesta emoperhosen munintapäätökseen ei ole vielä saatu. Tähkätädyn ja heinäratamon väliset pitoisuuserot ovat kuitenkin selvät, ja kesän mittaan ne muuttuvat näillä lajeilla eri tavoin.



Myös täpläverkkoperhosen toukkien iridoidipitoisuuksia on tutkittu jonkin verran. Aivan pieniä toukkia ei ole pystytty analysoimaan. Talvehtimaan valmistautuvien ja keväällä juuri ennen koteloitumista kerättyjen toukkien kuivapainot vaihtelivat välillä 1-15 mg, ja kahden iridoidiglykosidin pitoisuudet olivat enimmillään kolmisen prosenttia otuksen kuivapainosta.



Vaikuttaa siltä, että iridoidit kertyvät täpläverkkoperhosen toukissa pääosin niiden hemolymfaan ("vereen"). Hemolymfassa iridoidien suhteellinen konsentraatio lienee siis samaa luokkaa tai jopa korkeampi kuin toukan ravintokasveissa.



*Kirjoittaja on FL, joka valmistelee väitöskirjaansa iridoidiglykosideista Helsingin yliopiston Analyttisen kemian laboratoriossa.*

