

Ikivanhat eliöt tulevaisuuden tuotantolaitoksina

■ Markus Hotakainen

Fotosynteesi eli yhteyttäminen on Maan elämän kannalta keskeinen tekijä. Sen avulla lukematomat eliömuodot tuottavat auringonvalosta ja vedestä energiaa ja happea. Fotosynteesiä ei silti tunneta vielä läpikotaisin. Integroidun fotosynteesi- ja metaboliittitutkimuksen huippuyksikössä tutkitaan yhteyttämistä ja solujen aineenvaihduntaa sekä luodaan pohjaa mahdollisille käytännön sovelluksille.

Huippuyksikön muodostavat Turun yliopiston biologian laitos ja Helsingin yliopiston sovelletun kemian ja mikrobiologian laitos. Yksikön johtajana on akatemiaprofessori **Eva-Mari Aro** Turun yliopistosta ja varajohtajana akatemiaprofessori **Kaarina Sivonen** Helsingin yliopistosta.

Turun yliopistossa on keskitytty fotosynteesiin ja Helsingin yliopistossa mikrobiologiaan. Keskeisenä tutkimuskohteena ovat syanobakteerit, jotka tunnetaan myös kesäajan uutisissa usein toistuvan sinilevän nimellä. Miksi juuri syanobakteerit?

– Syanobakteerit ovat viehättäviä organismeja, toteaa Sivonen. Ne saivat muinoin aikaan suuren mullistuksen, sillä ne olivat ensimmäisiä happea tuottavia eliöitä. Ilmakehän koostumus muuttui ja se teki mahdolliseksi aerobisen, happea käyttävän, elämän. Hapen avulla pystyy tuottamaan huomattavasti enemmän energiaa ja sen ansiosta alkoi kehittyä monisoluisia elämää.

Syanobakteerit ovat siis hyvin vanha elämänmuoto, joten ne ovat vuosimiljardien saatossa muuttuneet. Sitä on selvitetty sekä fylogeneettisen tutkimuksen että fossiilien avulla. Mikrobit muuttuvat kaiken aikaa, kun ne sopeutuvat

erilaisiin ympäristöoloihin. Syanobakteerit ovat kuitenkin yhä merkittävä eliöryhmä.

– Kun kasvit nappasivat sisäänsä syanobakteereja, joista sitten kehittyivät viherhiukkaset, kasveista tuli tärkeimpiä primäärituottajia maalla, mutta merissä syanobakteerit ovat edelleen tärkein tuottaja.

Kasvien ja syanobakteerien fotosynteesit muistuttavat toisiaan, ja etenkin Turun yliopiston biologian laitoksella on tutkittu kumpiakin. Syanobakteereja on kuitenkin käytetty malliorganismeina, koska kasvien kasvu on hitaampaa.

– Kasveissa kaikki tapahtuu muutenkin hitaammin. Jos tutkitaan suoraan viherhiukkasta, sillä voidaan tehdä nopeammin erilaisia asioita, esimerkiksi geneettistä muokkausta. Siksi syanobakteereja tutkimalla saadaan helpommin tietoa fotosynteesistä.

Kuolleesta tutkimuskohteesta eläväksi

Syanobakteerit ovat olleet vesistöjen tutkimuksessa aina tärkeä kohde. Kun on tutkittu esimerkiksi kasviplanktonia, syanobakteerit ovat olleet kaiken aikaa mukana tutkimuksessa.

– Limnologisessa tutkimuksessa on kuitenkin ongelmana, että näytteet tapetaan jo kentällä, eikä laboratorioissa päästä tutkimaan eläviä syanobakteereja. Mikrobiologiassa on oleellista, että organismit saadaan elämään keinotekoisessa ympäristössä, jossa voidaan tehdä fysiologista tutkimusta.

Sivoselle syanobakteerit ovat tulleet hyvin tutuiksi, sillä hän tutki niitä jo väitöskirjaansa varten.

– Kun aikoinaan aloitimme syanobakteerien

tutkimuksen, halusimme selvittää, onko Suomen vesistöissä myrkyllisiä syanobakteereja. Myrkyllisyyttä olisi ollut mahdollista tutkia, ellei bakteereja olisi viljelty laboratoriossa. Myrkylliset ja myrkyttömät bakteerit näyttävät mikroskoopissa samanlaisilta.

Kaikki syanobakteerit eivät kuitenkaan ole myrkyllisiä. Miksi osa on ja osa ei?

– Toisilla on sellaiset geenit, että ne tuottavat myrkyä, ja toisilta ne uupuvat, Sivonen naurahtaa.

Syanobakteerit tuottavat eukaryoottimyrkkyjä, joita ne käyttävät puolustautuakseen vihollisiaan, eläinplanktonia ja kaloja, vastaan. Tällä hetkellä ei kuitenkaan ymmärretä, miksi jotkut syanobakteerit tuottavat myrkyä, sillä puolustusmekanismina ne ovat eräänlaista ”jälkiviisautta”.

– Kun teimme syanobakteereille geneettisiä analyyseja ja tutkimme myrkyä tuottavien geenien evoluutiota, totesimme niiden olevan hyvin vanhoja. Ne ovat muodostuneet ennen kuin eukaryoottisolut kehittyivät, joten herää kysymys, miksi ne ylipäätään kehittyivät.

Myrkyjen lisäksi syanobakteerit tuottavat myös muita bioaktiivisia aineita, jotka vaikuttavat soluissa tapahtuviin reaktioihin. Syanobakteereista saatavat aineet voivat joko nopeuttaa, hidastaa tai estää erilaisia reaktioita. Tällaisista yhdisteistä voidaan mahdollisesti kehittää uusia lääkkeitä.

– Alkuun olimme kiinnostuneita nimenomaan myrkyistä, mutta kun muualla maailmassa oli löydetty aineita, joita voisi kenties hyödyntää lääkeaineina, aloimme tutkia suomalaisista järvistä eristettyjä syanobakteereja myös tältä kantilta. Löysimmekin syanobakteereita, jotka tuottavat hyödyllisiä aineita.

Bakteerit lääketehaina

Lääkeaineiden kehittämisen kannalta on tutkittu paljon aktinobakteereja ja erityisesti streptomyykkeitä, jotka tuottavat streptomysiiniä ja muita antibiootteja. Syanobakteerien tuottamiin potentiaaliin lääkeaineisiin kuuluu esimerkiksi proteaasi-inhibiittoreita, jotka vaikuttavat veren hyytymistekijöihin, sekä mahdollisesti syöpä-

lääkkeiksi soveltuvia yhdisteitä.

– Yksikään niistä ei ole vielä päässyt lääkkeeksi asti, mutta moni aine on edennyt aivan kalkkiviivoille saakka. Mekin tutkimme erilaisia antileukemia-aineita, mutta niiden suhteen olemme vielä perustutkimuksen tasolla.

Syanobakteerien ”kilpavarustelu” tuottaa kiinnostavia aineita. Kun jokin syanobakteeri tuottaa tietyllä tavalla vaikuttavaa ainetta, toinen syanobakteeri voi tuottaa ainetta, joka estää sen toiminnan.

– Olemme löytäneet esimerkiksi maksaa suojaavia yhdisteitä. Tiettyjen syanobakteerien tuottama aine estää toisten syanobakteerien tuottaman myrkyä, mikrokystiiniä, vaikutuksen. Aineen havaittiin estävän mikrokystiinin pääsyn maksasoluihin. Vaikka suojaavat aineet ovat rakenteeltaan samanlaisia rengasmaisia peptidejä kuin myrkytkin, ne ovat myrkyttömiä.

Tällaisista aineista on kenties mahdollista kehittää lääkkeitä. Toinen potentiaalinen käytännön sovellus on biovedyn tuotanto.

– Meidän tutkimuksemme kannalta keskeinen on oma kantakokeemme, joka on eristetty Suomesta. Yhtenä lähtökohtana biovetytuotannon tutkimuksessa on ollut se, että suomalaiset syanobakteerit ovat meillä todennäköisesti tehokkaimpia vedyn tuottajia.

Biovety olisi ideaaliratkaisu energiaongelmaan, sillä se tuottaisi hyvin puhdasta energiaa: vedyn palaessa syntyy vettä. Syanobakteerien käyttö biovedyn tuotantoon on kuitenkin vasta tutkimusvaiheessa ja kaupallisiin sovelluksiin on vielä matkaa.

– Uskoisin, että käytännön toteutus on melko kaukana tulevaisuudessa ja sen eteen on tehtävä vielä paljon tutkimusta. Biovedyn tuotannossa on kuitenkin paljon potentiaalia.

Ratkaisu sinileväongelmaan?

Onko syanobakteerien tutkimuksesta odotettavissa keinoja, joilla voitaisiin ratkaista jokakesäisen sinileväongelma?

– Vesien suojeleminen on tärkein asia. Kun olemme tehneet kasvatuskokeita, olemme huomanneet, että mitä enemmän vedessä on fosforia, sitä enemmän syanobakteerit lykkäävät myrkyä.

Kyse ei ollutkaan stressitekijästä, kuten aiemmin luultiin, vaan bakteerit tuottavat myrkköjä silloin, kun niillä on siihen varaa.

Ongelmana on lisäksi se, että vesistöjen rehevöityminen lisää paitsi myrkyntuotantoa myös erilaisten myrkyntuottajien määrää. Kun yli 70 suomalaisesta järvestä otetuista näytteistä tehtiin läpileikkaus ja niistä poimittiin myrkyntuottajat, kävi ilmi, että mitä rehevämpi järvi, sitä enemmän siellä oli erilaisia myrkyntuottajia.

– Olemme sekvensoineet suomalaisten ”myrkyntuottajien” genomeja, niiden avulla on tarkoitus tutkia esimerkiksi sitä, miten fosforin määrä vaikuttaa syanobakteerien kasvuun ja bioaktiivisten aineiden tuottoon. Sillä tavalla yritämme saada uutta tietoa geenien tasolla.

Suomessa on pitkä ja pimeä talvi, ja toisaalta yötä myöten valoisa kesä. Vuodenaikojen vaihtelu näkyy bakteerien käyttäytymisessä.

– Esimerkiksi maksamyrkköjä tuottavien syanobakteerien populaatio pienenee odotusten mukaisesti talvella. Toisaalta tyypeä suoraan ilmakehästä sitovien syanobakteerien massasiintymiä on silloin, kun tyypeä ei muuten ole saatavilla. Talven ajaksi ne kehittävät leposoluja eli akineetteja, joista tiedetään hyvin vähän. Niiden ominaisuudet ja toiminta ovat yksi tutkimuskohteistamme.

Syanobakteereihin vaikuttavat myös muut ympäristötekijät kuin vesien rehevöityminen. Tällä hetkellä Itämeren hallitsee *Nodularia spumigena* -niminen syanobakteeri, joka tuottaa maksamyrkköjä. Se tarvitsee kuitenkin kasvaakseen suolaa. Jos Itämeren suolapitoisuus vähenee, tilalle on tulolla yhtä lailla myrkyllinen *Anabaena*, jota on jo löydetty Suomenlahdesta.

– Näiden kahden lajin välisestä kilpailusta on tarkoitus tehdä tutkimusta, jotta pystyisimme laatimaan ennusteita siitä, mitä Itämeressä tulee tapahtumaan esimerkiksi ilmaston lämpenemisen myötä. Se on selvää, että sinilevättilanne ei ainakaan helpotu.

Kirjoittaja on tiedetoimittaja ja tietokirjailija.

TEKNIIKAN MUSEO LAAJENE POP UP -MUSEONA KESÄLLÄ KAAPELITEHTAALLE

Tekniikan museo laajenee satelliittinäyttelyllään Helsingin Kaapelitehtaalte kesän ajaksi osana *Hi Design 2012* -näyttelyä. 8.6.–2.9.2012.

Teknologiaeollisuuden ja World Design Capital Helsinki 2012 -organisaation toteuttama näyttely esittelee suomalaisten yritysten korkeatasoista teollista muotoilua. Tekniikan museo osallistuu näyttelyyn omalla osuudellaan näkökulmana innovaatioiden ja tekniikan historia.

Muotoiluvuoden näyttelyt Tekniikan museossa: Kurkistuksia tekniikkaan ja designiin 1.2.–31.12.2012; Muotoilijan polku 1.2.–31.12.2012. Kättä pitempää – työkalujen tekniikkaa 1.2.–31.7.2012; Liedeltä pöytään – suomalaisia designvaluja 1.9.–31.12.2012.

Lisätietoja:

Marjo Mikkola, museonjohtaja, puh. 050 3755 687
Anna Iso-Ahola, projektipäällikkö, anna.iso-ahola@tekniikanmuseumo.fi, puh. 045 341 4544
www.tekniikanmuseumo.fi

NÄKÖKULMIA TATU VAASKIVEEN

Perjantaina 21.9. klo 13–16 SKS:n juhlasalissa (Hallituskatu 1, Helsinki) pidetään Tatu Vaaskiven (1912–42) 100-vuotisjuhlaseminaari, jonka avaa arkistonjohtaja **Ulla-Maija Peltonen**. Lisäksi kuullaan:

- Vaaskivi ja kulttuurikritiikin ajankohtaisuus, tutkija **Veli-Matti Pynttari**
- Vaaskivi ja psykoanalyysi, dosentti **Juhani Ihanus**
- Synteettinen elämäkatsomus – Vaaskiven ja Nietzschen yhteisiä piirteitä, sovellussuunnittelija **Jukka Pennanen**
- Vaaskivi ja Vaaskivi-plaketti, dosentti Juhani Niemi
- Keskustelua ja seminaarin päätös, puheenjohtaja **Elisabeth Nordgren**, SARV

Seminaariin on vapaa pääsy. Ei ennakkoilmoittautumista. Lämpimästi tervetuloa!

Lisätietoja: tiedotus@finlit.fi