

Koeputkikinkku

Liha ravinnossamme on laajan keskustelun kohde. Ihmisiä puhuttavat tuotanto-eläinten hyvinvointi sekä lihaan liittyvät ympäristö- ja ravitsemuskysymykset. Erääksi ratkaisuksi saattaa nousta lihan tuottaminen reaktoreissa soluviljelminä kantasoluista ja sopivista raaka-aineista. Tarkoituksena on pohdita, voisiko ja pitäisikö lihaa tuottaa keinotekoisesti – tai pikemminkin miksi ei pitäisi.

Miksi lihankulutusta tulee pitää silmällä?

Globaali lihankulutus lisääntyy vakaasti 2–3 %:n vuosivauhtia. Kun kulutus vuonna 1961 oli vain 67 miljoonaa tonnia, viime vuonna se oli jo arviolta 300 miljoonaa tonnia. FAO:n *Livestock's Long Shadow'n* (2006) mukaan tämä tuotanto vaatii 30 % elintarvikkeiden tuotantoon kelpaavasta maa-alasta ja 8 % käyttökelpoisesta vedestä. Lisäksi se aiheuttaa 18 % ihmisen toiminnasta johtuvista kasvihuonekaasuista. Suurimmat tekijät tässä ovat muutokset maankäytössä sekä märehitijöiden ja lannan tuottama metaani ja typpioksidi. Lihantuotannon ympäristövaikutukset vaihtelevat alueittain. Yllättävää kyllä, tehotuotanto on ympäristöä säästäväintä tuotettua lihakiloa kohti, mutta laiduntamiseen perustuvat tuotantomuodot ovat silti monin paikoin konkreettisesti edullisempia, kun vertailussa otetaan huomioon laajalti taloudellisia, teknisiä ja kulttuurisia näkökohdista. Huolestuttava piirre maailmanlaajuisesti on, että rehuntuotantoon raivataan koko ajan alueita, jotka muutoin sitoisivat hiiltä ilma-

kehästä mutta jotka nyt raivattuina aiheuttavat suuria hiilidioksidi-, metaani- ja typpioksidemissioita. Lihantuotannolla, kuten muullakin elintarviketuotannolla, on myös muita ympäristövaikutuksia, esimerkiksi vesistöjen rehevöityminen ja alailmakehän otsonipitoisuuden lisääntyminen.

Massiivinen lihantuotannon kasvu johtaa maapallon kannalta kestävämpään tilanteeseen. Hankalaa on myös se, että eläintuotteiden henkilöä kohti lasketun kulutuksen kasvu on suurinta juuri runsasväkisissä kehittyvissä maissa, mikä sinänsä on kohtuullista parantuvan ravitsemuksen ja elintason vuoksi. Kehittyneissä maissa ei kulutuksen lisäämistä voida enää näin perustella.

Suomessa maankäyttö ja vedenkulutus eivät ole samanlaisia ongelmia kuin globaalisti, mutta vesistöjen kuormittumisessa maanviljelyk-



Kuva: iStock

sellä ja siinä kotieläintuotannolla on toki suuri merkitys. Suomessa maatalous soveltuu hyvin rehuntuotantoon, ja meillä tuotanto useimmiten ylittää tarpeen; vain rehuproteiinin suhteen emme ole omavaraisia. Suomessa lihankulutus aiheuttaa noin neljänneksen koko elintarviketeollisuuden tuottamista kasvihuonekaasuista. Tämä on suunnilleen 5 % kaikista aiheuttamistamme kasvihuonekaasuista (Lausmaa 2010). Siirtyminen kokonaan vegaaniseen (ei lainkaan eläinperäisiä tuotteita) ravintoon pienentäisi suomalaisten hiilidioksidipäästöjä 8 % (Risku-Norja ym. 2009). Suomi kuluttaa ainoastaan runsaan promillen maailman lihasta. Toisaalta olemme osa maailmaa suhteessa oikeuksiimme ja velvoitteisiimme.

Ravitsemukselliset näkökohdat tuodaan Suomessakin helposti esiin, kun keskustellaan lihankulutuksesta. Kritiikki kohdistuu useimmiten lihan rasvoihin. Suomalaisen lihan rasvaisuutta on kuitenkin vähennetty määrätietoisin ponnistuksin jo lähes vuosisadan ajan. Tulokset ovat olleet erinomaisia, sillä rasvan osuus lihasta on pienentynyt alle puoleen entisestä. Lihasta saatavan rasvan määrä ei olekaan sadassa vuodessa juuri lisääntynyt, vaikka lihan kulutus on yli kaksinkertaistunut. Sianlihasta saamme keskimäärin 16 % rasvan kokonaissaannistamme, naudanhasta 4 % ja siipikarjanlihasta 3 %. Muusta lihasta saadun rasvan osuus on prosenttien luokkaa. Lihan rasvahapoista keskimäärin runsaasti yli puolet on tyydyttymättömiä. Siipikarjan rasva on ravitsemussuosituksen mukaista ja sian rasvakin lähellä suosituksia. Naudan rasvassa sen sijaan on tyydyttymättömiä rasvahappoja vain hie- man yli 40 % (Lihatiedotus). Lisäksi Suomessa on nyt kehitetty sikojen ruokintajärjestelmä, jonka avulla pystytään tuottamaan täysin ravitsemussuosituksen mukaista sian rasvaa, eli tyydyttyneitä rasvahappoja on alle kolmannes kaikista. Toivottavaa olisikin, että lääkärikunta huomaisi ja tunnustaisi suuren työn, joka liha- alalla on Suomessa tehty rasvakysymyksessä. Lisäksi on hyvä muistaa lihasta saatavat vitamiinit ja kivennäisaineet, erityisesti rauta.

Lihantuotannon, samoin kuin muunkin elintarviketuotannon, jatkuva tehostaminen on johtamassa yhä suurempiin vaikeuksiin.

Kasvikunnan tuotteiden osalta tehotuotannon myötä kärsii viljelykasvien maku ja taudinkestävyys. Myös geeniperimä yksipuolistuu. Tuotantoeläinten suhteen ongelmana ovat lisäksi hyvinvointinäkökohdat. Esimerkiksi kehon rakenteiden muotoutuminen sekä lihasten ja verenkiertoelimien määräsuhteet etäännyvät luonnonvalinnan mukaisesta kehityksestä, mikä luultavasti johtaa eläinten epämukavaan oloon, jopa kärsimykseen. Tehokasvatukseen liittyy luustovaurioita, patologisia lihasmuutoksia ja oksidatiivisen kapasiteetin ongelmia, kun nopeasti kasvavien eläinten lihasten solutyypin jakauma muuttuu anaerobiseen suuntaan. On vaikea arvioida, voiko tästä tehdä rinnastuksia ihmisiin. Joskus kuitenkin tuntuu, että ihmisten koossa, rakenteessa ja liikapainossa on samankaltaisuutta tehokasvatettujen eläinten ominaisuuksien kanssa. Eläimet tosin ovat kuin bodareita: niiden kehossa ei ole liikaa rasvaa, kuten ylipainoisilla ihmisillä useimmiten on. Ihmisiä ei tietenkään voi eikä pidä jalostaa, mutta oikealla tavalla tasapainotetun ravinnon ja liikunnan merkitystä kehon rakenteiden kestävyiden ja elimistön suorituskyvyn kannalta tulee edelleen korostaa, koska tällä on suuri vaikutus terveyteen ja hyvinvointiin.

Ongelmanratkaisun kaava

Uuden, kasvavan ongelman (esim. BSE eli hullun lehmän tauti) havaitsee ensin joku terävä yksilö, usein tutkija. Hän selvittää asiaa usean vuoden ajan, ja tänä aikana muut tutkijat ja alaa sivuava elinkeinoelämä pitävät asianomaista tutkijaa propellipäisenä hysteerikkona. Lopulta tiedeyhteisö tunnistaa ongelman. Tämä vaihe kestää yleensä 3–5 vuotta. Sen jälkeen vie toiset 3–5 vuotta ennen kuin tutkimus selvittää ilmiön mekanismit ja kehittää siihen korjaustoimenpiteet. Edelleen kuluu 5–10 vuotta, jotta korjaamisen infrastruktuuri yhteiskunnassa saadaan toimimaan. Ympäristöongelmat ovat niin laajoja ja monisyisiä, että edellä kuvattu aikataulu on valitettavasti kerrottava moninkertaisesti. Sama koskee sitä, miten ravinnontuotanto yleensä ja lihankulutus erikseen kyetään hoitamaan. Ravinnon-



Kuva: iStock

saanti on ollut kriittinen eliöpopulaatioita muokkaava tekijä niin kauan kuin elämää on ollut, mutta ensimmäistä kertaa ihmisten toiminnan tuloksena siihen liittyy nyt maapallon biosfäärin kestävyysnäkökohta. Ihmisten on ratkaistava tämä ongelma yhdessä, muualta on turha odottaa apua.

Koeputkiliha

Jo 1950-luvulta lähtien ja oikeastaan aikaisemminkin laboratorioissa on osattu tuottaa eläinsoluviljelmiä, ja kaiken aikaa kehitetään menetelmiä suurimittaista tuotantoa varten. Perusteluina ovat lähinnä ympäristösyöt, mutta samalla tuodaan esille eläinten hyvinvointi ja ravitseminen sekä eläintautiriskit. Kaikista näistä tekijöistä aiheutuvia haittoja katsotaan voitavan vähentää korvaamalla tavallinen liha tekolihalla. Tavaksi on tullut siteerata Winston Churchillia, joka jo vuonna 1932 totesi (vapaasti suomennettuna): ”50 vuoden päästä tästä hetkestä olemme päässeet eroon järjettömyydestä kasvattaa kokonainen broileri, kun haluamme siitä vain fileen ja koiven: kasvatamme vain nämä haluamme osat sopivalla kasvualustalla!” ”Verta, hikeä ja kyyneleitä” ei siis ole hänen ainoa kuolematon lausahduksensa.

Teknologiaa on kehitetty erityisesti Alankomaissa, Yhdysvalloissa ja Englannissa. Se perustuu eläimestä eristetyn varhaisvaiheen kantasolun ravitsemiseen yksisoluproteiinilla (The In Vitro Meat Consortium 2008), esimerkiksi syanobakteerimassalla (Tuomisto ym. 2011). The In Vitro Meat Consortium on esittänyt prosessivaiheiden virtauskaavioita, jotka sisältävät yksisoluproteiinin tuotannon ja itse varsinaisen lihassolutuotannon monine ravinto- ja kasvutekijälisäyksineen, autoklavointeineen ja sentrifugointeineen. Tämä kaikki osoittaa, että tuotannossa tarvitaan korkeatasoista bioteknistä osaamista ja erikoislaitteistoja, mikä rajoittanee prosessien käyttöä ja kasvattanee niiden hintaa. Prosessista syntyy myös jätettä, vaikkakin itse lihassoluviljelmä-nesteitä voidaan käsittelyjen jälkeen käyttää prosessissa uudestaan.

Teknologia on pienimuotoisessa käytössä hyvin hallinnassa, mutta suurempaa tuotantoa ei vielä ole. Soluviljelmän kasvatusvaatimukset ravinteineen (glukoosi, aminohapot, mineraalit), olosuhteineen ja hormonaalisine säätelyineen osataan. Raaka-aine- ja energialähteet ovat tiedossa. Suomalainen Hanna L. Tuomisto (2011) on Oxfordin yliopistossa tekemässään väitöskirjassa laskenut, että keskimääräiseen eurooppalaiseen lihantuotantoon

verrattuna tekolihan tuotanto kuluttaa 7–45 % vähemmän energiaa, tuottaa 78–96 % vähemmän kasvihuonekaasuja, edellyttää 99 % vähemmän maata ja vie 82–96 % vähemmän vettä. The In Vitro Meat Consortium (2008) kuitenkin totesi, että eurooppalainen siipikarjanlihan tuotanto on kuitenkin energiatehokkaampaa kuin tekolihan tuotanto. On ajateltu, että prosessien tarvitsema energia voidaan tuottaa esimerkiksi Saharassa aurinkoenergialla. Ja aurinkoenergiaahan maapallolla riittää. Biosfääri sitoo siitä vain promillen, ja ihmiskunnan kokonaisenergiankulutus uusiutumattomat energianlähteet mukaan lukien taas on vain noin kymmenes maan pinnalle asti tulevasta energiamäärästä.

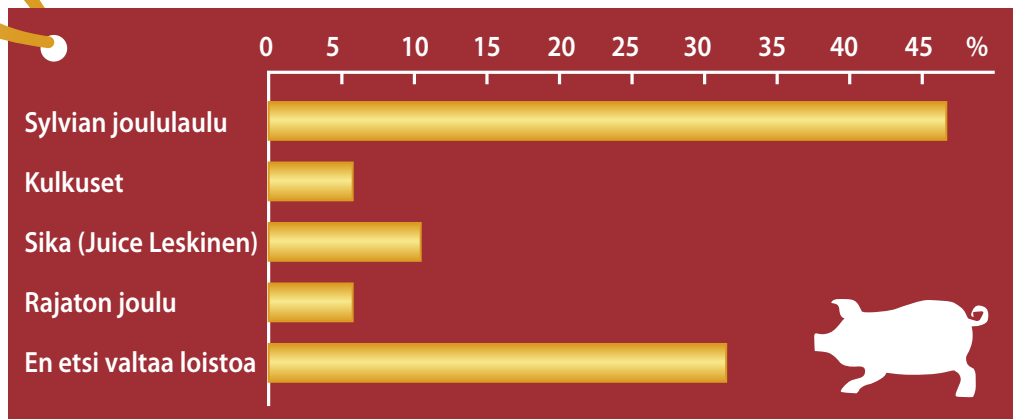
Koeputkesta suurtuotantoon?

Lihassy muodostuu useista, jopa sadoista pyöreistä varhaislihassoluista fuusion kautta pitkänomaiseksi monitumaiseksi rakenteeksi, jolla on kyky tuottaa voimaa lyhentymällä. Lihaksen sisäinen sidekudos liittyy lihassyt yhteen ja antaa siten lihalle rakenteen. Lihassyitä kutsutaan usein epätarkasti lihassoluksi, kuten tässäkin kirjoituksessa. Lihassy on varsin monimutkainen kokonaisuus kalvorakenteineen, kapillaareineen, hormoniohjauksineen ja moinine muine soluelimineen ja reaktioineen. Vapaasti liikkuvat soluviljelmät saadaan luultavasti kasvamaan koeputkea suuremmisakin

astioissa. Niin sanotussa 3D-mallissa solut organisoituvat reaktioastiaan luotuun kollageeniverkostoon kerroksittain, niin että ravinteiden ja hapen kulku soluihin mahdollistuu. Kuitenkin jo nyt tiedetään, että ilmastushapen kulkeutuminen tiheisiin solukoihin on ongelma. Kun hiussuoniverkostoa ei ole, hapen kulku diffuusion avulla tulee sitä vaikeammaksi, mitä paksummaksi solukko muodostuu, sillä hapen osapaine-erot solukon eri osissa voivat olla liian suuria tai pieniä. Näitä teknisiä ongelmia ollaan kuitenkin voittamassa, ja alan komaalaisen professori Mark Postin (2012) mukaan massavalmistus onnistuu jo nyt. Nykyisillä kulutusmäärillä se vaatisi kuitenkin 250-litraisen reaktorin jokaista lihankuluttajaa varten. Kukin voi pohtia, onko sellainen realistista tai mielekäästä.

Alan maallikon mieleen nousee joukko kysymyksiä. Lihaa tuotetaan maailmassa vuosittain arviolta 300 miljoonaa tonnia, ja tekolihan mahdollisen suurtuotannon aikanaan alkaessa se lienee luokkaa 400 miljoonaa tonnia. Käsillä mahtaisi olla melkoinen logistinen ongelma, kun aurinkoisille alueille rahdattaisiin ensin ravinteita syanobakteereille ja sitten liha kuljettettaisiin solutehtaista kuluttajille. Melkoinen haaste olisi autoklavoida viisi miljoonaa tonnia mikrobien kasvualustaa vuorokaudessa (tuotto n. 200 kg lihassolumassaa kasvatusliuoksen kuutiometriä kohti). Tekoliha ei siis soveltune koko lihantuotannon ratkaisuksi, korkeintaan

Lääkärin joulutesti: Mikä on lempijoululaulusi?



osaratkaisuksi. Verrattuna esimerkiksi vapaasti laiduntavaan karjaan tällainen tuotantoprosessi ja näin syntyvä ruoka ei ole kovin luonnonmukaista. Niin sanottujen factory farming -tyyppisten megakasvattamoiden luonnonmukaisuudesta ja eläinten hyvinvoinnista niissä voidaan toki käydä oma keskustelunsa.

Jos solumassaan todella halutaan lihasrakennetta kulinaaristen seikkojen vuoksi, sidekudoksen (lihamaisen rakenteen), rasvakudoksen ja makuaineiden aikaansaaminen muodostunee ongelmaksi. Eräs näkökohta rasvan osalta on, että tuotteen rasvahappokoostumus voidaan muokata halutuksi riippumatta siitä, mistä eläinlajista kantasolu on eristetty. Kokemukset omilta tutkimusalueiltani saavat kuitenkin miettimään, että monimutkaisesti ohjautuva hiilihydraattiaineenvaihdunta ja siitä seuraava pH-arvon kehitys kuoleman jälkeen sekä pH:sta ja mineraaleista paljolti johtuva vedenpidätyskyky (lihan mehukkuus) lienevät vaikeasti hallittavia tekijöitä. Missä vaiheessa solukko muutetaan ATP:tä jatkuvasti tuottavasta aerobisesta systeemistä anaerobiseksi, jolloin soluissa oleva glykogeeni muuttuu pääosin maitohapoksi? Maitohappo vaikuttaa makuun suuresti. Kysyttyäni asiasta Mark Postilta hän totesi, ettei ollut edes tullut ajatelleeksi hiilihydraatteja. Liha-alan ammattilaiselle nämä asiat sen sijaan tulevat heti ensimmäiseksi mieleen. Mitä termiä muuten tulisi käyttää ilmauksen ”kuoleman jälkeen” (post mortem) asemasta? Hankkeen puolestapuhujat nimitäin korostavat juuri sitä, että tekolihasa kysymys ei ole ”elämästä” vaan bioprosessista.

Tekoliha ei ole lihajäljitelmää vaan oikeaa lihasolumassaa. Ravitsemuksellisesti vähempiarvoisessa muodossa olevat lähtöaineet on muutettu ihmiselle paremmin soveltuvaan muotoon, ”lihaksi”. Tavallisestihan tämän tekevät puolestamme lihantuotantoeläimet, jolloin esimerkiksi muuhun elintarvikekäyttöön soveltumattomista laimutusta saadaan lihaa, maitoa ja munia. Solut eivät kuitenkaan helposti jatka erilaistumista varsinaiseksi lihaskudokseksi sidekudoskalvoineen, kapillaareineen ja rasvasolukkoineen, saati sitten muiksi kehonosiksi (luut, sisäelimet, hermosto jne.), sillä tämä vaihe on lihasoluvaiheessa jo ohi-

tettu. Se on tässä tapauksessa pelkästään hyvä asia, koska niiden tuottamiseen ei tarvitse käyttää tarpeettomasti resursseja. Pitkän aikavälin tavoitteena Maastrichtin yliopistossa on kuitenkin valmistaa varsinaista lihaskudosta. Tekoliha on edellä sanotun vuoksi sinänsä mielekäs vaihtoehto elintarvikeraaka-aineen tuottamiseksi, mutta varmasti olisi muitakin mahdollisuuksia tekolihan valmistuksessa käytettävien lähtöaineiden jalostamiseen.

Epäilyistäni huolimatta tekolihaa pystytään tuottamaan jo satoja grammoja kerrallaan. Epärealistisen kallista se tietenkin vielä on, mutta tavoite on tuottaa tekolihaa suurin piirtein samaan hintaan kuin lihaa keskimäärin. Tämä merkitsisi sitä, että tekoliha olisi halvempaa kuin naudanliha mutta kalliimpaa kuin broilerinliha Euroopassa nykyään (The In Vitro Meat Consortium 2008). Kantasolua voi periaatteessa monistaa rajattomasti, ja siten vain ravinteet ja energia sekä prosessiteknologia ja logistiikka asettavat tuotannolle rajat.

Onko tekoliha todella tarpeen?

Olen aina ihmetellyt intoa tehdä lihan korvikkeita. Niitä valmistetaan milloin mistäkin raaka-aineesta: soijasta, herneestä, homeproteiinista, perunasta ja niin edelleen. Tulokset vaihtelevat. Lihasta nämä valmisteet eivät mene, mutta lihavalmisteita jäljittelevistä tuotteista on saatu jollakin tavoin kelvollisia. Nyt siis pitäisi tehdä lihassolukkoakin keino-tekoisesti. Miksi tämä vaiva? Miksi tekolihan raaka-aineista ei tehdä omia konstailemattomia tuotteitaan, kun niiden käyttöön on hyvät perusteet.

Lihan korvikkeiden ja tekolihan suhteen tilanne voi olla vähän sama kuin alkoholittomien viinien tavoitellaan jotakin muuta sinänsä hyvää ja tarpeellista, mutta lopputulos on vain jotakin sinne päin. Jouluna koeputkesta tiristettäisiin Saharassa tuotettua tekokinkkua uuninritilälle kypsennettäväksi. Ei tarvitsisi miettiä, tuliko nahkapuoli ylöspäin vai se toinen puoli. Koeputkikinkku nautitaan muovikuusen alla sähkökynttilän valossa (vihreää sähköä, tai jos sitä ei ole, maalataan kynttilä vihreäksi). Päälle ryyppättäisiin alkoholiton-

ta Koskenkorvaa (= vettä, jossa on sokeria 3 g/l). Voi sitä autuutta!

Onko tekoliha osaratkaisu maailman ympäristöongelmiin ja eläinten terveys- ja hyvinvointikysymyksiin? Saapa nähdä, aikaa siihen ainakin vielä menee. Tänä jouluna on vielä tyytyminen aitoon kotimaiseen joulukinkkuun, jonka maku, rakenne, proteiinit, rasva,

vitamiinit ja kivennäisaineet sekä tuki suomalaiselle maaseudulle täyttävät paitsi kehon vaatteet myös fysiologiset ja mentaaliset mielihyväkeskuksemme ääriään myöten! ■

EERO PUOLANNE, emeritusprofessori
Helsingin yliopiston elintarvike- ja ympäristötieteiden laitos
PL 66, 00014 Helsingin yliopisto

KIRJALLISUUTTA

- FAO. Livestock's Long Shadow – Environmental Issues and Options; Food and Agricultural Organization of the United Nations. Rome 2006.
- The In Vitro Meat Consortium. Preliminary economics study of cultured meat. eXmoor Pharma Concepts 2008. www.new-harvest.org/img/files/culturedmeat-con.pdf

- Lausmaa A. Liha ja ympäristö. Esitelmä 2010. Reilua.fi Oy.
- Lihätiedotus. www.lihatiedotus.fi/www/fi/Liitetiedostot/Valitsehyvaa_ala_piilota_rasvaa.pdf
- Post MJ. Cultured meat from stem cells: Challenges and prospects. *Meat Sci* 2012;92:297–301.
- Risku-Norja H, Kurppa S, Helenius J. Dietary choices and greenhouse gas

emissions – assessment of impact of vegetarian and organic options at national scale. *Progr Ind Ecol* 2009;6:340–54.

- Tuomisto HL, Teixeira de Matto MJ. Environmental Impacts of Cultured Meat Production. *Environ Sci Technol* 2011; 45:6117–61.