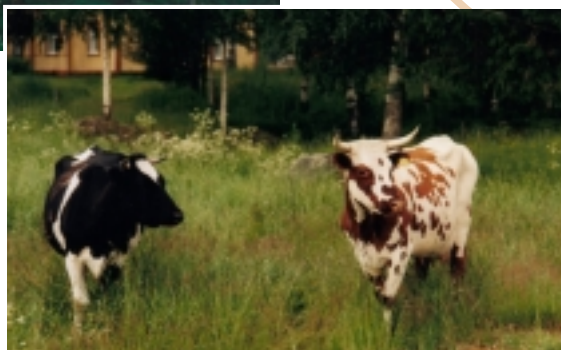




Lehmäkulttuuri ja sen tulevaisuus

Professori Kalle Maijalan 75-vuotisjuhlaseminaari

Kalle Maijala (toim.)



Kotieläintuotanto

Maa- ja elintarviketalous 8
71 s.

Lehmäkulttuuri ja sen tulevaisuus

**Professori Kalle Maijalan 75-vuotisjuhlaseminaari,
Helsinki, 27.5.2002**

Kalle Maijala (toim.)

ISBN 951-729-677-0 (Painettu)
ISBN 951-729-678-9 (Verkkójulkaisu)
ISSN 1458-5073 (Painettu)
ISSN 1458-5081 (Verkkójulkaisu)

www.mtt.fi/met/pdf/met8.pdf

Copyright

MTT

Kirjoittajat

Julkaisija ja kustantaja

MTT, 31600 Jokioinen

Jakelu ja myynti

MTT, Tietopalvelut, 31600 Jokioinen

Puhelin (03) 4188 2327, telekopio (03) 4188 2339

sähköposti julkaisut@mtt.fi

Julkaisuvuosi

2002

Kannen kuvat

Anne-Mari Niemi (vas. kuva) ja Raakel Viljamaa

Lehmäkulttuuri ja sen tulevaisuus

Kalle Maijala

Haapatie 13 D, 00780 Helsinki, kmaijal@kmaijal.pp.fi

Tiivistelmä

DNA-tutkimusten mukaan eurooppalainen ja zebu-karja ovat alkaneet eriytyä jo yli 100 000 vuotta sitten. Kyttyrätön karja näyttää kesytetyn Lähi-idässä, zebu-karja Etelä-Pakistanissa ja Afrikassa. Suomessa lehmä on ollut 3 000 vuotta. Maatiaiskarjamme esivanhempia vietiin Länsi-Norjaan ja sieltä 800-900-luvuilla Islantiin. Maitotaloudesta tuli Suomen maatalouden päätuotantomuoto 1860-luvun nälkävuosien ja talvisodan välillä. Lehmien ruokinnan ja hoidon muutoksia edisti alan tutkimuksen, opetuksen ja neuvonnan alkaminen 1800-luvun lopulla. Laidunruokinta oli aluksi keskeistä. 1920-luvulla kehitetty vihreän rehun säilöntämenetelmä syrjäytti vähitellen kuivan heinän sisäruokintakauden perusrehuna ja on nykyisin n. 40 % rehun energiasta. Pyöröpaalainten ja esikuivatun säilörehun käyttö on yleistynyt ja vaikuttanut navettarakennuksiinkin. Pihatot ovat yleistyneet. Lypsy- ja rehunjakotekniikat ovat koneellistuneet. Ruokinnan suunnittelussa on hyödynnetty kehittyvää tietotekniikkaa. Rehuteollisuuden merkitys on kasvanut. Lehmien maidontuotanto on ollut tärkeä hyvinvoinnillemme. Sen osuus maatalouden tuloista on vieläkin 4/10, ja naudanlihan tuotannosta 9/10 perustuu lypsylehmiin vasikoihin. Maitoa on pidetty täydellisimpänä ruoka-aineena, se lisää muiden ruokien ravintoarvoa. Lehmä pystyy tekemään maitoa ihmisille sopimattomasta aineksestä, mm. nurmirehusta, jonka energia- ja proteiinisadot ovat Suomessa 1,5-kertaiset viljaan verrattuna. Rasvan vieronta ravitsemuksessa on vaikeuttanut maidon koostumustavoitteiden asettelua, kun rasva- ja proteiinipitoisuudet ovat 60-prosenttisesti samojen geenien säätelemiä. Maitotuotteet sisältävät ruoka-aineista eniten bioaktiivisia aineita. Maitorasvan konjugoituneella linolihapolla (CLA) on monia merkittäviä biologisia vaikutuksia, mm. syövän estämisessä. Kasviöljyjen linolihapoista valmistettua CLA:ta rehuun lisäämällä voidaan alentaa maidon rasvapitoisuutta jopa puoleen. On löydetty laktaasigeeni, jonka avulla laktoosi-intolerantit voidaan paljastaa huokeammin kuin työläällä laktoosirasitustestillä.

Avainsanat: lehmät, maito, hyvinvointi, rasvat, valkuaisaineet, ruokinta, hoito, kotieläimet, DNA, rasvahapot, laktoosi-intoleranssi

Cow culture and its future

Kalle Maijala

Haapatie 13 D, FIN-00780 Helsinki, Finland, kmaijal@kmaijal.pp.fi

Abstract

According to DNA studies, the European and Zebu cattle have started to differentiate over 100 000 years ago. The humpless cattle seems to be domesticated in Near-East, the Zebu cattle in South Pakistan and Africa. In Finland, cows have existed for 3 000 years. Ancestors of our native cattle were transported to West Norway and further to Iceland in the 9th and 10th centuries. Milk production became the main production form of Finnish agriculture in the period 1860 and 1940. Changes in the feeding and management of cattle were promoted by the start of research, education and advisory activities at the end of 19th century. Pasture feeding was central at the beginning, in the 1920's a method was developed for conserving green grass. It displaced gradually the dry hay as basic feed of indoor period and is now 40% of the feed energy. The use of round balers and predried silage has become common and affected also cowhouses. Open barns have become common. Milking and feed distribution techniques have been mechanized. In planning of feeding, one has utilized developing data processing techniques. The importance of feed industry has increased. The milk production of cows has been important for our well-being. Its share of the agricultural income is still 4/10, and 9/10 of the beef production is based on calves of dairy cows. Milk is considered the most complete food stuff, it increases the nutritional value of other foods. Cow can make milk from material unsuitable for man, a.o. from grass, the energy and protein yields of which in Finland are 1.5 times greater than those of grains. The repulsion of fat in nutrition has hampered setting of breeding objectives, since the fat and protein contents are to 60% determined by same genes. Milk products are the richest of bioactive substances among food stuffs. The conjugated linolic acid (CLA) of milk fat has many important biological effects, a.o. in protecting from cancer. By adding CLA prepared from vegetable oils to feed one can halve the fat content of milk. One has found a lactase gene, with the aid of which the lactose-intolerant humans can be revealed much more cheaply than by using lactose tolerance tests.

Key words: milk, well-being, fat, protein, feeding, management, DNA, CLA, lactase gene, domestication

Alkusanat

Koska olin vuosikymmeniä ollut mukana Suomen lypsykarjan jalostuksessa ja sen tutkimuksessa sekä pyrkinyt löytämään työlle oikeat, pitkäjänteiset tavoitteet, toivoin 75-vuotispäiväni juhlinnan palvelevan maidon imagon parantamista kuluttajaväestön keskuudessa. Erityisesti olin kantanut huolta siitä, että maidon ja voin tuotanto ja kulutus olivat viime vuosikymmeninä supistuneet osittain sen johdosta, ettei ole yleisesti tiedostettu maidon valkuaisen ja rasvan kiinteätä perinnöllistä yhteyttä.

Maataloustieteen päivien aikana Viikissä 9.1.2002 minulla oli tilaisuus keskustella Suomen Maataloustieteellisen Seuran vastuuhenkilöiden kanssa, jolloin todettiin, että seuran kevään 2002 kotieläinkokous voitaisiin pitää syntymäpäiväni (26.5.) juhlistamiseksi 27.5.02 seminaarina aiheesta ”Lehmäkulttuuri ja sen tulevaisuus”. Pitopaikaksi valittiin Helsinki, jonne kuluttajien edustajat voisivat tulla. Seuran kotieläintuotantotoimikunta ja hallitus hyväksyivät sittemmin suunnitelman.

Seminaarin ohjelma jaettiin kahteen osaan: historiaan ja merkityksiin, puheenjohtajina vastaavasti entinen oppilaani, SKJO:n toiminnanjohtaja, MML Jouko Syväjärvi, joka aluksi loi lyhyen katsauksen elämäni ja työhöni, sekä entinen työtoverini ja seuraajani MTT:n eläinjalostuslaitoksella, professori, PhD Asko Mäki-Tanila. Alkuosaan saatiin esitelmöijiksi entinen oppilaani ja kotieläingenivarojen säilytystyötäni jatkava FT Juha Kantanen, HY:n neuvontaopin laitoksen tutkija, FL Hannu Huvinen, sekä HY:n kotieläinten ravitsemustieteen professorina ja MTT:n ylijohtajana pitkään toiminut MMT, emeritusprofessori Esko Poutiainen. Jälkiosassa pidin ensimmäisen esitelmän, ja muina esitelmöijinä olivat entinen oppilaani ja työtoverini, PhD Mikko Griinari, ja HYKS:in molekyyli-genetiikan laboratorion tutkija, LKT, PhD Irma Järvelä.

Seminaarin järjestäjiksi tulivat Suomen Maataloustieteellinen Seura, MTT:n eläintutkimus, HY:n kotieläintieteen laitos ja vapaan sivistystyön toimikunta, Suomen Kotieläinjalostusosuuskunta SKJO sekä Suomen Kulttuurirahasto, joille samoin kuin puheenjohtajille ja esitelmöijille esitän täten lämpimät kiitokseni.

Helsingissä elokuun 30. päivänä 2002

Kalle Maijala

MMT, MTT:n eläinjalostuksen ja SA:n emeritusprofessori

Sisällysluettelo

| | |
|--|----|
| Seminaarin avaus – piirteitä professori Kalle Maijalan elämästä ja työstä, <i>Jouko Syväjärvi</i> | 7 |
| Naudan tie kotieläimeksi DNA:n avulla valaistuna, <i>Juha Kantanen</i> | 9 |
| Maitotalous maatalouden päätuotantomuodoksi, <i>Hannu Huvinen</i> | 13 |
| Lehmien ruokinnan ja hoidon muutokset, <i>Esko Poutiainen</i> | 20 |
| Lehmän maidontuotannon merkitys kansamme hyvinvoinnille, <i>Kalle Maijala</i> | 37 |
| Maidon CLA – rasvaongelman ratkaisu? <i>Mikko Griinari</i> | 52 |
| Ihminen, laktaasigeeni ja laktoosi-intoleranssi, <i>Irma Järvelä</i> | 64 |

Seminaarin avaus – piirteitä professori Kalle Maijalan elämästä ja työstä

Jouko Syväjärvi

Pro Agria SKJO, PL 40, 01301 Vantaa, Jouko.Syvajarvi@faba.fi

Professori Kalle Maijalasta voi perustellusti sanoa, että hän on tuonut suomalaisen kotieläintalouden ja erityisesti kotieläinjalostuksen kansainväliseen tietoisuuteen. Vähintään yhtä merkittävällä tavalla hän on ollut vaikuttamassa kotimaiseen kotieläintalouden kehittymiseen. Talonpoikaiset arvot kuten ahkeruus, oikeudenmukaisuus ja päämäärätietoisuus ovat olleet Kallen toiminnan ohjenuorana kaikissa tehtävissä.

Kangasalalaisen maatalon poikana hän osallistui kaikkiin senaikaisiin maatalon töihin. Tekee mieleni kuitenkin kuvitella, että jossakin sydämen sopukassa Pikku-Kallella oli erityinen lokero kotieläimiä varten. Siihen ainakin viittaa myöhempi elämänura. Tuolloin Kalle aikoi hevosjalostuksen kanta-kirjakonsulentiksi. Paljon muuta kuitenkin tapahtui Kallen kirjoitettua ylioppilaaksi Tampereen Suomalaisessa Yhteiskoulussa ja hakeuduttua Helsingin yliopiston maatalous-metsätieteellisen tiedekunnan opiskelijaksi.

Ayrshireyhdistyksen toimistoagronomin tehtävä 50-luvun puolivälissä tarkoitti sonnien ja sonninemien valintaa. Lähemmäksi tieteellistä työskentelyä Kalle pääsi siirryttyään Maatalouden tutkimuskeskuksen kotieläinjalostuksen tutkijaksi. Hevosjalostuksen sijaan tehtäväksi tuli siipikarjan- ja lampaanjalostuksen kehitystyö aivan kuin oltaisiin oltu menossa pienempään suuntaan. Eläinjalostuksen haasteet eivät kuitenkaan riipu eläinlajista, ja itse asiassa tuonaikainen toimenkuva sopi Kallen loppumattomaan kiinnostukseen tutustua laaja-alaisesti koko kotieläintalouteen. Työuransa aikana Kalle on toiminut sekä Maatalouden tutkimuskeskuksen että Helsingin yliopiston professorina ja Suomen Akatemian tutkijaprofessorina.

Väitöskirjansa aiheeksi Kalle valitsi naudan hedelmällisyyden. Joillakin eläinlajeilla hedelmällisyys on samalla tuotanto-ominaisuus, mutta väitöskirjassa tarkastellun naudan hedelmällisyyden jalostuksellinen kehittäminen edusti uutta ajattelua. Sittemmin lypsyrotujen hedelmällisyydelle ja hedelmällisyysominaisuuksille on ainakin pohjoismaisissa jalostusohjelmissa annettu varsin merkittävä arvo.

Kansainvälistä kuuluisuutta Kalle onkin myöhemmin saavuttanut erityisesti hedelmällisyystutkijana. Toinen yhteiskunnallisesti ja kansainvälisesti merkittävä toiminta-alue on ollut geneettisen monimuotoisuuden ja geenivarojen säilytyksen puolesta puhuminen ja toimiminen sekä pohjoismaisen että eu-

rooppalaisen geenipankkityöryhmän puheenjohtajana. Toiminta lukuisissa kotimaisissa ja kansainvälisissä luottamustehtävissä on antanut mahdollisuuden vaikuttaa jalostusalan kehityssuuntiin.

Puheenjohtajuuksien rinnalla todella merkittävää on ollut kirjallinen tuotanto. Hän on laatinut yli 600 tieteellistä tai muuta julkaisua kotieläintalouden aihealueelta. Hänen työtään ovat halunneet kunnioittaa mm. Suomen Lampaanjalostusyhdistys, Suomen Maataloustieteellinen Seura ja Suomen Kotieläinjälöstusosuuskunta valitsemalla hänet kunniajäsenekseen.

Lehmäkulttuuri ja sen tulevaisuus sopii erinomaisesti Kallen 75-vuotisjuhlan seminaari aiheeksi. Tunnumme hänet kulttuurin harrastajana. Sykähdyttäviä ovat monille suomalaisille olleet ne hetket, kun Kalle on spontaanisti esittänyt kansainvälisen seminaarin juhlapäivällisvieraille tai kotimaisessa juhlassa laulun ”Minun kultani kaunis on,” tai synnyinseutunsa kunniaksi ”Kesäpäivä Kangasalla” tai muun aitosuomalaisen laulelman.

Naudan tie kotieläimeksi DNA:n avulla valaistuna

Juha Kantanen

MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Kotieläintuotannon tutkimus, Eläinjalostus, 31600 Jokioinen, juha.kantanen@mtt.fi

Tiivistelmä

Merkkigeenit eli DNA-markkerit, kuten mikrosatelliitit ja mitokondrio-DNA, ovat osoittautuneet hyödyllisiksi tutkimusvälineiksi naudan kesytyshistorian kartoituksessa. Mitokondriossa oleva DNA periytyy vain emänpuolelta. Sen kontrollialueen sekvensointi eli emäsjärjestyksen selvittäminen eurooppalaisista, afrikkalaisista ja aasialaisista nautaroduista on osoittanut, että kyttyrätömällä eurooppalaisella naudalla (*Bos taurus*) ja kyttyrällisellä intialaisella seebulla (*B. indicus*) on toisistaan eriytyneet emälinjat, aasialainen ja eurooppalainen. Sekä DNA-tutkimusaineisto että arkeologian havainnot viittaavat siihen, että eurooppalaisella ja intialaisella naudalla on eri maantieteellinen alkuperä. Naudan varhaishistoria Suomessa on huonosti tunnettua. Mikrosatelliitti-DNA:n tutkimus osoitti, että Suomen alkuperäiset nautarodut ovat sukua islanninkarjalle, joka perustui alunperin viikinkien Norjasta Islantiin yli 1000 vuotta sitten vietyihin nautoihin.

Avainsanat: lehmät, evoluutio, kehitys, DNA, markkerit, merkkigeenit, nautakarjarodut

Johdanto

Kotieläinten historiaa on perinteisesti tutkittu arkeologian, antropologian ja historian menetelmin. Nyt DNA-tutkimukset valottavat uudella tavalla kotieläinten ja eläinrotujen alkuperää ja jalostushistoriaa. Perintökijä eli geeni rakentuu DNA:sta (deoksiribonukleehaposta). Laboratoriomenetelmät avaavat siinä olevan viestin, DNA:n emäsjärjestyksen (A, G, C, T). Kahden DNA-viestin välille syntyneitä eroja voidaan käyttää evoluutiotapahtuman ajoituksessa. Suosittuja DNA-merkkejä ovat mikrosatelliitit, jotka ovat 1-6 emäsparin toistojaksoja. Toistojen määrä vaihtelee yksilöiden kesken. Osa DNA:sta periytyy vain naaraiden munasolujen välityksellä (mitokondrioiden DNA). Sitä analysoimalla selvitetään emänpuoleista historiaa. Mitokondrioiden DNA:n poikkeuksellisen muuntelevan kontrollialueen sekvensointi eli emäsjärjestyksen laboratoriotekninen määrittäminen on ollut erityisen hyödyllinen kesyn naudan evoluution selvittämisessä (Bradley ym. 1996). Sitä

vastoin kotieläinten Y-kromosomitutkimuksia on tehty vähän (esim. Edwards ym. 2000), sillä Y-kromosomista ei ole vielä kartoitettu riittävää määrää toimivia geenimerkkejä. Y-kromosomi periytyy isältä pojalle, joten se on mitokondrio-DNA:n isän puoleinen vastine.

Tutkimusaineistot ja menetelmät

Kesystä naudasta on kaksi päätyyppiä, kyttyrätön nauta (*Bos taurus*) ja kyttyrällinen seebu (*B. indicus*). Alkuperäisin afrikkalainen nauta oli *B. taurus* -tyyppiä, mutta se on pitkälti risteytetty historian aikana seebujen kanssa, ja valtaosaltaan nykyinen afrikkalainen nauta on fenotyypiltään kyttyrällistä. *B. taurus* -tyyppiä esiintyy vielä Länsi-Afrikassa (Felius 1995). Naudan mitokondrio-DNA:ta ovat tutkineet muun muassa Loftus ym. (1994) ja Bradley ym. (1996). Heidän tutkimusaineistonsa käsitti eurooppalaisia (aberdeen angus, hereford, charolais, simmental, friisiläinen ja jersey), intialaisia (tharparker, sahiwal ja hariana) ja afrikkalaisia (butana, kenana, n'dama ja white fulani) nautarotuja. Tutkituista afrikkalaisista roduista *B. taurus*-tyyppiä oli mm. n'dama. DNA eristettiin verinäytteistä (Loftus ym. 1994). Tutkitun mitokondrio-DNA:n kontrollialueen pituus emäspareina ilmaistuna ja käytetyt laboratoriomenetelmät on selitetty Loftusin ym. (1994) ja Bradleyyn ym. (1996) tutkimuksissa.

Hanotte ym. (2002) ovat tutkineet afrikkalaisten nautarotujen historiaa mikrosatelliittien perusteella. Heidän tutkimusaineistonsa sisälsi sekä *B. taurus* että *B. indicus* -tyypin rotuja. Pohjoismaisten nautarotujen sukulaisuutta ja rotujen sisäistä muuntelua mikrosatelliittiaineiston perusteella ovat tutkineet Kantanen ym. (2000).

Kahden rodun välille lasketaan merkkigeeniaineistosta geneettisen sukulaisuuden läheisyys, geneettinen etäisyys. Sukulaisuussuhteet havainnollistetaan piirtämällä rotujen sukupuu. Bradley ym. (1996) arvioivat ajankohtaa, jolloin *B. taurus* ja *B. indicus* -tyypit alkoivat erkaantua, mitokondrio-DNA:n kontrollialueen emäsjärjestyksen eroista. Kantanen ym. (2000) arvioivat puolestaan islanninkarjan ja muiden pohjoismaisten alkuperäisten nautarotujen välisistä geneettisistä etäisyyksistä, jotka oli laskettu mikrosatelliittiaineistosta, rotujen erkaantumisaikoja. Islanninkarja valittiin vertailupopulaatioksi, sillä sen historia tiedetään hyvin (Adalsteinsson 1981) ja sitä ei ole tiettävästi risteytetty muiden rotujen kanssa.

Kesyn naudän evoluutio

Arkeologien mukaan nauta otettiin kotieläimeksi 8 000-10 000 vuotta sitten. Naudan kantalaji oli alkuhärkä (*Bos taurus primigenius*), josta oli kolme erillistä maantieteellistä rotua (Epstein & Mason 1984). Mitokondrio-DNA:n

kontrollialueen emäsjärjestyksen selvittäminen (Bradley ym. 1996) osoitti, että naudat aasialainen ja eurooppalainen emälinja on selkeästi eriytynyt, mikä viittaa siihen, että aasialaisella ja eurooppalaisella naudalla on myös eri maantieteellinen alkuperä. Tästä on myös arkeologiset todisteet: kyttyrättömän eurooppalaisen kesyn naudat syntyksen keskus on Lähi-idässä, kun taas kyttyrällinen aasialainen seebu on otettu kotieläimeksi ainakin Etelä-Pakistanissa (Epstein & Mason 1984). Aasialaisten ja eurooppalaisten nautarotujen mitokondrion kontrollialueen DNA-viestit poikkeavat toisistaan niin selkeästi, että jo niiden villin kantalajin maantieteellisten populaatioiden on täytynyt olla perinnöllisesti eriytyneitä ennen kuin villi eläinlaji otettiin kotieläimeksi (Bradley ym. 1996). On arvioitu, että ne evoluution haarat, jotka toisaalta päättyvät kyttyrälliseen seebuun ja toisaalta kyttyrättömään eurooppalaiseen nautaan, ovat alkaneet eriytyä jo 117 000-275 000 vuotta sitten (Bradley ym. 1996). Lisätodiste seebun ja eurooppalaisen naudat varhaisesta eriytymisestä on saatu Y-kromosomin DNA:n tutkimuksista, joissa on havaittu pelkästään joko kyttyrällisellä tai kyttyrättömällä naudalla esiintyviä Y-kromosomin mikrosatelliittitoistojaksoja (Edwards ym. 2000).

Arkeologiassa 1980-luvulla esitetty tutkimustulos viittasi siihen, että Itä-Sahara olisi ollut yksi naudat kesytyskeskuksista (Hanotte ym. 2002). Tätä todistetta ei kuitenkaan ole pidetty riittävän varmana. Asia tuli aivan äskettäin ajankohtaiseksi, kun viimeaikaiset afrikkalaisten nautarotujen DNA-tutkimukset ovat antaneet vahvistuksen sille, että kolmas alkuperäinen kesytyskeskus olisikin Afrikassa (Hanotte ym. 2002). Afrikkalaisten nautarotujen mitokondrio-DNA on kuitenkin *B. taurus* -tyyppiä riippumatta siitä, onko rotu fenotyyppiltään kyttyrällinen tai kyttyrätön. Bradley ym. (1996) mukaan, afrikkalainen kyttyrätön nauta ja eurooppalainen nauta alkoivat eriytyä 22 000-26 000 vuotta sitten eli huomattavasti aikaisemmin kuin varsinainen naudat kesytys alkoi. Afrikkalaisten nautojen jälkeen kiinnostus kohdistuu itäaasialaisten nautarotujen DNA-merkkeihin. Ottivatko myös Idän varhaiset kulttuurit naudat kotieläimekseen suoraan luonnosta vai onko nauta tuotu alueelle kansojen siirtymisten ja kulttuurien kohtaamisten myötä?

Nauta Suomessa

Kotieläinten esihistoriaa ei tunneta Suomessa hyvin. Meillä on ollut kotieläimiä todistettavasti 3000 vuoden ajan (Ukkonen 1996). Näiden ensimmäisten kotieläinten perillisiä ovat suomalaiset maatiaiseläinrotut. Ne ovat sopeutuneet suomalaisten luomaan kulttuurisosaaliseen ympäristöön ja pohjosiin luonnonoloihimme. Kantanen ym. (2000) totesivat mikrosatelliittiaineiston perusteella, että viikinkien Norjasta Islantiin yli tuhat vuotta sitten viemät naudat ovat sukua suomalaisille alkuperäisroduille: itäsuomalaiselle kyytölle, lapinlehmälle ja länsisuomenkarjalle. Islanninkarjan historia tiedetään hyvin. Islanti sai asutuksensa ja myös kotieläimensä, kun viikingit kul-

jettivat laivoillaan ihmisiä sekä lehmiä ja muita kotieläimiä erityisesti Länsi-Norjasta Islantiin rautakaudella 800-900 -luvulla (Adalsteinsson 1981).

Rotuja vertailevan mikrosatelliitti-DNA-kartoituksen mukaan islanninkarjalla ja itäsuomalaisella kyytöllä on ollut viimeiset yhteiset kantaeläimet vajaat 400 nautasukupolvea eli noin 2000 vuotta sitten (Kantanen ym. 2000). Tutkimus antoi myös viitteitä siitä, että yksi mahdollinen kesyn naudan leviämisväylä Pohjolaan on Suomen kautta ensin Pohjois-Skandinaviaan ja Länsi-Norjaan ja sieltä viikinkien laivoissa Islantiin. Suomalaisten alkuperäisnautarotujen sukulaisrotuja ovat islanninkarjan lisäksi Ruotsin tunturirotu ja norjalainen trönderkarja.

Kirjallisuus

- Adalsteinsson, S. 1981. Origin and conservation of farm animal populations in Iceland. *Zeitschrift für Tierzuchtungsbiologie* 98: 258-264.
- Bradley, D.G., MacHugh, D.E., Cunningham, P. & Loftus, R.T. 1996. Mitochondrial diversity and the origins of African and European cattle. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 93: 5131-5135.
- Edwards, C.J., Gaillard, C., Bradley, D.G. & MacHugh, D.E. 2000. Y-specific microsatellite polymorphisms in a range of bovid species. *Animal Genetics* 31: 127-130.
- Epstein, H. & Mason, I.L. 1984. Cattle. Teoksessa: Mason, I.L. (toim.). *Evolution of domesticated animals*. London, UK: Lonman. s. 6-27.
- Felius, M. 1995. Cattle breeds. *An Encyclopedia*. Doetinchem, The Netherlands: Misset uitgeverij bv. 799 s. ISBN 90-5439-017-4
- Hanotte, O., Bradley, D.G., Ochieng, J.W., Verjee, Y., Hill, E.W. & Rege, J.E.O. 2002. African pastoralism: genetic imprints of origins and migrations. *Science* 296: 336-339.
- Kantanen, J., Olsaker, I., Holm, L.-E., Lien, S., Vilkki, J., Brusgaard, K., Eythorsdottir, E., Danell, B. & Adalsteinsson, S. 2000. Genetic diversity and population structure of 20 North European cattle breeds. *The Journal of Heredity* 91(6): 446-457.
- Loftus, R.T., MacHugh, D.E., Ngere, L.O., Balain, D.S., Badi, A.M., Bradley, D.G. & Cunningham, E.P. 1994. Mitochondrial genetic variation in European, African and Indian cattle populations. *Animal Genetics* 25: 265-271.
- Ukkonen, P. Osteological analysis of the refuse fauna in the Lake Saimaa area. *Helsinki Papers in Archaeology* 8: 63-91.

Maitotalous maatalouden päätuotantomuodoksi

Hannu Huvinen

Helsingin yliopisto, Taloustieteen laitos, PL 27, 00014 Helsingin yliopisto,
hannu.huvinen@helsinki.fi

Tiivistelmä

Viimeistään nälkävuosiin tultaessa huomattiin, että viljanviljelyvaltainen maatalous ei voinut tyydyttää sen enempää talonpoikia kuin väestökään. Kartanoissa oli kuitenkin jo ennen sitä 1800-luvun alkupuolelta asti siirrytty lypsykarjatalouteen. Maito jalostettiin omalla tilalla markkinoitavaksi junalla Pietariin. Maataloudessa siirryttiin primitiivisestä maataloudesta rationaaliiseen maatalouteen. Tuotannon suunnan muutoksiin liittyivät muutokset pelloilla ja karjasuojissa ja myös metsissä, sillä varsinaisesti vasta metsävarat mahdollistivat koko viljelijäväestön siirtymisen rationaaliseen tuotantoon. Navetat muuttuivat lantanavetoista luontinavetoiksi-kivinavetoiksi, ja ruokintaan alettiin kiinnittää huomiota karjamäärän jopa laskiessa tilakohtaisesti. Kaura ohitti rukiin viljelyn suosiossa, ja pellot alkoivat vihertää kylvöheinää niittyheinän viljelyn vähentyessä.

Maataloustekniikka kehittyi, ja käyttöön tullut kääntöaura mahdollisti niittyjen kyntämisen pelloksi. Konekanta oli jo tehtaasta tehdasteikoista. Puukiulut ja ämpärit syrjäytyivät. Maataloustuotanto kaksinkertaistui ensimmäiseen maailmansotaan asti, ja kun myös hinnat puolitoistakertaistuivat, oli pohja talonpoikien hyvinvoinnille luotu, mikä näkyi ulospäin komeissa päärakennuksissa.

Avainsanat: viljanviljely, lypsykarjatalous, muutokset pelloilla, muutokset karjasuojissa, kaura, ruis, heinä, maataloustekniikka

Tuotannon suunnan muutos leipäviljanviljelyvaltaisesta maataloudesta lypsykarjatalousvaltaiseen maatalouteen tapahtui 1800-luvun loppupuolella, kun alkoi käydä selväksi, että sen aikainen maatalous ei elätä sen enempää väestöä kuin viljelijöitäkään ajautuen kriisiin, missä ei ollut mahdollista viljanviljelyä enää jatkaa.

Arvo M. Soinisen teoksessa *Vanha maataloutemme* on kuvattu tätä tilannetta. Soininen kutsuu 1700-luvulta 1860-luvulle mennyttä maataloutta leipäviljanviljelyvaltaiseksi maataloudeksi, mitä määritti hyvin sen luoma ravinto ”leipää ja särvintä”. Grotenfelt kutsuu tätä jaksoa myös primitiiviseksi maataloudeksi erotukseksi rationaalisesta maataloudesta.

Viljanviljely kannatti 1800-luvun alkupuolella suhteellisen hyvin. Viljan hinta oli verrattain hyvä ja palkat olivat alhaalla ja alkupuolella vuosisataa oli hyviä vuosiakin, mutta muutos alkoi tapahtua lypsykarjatalouteen jo 1800-luvun puolivälissä kartanoissa, jossa jo oli nähty lypsykarjatalousvaltaisen maatalouden mahdollisuudet. Yleinen käsitys on, että nälkävuodet pakottivat muuttamaan maatalouden suuntaa, mutta jo sitä ennen asia oli tajuttu ja nälkävuodet olivat lopullinen niitti tuotannon suunnan muutoksen.

Muutokseen vaikutti ratkaisevasti viljakriisi maailman kaupan vapautuessa. Yhdysvalloista ja muista valtameren takaisista maista kuten Argentiinasta ja Australiasta alkoi tulla halpoja elintarvikkeita markkinoille, kun jäähdytyslaitteet keksittiin. Viljan hinta romahti. Viljamarkkinoille oli tulossa myös Venäjältä halpaa ruista, ja niin olivat viljamarkkinat tukossa.

Suomessa oli siirrytty Tanskan ja Englannin esimerkin mukaan tullivapautteen, eikä kotimaista tuotantoa suojattu. Saksassa junkkerit taas suojasivat kansallisen maataloutensa. Jonkin aikaa uskottiin kotimaisen tuotannon pärjäävän muutoksessa, mutta pian oli nostettava kädet pystyyn: karjanhoito nähtiin ainoaksi mahdollisuudeksi. Palkkataso oli nousut ja naisten nähtiin karjanhoitajina voivan työskennellä pienemmällä palkalla. Maatalousasian-tuntija Östen Elfing etunenässä varoittivat viljanviljelyn jatkamisesta ja sanoi tunnetut sanat: ”Ennen ei nälkä lähde Suomen maatiloilta, ennen kun ruiskuhilaat on saatu pois pelloilta.”

Talonpojat harjoittivat maataloutta isältä pojilla perityllä tavalla ja pitivät koulutusta aivan joutavana. Kartanoista lähdettiin maatalouden oppia hakemaan Mustialaan ja monessa tapauksessa Ruotsiin ja Tanskaankin, kuten Artjärveltä Kinttulan kartanon omistaja Edvard Duncker Ultunaan. Hänestä tuli karjanhoidon ja vuoroviljelyn kehittäjä omassa pitäjässään. Hän oli myös Uudenmaan ja Hämeen läänin maanviljelysseuran esimies ja tunnettu maatalous- ja valtiopäivämies.

Kruununvoudin harmiksi maataloutta junnattiin aina vaan samalla tavalla, eikä muutosta tahtonut tulla. Karja oli sekarotuista. Valtiovalta oli luonut tilastolaitoksen, jotta tiedettäisiin paremmin, miten maatalouden asiat ovat. Näin kehittyi Suomen virallinen tilasto. Valtiovalta tajusi nyt, että maatalouden hyväksi on tehtävä jotakin, eikä pitää sitä vain mies- ja rahaveron maksajana.

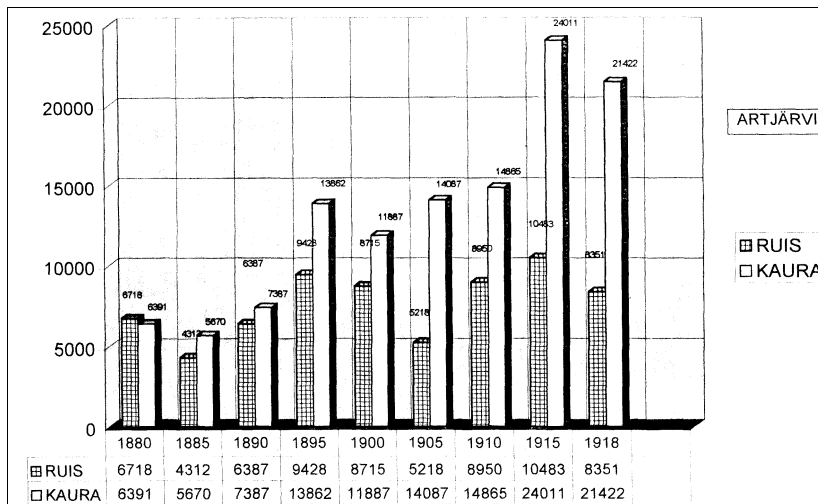
Maatalouden onneksi metsän arvo huomattiin 1800-luvulla. Metsärahat antoivat mahdollisuuden investointeihin. Kruununvouti huomasi muun muassa Uudellamaalla, että talonpojat omaksuivat sittenkin uudet menetelmät. Tulevaisuus näytti valoisalta.

Lehmien merkitys

Lehmät olivat viljan viljelyn aikana vain lannantuottajia, ja ne lypsivät 700 kiloa vuodessa ja olivat talvella ummessa. Lehmät tuottivat lantaa kaksijakoiseen viljelystapaan. Lantaa saatiin vähän ja sekin oli huonoa. ”Mistä sitten sontaa saadaan, jos ei ole lehmiä?”, sanottiin. Maidontuotanto oli kuitenkin maataloustuotannon sivuhaara. Lehmien ravinto oli heikkoa ja niille syöettiin usein olkikatotkin rehun loppuessa, kun hevoset saivat parhaimmat heinät. Lehmät olivat talven jälkeen niin heikossa kunnossa, että ne piti kantaa laitumelle virkoamaan.

Lehmien määrä oli esimerkkipitäjässä Artjärvellä itse asiassa 1880-luvulla suurempi kuin nykyään. Vähitellen opittiin huomaamaan, että lehmien määrä ei ollut keskeinen, vaan nimenomaan ruokinta, mikä kartanoissa tunnettiin. Väkirehuja opittiin käyttämään. Ratulan arkistossa on säilynyt yksityiskohmainen kartanoarkisto, mistä käy selville huolellinen karjanhoito. Sillä pyrittiin taloudelliseen tulokseen, mitä vielä koetettiin parantaa jalostamalla maito omassa meijerissä mahdollisimman pitkälle. Kartanomeijereistä alkoi suomalaisten meijereiden kukoistus.

Tuotantosuunnan muutos tiesi muutoksia niin navetassa kuin pellollakin. Tilastollisesti voidaan selvästi nähdä, miten muutos kehittyi. Viljanviljelyvaltaisen maatalouden aikana oli pääkasvina ruis. Rukiin viljelyä arvostettiin, koska se oli ”Jumalan viljaa” ja viljelijän arvostus punnittiin rukiin viljelyssä.



Kuva 1. Kauran ja rukiin viljely Artjärven kunnassa 1880-1918. Lähde Kuveröörin kertomukset (Uusimaa) ja SVT III Maatalous.

Kaura ja ruis

Vähitellen alkaa kuitenkin lehmien rehuksi tarkoitettu kaura nousta tärkeimmäksi viljelykasviksi (Kuva 1).

Valtakunnan tasolla on vastaavaa ilmiötä tutkinut Seppo Simonen. Hän on kuvannut ilmiötä vuonna 1949 ilmestyneessä väitöskirjassaan, *Lypsykarjatalousvaltainen maatalouden tuotantojärjestelmä Suomessa*. Lypsykarjatalous oli tähän aikaan yksipuolista viljanviljelyn kustannuksella. 1910-luvulla tosin huomattiin, että oli tultu toiseen äärimmäisyyteen ja viljanviljelyynkin oli taas kiinnitettävä huomiota. Simonen puhuu tasapainoisesta maatalouden tuotantojärjestelmästä, missä oli sijaa kaikille. Sellaisenahan me sen tunsimme 1930-luvulla, joka oli talonpoikien kultainen vuosikymmen.

Teppo Vihola on puolestaan ajoittanut ilmiön ja pyrkinyt laskemaan maatalouden kannattavuutta 1860-luvulta ensimmäisen maailmansodan vuosiin väitöskirjassaan *Leipäviljasta lypsykarjaan*. Vihola näki talonpojan oppineen rahatalouteen ja luopuneen vanhasta talonpoikaisesta menosta. Tässä suhteessa tärkeä kuvaus on Veikko Anttilan *Talonpojasta tuottajaksi*, joka on tehty perunkirja-aineistosta.

Tätä aikaa on tutkinut omassa väitöskirjassaan myös Matti Peltonen, mutta hän on sosiaalhistoriaan painottuneena tutkinut sosiaalista muutosta teoksessaan *Talonpojat ja torpparit*. Peltonen kuvaa kehitystä perhevilyä kohti kollketiivisyyden syrjäytyessä. Itse olen puolestani tutkimassa muutoksen aikaansaavia maanviljelysseuroja ja maamiesseuroja Näin aika on saanut lisävalaistusta maataloushistorian tutkimuksessa. Vaikeata on vain ollut tulla lähemmäksi nykyaikaa.

Kauran viljely ohitti siis rukiin viljelyn vähitellen ja Artjärvellä muutos näyttää tapahtuneen 1880-luvulla. Vertailtaessa muutosta naapuripitäjiin on voitu todeta, että Artjärvellä oltiin hiukan naapuripitäjiä edellä juuri innovaattorina toimineen Edvard Dunckerin ansiosta.

Kauran tuotanto alkaa kasvaa selvästi 1890-luvulla, jolloin tuotantosuunnan muutos löi lopullisesti itsensä läpi. Yksin viljanviljely ei kuitenkaan selitä tuotannonsuunnan muutosta, sillä toinen ilmiö pelloilla oli peltojen viheriöiminen heinänylvöstä.

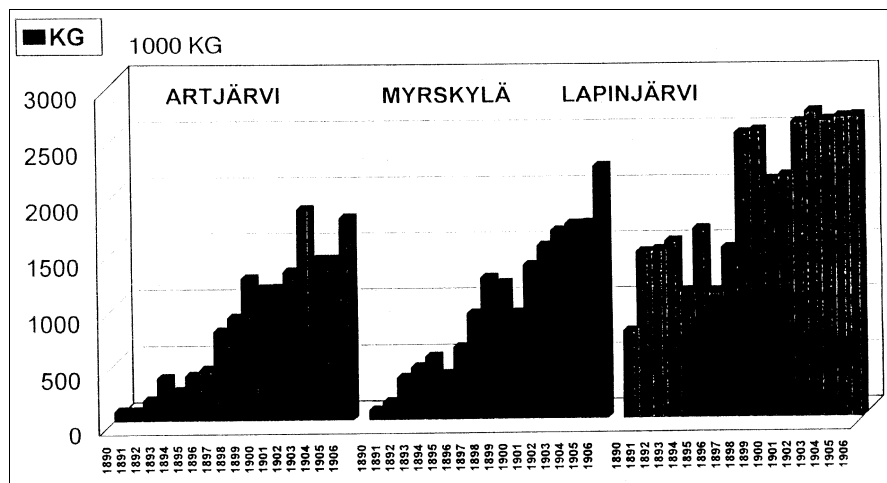
Kylvöheinä herätti vastustusta ja ihmeteltiin: ”mitäs sitten syödään, kun ei viljaa kylvetä peltoon enää?”. Heinää oli kylvettävä peltoon niittokoneiden tultua ja niittyheinä jäi yhä vähäisemmäksi. Aikaisemminhan oltiin kerätty järivistä myös kortetta. Kääntöauran tultua käyttöön niitä pikemmin koetettiin kyntää pelloiksi. Heinän leviäminen oli voimakasta (Kuva 2) ja on huomattava, että heinää ei tarvinnut kylvää joka vuosi. Toisaalta taas säät vaikuttavat satoihin. Oscar Groudstrom on selvittänyt muutosta koko Uudenmaan alu-

eella. Muutos oli samanaikainen. Olen itse selvittänyt myös vanhan Uudenmaan muita pitäjiä: Lapinjärveä, Myrskylää, Jaalaa ja läntisen Uudenmaan pitäjiä. Olen voinut nähdä muutoksen samanaikaisuuden. Aivan kokonaan ilmiötä ei voi päivittää, sillä se vaatisi tilakohtaisia tietoja, joita on toki olemassa.

Vuoroviljely ja kolmijakoinen viljely

Vuoden 1920 tilastossa on tilastoitu myös laidun, jota alettiin pitää entistä enemmän, kun lehmät eivät laiduntaneet enää metsässä ja viljelykierto oli omaksuttu. Vuoroviljely on keskeinen osa tuotannonsuunnan muutosta. Siitä saa selvän kuvan tilastolähteistä Senaatin kamarikonttorin läheteistä 1881 ja Kuvernöörin kertomuksista 1890-luvulta, joihin oli merkitty viljelystapa. Juuri 1890-luvulta lähtien vuoroviljely alkaa voimakkaasti vallata alaa ja kolmijakoinen viljelykin leviää. Kolmijakoinen viljely on kehitetty vanhasta kaksijakoisesta viljelyksestä, jonka on sanottu tulleen idästä.

Kartanossa on säilynyt viljelykiertoja. Muun muassa Ratulan arkistossa on kuvattu erityisen seikkaperäisesti kahdentoista vuoden kierto, jossa oli mukana myös juurikkaita englantilaiseen tapaan. Suomessa omaksuttiin koppeliviljelys Saksasta, joskin meillä oli myös turnipsikausi 1910-luvulla.



Kuva 2. Heinäviljely Artjärven, Myrskylän ja Lapinjärven kunnissa 1890-1906. Lähde Kuvernöörin kertomukset (Uusimaa).

Viljelykierrot omaksuttiin vähitellen, mutta ne omaksuttiin niin perusteellisesti, että vuoden 1920 tilastossa voitiin nähdä hyvin pienten tilojen ja kääpiötilojen noudattaneen poikkeuksetta tarkasti viljelykiertoa. Vuoroviljelyä noudatettiin hyvin aina 1960-luvulle asti, jolloin karjanhoito alkoi vähentyä. Silti 1960 karjattomia tiloja oli maatiloista vain 2 %.

Navetat muuttuvat

Muutoksia tapahtui myös navetassa. Navetat olivat lantanavetoita ja sangen kurjia niin työntekijöiden kuin lehmienkin kannalta. Lehmät olivat lannan päällä keväeseen mennessä miltei katossa, mistä lanta sitten vietiin pellolle pattereille. Lannan levitys oli työlästä ja kartanoissa se tehtiin aina urakalla. Lannanhoito oli jo tullut jotenkin tutuksi, mutta siihenkin kiinnitettiin myöhemmin lisää huomiota, kun lantaloita ryhdyttiin kattamaan. Nekin tunnetaan maatalouslaskennassa 1920 tiloittain.

Muotiin tulivat nyt luontinavetat ja niissä sementtinen permanto. Vanhat hirsiset ja puiset navetat purettiin pois. Niiden tilalle tuli monissa paikoissa upeita kivenavetoita, jotka eivät kuitenkaan käytännössä olleet aivan tarkoituksenmukaista. Sittemmin tulivat myös tiilinavetat.

Lypsy tehtiin käsin 1950-luvulle asti useimmissa talouksissa, ja navettapiika lypsi 20 lehmää päivässä kolmeen kertaan. Kartanon talouksissa oli aina joku valveilla, kun yövahti kieroksensa käytyään puhalsi aamuneljältä muun muassa Kinttulassa torveen ja toivotti huomenta navettapiioille, joiden työvuoro oli koittanut.

Karjanhoitoteknologia

Tuotannosuunnan muutoksessa oli kiinnitettävä huomiota myös karjanhoitoteknologiaan. Siitä kertovia lähteitä ovat muun muassa perunkirjat, joissa on esitelty työvälineitä. Lähteissä on voitu nähdä jäähdytysastioita, siivilöitä ja ämpäreitä. Kartanon kirjoissa oli koko sen aikainen meijerikalusto vaakoineen kaikkineen. Kansanomaisesta lypsykarjanhoidosta oli päästy rationaaliseen maataloustuotantoon, jossa tuotannon laatu ja määrä olivat kokonaan toista luokkaa kuin aikaisemmin, kun maito saattoi olla yksityismeijereissä välillä hapanta.

Huolellisuus oli tärkeätä. Kartanossa karjanhoito oli komeaa, ja sitä pyrittiin tietysti seuraamaan. Karjanhoitoon oli opittu, ja karjaa ryhdyttiin jalostamaan aina parempien tulosten saavuttamiseksi. Ayrshire-rodun todettiin sopivan parhaiten Suomen oloihin, ja se levisi kartanon katraasta talonpoikataloille, kun vasikka talutettiin sieltä kotiin. Sonnyhdistysten avulla pyrittiin paran-

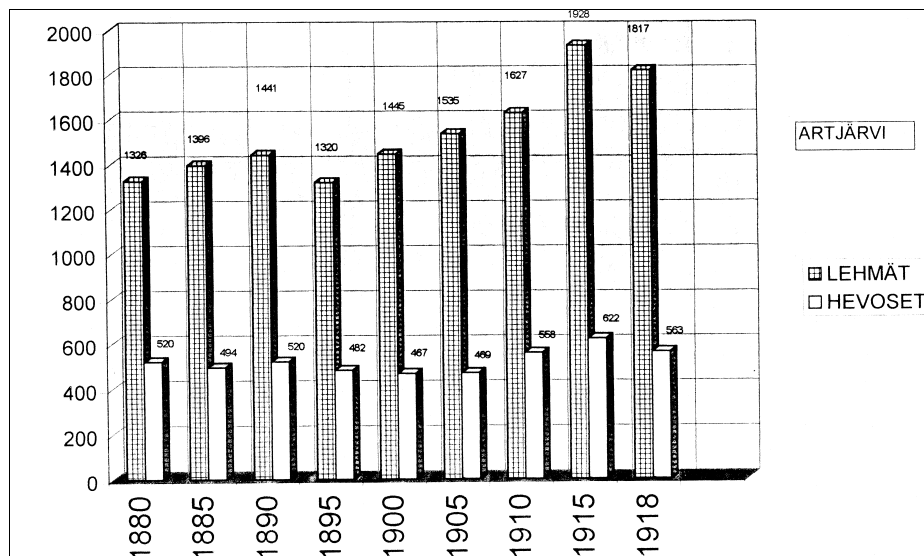
taman karjakantaa. Niitä perustettiin joka kylään, mutta niillä oli se ongelma, että ne helposti nukahtivat, kun sonni väsyi.

Uudenmaan läänin maanviljelysseurassa oli primus motor etenkin sen karjatalousneuvoja A. J. Tiura, joka oikeastaan kasvatti karjan Uudenmaan tiloille. Karjataloudessa huomattiin, että ainoastaan jalostus voisi antaa parempia tuotoksia. Hän valitsikin eläimiä kantakirjaan, osti ja palkitsi eläimiä ja perusti kylärohtoloita ja yritti parantaa karjakantaa. Omassa kertomuksessaan ennen kansalaissotaa hän selvitti, miten paljon maaseudun olot olivat kehittyneet siitä pitäen, kun hän tuli neuvojaksi vuonna 1905. Uudistuksia toisaalta lykkäsi sota. (Kuva 3)

Osuusmeijerit

Osuusmeijerit perustettiin monissa tapauksissa vasta sen jälkeen. Toisaalta suuri maareformi hidastutti maatalouden kehitystä, joskin se oli monessa suhteessa välttämättömänä. Osuusmeijereitä oli edeltänyt meijeriliike, kuten Grotenfelt meijerien perustamisintoa kutsui. Meijerien ympärille muotoutui maaseudun hyvinvointi, josta voimme vieläkin nauttia. Karja nosti maaseudun elinkeinotoiminnan.

Tämä voidaan todeta myös tilastollisesti, sillä ensimmäiseen maailmansotaan mennessä tuotanto kaksinkertaistui. Kun myös hinnat puolitoistakertaistui, koheni talonpoikien elintaso tuntuvasti. Se näkyi ulospäinkin komeissa tanskalaismallisissa päärakennuksissa.



Kuva 3. Lehmät ja hevoset Artjärven kunnassa 1880-1918 (Lähde Kuvernöörin kertomukset (Uusimaa) ja SVT III Maatalous.

Lehmien ruokinnan ja hoidon muutokset

Esko Poutiainen

Kauppakatu 3b A11, 70100 Kuopio, [esko.poutiainen @raketti.net](mailto:esko.poutiainen@raketti.net)

Tiivistelmä

Karjatalous jäi perinteisessä maataloudessa maanviljelyn varjoon ja toimi vain sen välttämättömänä tukena. Talonpojat pitivät karjaa saadakseen siitä vetovoimaa peltotöihin ja tavaroiden kuljetuksiin sekä lantaa peltojen lannoitukseen. Maidon ja lihan tuotanto oli toissijainen ja myyntituloja saatiin lähinnä vain kesävoin myynnistä.

Karjatalouden tutkimuksen, opetuksen ja neuvonnan päästyä käyntiin 1900-luvun vaihteessa, alkoi lehmien jalostuksen, ruokinnan ja hoidon järkipäisen kehittämisen kausi. Järjestelmällisen tutkimuksen, opetuksen ja neuvonnan tulokset alkoivat näkyä maidontuotannossa jo 1920- ja 1930-luvuilla.

Akateemikko A.I. Virtasen 1920-luvun lopulla nurmirehun säilöntään kehittämä AIV menetelmä oli käännteentekevä lypsykarjan ruokinnan strateginen valinta, jonka vaikutukset näkyvät tänäkin päivänä. Säilörehun käyttö pysyi kuitenkin 1960-luvun loppupuolelle saakka tarkkailukarjoissakin tasolla 5-10 % rehuyksiköistä. Ratkaisevan käänteen säilörehun käytön lisääntymisessä sai aikaan joka tilalle sopiva nurmirehun korjuu- ja säilöntäteknikka.

Säilörehun tuleminen lehmien perusrehuksi 1970-luvun lopulla muutti sekä navettarakennusten ulkonäköä että sisustusratkaisuja. Säilörehun runsas syönti edellytti vapaata ruokintaa ja lyhytparsi syrjäytti pitkän parren. Uusin vaihe navettojen rakentamisessa on siirtyminen parsinavetoista pihattonavetoihin.

Lypsytekniikka on käynyt vuosisadan aikana muutoskaaren käsilypsystä lypsyrobottiin. Tilasäiliöt yleistyivät 1970-luvulla ja lypsyasemat alkoivat saada suosiota 1980-luvulla. Uusin kehitysvaihe on lypsyrobottien invaasio Suomeen.

Rehujen jakoon toi mullistuksen tietotekniikan käyttöönotto 1990-luvulla. Väkirehujen jaossa on edetty karjanhoitajan kauha-menetelmästä väkirehun jakovaunujen ja rehukuljettimien kautta ruokintarobotteihin ja väkirehukioskeihin.

Vuonna 1995 otettiin käyttöön muuntokelpoiseen energiaan perustuva rehuyksikköjärjestelmä ja valkuaiselle OIV-PTV-järjestelmä. Ne antavat entistä paremman pohjan eläinten tarvetta vastaavan ruokinnan järjestämiseen, mikä

alentaa ruokintakustannuksia ja vähentää ympäristöä kuormittavien ravinto-aineiden, esim. typen hukkaa.

Tietotekniikkaa on käytetty hyväksi ruokinnan suunnittelussa jo kolme vuosikymmentä. Uusimman mahdollisuuden karjakohtaisen maidontuotannon seuraamiseen tarjoaa MAITOISA-ohjelma. Se paljastaa ruokinnan tai hoidon mahdolliset puutteet hyvin havainnollisesti. Myös karjan terveyden tarkkailua kehitetään jatkuvasti entistä informatiivisemmaksi.

Lypsykarjatilojen määrän ennustetaan edelleen vähenevän ja jossain määrin myös lehmämäärän. Karjakoko on voimakkaassa kasvussa, mikä näkyy navettarakentamisessa. Nurmirehu säilyttäne sisäruokintakauden perusrehun asemansa ja korjuuketju on pitkälle koneistettu. Luomumaidolle on kasvavaa kysyntää, johon maidontuottajien on myös vastattava.

Tietotekniikan hyväksikäyttö integroituu kaikkeen tilatason toimintaan. Lypsykarjayrittäjät ovat hyvin koulutettuja, hyviä ammattilaisia, jotka saavat uusimman tieto-taidon heti käyttöönsä. Lypsykarjatalous on jatkossakin Suomen kotieläintalouden kivijalka. Alan kilpailukyky ja yrittäjien menestyminen perustuvat jatkossakin ylivertaiseen tieto-taitoon ja osaamiseen koko tuotantoketjussa.

Avainsanat: kotieläintalous, lehmät, ruokinta, hoito, rehut, maito

Johdanto

Suomessa on harjoitettu karjataloutta jossain muodossa jo noin 3500 vuotta. Luotettavia tietoja nautakarjan ruokinnasta ja hoidosta on kuitenkin saatavissa vasta perinteisen maatalouden kaudelta 1700-luvulta lähtien. Käännekohta Suomen karjataloudessa tapahtui 1800-luvun lopulla. Kaskiviljelyyn perustunut primitiivinen maatalous oli ajautunut vaikeaan tilanteeseen. Se kulminoitui tuhoisaan nälkävuoteen 1867-68. Viljanviljelyyn perustunut maatalous osoittautui oloissamme perin epävarmaksi ja elintarvikehuolto oli paljolti tuontiviljan varassa. Tällöin ratkaisuksi nousi karjatalouden voimakas kehittäminen. Luonnonoloihimme parhaiten soveltuva, karjatalousvaltainen maataloutemme sai alkunsa ja lypsykarjatalous nousi tärkeimmäksi tuotantosuunnaksi. Se merkitsi suuria muutoksia koko viljelyjärjestelmään, jossa oli huomioitava karjanrehun huomattavasti lisääntynyt tarve. Ratkaisuksi kehitettiin ns. koppeliviljely eli heinä-vilja-vuoroviljely (Soininen 1974).

Myös karjanhoito alkoi kehittyä. Neuvonta ja tutkimus nousivat tässä tilanteessa avainasemaan. Neuvontatyötä oli kyllä tehty Suomen Talousseuran toimesta jo sata vuotta (perustettu 1797) ja tutkimuskin oli alullaan. Maatalouden kehittämiseksi kaivattiin kuitenkin kipeästi korkeatasoista tieteellistä opetusta, tutkimusta ja niihin perustuvaa neuvontaa. Kaikki kolme osa-aluetta saatiin järjestyneessä muodossa valtiovallan toimenpitein toimintaan 1800-

luvun lopulla. Nämä ratkaisut loivat perustan suomalaisien maatalouden ja karjatalouden kehitykselle läpi seuraavan vuosisadan.

Karjatalous perinteisen maatalouden kaudella 1700- ja 1800-luvuilla

Karjatalous jäi perinteisessä maataloudessa maanviljelyn varjoon ja toimi vain maanviljelyn välttämättömänä tukena. Talonpojat pitivät karjaa vain saadakseen siitä vetovoimaa peltotöihin ja tavaroiden kuljetuksiin sekä lantaa peltojen lannoitukseen. Maidon ja lihan tuotanto oli toissijainen ja myyntituoloja saatiin lähinnä vain kesävoin myynnistä. Pääosa maidontuotannosta saatiin laidunkautena. Talvella lehmät olivat enimmäkseen ummessa. Rehuina olivat kaskihalmeista saadut oljet sekä kerpuiksi kerätyt lehdekset ja metsäraivioilta ja luonnonniityiltä koottu heinä. Herutusrehuina olivat piennarheinät, kaikenlaiset hauteet ja appeet sekä viinanpoltosta saatu rankki. Perussy etenkin nautakarjan huonoon ruokintaan oli kasvinviljelyssä; varsinaista rehun tuotantoa karjan tarpeisiin ei oikeastaan harjoitettu lainkaan. Pellot ja kaskimaat käytettiin viljan viljelyyn ihmisten tarpeisiin.

Tuolle ajalle ominainen piirre karjataloudessa oli myöskin pyrkimys pitää karjaa niin paljon kuin mahdollista. Karjan määrä oli tuotantoa tärkeämpi asia ja talon varallisuuden mittari. Suurimmassa osassa Suomea rehuvarat ja karjakanta olivatkin ilmeisessä epäsuhteessa, mikä johti usein katastrofitalanteisiin rehujen loppuessa ennen laidunkauden alkua. Latojen olkikatotkin oli aika-ajoin revittävä eläinten rehuksi ja lehmät oli vietävä ulos heti ensimmäisten pälvien ilmaannuttua kuloheinää syömään.

Ruokinnassa eri kotieläimillä oli selvä arvojärjestys: hevoset, lampaat, naudat. Tämä arvojärjestys oli välttämättömyyden sanelema. Hevosten vetovoima oli talvella ensisijaisen tärkeä, koska talvikuljetukset olivat kunnon tietön puuttuessa tavaraliikenteen kannalta välttämättömiä. Lampaista saatiin paras villa talviaikaan ja se oli sen ajan kotitalouksille arvokasta. Lampaat koetettiin ruokkia mahdollisimman hyvin, pääasiallisesti kuivatuilla lehdeksillä. Näin ollen nautakarja jäi rehujen jaossa huonoimmalle osalle, mutta lantaahan sentään tuli heikommallakin ruokinnalla. Parhaita lisärehuja olivat juurikasvien naatit, joilla oli merkitystä lehmien ruokinnassa Itä-Suomen kaskiviljelyalueella. Itä-Uudellamaalla ennen 1800-luvun puoliväliä harjoitettu viinan kotipoltto tuotti rankkia, joka oli yleisesti käytetty ja hyväksi todettu karjanrehu. Tärkeä merkitys maidontuotannon ja karjan terveyden kannalta oli laitumilla. Karjaa laidunnettiin alkukesä metsissä ja kesantopelloilla, loppukesä heinänteon jälkeen pääasiassa luonnonniityillä. Kaskialueilla ahot tarjosivat yleensä hyvät laidunmaat. Pahimpana vitsauksena erityisesti laidunkautena olivat pedot ja karjataudit. Paimenten tärkeimpiä tehtäviä olikin petojen hyökkäysten torjuminen.

Maidontuotannosta ei ennen 1800-luvun puoliväliä ole juuri tilastoituja tietoja. Lehmän tuotanto mitattiin lähinnä maidosta saadun voin määrällä. Voin lisäksi, joka oli arvokkain ja markkinakelpoisin tuote, talonpoikaistalouksissa käytettiin kuoritun maidon piimää ja kirnupiimää. Voin tuotannon perusteella arvioitu maidon vuosituotanto lehmää kohti lienee ollut noin 250-550 litraa. Parhaimmilla karjatalousalueilla, Pohjanmaalla ja Perä-Pohjolassa, maitotuotos saattoi kohota 1300 litraan lehmää kohti vuodessa, jopa sen ylikin. Tuotokset saavutettiin maatiaiskarjalla.

Vilkaisu Afrikan tämän päivän karjatalouteen

Tässä yhteydessä tulee väistämättä mieleeni verrata perinteistä karjatalouttamme runsaan sadan vuoden takaa tämän päivän karjatalouteen Saharan etelänpuoleisessa Afrikassa, olkoonkin että vertailu ei ole olojen valtavan erilaisuuden vuoksi kovin asiallinen.

Etiopiassa on Afrikan suurin nautakarjamäärä, arviolta noin 83 miljoonaa laiduntavaa kotieläintä, joista noin 35 miljoonaa nautaa. Pääasiallinen ruokintamuoto on laiduntaminen paimentamalla. Nautakarja on kasvinviljelyyn kiinteästi liittyvä välttämätön osa ja tarjoaa ensisijaisesti vetovoiman maataloustöihin. Toiseksi tärkein on lannantuotanto ja lantaa käytetään ensisijaisesti polttoaineena kotitaloudessa, majojen rakentamiseen sekä maan lannoitukseen. Karjaa pidetään niin monta päätä kuin mahdollista, mikä johtaa ylläidunnukseen, nälkäruokintaan, puutostauteihin jne. Paikallisen maatiaiskarjan maidontuotanto liikkuu tasolla 200-500 litraa vuodessa. Alhainen tuotostaso on seurausta paitsi paikallisten rotujen suhteellisen alhaisesta maidontuotantopotentiaalista, ennen kaikkea heikosta ja epätasapainoisesta ruokinnasta, veden saannin niukkuudesta ja monista vakavista sairauksista. Keinot maidontuotannon lisäämiseksi ja eläinکوhtaisten tuotannon parantamiseksi Etiopiassa ovat paljolti samat, mitä sovellettiin aikanaan Suomen karjatalouden kehittämisessä.

Järkiperäisen karjanhoidon alku

Karjatalouden tutkimuksen, opetuksen ja neuvonnan päästyä käyntiin 1900-luvun vaihteessa, alkoi lehmien jalostuksen, ruokinnan ja hoidon järkiperäisen kehittämisen kausi. 1800-luvun neuvonta-, opetus- ja koetoiminta oli 1800-luvun jälkipuoliskolla jo varsin laajaa. Valtiovallan toimesta oli perustettu myös lääninagronomien ja lääninkarjakoiden toimet sekä useita maatalous- ja karjatalouskouluja. Lyhyiden, käytännöllispainotteisten karjatalouskurssien pito oli hyvin aktiivista ja koko maan kattavaa. Niissä opetettiin eläinten ruokintaa, hoitoa, jalostusta, terveydenhoitoa, lypsyä ja maidon käsittelyä, jopa voin ja juuston valmistusta maatilalla.

Lypsykarjan ruokinnan ja hoidon kehitystavoitteista sekä kulloisenkin ajan tietotasosta saa hyvän kuvan oppikirjoista ja asiantuntijoiden artikkeleista. ”Lyhyt lypsykarjanhoidon oppikirja” (Nylander & Cajander 1910) ja ”Ohjeita karjataloudesta pienviljelijöille” (Nylander 1913), ovat oivallisia oppikirjoja ja ne antavat selkeän kuvan 1900-luvun alkupuolen käsityksistä ja kehittämistavoitteista lypsykarjataloudessamme.

Lainaus Nylanderin (1913) kirjan esipuheesta ”*Mutta, sanotaan, mistäpä köyhä ottaa kun ei köyhällä ole? Milläpä lehmäsi paremmin ruokit, kun ei parempaa ole? Enemmän kuitenkin on oloja sellaisia, joissa rehujen puutetta suotta vaikeroidaan. Aivan tavallistahan on kehuminen siitä., ettei lehmät ole oljenkorttakaan nähneet ennen kuin kevähölsteellä-heinien loputtua. Lehmäparat- toisin vuoroin heinissä sarvia myöten, toisin taas paljailla oljilla. Ei ajatustakaan ruokinnan järjestämisestä eikä tasaisuudesta. Jos jauhoja tai muuta väkirehua käytetään, on käyttö summittaista, umpimähkäistä. Jauhojuomiin, hauteisiin ja muihin sellaisiin herkkuihin ne sekoitetaan ja siten pilataan niidenkin vaikutus.*”

Kuvaavaa on kuitenkin ruokinnan tarkoituksesta mainittu lausuma ”*Karjanruokinnan ensimmäisenä tarkoituksena on karjan elossa pitäminen*”. Ja täydentävä määritelmä: ”*Ruokinnan tarkoituksena on myöskin tuotannon saaminen karjasta*”. ”*Maito, liha ja työ ovat karjasta saatavat päätuotteet*” Ravitsemuksen yleiset perusteet näyttävät olleen kuitenkin jokseenkin hyvin kohdallaan, vaikka termeissä onkin jonkin verran eroja nykykieleen verrattuna. Muutamia otteita esimerkiksi:

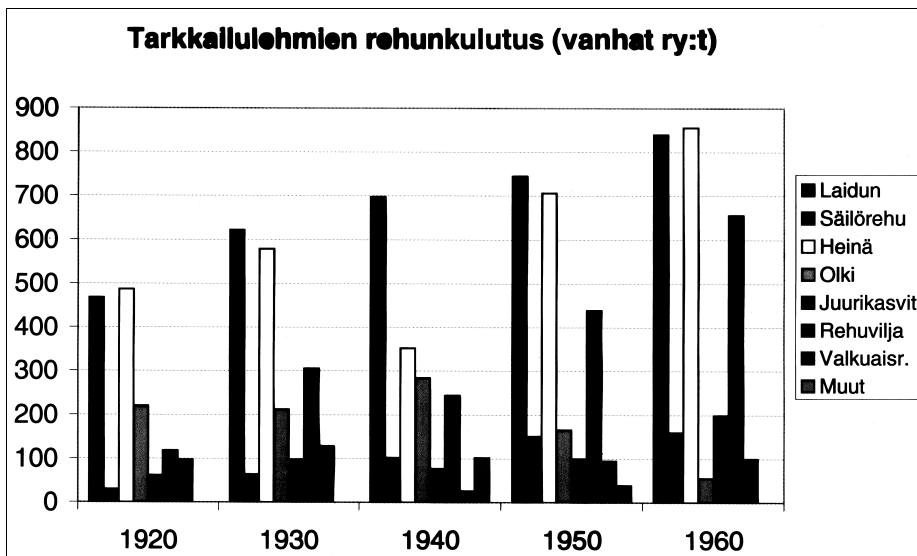
”*Ravintoaineita ovat ne aineet, jotka ovat aineenvaihdokselle välttämättömiä ja joita eläin siis käyttää elintoimintojensa ylläpitämiseksi ja tuotantoaan varten. Karjanruokinnan kannattavuuden takia on välttämätöntä, että valkuaismäärä on järjestetty mahdollisimman tarkkaan kunkin eläimen tarpeiden mukaisesti.*” ”*Lehmän tulee saada kutakin päivittäin antamaa maitokiloa kohti 45 grammaa valkuaisaineita päivässä yli elatukseen tarvitsemansa määrän, joka tarve arvioitiin 55-65 grammaksi päivässä 100 kg elävää painoa kohti*”.

Rehut jaettiin kolmeen ryhmään: tuoreet rehut, kuivat korsirehut ja väkirehut. Eri tekijöiden vaikutuksia rehujen ”sulavaisuuteen” on kuvattu varsin monipuolisesti ja rehujen tuotantovaikutusta on myös tarkasteltu asiallisesti. Suhteellisen rehuarvon mittana käytettiin kyllä rehuyksikköä, mutta sen määritelmä oli seuraava: ”*Yhdellä rehuyksiköllä jotakin rehua tarkoitetaan sitä määrää kysymyksessä olevaa rehua, jolla on maidontuotantoon sama vaikutus kuin 1 kg:lla seosväkirehua*”. Seosväkirehulla tarkoitettiin yleensä väkirehuseosta, jossa on 1/3 öljykakkua.

Toinen tulkinta oli, että käytetty ry vastasi kauran ravintoarvoa.

Tuoreiksi rehuiksi luettiin laidunruoho, vihantarehu, juurikasvit ja peruna sekä mäski ja rankki. Painorehusta käytettiin nimitystä ”pantiorehu” koska sitä valmistettiin painon alla ns. pantiossa, laudoilla reunustetussa maa-kuopassa. Säilöntäaineita ei käytetty (AIV keksittiin vasta 1928) ja rehun laatu oli oletettavasti hyvin vaihteleva eikä aina onnistunutta. Yli 10 kg:n päiväannoksina ei painorehua suositeltu lehmille syötettävän eikä vasikoille ollenkaan. Tuorerehujen käyttöä kyllä suositeltiin ja edistettiin voimakkaasti neuvonnassa. Olkien käyttöä halvimpina täyterehuina pidettiin välttämättömänä. Väki rehujen käyttö oli vaatimatonta (Kuva 1) ja niiden tehtäväksi todettiin ensisijaisesti valkuaisarpeen tyydyttäminen maidontuotannon ollessa runsaimmillaan. Ostoväki rehujen (öljyväki rehut) käyttöä piti rajoittaa viljelemällä palkokasveja. Yleensäkin oli pyrittävä siihen, että omista viljelyksistä saatiin mahdollisimman suuressa määrin kaikkea, mitä omassa taloudessa sekä ihmisille että eläimille tarvittiin. Yleisohjeena oli, että ruokinta oli järjestettävä niin, että se kulloinkin vastaa lehmän tarpeita, on terveellinen ja että lehmä sillä voi antaa mahdollisimman kannattavan tuotannon.

Ruokinnan käytännön toteutuksessa ja eläinten hoidossa korostettiin järjestelmällisyyttä ja täsmällisyyttä. Päivittäinen rehuannos tuli jakaa kahteen tai



Kuva 1. Tarkkailulehmien rehunkulutus (vanhat ry:t).

kolmeen osaan, jotta lehmille jää riittävän pitkä, rauhallinen aika märehyttämiseen ruokintojen välillä. Ruokinnan tulee tapahtua joka päivä täsmälleen samoina, määrättyinä aikoina, ja kunkin rehuannoksen tulee seurata toistaan niin, että lehmä saa uuden rehuannoksen heti, kun se on edellisen syönyt. Ensimmäiseksi annetaan maukkaimmat rehut. Ruokinnassa on noudatettava puhtautta. Rehujen punnitusta suositeltiin, ainakin kunkin ruokintaryhmän rehut tulisi punnita. Puhtaan juomaveden merkitystä korostettiin. Laidunruokinta oli vielä 1900-luvun alkupuolella hyvin tärkeässä asemassa, koska pääosa maidontuotannosta tapahtui kesällä. Laitumet olivat pääasiassa luonnonlaitumia, vain vähäisessä määrin viljeltyjä laitumia. Syksyisin lehmiä paimennettiin heinämaidon äpäriköissä, kesantopelloilla ja piennaralueilla. Siirtoruokinnasta annettiin ohjeita samoin kuin lehmien hoidosta tuotantokauden eri vaiheissa (Niemelä 1996).

Tutkimus, opetus ja neuvonta tiennäyttäjinä

Järjestelmällisen tutkimuksen, opetuksen ja neuvonnan tulokset alkoivat näkyä maidontuotannossa jo 1920- ja 1930-luvuilla. Maatalouden tutkimuskeskuksen kotieläinlääkintä-osaston professori Ilmari Poijärvi (professorina 1928-57) ja Helsingin yliopiston kotieläintieteen professori Lauri Paloheimo (professorina 1944-67) olivat kotieläinten ja erityisesti nautakarjan ruokinnan ja hoidon auktoriteetteja aktiivikaudellaan. Ajan tavan mukaan tutkimustyö oli professorin johtamaa ja hän myöskin pääosin julkaisi tulokset, piti esitelmät, kävi kansainvälisissä kongresseissa ja kirjoitti artikkelit ammattilehtiin. Kolmantena maamme nautakarjalouden kehitykseen 1920-1960 luvuilla vaikuttaneista henkilöistä on ehdottomasti mainittava akateemikko A.I. Virtanen. Hänen nurmirehun säilöntään kehittämänsä AIV menetelmä oli käännteentekevä lypsykarjan ruokinnan strateginen valinta, jonka vaikutukset näkyvät tänäkin päivänä. A.I. Virtanen keksi menetelmän 1928, Suomessa patentti myönnettiin 1933, ja keksijälle annettiin kemian Nobelin palkinto 1945, edelleen ainoa suomalaisen tiedemiehen saama Nobel-palkinto (Heikonen 1996).

Professori Poijärven johdolla ryhdyttiin järjestelmällisesti selvittämään kotimaisten rehujen ravintoarvoa kemiallisin analyysein sekä sulavuus- ja ruokintakokein. Ensin selvitettiin suosittelavat heinäkorjuuajankohdat ja kuivausmenetelmät. Säilörehututkimukset tulivat mukaan 1930-luvulla samoin kuin oljet, vihantarehut ja juurekset. Johtavana ajatuksena tutkimustyössä oli se, että ruokinnan tulee tehostua kotivaraisesti.

Toinen merkittävä tutkimusalue kaudella oli kotieläinten ravinnontarpeen määrittäminen. Poijärvi esittikin eri kotieläinlajeille omiin tutkimuksiinsa perustuvat normit, joita sovellettiin kauan mm. karjantarkkailussa ja joihin käytännön ruokintaneuvonta tiloilla perustui. Lypsykarjaa varten normit julkaistiin 1925.

Samanaikaisesti Helsingin yliopistossa professori Paloheimon johdolla suoritettiin tutkimustyössä keskityttiin rehujen arvon määrittämiseen ja niissä käytettyjen menetelmien kehittämiseen sekä märehtijöiden ruoansulatuksen fysiologiaan. Professori Paloheimo seurasi läheltä myös käytännön, erityisesti Viikin opetus- ja koetilan, lypsykarjaa, joka palveli tutkimuskäytössä ja toimi ”demonstraationa Suomen lypsykarjataloudesta”, kuten hän sen roolia itse kuvasi. Karjanhoidossa korostettiin yksilöllistä eläinten tuotannon, syönnin, kunnon ja terveyden seurantaa ja tarkkaa kirjanpitoa karjasta. Todetakaan, että käytössä oli eläinten kuntoluokitus ja jaloittelu tarhassa sisäruokintakauden aikana, asioita jotka ovat tulleet uudelleen ajankohtaisiksi (Paloheimo 1956).

AIV-rehun käyttöä ryhdyttiin keksijänsä, professori A.I. Virtasen tarmokkaalla johdolla levittämään määrätietoisesti välittömästi menetelmän julkistamisen jälkeen, lähinnä VALIO:n neuvojien toimesta. He pitivät jo vuonna 1929 lähes 200 AIV-kurssia ja rehua valmistettiin noin 3000 tilalla. Maatalousseurajärjestö otti alkuun AIV-menetelmään myönteisen, mutta varovaisen kannan. Karjatalouskonsulentit järjestivät tiloilla kokeita ja kursseja järjestettiin jonkin verran. Vuonna 1938 AIV-rehua valmistettiin jo 18 000 tilalla. Käyttömäärät pysyivät kuitenkin vähäisinä aina uuden korjuu- ja säilöntäteknologian esiinmarssiin saakka 1970-luvulla.

Sota-aika 1940-44 aiheutti ymmärrettävästi vaikeuksia rehujen saannissa, eläinten hoidossa ja terveyshuollossa. Tutkimus sopeutti nopeasti toiminansa palvelemaan akuuttia tilannetta, ja tutkimuksen kohteena olivat mm. puuselluloosa märehtijöiden ja hevosten rehuna, olkien ravintoarvon parantaminen lipeöinnillä, erilaiset hätä- ja apurehut sekä urea typenlähteenä ja puuntuhka kivinäisrehuna. Tutkijat ja neuvojat antoivat ohjeita ammattilehdissä ja esitelmissä siitä, miten rehupulaa voitaisiin lieventää ja tukalasta tilanteesta selvitä.

Sodan jälkeinen kausi, 1945-1970, maamme karjataloudessa oli vakaata kehityksen kautta. Neuvonta, opetus ja tutkimus etsivät ja levittivät yhteisvoimin keinoja karjatalouden kehittämiseksi ja erityisesti maidontuotannon lisäämiseksi. Karjakohtainen neuvonta tapahtui pääosin karjantarkkailuun liittyvänä ja se tavoitti vain noin neljänneksen nautakarjatiloista 1950-60-luvuilla. Kurssit ja kilpailut olivat voimakkaasti esillä maatalousjärjestön karjatalouden neuvontaohjelmassa. 1950-luvulla järjestettiin lypsykilpailuja lypsytaidon parantamiseksi. Tietotekniikka otettiin käyttöön karjantarkkailussa 1960-luvulla ja perusruokintasuunnitelmien teossa ja talousneuvonnassa 1970-luvulla (RUSU).

Rehujen maahantuonti, tehdasmainen valmistus ja kauppa oli tehokkaan virallisen valvonnan alaista. Rehuteollisuus alkoi kehittyä voimakkaammin 1960-luvulla, jolloin lypsylehmille tarkoitettut täysrehut tulivat markkinoille. Vielä 1950-luvulla lypsykarjalle ostettiin lähinnä öljykakkuja ja rouheita sekä

niistä valmistettuja valkuaiistiivisteitä, joita syötettiin kotoisen viljan lisänä lähinnä herumisvaiheessa. Merkittävä parannus lehmien ruokinnassa oli kiennäisrehujen kehittäminen ja käyttöönotto.

Tehdasvalmisteisten rehuseosten käytön kasvu 1970-luvulla liittyi säilörehuruokinnan yleistymiseen. Monet tilat erityisesti Itä- ja Pohjois-Suomessa supistivat viljanviljelyn vain nurmien perustamisen vaatimaan minimialaan ja siirtyivät käyttämään enenevässä määrin täysrehuja. Rehuteollisuus on aktiivisesti kehittänyt rehuvalikoimaa lypsykarjatalouden kehitystrendejä seuraten ja viimeimpään tutkimustietoon nojautuen. Valkuaisrehujen pötsihajoavuus tuli rehusuunnitteluun 1980-luvulla, ja maidon rasvan laadun ja ominaisuuksien huomioon ottaminen kuuluvat nekin oleellisina nykyiseen rehujen suunnitteluun. Teollisten väkirehujen samoin kuin rehunsäilöntäaineidenkin kehittäminen tapahtuu nykyisin yhteistyössä julkisen tutkimuksen kanssa.

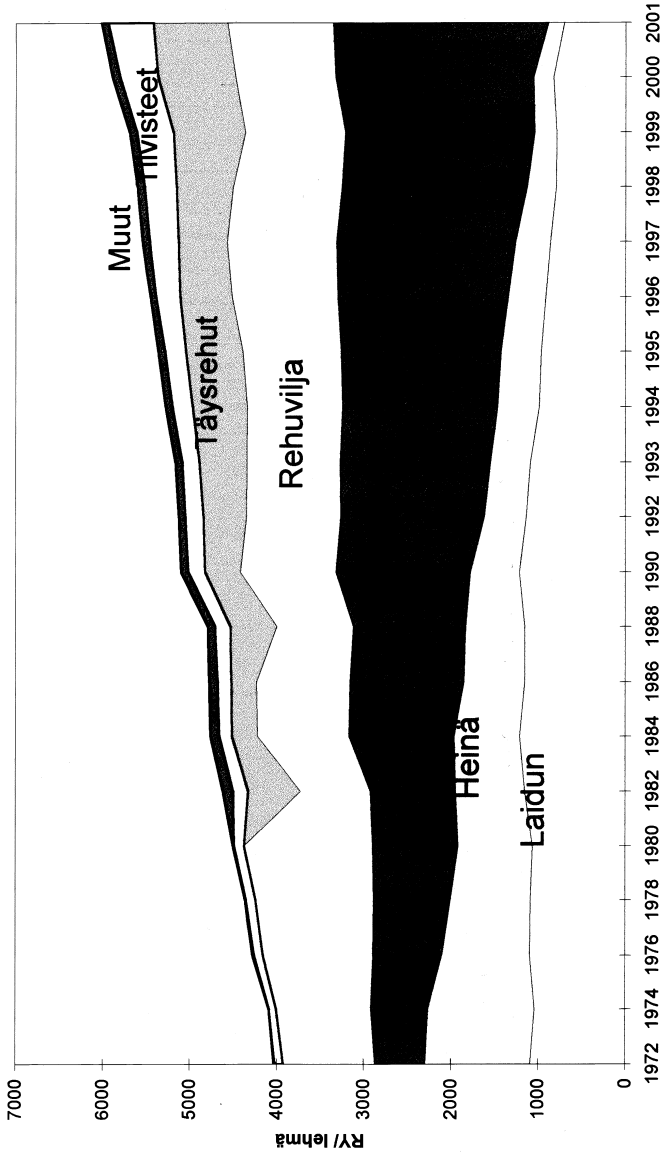
EU:n Agenda ratkaisujen myötä tapahtunut viljan hinnan alentuminen on paitsi lisäämässä väkirehun käyttöä lypsylehmille myöskin lisäämässä kiinnostusta tilasekoitukseen. Samaan suuntaan vaikuttavat myös yksikkökoon kasvu ja tietotekniikan käyttömahdollisuus myös tilatasolla. Tehdyt tuotosvertailut osoittavat, että teollisilla rehuilla saadaan kotisekoitusta parempi maitotuotos, mutta korkeammin kustannuksin. Ratkaisu on tehtävä tilakohtaisin perustein.

Säilörehuun perustuva ruokintamalli vallitsevaksi

Vaikka nurmisäilörehun käytölle Suomen olosuhteissa oli hyvät perusteet ja rehun säilöntään oli kehitetty tieteellisesti pätevä ja käytännössäkin toimiva menetelmä, säilörehun käyttö pysyi 1960-luvun loppupuolelle saakka tarkkailukarjoissakin tasolla 5-10 %. Ratkaisevan käänteen säilörehun käytön lisääntymisessä sai aikaan joka tilalle sopiva nurmirehun korjuu- ja säilöntäteknikka. Ns. ”vihreän linjan” läpimurtoa karjatalouden ruokintamenetelmänä vauhditti myös ennennäkemättömän laaja tutkimusohjelma, jonka tuloksiin nojautuen neuvonta ja opetus kaikilla tasoilla, voivat viedä menetelmän nopeasti käytäntöön.

Säilörehu valtasi vähitellen heinän paikan sisäruokintakauden perusrehuna. Se ohitti kuivan heinän lypsykarjan energianlähteenä 1970-luvun loppupuolella ja näyttää saavuttaneen vakiintuneen noin 40 %:n tason 1990-luvun loppuneljänneksellä (Kuva 2). Perusasiat nurmisäilörehuun perustuvassa ruokinnassa selvitetään tutkimuksilla ja käytännössä saadun kokemuksen avulla varsin kattavasti jo 1970-80-luvuilla. Parin viimeisen vuosikymmenen aikana on tutkimus tuottanut paljon tarkentavaa tietoa säilörehun rehuarvoon ja tuotantovaikutukseen vaikuttavista tekijöistä, korjuu- ja säilöntäteknikoista, säilörehuruokinnalla suosittelavasta väkirehutäydennyksestä sekä

Lehmien rehunkulutus 1972 - 2001



Kuva 2. Lehmien rehunkulutus vuosina 1972-2001.

ruokintastrategiasta. Viljan tuoresäilöntä on ollut tutkimuksen kohteena ja menetelmä on laajasti käytössä.

Ruokinnan toteutukseen ovat Suomen EU-jäsenyyden aikana vaikuttaneet ennen kaikkea karjakoon kasvu, työvoiman vähyys karjatiloilta ja pyrkimys tuotantokustannusten alentamiseen. Näkyvin muutos säilörehun korjuutekniikassa on pyöröpaalainten käytön voimakas yleistymisen (Taulukko 1), johon kehitykseen liittyy esikuivatun säilörehun käytön yleistymisen. Pyöröpaalainten käyttöön perustuva korjuutekniikka näyttää ylittäneen varastoimisen laakasiiloihin vuonna 2000 (Taulukko 2).

Säilörehun korjuutekniikka 1997-2000 rehunäytteiden saatetietojen perusteella

| | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|--------------------------|------|------|------|------|
| Esikuivaus, % | 38,3 | 50,7 | 59,9 | 65,5 |
| Säilöntäaineen käyttö, % | | | | |
| Ei säilöntäainetta | 4,5 | 5,9 | 7,5 | 9,1 |
| Laimea happo | 11,5 | 10,4 | 11,1 | 7,5 |
| Vahva happo | 83,1 | 83,1 | 80,2 | 81,4 |
| Biologinen | 0,9 | 0,6 | 1,2 | 2,1 |
| Siilotyypit, % | | | | |
| Torni | 8,7 | 7,4 | 6,1 | 5,0 |
| Salvossiilo | 2,3 | 2,3 | 2,1 | 1,5 |
| Laakasiilo | 37,7 | 38,4 | 38,3 | 32,3 |
| Auma | 32,8 | 26,8 | 23,6 | 23,1 |
| Pyöröpaali | 18,5 | 25,2 | 29,9 | 38,1 |

VALIO:n rehulaboratorioissa suoritettujen analyysien (n. 25000 analyysiä/vuosi) perusteella arvioituina karjataloillamme tehty säilörehu on pääosin hyvälaatuista. Hyvän laadun takeena käytetään pääosin muurahaishappoon perustuvia säilöntäaineita. Ilman säilöntäaineita tehtyjen rehujen (esikuivatujen paalirehujen) osuus on kuitenkin hieman lisääntymässä, mikä lisää virhekyäneiden rehujen riskiä. Biologiset säilöntäaineet eivät ole toistaiseksi saaneet merkittävää käyttöä (n. 2%).

Navettojen ja hoitotekniikan muutokset

Vanhan maatalouden kaudella 1800-luvulla ja pitkälle 1990-luvulle, karjasuojat olivat ns. lantapohjanavetoita, ikkunattomia tai ainakin huonosti valaistuja ja hygienian kannalta ala-arvoisia. Karjatalouden kehittyessä navettojen rakentamisesta annettiin ohjeita, ja maidontuotannon merkityksen lisääntyessä parsinavetat tulivat vallitseviksi. Rakennusmateriaalina oli kivi

Eri säilöntäaineiden käyttö paalirehuissa ja laakasäilörehuissa. (Valion rehuanalyysit v. 2000)

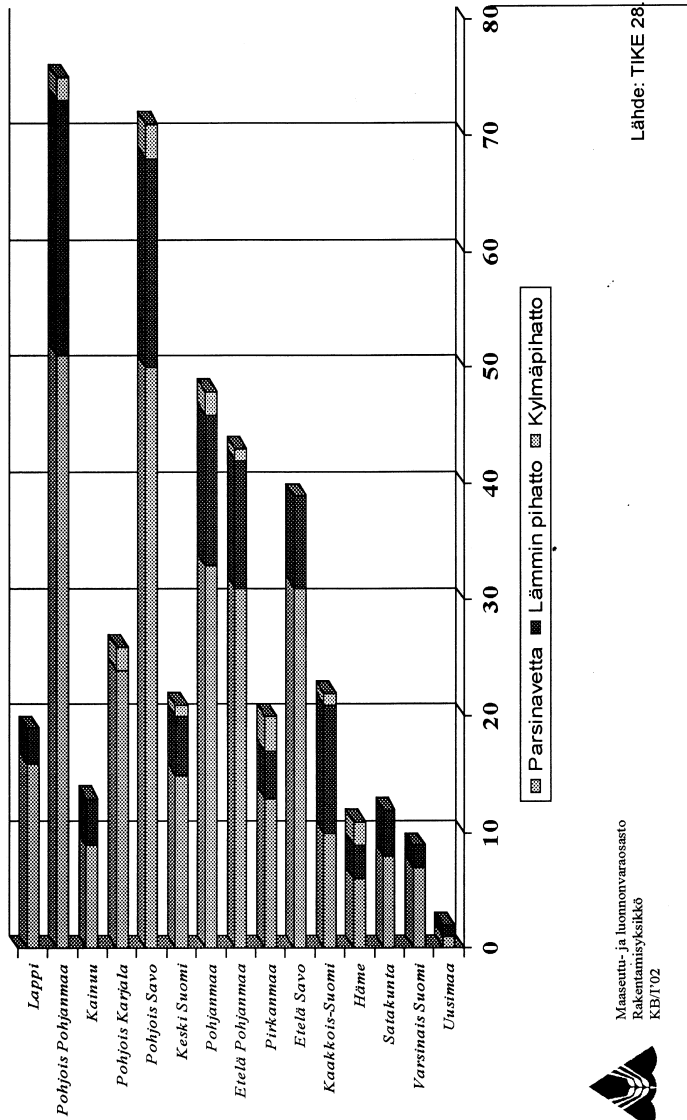
| | Paalirehut | Laakasäilörehut |
|---------------------|----------------|-----------------|
| Säilöntäaine | %-osuus | %-osuus |
| AIV 3 Plus | 2,3 | 0,7 |
| AIV 2 Plus | 34,7 | 49,8 |
| Ensimax Plus | 8,2 | 5,1 |
| AIV 10 Plus | 4,8 | 12,1 |
| AIV 2000 | 13,4 | 23,7 |
| K-säilöntä 2 | 2,0 | 3,8 |
| Muu | 9,3 | 4,4 |
| Ei säilöntäainetta | 20,5 | 0,0 |
| Biologinen | 4,8 | 0,5 |

tai/ja puu. Navetan kupeeseen ilmestyivät 1930-40-luvuilla pyöreät säilörehutornit. Lanta varastoitettiin navetan alla kellarilantalassa tai navetan yhteyteen rakennetussa erillisessä lantalassa. Sotien jälkeen navetat rakennettiin pääosin tiilestä, eri eläinlajeille yleensä saman katon alle. Maitohuone ja karjakeittiö kuuluivat ilman muuta varustukseen.

Säilörehun tuleminen lehmien perusrehuksi muutti sekä navettarakennusten ulkonäköä että sisustusratkaisuja. Rehusäiliö (laakasiilo tai torni) oli navettarakennuksen näkyvin osa, johon liittyi matala, pitkänomainen eläinsuoja. Koska säilörehun runsas syönti edellytti vapaata ruokintaa, lyhyt parsi syrjäytti pitkän parren. Lannanpoistojärjestelmänä yleistyi lietelanta, joka puolestaan vaati suuren säiliön navetan läheisyyteen.

Nyt on käynnissä jälleen uusi vaihe navettojen rakentamisessa; siirrytään parsinavetoista pihattonavetoihin. Syynä on karjakoon kasvu, töiden rationalisointi ja eläinten liikkumisen mahdollistaminen EU-säännösten edellyttämällä tavalla. Vuonna 2001 Suomessa rakennettiin TE-keskusten rakennusinvestointipäätösten mukaan 431 (Kuva 3) navettaa, joista 30 % oli pihattoja. Keskilehmäluku oli parsinavetoissa 26 ja lämminpihatoissa 46. Myös lypsykarjatutkimus on saanut käyttöönsä ajanmukaisen MTT:n Minkiön tutkimuspihaton, ja lypsyrobotti on käytössä Helsingin Yliopiston Suitian opetus- ja tutkimustilalla Siuntiossa.

Lypsykarjarakennusten rahoituspäätöksiä v. 2001



Maaseutu- ja luonnonvaraosasto
Rakentamisyksikkö
KB/T'02

Lähde: TIKE 28.1.02

Kuva 3. Lypsykarjarakennusten rahoituspäätöksiä vuonna 2001 (TIKE 28.1.2002).

Rehujen jako on käynyt läpi pitkän kehityskaaren, mutta varsinaisen mullistuksen siihen toi vasta tietotekniikan käyttöönotto 1990-luvulla. Väkirehujen jaossa on edetty karjanhoitajan kauha-menetelmästä väkirehunjakovaunujen ja rehukuljettimien kautta ruokintarobotteihin ja väkirehukioskeihin. Säilöre-

hun jaossa talikkovaiheesta siirryttiin karjakoona kasvaessa ja säilörehun käytön lisääntyessä etukuormaajaan, rehuleikkureihin ja purkaviin karkearehun jakeluvaunuihin ja pyöröpaalipurkaimiin. Viimeisin, lisääntyvää kiinnostusta saava rehunjakolaite on apevaunu tai seosrehuvaunu. Rehunjakolaitteet ovat usein tietokoneohjattuja ja niillä voidaan toteuttaa yksilöllistä ruokintaa.

Lypsytekniikka on käynyt vuosisadan aikana muutoskaaren käsilypsystä lypsytöksi. Lypsykoneet alkoivat yleistyä 1950-luvulla, ensin kannukoneina ja 1970-luvulla putkilypsykoneina. Lypsyn koneistaminen toi miehet lypsytöihin, ennen he olivat osallistuneet vain rehunjakoon ja -siirtoon. Separattori oli lähes joka kodin tärkeä kone aina sodan jälkeiseen aikaan saakka, kunnes meijerit järjestivät koko maan kattavan maidonkeräilyn. Tilasäiliöt yleistyivät 1970-luvulla, ja lypsyasemat alkoivat saada suosiota 1980-luvulla. Uusin kehitysvaihe on lypsytöiden invaasio Suomeen. Niitä on nyt käytössä 10 kpl ja määrä on nopeassa kasvussa.

Uudistetut ruokintanormit – taloudellisen ruokinnan perusta

Merkittävä muutos lypsylehmien ruokinnan perusteissa tapahtui, kun 1995 otettiin käyttöön muuntokelpoiseen energiaan perustuva rehuyksikköjärjestelmä ja valkuaiselle OIV-PTV-järjestelmä (Maaseutukeskusten Liitto 2001). Vanha ry-järjestelmä ja etenkin srv:een perustuva valkuaisarvojärjestelmä oli jo kauan tiedetty puutteelliseksi, jopa periaatteellisia virheellisyyksiä sisältäviksi. Ry-järjestelmä näytti aliarvostavan karkearehujen tuotantovaikutusta väkirehuihin verrattuna, ja srv-järjestelmä taas ei noteerannut lainkaan märehitjälle olennaista pötsiä. Uudet järjestelmät antavat entistä paremman pohjan eläinten tarvetta vastaavan ruokinnan järjestämiseen, mikä alentaa ruokintakustannuksia ja vähentää ympäristöä kuormittavien ravintoaineiden, esim. typen hukkaa.

Lehmien ruokinnan suunnitteluun on kehitetty muitakin mittareita kuin perinteiset energia-, valkuais-, kivennäis- ja vitamiinitarpeet. Tällaisia ovat mm. kuiva-aineen syöntikyky ja kuidun tarve (karkearehukerroin, solunseinäkuivuus). Tietotekniikkaa on käytetty hyväksi ruokinnan suunnittelussa jo kolme vuosikymmentä. Liikkeelle lähdettiin norjalaisella mallilla (RUSU), jonka tilalle on nyt otettu Tanskassa kehitetty, entistä monipuolisempia vaihtoehtoja tarjoava MÄRE-ohjelma. Uudessa ohjelmassa eläimiä ruokitaan ryhminä ja se mahdollistaa mm. kolmen erilaisen ruokintastrategian (tuotoksen mukainen ruokinta, tasaväkirehuruokinta, seosruokinta) valinnan. Perusruokintasuunnitelmassa lähtötietoina ovat aina tilan rehuvarat, joiden perusteella lasjetaan täydennystarve eläinten tasapainoista ruokintaa vastaavaksi. Perusruokintasuunnitelman perusteella laaditaan päivittäinen rehunjakolista tai

lasketaan seosrehun koostumus. Ruokinnan onnistumista seurataan erilaisilla tarkoitukseen kehitetyillä mittareilla (maidon ureapitoisuus ja ketoainepitoisuus). Uusimman ja hyvin mielenkiintoisen mahdollisuuden karjakohtaisen maidontuotannon seuraamiseen tarjoaa MAITOISA-ohjelma. Se paljastaa ruokinnan tai hoidon mahdolliset puutteet hyvin havainnollisesti. Myös karjan terveyden tarkkailua kehitetään jatkuvasti entistä informatiivisemmaksi.

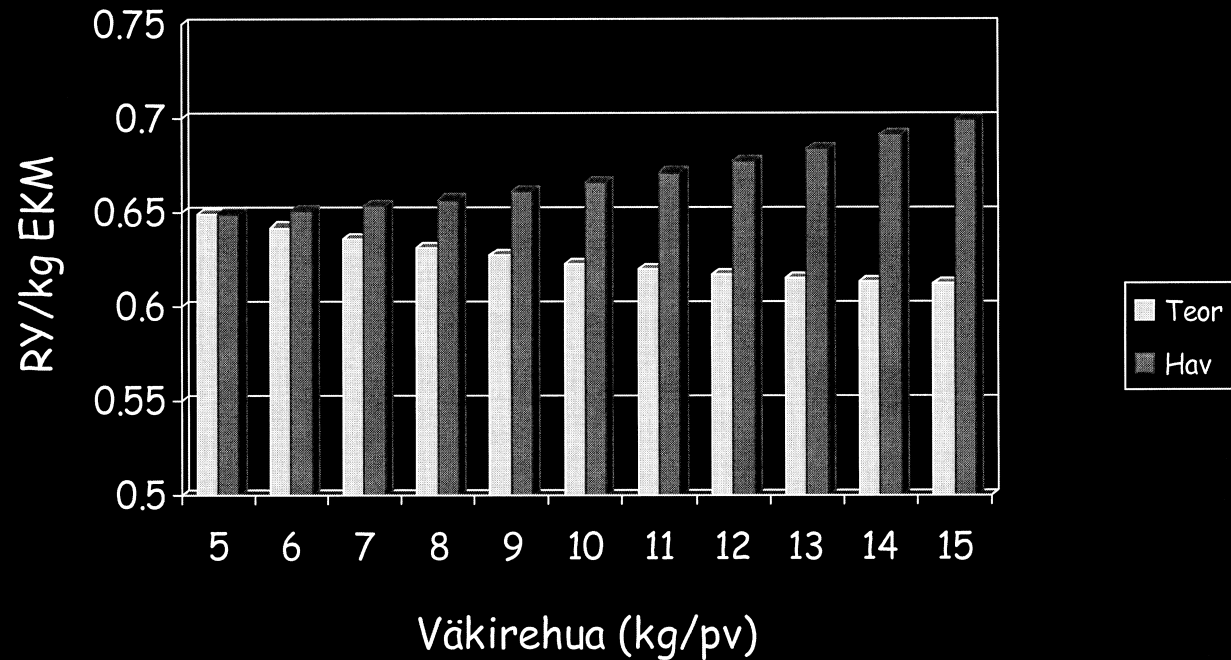
Tulevaisuuden näkymät

Lypsylehmien ruokinnassa ja hoidossa sadan vuoden aikana tapahtuneet muutokset ovat olleet hyvin moninaiset ja syvälliset. Niissä on kuitenkin ollut nähtävissä selkeä johdonmukaisuus. Peruseriaatteena on ollut maamme luonnonoloihin parhaiten soveltuva, korkealaatuiseen nurmirehuun perustuva ruokintamalli. Vahva kotimainen tutkimus, opetus ja neuvonta ovat tarjonneet käytännön karjatalouden kehitykselle luotettavan pohjan. Karjatalouden harjoittajat Suomessa ovat aina olleet hyvin innostuneita ja valmiita hyväksymään uutta teknologiaa. Erityisen suurimerkityksellistä maidontuotannon edistämässä on ollut kehittämistoimien saattaminen kaikkien ulottuville.

Lehmien maidontuotantopotentiaali on Suomessa nostettu kansainvälisestäkin kilpailukelpoiselle tasolle järkipäisellä jalostustyöllä. Ruokinnan ja hoidon muutoksilla on pyritty hyödyntämään lisääntynyt maidontuotantopotentiaali mahdollisimman täysimääräisesti. Suomessa onkin jo yli 400 lypsykarjaa, joissa keskituotos ylittää 10 000 kg maitoa, ja yksilötason vuosituotos ennätys on huikeat 20712 kg (rotu: holstein-friisiläinen) ja korkein päivätuotos noin 80 kg. Tällaiseen päivittäiseen maitomäärään tarvittiin 50 vuotta sitten 10 lehmän karja. Kokonaismaitomäärä valtakunnan tasolla ei olekaan laskenut lehmämäärän huomattavasta laskusta huolimatta. Kiintiöiden ylitys on ongelma niin tilatasolla kuin valtakunnallisestikin.

Tulevaisuuden kehitystrendejä lypsylehmien ruokinnassa ja hoidossa näyttävät säätelevän enemmän EU-säädökset kuin biologiset tosiasiat. Rehujen hintasuhteita vääristävä tukipolitiikka (voimakkaasti tuettu viljan hinta) muuttaa ruokintamallia biologisesti ja ekologisesti järkevästä nurmirehuvaltaisesta, märehijälle luontaisesta ruokintamallista entistä runsaamman väkirehun käytön suuntaan ja ruokinnan intensiteetin lisäykseen. Lisäpanosten hyötysuhde maidontuotannossa on kuitenkin maksimitasolla useista syistä johtuen aika heikko (Kuva 4). Viimeisillä maitokiloilla aiheutetaan myös ylimääräistä ympäristökuormitusta. Tukijärjestelmien tulisi

Väkirehun määrän vaikutus teoreettiseen ja havaittuun rehun kulutukseen maitokiloa kohti (Data Sairanen ym.)



Kuva 4. Väkirehun määrän vaikutus teoreettiseen ja havaittuun rehun kulutukseen maitokiloa kohti (data: Sairanen ym.).

edesauttaa biologisesti järkevien ja ympäristön kannalta kestävien tuotantojärjestelmien käyttöä.

Lypsykarjatilojen määrän ennustetaan edelleen vähenevän ja jossain määrin myös lehmämäärän. Karjakoko on voimakkaassa kasvussa, mikä näkyy navettarakentamisessa. Navetan peruskoon sanelee lypsyrobotin hoitama 50-60 lehmän yksikkö. Nurmirehu säilyttäneen sisäruokintakauden perusrehun asemansa, ja korjuuketju on pitkälle koneistettu. Korkea ja edelleen nouseva tuotostaso asettaa kovat vaatimukset lehmien hoidolle ja ruokinnalle. Siinä riittää työkenttää tutkimukselle, opetukselle ja neuvonnalle. Vastareaktionä tehotuotannolle osa maidontuottajista on siirtymässä ekstensiivisempään LUOMU-tuotantoon. Luomumaidolle on kasvavaa kysyntää, johon maidontuottajien tulee vastata.

Tietotekniikan hyväksikäyttö integroituu kaikkeen tilatason toimintaan. Lypsykarjayrittäjät ovat hyvin koulutettuja, hyviä ammattilaisia, jotka saavat uusimman tieto-aidon heti käyttöönsä. Lypsykarjatalous on jatkossakin Suomen kotieläintalouden kivijalka. Alan kilpailukyky ja yrittäjien menestyminen perustuvat jatkossakin ylivertaiseen tieto-taitoon ja osaamiseen koko tuotantoketjussa.

Kirjallisuus

- Heikonen, M. 1996. AIV Isänmaan aika. Helsinki: Kirjayhtymä. 332 s.
- Maaseutukeskusten Liitto 2001. Lypsylehmän ruokinta. Tieto tuottamaan 82, Helsinki: Maaseutukeskusten Liitto. 127 s.
- Niemelä, J. 1996. Lääninlampureista maaseutukeskuksiin. Tampere: Tammer-Paino Oy, 519 s.
- Nylander, H. 1913. Ohjeita karjataloudesta pienviljelijöille. Porvoo: WSOY. 105 s.
- Nylander, H. & Cajander, E. 1912. Lyhyt lypsykarjan hoidon oppikirja. Helsinki: Otava, 174 s.
- Paloheimo, L. 1956. Kotieläinhoidon perusteita. Jyväskylä: Gummerus. 619 s.
- Soininen, A.M. 1974. Vanha maataloutemme. Maatalous ja maatalousväestö Suomessa perinnäisen maatalouden loppukaudella 1720-luvulta 1870-luvulle. Maataloustieteellinen Aikakauskirja 46: 1-459.

Lehmän maidontuotannon merkitys kansamme hyvinvoinnille

Kalle Maijala

Haapatie 13 D, 00780 Helsinki, kmaijal@kmaijal.pp.fi

Tiivistelmä

Lehmien osuus maatalouden tuloista Suomessa oli vuonna 2000 noin puolet (maito 41, liha 9 %). Naudanlihan tuotannosta 90 prosenttia perustuu lypsy-lehmien vasikoihin. 1900-luvun alkupuoliskolla maitoa pidettiin täydellisimpänä ruoka-aineena ja rasvaa sen tärkeimpänä aineosana. 1950-luvulla voin arvo alkoi kuitenkin vähetä. Rasvapitoisuuden alentamisvaatimukset hämmentivät karjanjalostusta, koska rasva- ja proteiinipitoisuutta säätelevät 60-prosenttisesti samat geenit. Proteiinin arvo nousi, mutta sille saatiin vaatimatonta hinta vasta 1978. Maidosta saadaan monipuolisimmat hyödyt kokomaitotuotteina, jolloin ainesosien yhdysvaikutukset pääsevät toimimaan.

Märehtijänä lehmä pystyy jalostamaan kasviainesta, jota ihminen ei voi syödä. Nurmikasvien hehtaarisadot ovat meillä 1,5-kertaisia viljaan verrattuna. Rehuhyötysuhde maidontuotannossa on kotieläintuotannon paras. Lehmä lisää ihmisten käytettävissä olevaa proteiinia ja energiaa ja on hyvä maise-manhoitaja. Rasvan vieronta ravitsemuksessa vähensi kuitenkin vuosina 1964-2000 lehmien määrää 68 prosenttia ja maidontuotantoa 36 prosenttia. Maidolla on kauan tiedetty olevan myönteisiä terveysvaikutuksia, esim. hampaisiin, luustoon, mahahaavaan, verenpaineeseen, syöpään sekä sydän- ja verisuonitauteihin. Viime aikoina maidon kaikista aineryhmistä on löydetty monia luonnollisia bioaktiivisia aineita, jotka vaikuttavat yhdessä ja erikseen edullisesti mm. syövän ehkäisyssä. Maidon käsittelytekniikkojen, mm. homogenoinnin, vaikutuksia ihmisten terveyteen on syytä tutkia kunnolla. On myös tärkeitä tutkia maidon ravitsemuksellisia ja terveysvaikutuksia entistä monipuolisemmin sekä käyttää ravitsemussuositusten laatimisessa entistä monipuolisempaa asiantuntemusta.

Avainsanat: maito, lehmät, rasvat, proteiinit, kivennäisaineet, vitamiinit, terveysvaikutukset, rehut, rehuhyötysuhde, ravitsemussuositukset

Maidontuotannon taloudellinen merkitys Suomessa

Kotieläintuotteiden osuus maatalouden tulosta oli 1900-luvulla pitkään yli 4/5 ja v. 2000 noin 2/3. Maidontuotannon osuus tulosta oli 41,5% ja naudanlihan 9,2 % eli yhteensä noin puolet (Gallup Elintarviketieto 2000). Lehmätalouden vallitsevuus johtuu pohjoisista luonnonoloistamme. Lisäksi karja on antanut viljelijäperheelle tasaista työtä ja tuloa ympäri vuoden. Naudanlihan tuotannostammekin 9/10 perustuu lypsylehmien vasikoihin. Karja on pysynyt maatalouden merkittävimpanä tulonlähteenä ja maito sen tärkeimpänä tuotteena. On siis täysi syy pohtia maidontuotannon mennyttä ja tulevaa merkitystä kansamme hyvinvoinnille.

Maidon merkitys ravintona

Lehmän ylivoimaisesti tärkein tehtävä on tuottaa korkealaatuista ravintoa ihmisille, erityisesti proteiinia. 1900-luvun alkupuolen ravitsemustutkimusten mukaan eläintuotteet ovat täydellisiä, monipuolisia ja terveellisiä. Maidolle tuli erityisasema, koska sen todettiin olevan kaikkien nisäkkäiden ainoa ravinto elämän alussa: Se sisältää kaikkia niitä ravintoaineita, joita nuori eläin tarvitsee kehitystään varten, erityisesti riittävän proteiini- ja kivennäisainepitoisuuden. Se on mm. Suomessa myös aikuisten ruokavalion tärkeä osa juuri monipuolisen ravintoainekoostumuksena vuoksi (Roine 1955). Maitotuotteista saa myös sellaisia ravintoaineita, joita muualta on vaikea saada riittävästi. Se sisältää monenlaisia rasvahappoja, valkuais-, kivennäis- ja hiivenaineita sekä tärkeitä vitamiineja (Taulukko 1). Käyttökelpoisten aineosien todennäköisyys on suurempi kuin useimmissa muissa juomissa ja ruoka-aineissa, ja ravinnetiheys/energiayksikkö on suuri. Se soveltuu monenlaiseen ruoanvalmistukseen ja jatkojalostukseen sekä lisää muiden ruokien ravintoarvoa ja kasviperaisten kivennäisten käyttökelpoisuutta.

Maitorasva (R) on määrältään vaihtelevin ja vie puolet rehun energiasta. Voi oli raskaan ruumiillisen työn aikakautena tärkeä, säilyvä ja maistuva energian ja R-liukoisten vitamiinien lähde. Sen kohtuukäytöllä on pysyvä arvo välttämättömien R-happojen ja useiden vitamiinien saannille. Sen merkitys energialähteenä voi lisääntyä öljy- ja hiilivarojen vähetessä, koska se hyödyntää kasvien aurinkoenergiaa. R oli pitkään maidon tärkein aineosa ja sen hinnoitteluperuste.

Voin erikoisarvoa ja tarvetta alkoivat 1950-luvulla pienentää töiden keveneminen, kasvienergian huokeus, margariinien vitaminointi sekä väitteet eläinrasvojen epäterveellisyydestä. Maitotilien R-hyvitys ei noussutkaan inflaation mukana. R-pitoisuuden alennusvaatimukset hämmensivät jalostustavoittei-

Taulukko 1 Lehmänmaidon keskimääräinen koostumus Suomessa (Antila & Antila 1976).

| Pääaineosa | % | Ala-aineosat | Ala-ala-aineosat tai huomautuksia |
|-------------|---------------|---|--|
| Vesi | 86,8 | | Vesiliukoisia vitamiineja (B*, C) |
| Laktoosi | 4,8 | Galaktoosi Glukoosi | Ei löydy muualta luonnosta |
| Rasva | 4,4 | Rasvahappoja Glyseridejä Fosfolipidejä Steroleita Vitamiineja | Yhteensä noin 400; lyhytketjuiset ainutlaatuisia Tri-, di- ja monoglyseridit Lesitiiniä on kaikissa eläinsoluissa Kolesteroli tärkeä aivoille A*, D, E, K |
| Proteiineja | 3,3 | Kaseiinia 4/5 Heraproteiineja 1/5 Mikroproteiineja | noin 20 aminohappoa, 8 välttämätöntä noin 20 geneettistä tyyppiä beta-laktoglobuliini, alfa-laktalbumiini, seerumialbumiini, immunoglobuliini, ptoteosipeptoneita entsyymeitä, hormoneita ym. |
| Mineraaleja | 0,7 | Makromineraaleja Mikromineraaleja | Ca*, P, K, Cl, Na, Mg Zn, Cr, I, F, Fe, Cu, Co, Mn |
| Muita | pieniä määriä | Hivenaineita | entsyymeitä, hormoneita, kaasuja, NPN-yhdisteitä, rikkiä sitovia yhdisteitä |

* tärkeä vitamiinin tai mineraalin lähde ihmisille

den asetelua, koska R- ja valkuaispitoisuuksien perinnöllinen yhteys on 60 % ja niiden tuotosten 80 % (Maijala 1974). R:n vähentäminen vaikeuttaa tuotannon jatkamista ja monimuotoisuuden säilyttämistä tulevaisuuden enustamattomiin tarpeisiin. Lihantuotannossa R:n vähentäminen on helpompaa, koska eläin voidaan teurastaa ennen rasvan kertymistä. Tavoitteita asettaessa olisi otettava huomioon biologian lait ja pitkän ajan tarpeet.

Yleensä on jäänyt huomaamatta, että R:n kolesteroli on tärkeä steroidi ihmisen soluissa (Sieber 1994). Normaali ihminen sisältää sitä n. 150 g ja syntetisoi sitä 700-1500 mg/pv. Se säätelee suolistossa R:n imeytymistä. Se on kaikkien solukalvojen ja hermojen pääaineosa sekä monien hormonien ja D-vitamiinin esiaste. Se on välttämätön nuorten nisäkkäiden kehitykselle. Joillakin ihmisillä (n. 1/5:llä) on kuitenkin häiriytynyt kolesterolin aineenvaihdunta, minkä vuoksi heidän on noudatettava erikoisdiettejä. Ihmisten veren kolesterolipitoisuuden periytymisaste on n. 50 % (Namboodiri ym. 1984). Joitakin siihen vaikuttavista geeneistä tunnetaan.

Maitovalkuaisen (V) korkealaatuisuuteen ja kasvavaan arvoon suunnattiin huomio R:n merkityksen vähennyttyä. Sen 20 aminohaposta 8 on ihmisille välttämättömiä. Ihminen hyödyntää maito-V:n kaksi kertaa tehokkaammin

kuin vilja-V:n. Se täydentää kasviraavinnon biologista arvoa: tämä on maito-V:lla 85 %, vilja-V:lla 40-50 % (Antila & Antila 1976). Eräässä kokeessa se valkoisella leivällä oli 52 %, juustolla 76 % ja niiden seoksella 75 %. Maito-V ei lihota, vaan sopii laihdutusravinnoksi. Lehmän V-tuotannon hyötysuhde on korkea, ja lehmä voi tehdä sitä syöntikelvottomista kasvituotteista (Petersson & Olsson 1966).

V-%:ia ehdotettiin virallisesti tilitysperusteeksi jo 1959 (Komiteanmietintö 1959), mutta ehdotus toteutui vasta 1978, kun inflaatio oli jo 5-kertaistanut litrahinnan. Hinnan painottuminen veteen ei kannustanut V-%:n lisäämiseen. R:n ja V:n perinnöllisen yhteyden johdosta niiden hintahyvitykset täydentävät toisiaan. R-% laskee V-%:ia pienemmäksi vasta sitten, kun kumpikin on <3 % (Maijala 1974). R:n paneminen tunkiolle merkitsisi kuitenkin karjanpidon loppua, joten väkevyyksien alentamiseen tarvitaan kestävät perusteet. Juustonkäsytyn kasvu on lisännyt V:n arvoa, mutta heraan jää 1/5 maidon V:sta ja 4 tärkeätä valkuaisainetta.

Maidon R:n kulutus tuki sen V:n tuotantoa ja tämän kehittämistä. Tarkkailulehmien keskimääräinen V-tuotos 2.5-kertaistui vv.1913-1953 ja 4-kertaistui v:een 2000. On syytä ottaa huomioon, että kuiva-aineen määrä alenee R-%:ia alennettaessa. Tietyn kuiva-ainemäärän tuottamiseen tarvittava vesimäärä aiheuttaa lisärasitusta utareelle.

Maitosokeria (L = laktoosi) ei luonnossa esiinny muualla kuin nisäkkäiden maidossa, mikä viittaa sen erityismerkitykseen kehittyneillä eliölajeilla (Antila & Antila 1976). Nisäkäslajien maidon L-% on suhteessa niiden aivojen osuuteen elopainosta. Suhde on suurin ihmisillä. L:n galaktoosi on keskushermostojärjestelmän aineosa. Laktoosi sulaa vasta suolistossa, jossa se stimuloi orgaanisia happoja ja B-vitamiineja muodostavien mikrobien kasvua. Sillä on edullinen vaikutus suun kautta annettavassa antibioottilääkityksessä. Se myös edistää kalkan, fosforin, magnesiumin ja bariumin yhteytystä suolessa sekä estää riisitautia. Se auttaa mikrobeja muodostamaan niasiinia suolistossa. Se liukenee hitaasti eikä ärsytä mahalaukkuja ja suolta. Se sopii laihdutukseen. Haittana on ollut se, että joiltakin ihmisiltä (Suomessa 1/6:lta) puuttuu laktaasientsyymi.

Kivennäisaineista on suurin merkitys kalkilla ja fosforilla, jotka ovat tärkeitä monille väestöryhmille. Maidon arvoa kalkkilähteenä lisää sen suotuisa Ca/P-suhde. Raudan suhteen maito on köyhä.

Vitamiineista ovat ihmisille tärkeitä R:n A-vitamiini ja heran B-vitamiinit.

Maito täyttää monet tarkoituksenmukaiseen koostumukseen liittyvät vaatimukset: Se on monipuolinen ruoka-aine, mikä on ravitsemuksessa keskeisen tärkeätä. Sen edut ovat parhaiten saatavissa kokomaitotuotteista, jolloin voidaan hyödyntää kaikki aineosien väliset yhdysvaikutukset. Kaikkien aineosi-

en markkinointia on syytä kehittää. Oikeudenmukaisilla hintatasoilla väkyyksien muuttaminenkin tulee perustelluksi. Maidon monipuolisuuden merkitystä ei kuitenkaan tarpeeksi tiedosteta.

Maidontuotannossa monia sivutuotteita

Maidontuotanto on naudanlihan tuotannolle tärkeä perusta. Lihan kysyntä on noussut elintason myötä. Lypsylehmien vasikoita käytetään pihvin tuotantoon. Keskikokoiselta lehmältä saadaan vuodessa 70-80 kg omaa lihaa + 150-200 kg vasikan lihaa. Monet sisäelimestä ovat arvokasta ravintoa. Suuri osa lihasta perustuu aurinkoenergialla tuotettuun kasviainekseen = uusiutuviin luonnonvaroihin. Ruhoista saadaan n. 100 arvokasta sivutuotetta (mm. lääkkeitä). Naudan heikko sikiävyys lisää kustannuksia/kg. Sen lihan osuus tuotetusta lihasta on vähentynyt. Suomessa tuotetusta nahasta 95% on naudanahkaa. Painopisteen siirtyminen viljansyöjiin ei ole tervettä kehitystä. Lanan hyödynnys parantaa tuotannon kestävyyttä. Mitä enemmän lypsylehmiä, sitä enemmän ja halvemmalla saadaan vasikoita lihantuotantoon. Biologinen tehokkuus parantuu. Paluu tehokkaaseen maitoproteiinin tuotantoon helpottuu, jos itseuudistuva pihvintuotanto perustuu maitorotuihin. Maidon- ja pihvintuotanto tukevat siis toisiaan, tasoittaen erilaisten vuosien tuloseroja. Lehmien luku laski 1960-2000 1,2 milj:sta alle 400 000:n, vähentäen lihan-kasvatukseen joutavien vasikoiden lukua. Suomessa oli 30 000 emolehmiä ja 8 500 emoksi kasvatettavaa pihvihiehoa v. 2000.

Lehmän merkitys luonnonvarojen hyväksikäytössä

Lehmä pystyy tekemään mainitut tuotteet ihmiselle syöntikelvottomasta aineksesta. Naudalla rehun kuitu-%:n 1 %:n nousu alentaa orgaanisen aineen sulavuutta vain 0,74 % (hev. 1.25, sika 1.55, kana 1.96%/1%). Märehtijät ovat muita tehokkaampia, kun kuitu-% on yli 20. Nauta voi kerätä rehunsa suoraan kasvupaikoilta, viljelykelvottomilta alueilta, ilman ihmistyötä. Pohjoisilla leveysasteilla nurmisatojen suhteellinen kilpailukyky on parempi kuin viljojen. Ne hyödyntävät kevätkestouden ja pitkät kesäpäivät eivätkä kärsi syyssateista. Mitä pohjoisempaan mennään, sitä tärkeämpää on nurmiviljely. Nurmien energia- ja proteiinisadot ovat meillä 1.5-kertaiset viljaan verrattuna. Nurmia tarvitaan vilja-alueillakin maan kasvukunnon säilyttämiseen. Maamme ainoa Nobel-tiedemies, akateemikko A.I. Virtanen kehitti 1920-luvulla nurmirehun säilytysmenetelmän, jota on jatkuvasti parannettu. Nurmirehu on märehitjoiden lajinomaista ravintoa, se sopii niiden ruoansulatukselle ja eläimet voivat paremmin. Nurmiviljely on eettisesti arvokasta ja parantaa toimeentulomahdollisuuksia Pohjois-Suomessa. EU:n tukipolitiikasta on tullut ongelmia: Runsas väkirehun käyttö aiheuttaa ympäristöongelmia, tuotannon eettinen laatu kärsii, nurmirehun säilöntä- ja ruokintataito häviävät.

Maidontuotanto biologisesti tehokkainta kotieläintaloutta

Ravintoketjun teho = tuotteet/rehu-ravintosuhde. Kotieläinten rehuhyötysuhde (RHS) on harvoin yli 40 %. Paras proteiini-HS on lehmän maidontuotannossa: 6 000, 8 000 ja 10 000 kg/vuosi-tuotoksilla RHS on vastaavasti 35, 39 ja 43 % (Syrjälä 1976). Muiden kotieläinten tuotannossa proteiini-HS on alle 30 %, itseuudistuvassa pihvintuotannossa alle 15 %, lypsylehmien vasikoihin perustuvassa pihvintuotannossa selvästi enemmän. Karkearehulla lehmä tuottaa 2,5 kertaa niin paljon proteiinia ja energiaa kuin se kuluttaa ihmisille sopivaa rehua (van Es 1979). Väkirehuruokinnassakin tämä luku lypsylehmällä on yli 100, pihvilehmällä n. 80 %. Lehmä lisää siis ihmisten käytettävissä olevaa proteiinia ja energiaa sekä parantaa sen laatua. Fossiilienergian tarve/yksikkö on pienin maidontuotannossa.

Lehmä maiseman hoitajana ja osana, kestävä maatalouden edistäjänä

Laiduntava karja on luultua parempi maisemanhoitaja (Pykälä 2001). Laidunnus ja niitto lisäävät kasvilajien lukua; 60 % alkuperäiskasveista hyötyy. Suurikokoiset kasvit vähenevät, pienilmasto lämpenee, siemenet kulkeutuvat karjan mukana. Nauta ei valikoi niin tarkoin kuin muut eläimet. Se on sopivin eläin hoitamaan luontoa. Arvokkaita perinnemaisemia on jäljellä alle 20 000 ha. Perinteisen karjatalouden muovaamia perinnebiotooppeja, niittyjä, hakamaita ja metsälaitumia oli 1900-luvun alussa 1,5 milj. ha. Maidontuotanto edistää kestävä maataloutta. Lehmien lukua ei tarpeen tullessa voida lisätä nopeasti. Maidontuotannon lopettamisella tai liiallisella supistamisella on siis ikävät seuraukset.

Lehmän merkitys kriisitilanteissa

Suomi on ollut usein sotatantoreena, 1900-luvullakin kolmesti. Ruokahuolto oli silloin heikko ja nurmiin perustuvan maidontuotannon merkitys suuri. Tshernobylin ydinonnettomuus 1980-luvulla nosti esiin uudenlaisen uhan, jonka välttämisestä tulevaisuudessa ei ole varmuutta. Silloin huomattiin tutkimus, jonka mukaan lehmän tuotteissa on vain pieni osa (13 %) sen syömien kasvien radioaktiivisesta strontiumista (Paakkola 1970). Ihmisen syömästä strontiumista valtaosa tulee kasveista, maidosta ja lihasta vähän. Eläimet pystyvät erottamaan kalkin ja strontiumin, kasvit eivät. Radioaktiivisen strontiumin kertymistä luustoon estää kalkkipitoisten ruoka-aineiden käyttö, joista maito ja maitovalmisteet ovat parhaita. On myös kehitetty tekniikka,

jolla 98 % maidon radioaktiivisesta strontiumista voidaan poistaa ennen maidon käyttöä (Campbell & Lasley 1975). Monenlaisia luonnonmullistuksia on jatkuvasti maailmalla eikä maailmanrauhaa ole saavutettu YK:n ym. yrityk-sistä huolimatta. Ilman omaa ruoantuotantoa maamme on helppo uhata. Ruokahuollon varmistaminen on aina etusijalla, ja siinä lehmien maidontuo-tannolla on tärkeä sija.

Lehmäluvun sekä maidontuotannon ja -kulutuksen kehitys

Maamme maidontuotannossa on viimeisten 40 vuoden aikana tapahtunut huomattavia muutoksia (Taulukko 2).

Taulukko 2. Maidontuotannon muutokset Suomessa (%). (Gallup Elintarviketieto 1992-2000).

| | Lukumäärä Tuotanto Kulutus Vienti | | |
|------------------------------------|-----------------------------------|------|------|
| Lehmien luku 1964-2000 | - 68 | | |
| Nautojen kokonaisluku 1962-2000 | - 40 | | |
| Maidontuotanto 1964-2000 | - 36 | | |
| Maitonesteet 1975-2000 | - 36 | | |
| Voi 1964- , 1963- ,1960-2000 | - 48 | -78 | +36 |
| Maitojauhe 1985-, 1986-, 1969-2000 | - 75 | - 90 | - 60 |
| Naudanliha 1985- , 1975-2000 | - 30 | - 14 | |
| Juusto 1960-, 1960-2000 | + 223 | +705 | |
| Jäätelö 1960-2000 | | +702 | |

Lehmäluvun pieneneminen on vaikeuttanut vasikoiden saantia lihantuotantoon. Karjattomien tilojen luku ja karjojen keskikoko ovat suuresti kasvaneet, tehden lehmästä laitumella yhä harvinaisemman näyn.

Ravitsemussuosittelujen seurauksia ja ongelmia

Nykyiset suositukset ovat ristiriidassa aiempien käsitysten kanssa, joiden mukaan maito on terveellinen ruoka-aine ja taloudellisesti-biologisesti hyödyllinen maataloustuote. Ei ole juuri kiinnitetty huomiota kaikkiin terveyden osatekijöihin, eri ikäluokkien tarpeisiin, yksilöiden perinnöllisiin eroihin ja fysiologisiin tarpeisiin, kansan- ja yksityistaloudellisiin, yhteiskunnallisiin ja maisemallisiin näkökohtiin, maailman väestön tuleviin tarpeisiin, kotieläintuotteiden moniin ravitsemuksellisiin näkökohtiin, ravintoaineiden yhdysvaikutuksiin sekä päivittäisen ravinnon tasapainoisuuteen, kohtuuteen ja monipuolisuuteen. Pyrkimys sanoman yksinkertaistamiseen, jotta kaikki sen ym-

märtäisivät, on viety liian pitkälle. Pelkojen herättäminen ei palvele kokonaishyvinvointia. Monien alojen asiantuntemus on jätetty pois. Eri tieteiden ja elämäntieteiden yhteistyö on ollut puutteellista. Näkökohtia on syytä avartaa. Maidontuotannon vähentyminen suosituksen seurauksena on merkinnyt 45 milj. kg:n alenemista/v. maitoproteiinin tuotannossa ja vastaavaa alenemista muiden arvokkaiden aineosien tuotannossa.

Maidon tunnettuja myönteisiä terveysvaikutuksia

Hammasterveys: Erityisesti juusto suojaa hammasmädältä. Se on bakteerien hapontuotannon puskuri, ja sen rasvahapot tuhoavat bakteereita. Proteiinit muodostavat suojaavan pintakerroksen hammaskiillelle (Gurr 1999b).

Luuston terveys: Kalkki on tärkeä kasvuikäisten luuston kehitykselle sekä estää ja parantaa osteoporoosia aikuisilla (Gurr 1999b).

Mahahaava: Maidon fosfolipidit voivat suojata. Sen lyhyet ja keskipitkät rasvahapot parantavat suolen limakalvoa ja estävät bakteerien kasvua (Gurr 1999b).

Verenpaine: Maidon runsas kalkki alentaa sitä, samoin magnesium, kalium ja peptidit (Miller 1999)

Munuaiskivet: Maidon kalkki vähentää niiden vaaraa (Renner 1995).

Syöpä: Maidon kalsiumfosfatidit suojaavat paksusuolensyövältä, ja laktobasillit tuottavat syöpää vastustavia yhdisteitä (Lipkin 1999). Konjugoidut linolihapot (CLA) suojaavat eräiltä syövilä, samoin jotkut maidon proteiinit (Grünari & Bauman 1999).

Sydän- ja verisuonitaudit: Viimeisten 20 vuoden tutkimukset ovat parantaneet käsitystä ihmisen veren kolesterolille edullisten ja haitallisten rasvahappojen suhteista: sitä alentavia on 45, neutraaleja 41 ja nostavia vain 14 paino%. Maitoa ja jogurtia päivittäin käyttäneiden kolesterolitaso oli alempi kuin muun väestön. Mikään tutkimus ei ole osoittanut, että täysmaito lisäisi veren kolesterolia (Renner 1995).

Maidosta löydetty bioaktiivisia terveystekijöitä

Viimeisten 10 vuoden aikana on tutkittu paljon maidon luonnollisia bioaktiivisia aineosia ja niiden fysiologisia vaikutuksia. Maito ja meijerituotteet on todettu niistä rikkaimmiksi. Tämä koskee maidon kaikkia aineryhmiä.

a) Rasva (Taulukko 3)

Taulukko 3. Hiljattain tunnistettuja maitorasvan bioaktiivisia ja fysiologisesti hyödyllisiä aineosia (Szakály ym. 2001).

| Luokka | Vaikutukset |
|---|--|
| Suuri CLA-pitoisuus | Antikarsino-, -aterogeeninen, vastustuskykyä säätelevä |
| Suuri sfingomyeliinipitoisuus | Lihaskuituja tekevä |
| Suuri voihappopitoisuus | Kasvainmuodostuksen estäminen |
| Erilaiset eetterilipidit | Kasvainmuodostuksen estäminen |
| A-vitamiini ja beta-karotiini | Antioksidatiivinen, ehkäisee syövän muodostusta ja verisuonten kalkkeutumista, hidastaa vanhenemista |
| Vähän, mutta hyödyllisiä trans-rasvahappoja | Antiaterogeenisiä |
| Ihanteellinen Omega-6/Omega-3-rasvahapposuhde | Antiaterogeeninen, -hypertensiivinen, -tromboottinen, -allergeeninen, migreeniä lieventävä, antiarytmisen, ennenaikaista syntymää ja kuukautiskipuja ehkäisevä |

Sfingomyeliini on fosfolipidi rasvapallosten pintakalvolla.

Voihappo on vain maitorasvassa, kypsytetyissä juustoissa peräti 10-kertaisesti.

Eetterilipideillä (glyserolipidien ryhmänimi) on myös sytostaattista ja -toksista vaikutusta.

A-vitamiini ja β-karotiini vaikuttavat antioksidatiivisesti, ehkäisevät verisuonten kalkkeutumista ja hidastavat vanhenemista.

Mainituilla aineilla on kullakin erikseen ja etenkin yhdessä suuri merkitys syövän ehkäisyssä. Maidon trans-rasvahapot ovat enimmäkseen hyödyllisiä, päinvastoin kuin kasvirasvoja kovetettaessa muodostuneet trans-rasvahapot. Omega-6/Omega-3-suhde on tärkeä. Sen optimiarvo on 3:1, mielellään alle 5:1. Suhteen suuri arvo voi johtaa moniin elintasotauteihin. Maitorasvassa sen arvo on 2.5:1, maissiöljyssä 68:1. Maitorasvan hyödyllisyys on täten vahvistunut (Gurr 1999a).

b) Proteiinit

Kaseiini (Taulukko 4).

Opioidiagonistit vaikuttavat morfiinin tavoin, lisäten hyvänolon tunnetta ja vähentäen kipua. Immunostimulantit vahvistavat immuunijärjestelmää, ehkäisten tartuntatautien ja syövän syntyä. Immunomodulatiivinen säätelee immuunijärjestelmää, pitäen sitä tasapainossa. Antihypertensiivinen tarkoittaa verenpainetta alentavaa. Mainitut kaseiinit laskevat lähinnä yläverenpainetta. Ioneja sitovat proteiinit ovat korvaamattomia erilaisten kivennäisainesten imeytymisessä. Antitromboottiset proteiinit estävät verisuonitukoksia.

Taulukko 4. Maidon kaseiinin alkuperäisiä proteiineja ja niiden fysiologisia vaikutuksia (Szakály ym. 2001).

| Luokka | Lähde | Vaikutus |
|-------------------|-------------------------|--------------------------------------|
| Kasomorfiinit | Beta-kaseiini | Opioidiagonisti |
| Kasoksiinit | K-kaseiini | -" |
| Immunopeptidit | Alfa s1-kaseiini | Immunostimulantti |
| | Beta-kaseiini | -" |
| Kasoksiinit | Alfa- ja beta-kaseiinit | Immunomodulatiivinen |
| | | Antihypertensiivinen (ACE:tä estävä) |
| Fosfopeptidit | Alfa s1-kaseiini | Ioninsitojia (Ca, Fe, Mn, Cu, Se) |
| | Alfa s2-kaseiini | -" |
| | Beta-kaseiini | -" |
| Glykomakropeptidi | K-kaseiini | Antitromboottinen |
| Kasoplateliinit | K-kaseiini | -" |
| | Transferrini | -" |
| Kasosidiini | Alfa s2-kaseiini | Antimikrobiaalinen |

Antimikrobiaaliset proteiinit torjuvat mikrobeita.

Hera (Taulukko 5)

Vitamiineja sitovat proteiinit ovat tärkeitä vitamiinien imeytymisessä, estäen haitallisten mikrohiukkasten lisääntymistä. Veriplasman LDL-kolesterolia vähentävä heraproteiini ehkäisee verisuonten ahtautumista. Sen antioksidanttivaikutus taistelee myös syövän syntyä ja vanhenemista vastaan. Antitromboottiset proteiinijohdannaiset estävät verihituleiden sakkautumista ja suonien tukkeutumista. Antikarsinogeeniset proteiinit puuttuvat kasvainten muodostumiseen, säätelevät solujen jakautumista, solukuolemaa ja solunmuodostusta.

Maidon bioaktiivisia proteiineja eristetään teollisesti ternimaidosta, tavallisesta maidosta, kirnupiimästä ja herasta.

c) *Laktoosi eli maitosokeri*

Laktoosia pidettiin kauan tavanomaisena hiilihydraattina. Nyt sen merkitys on kirkastunut (Shah 2000). Se edistää kalkin (Ca), fosforin (P) ja muiden hivenaineiden imeytymistä. Siitä paksusuolessa muodostuva maitohappo vaikeuttaa haitallisten suolistobakteerien elämää suolistossa. Laktoosi tai kalsiumlaktaatti ehkäisee rasvan varastoitumista maksaan. Laktoosin galaktoosi muodostaa mukopolysakkaridia verisuonten sisäkalvolle, edistäen sen kudoksen uusiutumista ja ehkäisten verisuonten ahtautumista. Maidon käsittelyssä ja elimistössä syntyneet laktuloosi ja laktitoli ovat terveydelle edullisten maitohappo- ja bifidobakteerien ravintoainesta, edistäen niiden lisääntymistä ja pääsyä vallitseviksi paksusuolessa. Probioottiset maitovalmisteet ovat nykyisin tunnetuimpia funktionaalisia elintarvikkeita.

Taulukko 5. Maidon heran alkuperäisiä proteiineja ja niiden fysiologisia vaikutuksia (Szakály ym. 2001).

| Luokka | Lähde | Vaikutus |
|-------------------------|-----------------|---|
| Heran kokonaisproteiini | | Antikarsinogeeninen, immunostimulantti, Glutamiinisysteini-sisältö edistää antioksidantti-glutaatio-synteesiä Alentaa veren LDL-kolesterolitasoa ja lisää kolekystokiniinin muodostusta, tukahduttaen ruokahalua |
| Beta-laktoglobuliini | Heran proteiini | A-vitamiinia sitova, rasvahappoja sitova, edistäen lipaasin toimintaa ja vähentäen ulosteveden myrkyllisyyttä |
| Alfa-laktalbumiini | Heran proteiini | Ioninsitoja |
| Kasvutekijät | Heran proteiini | Solun kasvua säätelevä, antitromboottinen, orvaskeden uudistaja, insuliininkaltainen vaikutus, maitorauhasen kehittäjä |
| Serofiini | Seerumalbumiini | Opioidin vastustaja |
| Laktoferrosiini | Laktoferrini | "- "- |
| Laktotensiini | "- " | "- "- |
| Albutensiini | Seerumalbumiini | "- "- |
| Folaattia sitova prot. | Heran proteiini | Foolihappoa sitova |
| Laktoferrini | "- "- | Raudan sitoja, mikrobien vastustaja |
| Laktoferrisiini | Laktoferrini | Mikrobien vastustaja |
| Laktopeksidaasi | Heran proteiini | "- "- |
| Lysosyymi | "- "- | "- "- |
| Immunoglobuliini | "- "- | "- "- , vastustuskykyä lisäävä |

d) Kivennäisaineet

Maidossa on monia hivenaineita, mutta rautaa niukasti. Huomiota ansaitsee sen K/Na-suhde ja Ca/P-suhde sekä seleeni (Szakály ym. 2001). Maidon erikoisetuna on, että sen korkea K/Na-suhde 3:1 mahdollistaa ravintomme muuten liian suuren Na-määrän kompensoinnin: K alentaa, Na nostaa verenpainetta. Suuri merkitys on sillä, että saisimme suurimman osan Ca-tarpeestamme tyydytetyksi maidosta (120 mg/100 g), koska maitotuotteet ovat ainoa ravintoaineryhmä, jossa Ca/P-suhde on 1,2:1, kun muut sisältävät enemmän P:tä kuin Ca:ta. Koska ravinnon ideaalinen Ca/P-suhde on 1:1, vain maidon avulla voi korjata muun ravinnon huonoa suhdetta. Maidon Ca:n lisäetu on, että se on siinä parhaiten imeytyvässä fysikaalisessa muodossa. Ravinnon hyvä Ca/P-suhde on saavutettavissa vain, jos ihmisen Ca:n saannista 2/3, mieluummin ¾ tulee maidosta. Seleeniä maidossa on vähän (10,5 mg/100 g), mutta sen kivennäisiä sitovat proteiinit takaavat sen täydellisen imeytymisen. Seleeni on antioksidantti.

e) Vitamiinit

Rasvaliukoiset on käsitelty rasvan yhteydessä. Vesiliukoisista tärkeimmät ovat B2- ja B12-vitamiinit (Szakály ym. 2001). B2-tarve on turvattavissa 0,7-0,8 litralla, B12-tarve 0,3 litralla maitoa/pv. Foolihapon ja siihen liittyen B6-vitamiinin merkitys proteiiniaineenvaihdunnassa on selvinnyt viime vuosina. Riittämättömässä foolihapon saannissa ravinnon proteiinien metioniinin hajoaminen pysähtyy homokysteiniinivaiheeseen. Sen edelleen hajoamiseen tarvitaan foolihappoa ja B12-vitamiinia ja kysteiniin muuttamiseen edelleen B6-vitamiinia. Jos näitä vitamiineja puuttuu, homokysteini rikastuu vereen ja muodostaa itsenäisen verisuonten ahtautumisen riskitekijän. Se on vastuussa 50-75 %:sta verisuonitukoksista. Maidossa on riittävästi B12- ja B6-vitamiineja, mutta metioniinin aineenvaihduntaan tarvittavaa foolihappoa vähän. Maidon ns. folaatteja sitovat proteiinit takaavat sen foolihapon täydellisen imeytymisen. Vihannekset, hedelmät, peruna ja maito ovat ensisijaiset elimistön happo-emäs-tasapainon ylläpitäjät. Elimistön ihanne-pH on 7,4. Elimistön nesteiden happamoituminen haittaa pahasti koko elimistön toimintaa.

Maidon käsittelytekniikat ja niiden vaikutukset

Maidon käsittelyä on jatkuvasti kehitelty erilaisten kulutusmaitojen ja muiden tuotteiden kehittämiseksi. Esim. kulutusmaitoa on pastöroitu kauan taudinaiheuttajien tuhoamiseksi. 1960-luvulta lähtien maitoa on myös homogenisoitu eli pilkottu sen rasvapalloset kermoutumisen ja pakkauksen seiniin tarttumisen välttämiseksi sekä maun parantamiseksi. Viime aikoina on ollut julkista keskustelua pilkkomisen vaikutuksesta ihmisten terveyteen, mm. laktoosintoleranssiin, koska monet laktoosi-intolerantit voivat juoda tilamaitoa, mutta ei homogenoitua kaupan maitoa (Antila 2001). Pilkottaessa rasvan ja veden rajapinnat kymmenkertaistuvat ja niille pääsee tulemaan uusia pinta-aineita kuten lehmästä peräisin olevia entsyymejä, hormoneja ja muita proteiineja. Ne muuttuvat liposomeiksi, joissa proteiinit voivat mennä suolen seinämän läpi verenkiertoon. Ei tiedetä, missä määrin ne vievät allergisoivia aineita ohi normaalin ruoansulatustapahtuman. Tämän vaikutukset erilaisten ihmisten terveyteen ansaitsevat perusteellisen ja monipuolisen tutkimuksen, esim. sioilla, joiden ruoansulatus on samankaltainen kuin ihmisten. Niiden suolet ja verisuonet voidaan tutkia normaalin teurastuksen jälkeen.

Ravitsemussuosituksen kriteereistä

Ravitsemussuosituksia laadittaessa on punnittava tarkoin ravitsemusmuutoksista kertyneet tutkimustulokset ja se, miten muutos on vaikuttanut terveyden eri puoliin. Ihmisten veriarvojen jakauman perusteella voidaan arvioida, oli-

siko tiettyä ruokavalion muutosta suositeltava koko väestölle vai vain herkille yksilöille. On tärkeää tunnistaa ne, joiden veriarvot reagoivat erittäin herkästi muutokseen ja suositella tiettyä ruokavalion muutosta vain heille. Muutokset voivat sopia aineenvaihdunnaltaan häiriintyneille, eivät koko väestön neuvontaan (Harper 1993) Parasta olisi soveltaa päivittäiseen ruokavalioon ravitsemustieteen yleisiä periaatteita (Renner 1995):

- a) Monipuolisuus = jotakin jokaisesta ruoka-aineryhmästä
- b) Tasapainoisuus = mitään yksittäistä ryhmää ei painoteta ylenpalttisesti tai vältetä kokonaan.
- c) Täysarvoinen ruokavalio = monipuolinen, tasapainoinen, sisältää kaikkia välttämättömiä ravintoaineita tarpeellisessa määrin.
- d) Energiasopeutus = estää lihavuuden, joka on monien sairauksien tunnettu riskitekijä.

Lisätutkimuksia vaativia asioita (ravitsemus-, lääke- ja kotieläintieteet)

On tärkeää tutkia entistä monipuolisemmin maidon ravitsemuksellisia ja terveysvaikutuksia, ottaen huomioon ravintoaineiden väliset yhdysvaikutukset, ravinnon tasapainoisuus, vaihtelevuus ja kohtuus. Vastausta odottavat mm. seuraavat kysymykset:

- a) Kumpi on terveellisen ravitsemuksen kannalta oleellisempaa: välttää tai jättää pois tai täydentää hyviä ruoka-aineita vielä jollakin muulla?
- b) Tarvitaanko eri suositukset eri ihmisryhmille niiden iän, ammatin, sukupuolen, perimän ja liikuntaharrastuksen mukaan? Kenelle valta antaa suosituksia kuuluu? Millaisin perustein suosituksia antavan lautakunnan jäsenet olisi valittava?
- c) Onko kuluttaja todella kuningas? Kuka/mikä kääntää hänen päänsä ja miten nopeasti? Miten uskollisesti kuluttajien vaihtelevia päänäpistöjä olisi seurattava tuotannossa? Kannattaako niitä edes yrittää ennustaa tuotannon suuntaamiseksi?
- d) Miten väestön saa ymmärtämään maidon monipuolisuutta?
- e) Onko rasvojen laadulla merkitystä? Miksi luonto on kehittänyt maidon lyhytketjuiset ja ”epäterveelliset” rasvahapot? Mitä niistä tulisi välttää tai suosia? Millaisia yhdysvaikutuksia on maidon proteiineilla ja rasvoilla?
- f) Miten maidon välttäminen vaikuttaa terveyden eri puoliin sekä väestön psyykkiseen, sosiaaliseen ja taloudelliseen hyvinvointiin, elintärkeiden ruoka-aineiden tuottamiseen, maisemaan, ympäristöön, kestävään kehitykseen?
- g) Voidaanko maitorasvaa todella pitää samanarvoisena oljen kanssa, jolle ei ole arvokasta käyttöä?
- h) Ovato kolajuomat suositeltavampia kuin maito? Syyt?

Kirjallisuus

- Antila, M. 2001. Maidosta ja sen homogenoinnista. Hyvä Terveys 6/2001: 18.
- Antila, V. & Antila, P. 1976. Maito ja liha ihmisen ravinnossa. Teoksessa: Tuottava maa 3. Kotieläintuotanto. Kirjayhtymä. s. 20-35.
- Campbell, J.R. & Lasley, J.F. 1975. The science of animals that serve mankind. 2nd ed. McGraw-Hill Book Company, 732 s.
- Es, van, A.J.H. 1979. More feed for mankind by plant and animal husbandry. Teoksessa: Bowman, J.C. & Susmel, P. (toim.). The future of beef production in European Community, Nijholt, Hague: s. 567-578.
- Gallup Elintarviketieto 1992-2000.
- Griinari, J.M. & Bauman, D.E. 1999. Biosynthesis of conjugated linoleic acid and its incorporation into meat and milk in ruminants. Teoksessa: Yuramewecz, M.P. ym. (toim.). Advances in conjugated linoleic acid research, Champaign, Ill. AOCS Press, Vol. 1. s. 180-200.
- Gurr, M.I. 1999a. Lipids in nutrition and health: A reappraisal. The Oily Press Library, No. 11. 240 s.
- Gurr, M.I. 1999b. Milk and health – pros and cons. Teoksessa: Proceedings of 25th International Dairy Congress, Aarhus: s. 9-22.
- Harper, A.E. 1993. Challenge of dietary recommendations to curtail consumption of animal products. Teoksessa: Proceedings of VII World Conference in Animal Production, Edmonton, Canada: s. 525-543.
- Komiteanmietintö 1959. Maidon koostumuskomitean mietintö. Valtioneuvoston kirjapaino. 48 s.
- Lipkin, M. 1999. Protective effects of dairy foods and their components against colon cancer: studies in preclinical models and human subjects. Teoksessa: Proceedings of 25th International Dairy Congress, Aarhus: s. 89-100.
- Maijala, K. 1974. Mitä mahdollisuuksia on jalostuksella vaikuttaa maidon koostumukseen ja ravintoarvoon? Abstract: Possibilities of selective breeding in influencing the composition and nutritive value of milk. Maataloustieteellinen aikakauskirja 46: 50-61.
- Maijala, K. 1976. General aspects in defining breeding goals. Acta Agriculturae Scandinavica 26: 40-46.
- Maijala, K. 1982. Maataloutemme mahdollisuudet mukautua nykyaikaiseen ravitsemussuuntaukseen. Karjalous 6-7/1982: 35-37.

- Maijala, K. 1995. Current possibilities of breeding to influence milk composition from the viewpoint of human nutrition and health. Teoksessa: Proceedings of NJF/NMR-seminar No. 252. NJF-Report 102: 23-38.
- Maijala, K. 2000a. Cow milk and human development and well-being. Position paper. Livestock Production Science 65: 1-18.
- Maijala, K. 2000b. Maidon merkitys ihmisen kehitykselle ja hyvinvoinnille. Helsingin yliopiston kotieläintieteen laitoksen julkaisuja 52. Helsinki: Helsingin yliopisto, kotieläintieteen laitos. 20 s.
- Miller, G.D. 1999. Calcium and dairy foods in reducing hypertension risk. Teoksessa: Ravn, A. (toim.). Proceedings of 25th International Dairy Congress, Aarhus. s. 101-106.
- Namoodiri, K.K., Green, P.P., Kaplan, E.B., Morrison, J.A., Chase, G.A., Elston, R.C., Owen, A.R.G., Rifkind, B.M., Glueck, C.J. & Tyroler, H.A., 1984. The collaborative lipid research program family study. IV. Familial associations of plasma lipids and lipoproteins. American Journal of Epidemiology 119(6): 975-996.
- Paakkola, O. 1970. Überwachung der Radioaktivitet bei Tieren und tierischen Produkten. Zentralblatt für Veterinärmedizin 1970: 88-94.
- Parodi, P.W. 1999. Conjugated linoleic acid and other anticarcinogenic agents in bovine milk fat. Journal of Dairy Science 82: 1339-1349.
- Petterson, A. & Olsson, B. 1966. Proteinutbytet i animalieproduktionen. Aktuellt från lantbrukshögskolan 92: 15 s.
- Pykälä, J. 2001. Perinteinen karjatalous luonnon monimuotoisuuden ylläpitäjänä. Suomen ympäristö 475: 205 s.
- Renner, E. 1995. Importance of milk and its different components for human nutrition and health. Teoksessa. Proceedings of NJF/NMR-Seminar No. 252. NJF-Report 102. s. 7-22.
- Roine, P. 1955. Ihmisen ravitsemus. 2. painos. Helsinki: WSOY. 228 s.
- Shah, N.B. 2000. Effects of milk-derived bioactives: an overview. British Journal of Nutrition 84, Suppl. 84: 3-10.
- Sieber, R. 1994. Cholesterol removal from animal food – can it be justified? Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie 26: 375-387.
- Syrjälä, L., 1976. Rehusta ravinnoksi. Teoksessa: Tuottava maa 3. Kotieläintuotanto. Kirjayhtymä. s.163-166.
- Szakály, S., Schäffer, B., Horn, P., Sarudi, Cs., Szakály, Z. & Dohy, J. 2001. Nutritional value of milk based on the latest research findings. Hungarian Dairy Journal – Science and Practice LXL 2/2001: 1-10.

Maidon CLA – rasvaongelman ratkaisu?

Mikko Griinari

Helsingin yliopisto, Kotieläintieteen laitos, PL 28, 00014 Helsingin yliopisto,
mikko.griinari@helsinki.fi

Tiivistelmä

Suomalaisilla maitomarkkinoilla rasva on aliarvostettu maidon komponentti. Maitorasvan aliarvostus on ongelma lähinnä maidon tuottajalle, sillä maitorasvan tuottamiseen panostetuille rehukustannuksille muodostuu huono kate. Ongelman ratkaisuksi on tarjolla kaksi vaihtoehtoa: maitorasvan tuotannon vähentäminen tai maitorasvan laadun parantaminen.

Konjugoitu linolihappo eli CLA (conjugated linoleic acid) on maitorasvan luontainen komponentti, jota tutkitaan laajalti sen mahdollisten terveysvaikutusten takia. Maitorasvan CLA-pitoisuutta voidaan nostaa merkittävästi lehmien ruokinnan avulla. CLA-maidosta voidaan valmistaa tuotteita, joiden rasvasisällöstä voidaan markkinoilla saada parempi hinta kuin vakiotuotteen rasvasta.

Tietyt lehmän pötsissä muodostuvat CLA:n isomeerimuodot myös estävät rasvan synteesiä. CLA:n *trans*-10, *cis*-12 isomeeriä voidaan valmistaa kemiallisesti kasviöljyjen linolihaposta ja näin valmistettua CLA:ta voidaan käyttää rehun lisäaineena maidon rasvapitoisuuden alentamiseksi. 10,12 CLA:n käyttö maidon rasvapitoisuuden alentamiseksi on kaupallisesti kiinnostava mahdollisuus maissa, joissa maitorasvan arvo suhteessa maidon valkuaisen arvoon on alhainen, ja maissa, joissa maidon tuotantoa rajoitetaan rasvakiintiöillä.

Avainsanat: maito, rasvat, rasvahapot, konjugoitu linolihappo

Maidon rasvaongelma

Suomessa maidontuotannolla on rasvaongelma, joka ilmenee maitorasvan alhaisena tuottajahintana. Suomalaiselle maidontuottajalle rasvasta maksetaan EU:n alinta hintaa. Maidon koostumushinnoittelussa maitorasvan arvo on jo useita vuosia ollut vain noin 1/3 maidon valkuaisen arvosta. Sitä vastoin maailmankaupassa ja EU:n interventiohinnoittelussa maitorasvan arvo (voi) on korkeampi kuin valkuaisen (rasvaton maitojauhe).

Syitä maitorasvan arvon romahtamiseen on monia. Kilpailevat tuotteet ja niille lanseerattu terveysimago ovat nakertaneet runsaasti rasvaa sisältävien maitotuotteiden arvostusta. Jääkaapista otettu voi on kovaa verrattuna margariiniin, ja se on hinnaltaan aina ollut margariinia kalliimpaa. Voi ja voipohjaiset levitteet ovat viime vuosina kuitenkin pitäneet asemansa kilpailussa margariineja vastaan, koska maitorasvan luonnollinen aromi on jäljittelemätön. Ruuanlaitossa kerma on myös edustanut aitouden makua, mutta on selvästi nähtävissä, että myös mielikuvaa mausta voidaan tehokkaasti myydä. Tästä on osoituksena creme-tyyppisten ruuanlaittoon tarkoitettujen rasvaseosten suosion kasvu. Siinä missä voita ja kermaa myydään maulla ja perinteellä, vaihtoehdot on saatu näyttämään trendikkäiltä.

Maitorasvan aliarvostus on ongelma lähinnä maidon tuottajalle, sillä maitorasvan tuottamiseen panostetuille rehukustannuksille muodostuu huono kate. Lehmä käyttää keskimäärin puolet rehujensa nettoenergiasta maitorasvan muodostamiseen, ja vaikka rehun energiaa ja muita ravintoaineita ei suoraan voi verrata tuotannon arvoon, on selvää, että maitorasvan tuotannon kannattavuus on viime vuosina heikentynyt. Koska maidon valkuaisesta maksetaan enemmän, ruokinnan panoksia olisi järkevää suunnata maidon valkuaisen tuottamiseen. Maidon rasvan ja valkuaisen suhteen muuttamista on pidetty vaikeana ja sitä se edelleen onkin maidon valkuaispitoisuuden nostamisen osalta. Viime vuosina tehty tutkimus maidon rasvasynteesin säätelyn mekanismeihin on kuitenkin tuottanut ruokintamenetelmiä, joilla maidon rasvapitoisuutta voidaan alentaa, ja uusimman tutkimuksen valossa näyttää siltä, että lehmä pystyy hyödyntämään rasvasynteesissä säästyneen energian maidon valkuaisen tuotannossa. Maidon rasvapitoisuuden alentamiseen liittyvään ruokintastrategiaan palataan tämän kirjoituksen loppupuolella.

Kuten edellä todettiin, maitorasvan kanssa kilpaileville tuotteille on luotu terveysimago, joka perustuu niiden sisältämien tyydyttymättömien rasvahappojen veren kolesterolipitoisuutta alentavaan vaikutukseen. Margariinien kolesterolipitoisuutta alentava vaikutus suhteessa voihin on kiistaton, mutta voim syönnin yhteyttä sydäntaudin vaaraan ei missään ole osoitettu. Vakiintuneet käsitykset ravinnon rasvojen vaikutuksista sydäntaudin vaaraan ovat uusissa tutkimuksissa kääntymässä pääläelle. Ruotsalaisessa väestötutkimuksessa (B. Vessby, henkilökohtainen tiedonanto) veren rasvahappoprofiiliin perustunut maitorasvan saannin ennustaminen osoitti, että maitorasvan syönnin lisääntyminen liittyi sydänkohtauksen riskin alenemiseen. Toisaalta, osittain kovetettu kasvirasva, viime vuosiin asti Suomessakin yleinen margariinin pohja-aine, sisältää *trans*-rasvahappoja, joiden saannin ravinnosta uskotaan liittyvän sydäntaudin vaaran merkittävään lisääntymiseen (Willet ym. 1993). Suomessa pöytämargariinit eivät enää sisällä *trans*-rasvahappoja, mutta Euroopan ulkopuolella niiden käyttö on vielä yleistä. Ilman hydrogenointia, toivottu kovuus saavutetaan vaihtoesteröimällä kasviöljyyn niitä samoja rasvahappoja, jotka antavat maitorasvallekin sen kovuuden. Yhdysvalloissa elintarvike- ja lääkevirasto (FDA) on asettamassa *trans*-

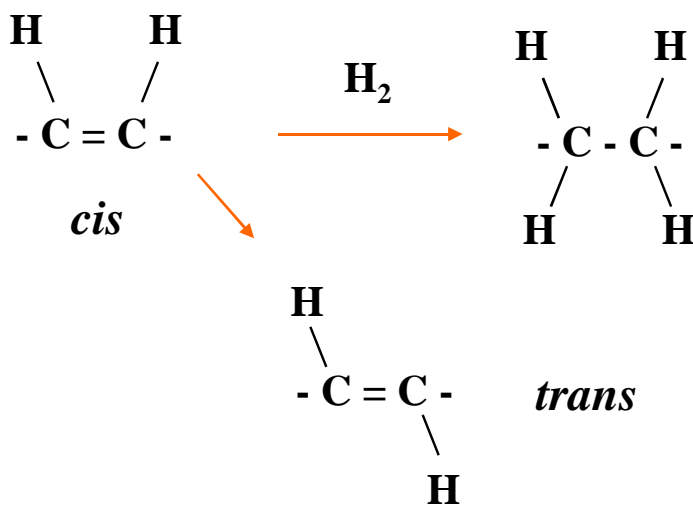
rasvahapoille päällysmarkintävelvoitteen, jonka uskotaan kannustavan osittain kovetettua rasvan käytön vähentämiseen myös USA:ssa.

Käsitys maitorasvan suhteesta sydäntautiriskiin voi uuden tiedon valossa muuttua. Lisäksi maitorasvan monipuolinen koostumus ja erityisesti tiettyjen rasvan komponenttien biologisen aktiivisuuden tunnistaminen on johtamassa maitorasvan mahdollisuuksien uudelleen arviointiin. Tämän artikkelin seuraavien otsikoiden alla tarkastellaan erään maitorasvasta tunnistetun komponentin, konjugoidun linolihapon eli CLA:n biologista aktiivisuutta suhteessa maidon rasvapitoisuuden säätelyyn ja arvioidaan mahdollisuuksia hyödyntää CLA:n potentiaalisia terveysvaikutuksia maitorasvan laadun parantamiseksi.

Konjugoitu linolihappo eli CLA

Ravinnon rasvoista puhuttaessa ovat käsitteet tyydyttynyt ja tyydyttymätön rasva sekä omega-3 rasvahapot yleistyneet jo arkikieleen. Näillä käsitteillä kuvataan rasvan komponenttien eli rasvahappojen kemiallisia rakenteita tavalla, jolla käsityksemme mukaan on ravitsemuksellista merkitystä. Tyydyttymätön rasva sisältää rasvahappoja, joiden rakenteeseen kuuluu kaksoissidoksia, kun taas täysin tyydyttynyt rasva ei sisällä yhtään kaksoissidoksellista rasvahappoa. Omega-3 rasvahapossa on useita kaksoissidoksia ja viimeisin niistä on rasvahapon muodostavan hiiliketjun kolmanneksi viimeisessä hiilessä. Näihin yksinkertaisiin rasvahappojen rakenteen kuvauksiin perustuen on annettu paljon ravitsemussuosituksia: syö vähemmän tyydyttyneitä eläinrasvoja ja enemmän tyydyttymättömiä kasvirasvoja ja muista, kalaa syömällä saat tärkeitä omega-3 rasvahappoja. Rasvojen ravitsemuksellista merkitystä ei näin yksinkertaisella luokituksella kuitenkaan voi täysin ymmärtää.

Ravintomme kasvirasvojen ja kalan rasvahappojen kaksoissidokset ovat kaikki *cis*-muotoisia. Märehtijän pötsi muokkaa kasvien tyydyttymättömiä rasvoja kovempaan, tyydyttyneeseen muotoon. Pötsin toiminnasta johtuen voi ja naudan lihan rasva ovat kovaa rasvaa verrattuna kasviöljyihin. Pötsin rasvoja kovettavan toiminnan seurauksena syntyy myös pieni määrä väli tuotteita, jotka sisältävät kaksoissidoksia muuntuneessa, ns. *trans*-asemassa. Käytännössä se tarkoittaa sitä, että yksi kaksoissidos kääntyy kiinnittyen viereiseen hiileen ja tähän hiileen kiinnittynyt vety jää normaaliasemaansa nähden vastakkaiselle puolelle (Kuva 1). Lisäksi kaksi kaksoissidosta joutuu poikkeuksellisen lähelle toisiaan niin sanottuun konjugoituun asemaan. Linolihappo on yleinen sekä ihmisen että eläimen ravinnon rasvahappo. Kun linolihapon (kaksi *cis*-kaksoissidosta) toinen kaksoissidos kääntyy asemassaan *trans*-sidokseksi ja vety jää hiilen vastakkaiselle puolelle, syntyy konjugoitu linolihappo.



Kuva 1. Rasvahapon kaksoissidoksen rakenne ja sen muuttuminen pelkistyksen (vedyttämisen) seurauksena.

Ero linolihapon ja konjugoidun linolihapon rakenteessa on hyvin pieni, mutta niiden fysiologiset ja siten ravitsemukselliset ominaisuudet ovat hyvin erilaiset. Eläinmallissa, jossa koe-eläimelle aiheutetaan syöpä kemiallisella karsinogeenilla, linolihappo kiihdyttää kasvainten muodostumista, mutta sama määrä konjugoitua linolihappoa (eli conjugated linoleic acid eli CLA) vaimentaa karsinogeenin vaikutusta erittäin tehokkaasti. Koe-eläinten ravintoon lisätty CLA myös estää kolesterolilla aiheutettujen valtimokovettumien kasvua kaniineilla, se estää Zucker-rotan lihomisen ja siihen liittyvän rotan diabeteksen kehittymisen ja se vaimentaa normaaliin vasta-ainemekanismiin liittyvää tulehdusreaktiota. Nämä esimerkit ravinnon CLA:n vaikutuksista koe-eläinmalleissa on kuvattu tutkimuksessa 1990-luvun aikana ja yhteenveto näistä CLA-tutkimuksen alkuaikojen havainnoista on esitetty kirjassa *Advances in Conjugated Linoleic Acid Research* (Yurawecz ym. 1999).

CLA:n ensimmäiset fysiologiset vaikutukset tunnistettiin naudanlihan rasvasta eristetystä CLA:sta (Pariza & Hargraves 1985). Jatkossa tutkimus keskittyi testaamaan kemiallisesti valmistetun CLA:n vaikutuksia. Alkuaikojen tutkimuksissa käytetyt CLA-preparaatit saattoivat olla hyvinkin monimutkaisia isomeeriseoksia ja vasta, kun kemistit oppivat valmistamaan puhtaita CLA preparaatteja, tutkimuksessa on päästy tarkastelemaan esim. maitorasvalle tyypillisen *cis*-9, *trans*-11 CLA:n vaikutuksia suhteessa toisen linolihaposta syntyvän isomeerin, *trans*-10, *cis*-12 CLA:n vaikutuksiin. 9,11 ja 10,12 CLA:ta on annosteltu koe-eläimille puhtaina ja todettu, että 10,12 CLA alentaa tehokkaasti maitorasvan ja kudosasvan muodostumista, kun taas 9,11 CLA on rasvasynteessin suhteen neutraali (Baumgard ym. 2000). Lisäksi Baumgard ym. (2001) osoittivat, että maidon rasvasynteessin aleneminen riip-

puu 10,12 CLA:n annoksesta. Suoritetussa kokeessa alin annos, 3.5 g/d, vähensi maidon rasvatuotosta 25 %, osoittaen miten tehokas maidon rasvasynteesin estäjä tämä CLA-isomeeri on.

Maitorasvasta on tunnistettu 6 CLA:n paikkaisomeeriä, ja näin ollen maitorasvasta voidaan teoriassa eristää 24 erilaista CLA-isomeeriä. Käytännöllisen analyysitarkkuuden puitteissa maidosta pystytään määrittämään 12 CLA isomeeriä, joista *cis*-9, *trans*-11 CLA:n osuus on keskimäärin 70% (Griinari & Shingfield 2002). Cornellin yliopistossa tuotettiin erikoisruokinnalla maitorasva, josta valmistetun voin CLA-pitoisuus oli lähes kahdeksan kertaa korkeampi kuin kontrollivoin (Bauman ym. 2000). 9,11 CLA:n osuus kokonais-CLA:sta oli myös tavanomaista korkeampi (90 %). CLA-voi vähensi kasvainten muodostumista yhtä tehokkaasti kuin kemiallisesti valmistettu 9,11 ja 10,12 CLA:n seos (Ip ym. 1999). Tämä koe oli maitorasvan osalta ainutlaatuinen, sillä kokeessa osoitettiin ensimmäisen kerran, että eläinperäisellä ruoka-aineella voi oilla syöpää estävä vaikutus.

Maidon CLA-pitoisuuden nostaminen

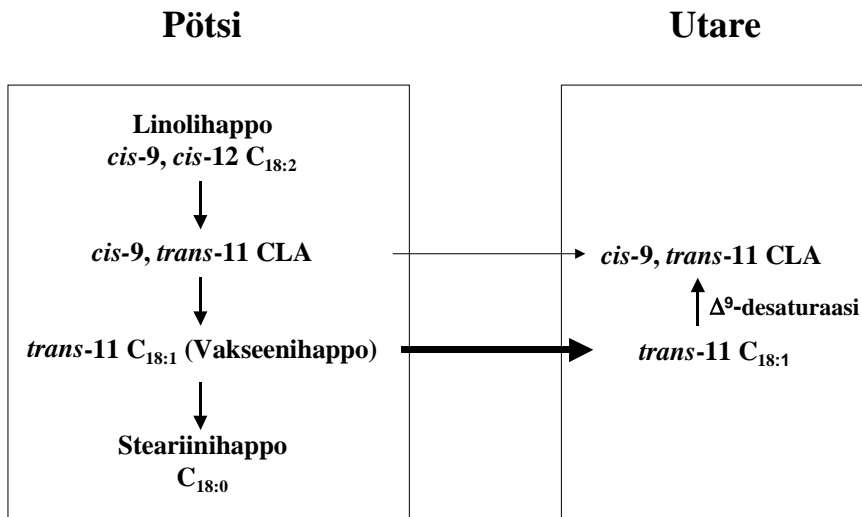
Maitorasva on luonnon monipuolisin rasvahapposeos. Koska ravinnon CLA:n on kiistattomasti osoitettu tuottavan hyvin selkeitä fysiologisia vaikutuksia, maitorasvan yli 400 rasvahapon joukosta juuri CLA on noussut huomion keskipisteeksi. Useiden CLA:n todetuista vaikutuksista voidaan ennakoita myös edistävän terveyttä. CLA:lla rikastettu voi estää syöpää eläinmallissa, ja käänteinen eli suojaava yhteys ravinnon CLA:n saannin ja rintasyövän vaaran välillä on todettu suomalaisessa väestötutkimuksessa (Aro ym. 2000). Maitorasvan CLA-pitoisuuden yhteys terveysvaikutuksiin on kuitenkin vielä todistamatta, ja on mahdollista, että sitä ei koskaan pystytä yksiselitteisesti todistamaan. Onhan CLA vain osa maitorasvan monipuolista koostumusta ja muiden, osittain vielä tunnistamattomienkin komponenttien, vaikutus voi olla yhtä huomattava kuin CLA:n. Siitä huolimatta, CLA on kiinnostava kandidaatti uuden maitorasvan huomionkiinnittäjäksi. Kuten edellä todettiin, maitorasvan arvostus kaipaa kohennusta, ja tätä voidaan saada aikaan tuomalla markkinoille uudenlaista maitorasvaa sisältäviä tuotteita.

Edellä viitattiin mahdollisuuteen nostaa maitorasvan CLA-pitoisuutta eläinten ruokinnan avulla. Maidon CLA-pitoisuutta tehostavien ruokintastrategioiden kehittämiseksi tehdäänkin tutkimusta useissa maissa. Yleiskuvan ruokinnan vaikutuksista maidon CLA pitoisuuteen saa myös viime vuosina julkaistuista katsauksista (Griinari & Bauman 1999, Bauman ym. 2000, Chilliard ym. 2000).

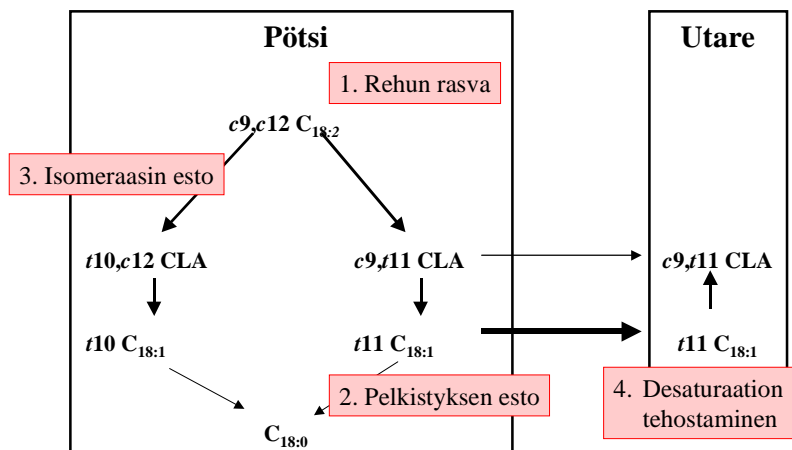
CLA:n synteesi pötsinesteessä kuvattiin 1970-luvulla (Kepler ym. 1966) ja tärkein isomeeri *cis*-9, *trans*-11 CLA identifioitiin maitorasvasta 1979 (Parodi 1977). Tutkimuksen alkuvaiheessa oli vallalla käsitys siitä, että maidon CLA muodostuu pötsissä ja että ruokinnalla on pyrittävä vaikuttamaan pötsissä muodostuvan CLA:n määrään (Kelly ym. 1998). Valion tutkimuskeskuksessa tehtiin vuosina 1996-97 maitorasvatutkimusta, jossa työparinani oli Kari Nurmela. Tutkimuksissa määritettiin mm. eri tavoin tuotettujen maitojen CLA-pitoisuuksia. Sinä aikana tunnistettiin useita ruokintatilanteita, joissa pötsin CLA-synteesi ei selittänyt maidon CLA-pitoisuuden nousua. Vaihtoehtoinen hypoteesi maidon CLA:n synnystä eläimen kudoksissa pötsissä muodostuvasta esiaineesta *trans*-11 C18:1 rasvahaposta (vakseenihappo) esitettiin, testattiin (Griinari ym. 2000) ja siihen liittyvälle menetelmälle haettiin patenttia ensimmäisen kerran jo vuonna 1997. Vakseenihappo muodostuu rehun linolihapon (*cis*-9, *cis*-12 C18:2) tai linoleenihapon (*cis*-9, *cis*-12, *cis*-15 C18:3) pelkistykseen välituotteena. Kuvassa 2 on esitetty CLA:n ja vakseenihapon muodostuminen linolihaposta ja maidon CLA:n muodostuminen vakseenihaposta maitorauhasessa Δ -9 desaturaasi entsyymin vaikutuksesta. Linolihappo on viljakasvien siementen, auringonkukan ja soijan öljyille tyypillinen rasvahappo. Linoleenihappoa, joka myös tuottaa vakseenihappoa pötsissä, esiintyy tuoreessa ruohossa ja pellavansiemenessä.

Maidon CLA:n muodostuksen yksinkertaisen mallin (Kuva 2) perusteella voitaisiin olettaa, että linolihapon lähteen lisääminen rehuun tehostaa CLA:n ja vakseenihapon kertymistä ja siten nostaa maidon CLA-pitoisuutta. McGuire ym. (1996) kokeessa lehmien rehuun lisättiin asteittain 1,4 – 4,2 % maisiöljyä, mutta maidon CLA pitoisuus lisääntyi vain vähän. On ilmeistä, että rehuun lisätty linolihappo pelkistyi pääosin steariinihapoksi. Kun lehmän rehuun lisätään kalaöljyä, vakseenihapon muodostuminen lisääntyy pötsissä jyrkästi (Shingfield ym. 2002) ja maitorasvan CLA pitoisuus nousee tyypilliseen tasoon nähden jopa 10-kertaiseksi (Palmquist & Griinari 2001). Kalaöljy ei sisällä merkittäviä määriä vakseenihapon esiaineita eli linoli- ja linoleenihappoa. Kalaöljyn vaikutus perustuukin vakseenihapon pelkistykseen estoon eli kalaöljyn vaikutuksesta vakseenihapon konsentraatio pötsinesteessä nousee ja sen virtaus pötsistä lisääntyy (Kuva 3). Vakseenihapon pelkistystä voidaan estää myös nostamalla väkirehun osuutta ruokinnassa (Shingfield & Griinari, julkaisematon aineisto).

Sekä kalaöljyllä että väkirehulla aikaansaatu vakseenihapon pelkistykseen esto johtaa kokemuksemme mukaan kuitenkin aina maidon rasvasynteesin alenemiseen ja maidon CLA-pitoisuuden samanaikaiseen laskuun. CLA-pitoisuuden lasku johtuu molemmissa tapauksissa siitä, että linolihapon pelkistys siirtyy osittain *trans*-10 C18:1 välituotteen kautta tapahtuvaksi (Kuva 3). Muodostuva *trans*-10 C18:1 rasvahappoei kelpaa CLA:n esiaineeksi.



Kuva 2. Maidon CLA:n muodostuminen maitorauhasessa pötsissä muodostuvista esiaineista.



Kuva 3. Rasvahappojen pötsipelkistykseen säätely ja maitorasvan CLA:n muodostuminen.

Olemme otaksuneet, että *trans*-10 C18:1 rasvahapon muodostumisen lisääntyminen ja vakseenihapon muodostumisen väheneminen (*trans*-siirtymä) heijastelee kilpailevan pelkistysprosessin aktivoitumista. E-vitamiinin lisääminen rehuun vähensi *trans*-10 C18:1 rasvahapon muodostumista, viitaten kilpailevan prosessin estoon (Larondelle ym. 2002). Kalaöljyllä ja väkirehulla maidon CLA-pitoisuus voidaan nostaa jopa 10-kertaiseksi, mutta *trans*-siirtymän johdosta CLA-pitoisuuden nousu jää lyhytaikaiseksi (1-2 viikkoa).

Edellä kuvattujen kokeellisten havaintojen pohjalta koottu rasvahappojen pötsipelkistykseen malli (Kuva 3) edustaa sitä ajatusrakennelmaa, jonka pohjalta olemme kehittämässä lehmien maidon CLA-pitoisuutta tehostavia menetelmiä. Kalaöljyn lisääminen rehuun ja voimakas väkirehuruokinta eivät luonnollisesti ole strategioita, joiden varaan CLA-maidon tuotantoa voidaan laajassa mitassa perustaa. Tavoitteenamme on kehittää vaihtelevissa tilaosuhteissa toimiva ruokintamalli, jonka avulla voidaan tuottaa riittävästi CLA:ta sisältävää maitorasvaa. Tuleva tutkimus CLA:n vaikutuksista ihmisen ravitsemuksessa määrittelee osaltaan riittävän tason, ja markkinoiden kehitys ylipäättään määrittelee sen, voiko CLA-maidon tuottamisesta muodostua taloudellisesti kannattavaa toimintaa.

Maidon rasvapitoisuuden alentaminen

Edellisen otsikon alla todettiin, että tietyt maidon CLA-pitoisuutta tehostavat ruokinnan muutokset (kalaöljy, voimakas väkirehuruokinta), jotka saavat aikaan CLA-pitoisuuden nousun, johtavat poikkeuksetta myös maidon rasvapitoisuuden alenemiseen. Pötsin rasvahappojen pelkistysprosessin muutos ja sen yhteys maidon rasvasynteisiin alenemiseen on tunnettu jo pitkään (Davis & Brown 1970). Havainto rasvahappojen pelkistykseen *trans*-siirtymän eli *trans*-10 C18:1 rasvahapon muodostuksen yhteydestä rasvasynteesin alenemiseen tehtiin vasta hiljattain (Griinari ym. 1998). *trans*-10 C18:1 rasvahapon esitettiin muodostuvan *trans*-10, *cis*-12 CLA:sta pötsissä (Griinari & Bauman 1999, Kuva 3) ja edelleen *trans*-10, *cis*-12 CLA:n osoitettiin olevan tehokas maidon rasvasynteesin estäjä (Baumgard ym. 2000).

10, 12 CLA:n käyttöä rehun lisäaineena ollaan kehittämässä kaupalliseksi sovellukseksi. EU-maissa ja Kanadassa on käytössä maitorasvan määrään perustuva kiintiöjärjestelmä. Tällainen järjestelmä tarjoaa puitteet maidon rasvapitoisuuden säätelylle osana maidontuotannon taloudellista optimointia. Erityisesti Kanadassa maidon rasvapitoisuutta alentavalle rehun lisäaineelle olisi käyttöä, sillä kiintiön ylityksistä (keskimäärin 10 %) koituu maidontuottajalle huomattava sakko, ja sakon välttäminen rasvatuotosta alentamalla on lähes poikkeuksetta kannattavaa. Suomessa maakiintiön ylitys ja siitä johtuvat tilakohtaiset sanktiot ovat olleet niin pieniä, että maidon rasvapitoisuuden ohjailulle ei tällä hetkellä vielä ehkä ole kysyntää.

Jos lehmälle syötetään 10,12 CLA:ta sisältävää rehua lypsykauden alussa, on todettu, että lehmä heruu korkeampaan tuotokseen kuin se heruisi ilman CLA:ta (Giesy ym. 1999, Medeiros ym. 2000, Bernal-Santos ym. 2001). Tämä johtuu mahdollisesti siitä, että aleneva rasvatuotos viestittää lehmän elimistölle hyvää energiatasetta, josta on varaa vielä panostaa maidon lisä-tuotokseen. Vakiintuneessa laktaatiossa rasvan alentaminen ei lisää maito-tuotosta (Kraft ym. 2001, Perfield ym. 2002). Tosin CLA näyttää ylläpitävän korkeampaa maitotuotosta myös vakiintuneessa laktaatiossa silloin, kun energian saanti esimerkiksi laitumen kasvun heikentyessä vähenee (T. Mackle & D. Bauman; henkilökohtainen tiedonanto). Lypsykauden alussa lehmän elimistö reagoi energiataseen muutoksiin tavalla, joka vaikuttaa sen hedelmällisyystoimintoihin. Lypsykauden alussa rehun CLA:lla aikaansaadut energiataseen muutokset saattavat vaikuttaa kiimasyklin käynnistymiseen ja tiinehtymistulokseen. Alustavissa selvityksissä tämän suuntaisia tuloksia onkin saatu (Overton ym. 2001, D. Lanna, henkilökohtainen tiedonanto).

10,12 CLA:ta sisältävää rehun lisäaine on tehokas ja hyvin ennustettavasti toimiva maidon rasvatuotoksen alentaja. Tilanteessa, jossa maitorasvan arvo ei vastaa sen tuottamiseen panostettuja kustannuksia, maidon rasvatuotoksen alentaminen voi olla kannattavaa. On kuitenkin vaikea sanoa, missä maito-rasvan tuotannon kannattavuuden raja kulkee. Onneksi maidon rasvapitoi-suuden alentaminen voi tuottaa myös muita taloudellisia hyötyjä (lisää maito-kiloja ja parempi tiinehtyvyys), joten uskon, että rasvapitoisuuden sääte-lystä voi kehittyä todellinen lehmän ruokintaa tehostava strategia. Mitä alem-pi maitorasvan hinta on suhteessa valkuaisen hintaan, sitä alempi on kynns rasvatuotosta alentavan strategian käyttöön.

Yhteenveto

Konjugoitu linolihappo on bioaktiivinen rasvahappo ja sillä on kiistattomasti todettuja biologisia vaikutuksia. Tällä hetkellä odotamme tulevilta tutkimuk-silta lisää näyttöä siitä, miten biologista aktiivisuutta voitaisiin hyödyntää ihmisen ravitsemuksessa. Odotamme myös viitteitä siitä, millainen päivään-nos CLA:ta tarvitaan suotuisan vaikutuksen aikaansaamiseksi. Ylipäätään CLA:n mahdollisiin terveysvaikutuksiin liittyvä tieto vahvistaisi tavoittei-tamme kehittää ruokintastrategioita, joilla maidon CLA-pitoisuutta voidaan nostaa riittävästi erikoistuotteiden valmistukseen tarvittavan raaka-aineen tuottamiseksi. Uskon, että maitorasvan CLA:n esiintuominen markkinoinnis-sa vaikuttaa positiivisesti myös perinteisten maitorasvaa sisältävien tuottei-den imagoon ja siten osaltaan maitorasvan arvostukseen markkinoilla.

Jos hyvistä yrityksistä huolimatta maitorasvan arvostusta ja hintaa ei tulevana vuosina saada ylöspäin, maitorasvan tuotannon alentaminen olisi EU:n talou-den kannalta kannattava strategia. Voin viennistä säästyneille tukieuroille löytyy maatalouden piiristä varmasti muutakin käyttöä. Maitorasvan tuotan-

nosta säästyvän rehuenergian suuntaaminen valkuaisen tuotantoon voi tosin EU:n tasolla tasapainottaa hyötyjä merkittävästi. Tilatasolla rasvan säätelyn hyödyt tulevat esille varmasti ensisijaisesti.

Kirjallisuus

- Aro, A., Männistö, S., Salminen, I., Ovaskainen, M-L., Kataja, V. & Uusitupa, M. 2000. Inverse association between dietary and serum conjugated linoleic acid and risk of breast cancer in postmenopausal women. *Nutrition and Cancer* 38:151-157.
- Bauman, D.E., Barbano, D.M., Dwyer, D.A. & Griinari, J.M. 2000a. Technical Note: Production of butter with enhanced conjugated linoleic acid for use in biomedical studies with animal models. *Journal of Dairy Science* 83: 2422-2425.
- Bauman, D.E., Baumgard, L.H., Corl, B.A., Griinari, J.M., 2000b. Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants. *Proceedings of American Society of Animal Science* 1999. Saatavissa internetistä: <http://www.asas.org/jas/symposia/proceedings/0937.pdf>
- Baumgard, L.H., Corl, B.A., Dwyer, D.A., Saebo, A. & Bauman, D. E. 2000. Identification of the conjugated linoleic acid isomer that inhibits milk fat synthesis. *American Journal of Physiology* 278: R179-R184.
- Baumgard, L.H., Sangster, J.K. & Bauman, D.E. 2001. Milk fat synthesis in dairy cows is progressively reduced by increasing supplemental amounts of *trans*-10, *cis*-12 conjugated linoleic acid (CLA). *Journal of Nutrition* 131: 1764-1769.
- Bernal-Santos, G., Perfield II, J.W., Overton, T.R. & Bauman, D.E. 2001. Production responses of dairy cows to dietary supplementation with conjugated linoleic acid (CLA) during the transition period and early lactation. *Journal of Dairy Science* 84(Supplement 1): 82. Abstract.
- Chilliard, Y., Ferlay, A., Mansbridge, R.M. & Doreau, M. 2000. Ruminant milk fat plasticity: nutritional control of saturated, polyunsaturated, trans and conjugated fatty acids. *Annales de Zootechnie* 49: 181-205.
- Davis, C.L. & Brown, R.E. 1970. Low-fat milk syndrome. Teoksessa: Phillipson, A.T. (toim.). *Physiology of digestion and metabolism in the ruminant*. Newcastle Upon Tyne, UK: Oriel Press. s. 545-565.
- Giesy, J.G., Viswanadha, S., Hanson, T.W., Falen, L.R., McGuire, M.A., Skarie, C.H., & Vinci, A. 1999. Effects of calcium salts of conjugated linoleic acid (CLA) on estimated energy balance in Holstein cows early in lactation. *Journal of Dairy Science* 82(Supplement 1): 74. Abstract.

- Griinari, J.M. & Bauman, D.E. 1999. Biosynthesis of conjugated linoleic acid and its incorporation into meat and milk in ruminants. Teoksessa: Yurawecz, M.P. ym. (toim.). Advances in conjugated linoleic acid research. Volume 1. Champaign, IL: AOCS Press. s. 180-200.
- Griinari, J.M., Corl, B.A., Lacy, S.H., Chouinard, P.Y., Nurmela, K.V.V. & Bauman, D.E. 2000. Conjugated linoleic acid is synthesized endogenously in lactating dairy cows by Δ^9 -desaturase. Journal of Nutrition 130: 2285-2291.
- Griinari, J.M., Dwyer, D.A., McGuire, M.A., Bauman, D.E., Palmquist, D.L. & Nurmela, K.V.V. 1998. *Trans*-octadecenoic acids and milk fat depression in lactating dairy cows. Journal of Dairy Science 81: 1251-1261.
- Griinari, M. & Shingfield, K.J. 2002. Effect of diet on trans fatty acids and conjugated dienes of linoleic acid in bovine milk fat. Proceedings of the 93rd annual meeting of the American Oil Chemists Society. Montreal, Canada: AOCS Press. S2. Abstract.
- Ip, C., Banni, S., Angioni, E., Carta, G., McGinley, J., Thompson, H. J., Barbano, D. & Bauman, D. 1999. Conjugated linoleic acid-enriched butter alters mammary gland morphogenesis and reduces cancer risk in rats. Journal of Nutrition 129: 2135-2142.
- Kelly, M.L., Berry, J.R., Dwyer, D.A., Griinari, J.M., Chouinard, P.Y., Van Amburgh, M.E. & Bauman, D.E. 1998. Dietary fatty acid sources affect conjugated linoleic acid concentrations in milk from lactating dairy cows. Journal of Nutrition 128: 881-885.
- Kepler, C.R., Hirons, K.P., McNeill, J.J. & Tove, S.B. 1966. Intermediates and products of the biohydrogenation of linoleic acid by *Butyrivibrio fibrisolbens*. Journal of Biological Chemistry 241: 1350-1354.
- Kraft, J., Griinari, M. & Jahreis, G. 2001. Effects of CLA-calcium salt on CLA content in milk lipids. Teoksessa: Proceedings 8th symposium on vitamins and additives in nutrition of man and animal. Jena, Germany, 26.9. 2001. Jena. s .35. Abstract.
- Larondelle, Y., Focant, M., Mignolet, E. & Griinari, M. 2002. Method to alter the isomeric profile of trans fatty acids in ruminant meat and milk and to increase the concentration of *cis*-9, *trans*-11 conjugated linoleic acid. PCT patent application published in 2002 under the number WO 02/05 12 55.
- McGuire, M.A., McGuire, M.K., Guy, M.A., Sanchez, W.K., Shultz, T.D., Harrison, L.Y. Bauman, D.E. & Griinari, J.M. 1996. Short-term effect of dietary lipid concentration on content of conjugated linoleic acid (CLA) in milk from dairy cattle. Journal of Animal Science 74(Supplement 1): 266. Abstract.

- Medeiros, S.R., Oliveira, D.E., Aroeira, L.J.M., McGuire, M.A., Bauman, D.E. & Lanna, D.P.D. 2000. The effect of long-term supplementation of conjugated linoleic acid (CLA) to dairy cows grazing tropical pasture. *Journal of Dairy Science* 83(Supplement 1): 169. Abstract.
- Overton, T.R., Bernal-Santos, G., Perfield II, J.W., Bauman, D.E. 2001. Effects of feeding conjugated linoleic acids (CLA) on metabolism and performance of transition dairy cows. Teoksessa: Proceedings of Cornell Nutrition Conference. 24.-26. lokakuuta, Rochester, NY, Cornell University, Ithaca, NY.
- Palmquist, D.L. & Griinari, J.M. 2001. Dietary fish oil plus vegetable oil maximizes *trans*-18:1 and rumenic acids in milk fat. *Journal of Dairy Science* 84 (Supplement 1): 310. Abstract.
- Pariza, M.W. & Hargraves, W.A. 1985. A beef-derived mutagenesis modulator inhibits initiation of mouse epidermal tumors by 7,12-dimethylbenz[a]anthracene, *Carcinogenesis* 6: 591-593.
- Parodi, P.W. 1977. Conjugated octadecadienoic acids of milk fat. *Journal of Dairy Science* 60: 1550-1553.
- Perfield II, J.W., Bernal-Santos, G., Overton, T.R. & Bauman, D.E. 2002. Effects of dietary supplementation of rumen-protected CLA in dairy cows during established lactation. *Journal of Dairy Science* 85: 2609-2617.
- Shingfield, K.J., Ahvenjärvi, S., Toivonen, V., Ärölä, A., Huhtanen, P. & Griinari, J.M. 2002. Fish oil inhibits the biohydrogenation of fatty acids in the rumen causing an increase in milk *trans*-octadecenoic and conjugated linoleic acid content. *Journal of Dairy Science* 85(Supplement 1): 570. Abstract.
- Willett, C.W., Stampfer, M.J., Manson, J.E., Colditz, G.A., Speizer, F.E., Rosner, B.A., Sampson, L.A. & Hennekens, C.H. 1993. Intake of trans fatty acids and risk of coronary heart disease among women. *The Lancet* 341: 581-585.
- Yurawecz, M.P., Mossoba, M.M., Kramer, J.K.G., Pariza, M.W. & Nelson, G.J. 1999. Advances in conjugated linoleic acid research. Volume I. Champaign, IL: AOCS Press. s. 480.

Ihminen, laktaasigeeni ja laktoosi-intoleranssi

Irma Järvelä

Helsingin yliopistollinen keskussairaala (HYKS), Molekyyli­genetiikan laboratorio, HYKS-Laboratoriodiagnostiikka, PL 140, 00290 Helsinki, irma.jarvela@hus.fi

Tiivistelmä

Laktoosin imeytymishäiriö, laktoosimalabsorptio, joka tunnetaan paremmin laktoosi-intoleranssin nimellä, esiintyy noin puolella maapallon väestöstä ja joka kuudennella aikuisella suomalaisella. Suomessa on siten noin 900 000 henkilöä, jolla on laktoosimalabsorptio. Se on yleisin vatsavaivojen syy lääkärin vastaanotolla. Laktoosimalabsorptio periytyy autosomissa peittyvästi. Laktoosin imeytymishäiriöön liittyvä geenimuutos on äskettäin tunnistettu suomalaisperheistä kerätyn aineiston pohjalta. Kyseessä on yhden emäksen, sytosiinin (C) muuttuminen tymidiiniksi (T). Muutos johtaa laktaasientsyymin säilymiseen suolessa läpi elämän. Tutkimustulos mahdollistaa potilaiden genotyypin määrittämisen pienestä verinäytteestä potilasystävällisemmällä tavalla verrattuna aikaisempiin rasi­­tustesteihin. Se on myös laboratorion kannalta aikaa säästävää ja helpommin tulkittava kuin rasi­­tustestit. Tuloksen kliininen merkitys arvioidaan kuitenkin jokaisen potilaan kohdalla erikseen.

Avainsanat: maito, taudit, laktoosi, laktoosi-intoleranssi, laktoosimalabsorptio, imeytyminen, häiriöt, geenit

Johdanto

Ihmisellä esiintyy kahta eri laktaasinpuutosta: Laktoosimalabsorptio, joka parhaiten tunnetaan laktoosi-intoleranssin nimellä (Auriccio ym. 1963) sekä synnynnäinen laktaasinpuutos (CLD), joka on harvinainen suomalaisväestöön rikastunut vastasyntyneen vaikea ripulitauti (Savilahti ym. 1983). Laktoosi-intoleranssi on ihmisen yleisin entsyyminpuutos, joka kuvattiin ensimmäisen kerran noin 40 vuotta sitten (Auriccio ym. 1963). Maassamme on n. 17 %:lla henkilöillä laktoosimalabsorptio (Jussila ym. 1970). Laktoosimalabsorptiossa maitotuotteiden sisältämän laktoosin imeytyminen on häiriintynyt laktaasientsyymin aktiivisuuden alenemisesta johtuen. Vastasyntyneillä ja vauvoilla, joille rintamaito on tärkeä ravinnon lähde, laktaasientsyymin aktiivisuus on korkea ja mahdollistaa siten äidinmaidon nauttimisen. Kun lapsen on aika alkaa nauttia muutakin ravintoa, laktaasiaktiivisuus vähenee 5-10 %:iin alkuperäisestä. Suomessa tämä tapahtuu myöhään, keskimäärin 5-20-vuotiaana (Sahi 1972). Tällöin maitotuotteet alkavat aiheuttaa osalle matalan aktiivisuuden omaavista oireita; vatsan turvotusta, ilmavaivoja, ripulia ja vatsanväänteitä maitotuotteiden nauttimisen jälkeen. Laktoosi-

malabsorptiossa entsyymiaktiivisuuden aleneminen on siis normaali ilmiö, ja niillä, jotka sietävät maitoa läpi elämän, on tapahtunut perimän muutos laktaasia sietäväksi. Laktoosimalabsorptio selittää noin kolmanneksen epämääräisten vatsavaivojen syistä lääkärin vastaanotolla.

Laktoosimalabsorption esiintyvyyden vaihtelu eri väestöissä sekä sen periytyvyyden tutkimukset perheissä ovat osoittaneet, että tämä ominaisuus periytyy autosomissa peittyvästi (Sahi ym. 1973). Suomessa esiintyy harvinaisen, vastasyntyneiden laktaasinpuutos (CLD), jossa LPH-entsyymi on jo vastasyntyneenä inaktivoitunut lähes kokonaan. Sitä koodittava geeni on paikannettu kromosomin 2 pitkään käsivarteen LPH-geenin ulkopuolelle (Järvelä 1998). Tutkimustulos oli yllättävä osoittaessaan, että CLD ei aiheuduakaan LPH-geenin mutaatioista, vaan kyseessä on uusi, vielä tuntematon geeni, jonka eristys on työn alla laboratoriossamme.

Seuraava mielenkiintoinen kysymys oli, aiheutuuko laktoosimalabsorptio LPH-geenin virheestä/virheistä. Geenitutkimusten onnistumiseksi vaaditaan, että siihen osallistuvien henkilöiden kliininen diagnoosi (fenotyyppi) on mahdollisimman tarkkaan määritetty. Koska aikuismuotoinen laktoosimalabsorptio saattaa olla oireeton (Suarez ym. 1995, Vesa ym. 1996), joudutaan kaikki geenitutkimuksiin osallistuvat perheenjäsenet testaamaan esimerkiksi laktoosirasitustestillä.

Aineisto ja menetelmät

Saimme analysoitavaksemme Timo Sahin 1970-luvun alussa väitöskirjaansa varten tutkimat suomalaiset hypolaktasiaperheet, joissa kaikille perheenjäsenille oli tehty laktoosirasituskoe etanolin kera. Keräsimme näiden perheiden uusien sukupolvien DNA-näytteet ja testasimme kaikki halukkaat laktoosirasitustestillä diagnoosin varmistamiseksi. Kun analysoimme nämä suvut samoilla LPH-geenin lähellä sijaitsevilla geenimerkeillä, saatoimme paikantaa laktoosimalabsorptiota aiheuttavan geenin jälleen LPH-geenin ulkopuolelle, mutta lähemmäksi sitä kuin CLD-geeni (Enattah ym. 2002).

Tulokset

Kun tarkastelimme suomalaisperheiden haplotyypejä, saatoimme havaita yhden ainoan haplotyyppin rikastumisen laktaasia sietävillä henkilöillä ja rajata tautialleelin varhaisten rekombinaatioiden avulla noin 47 kiloemäksen alueelle. Sekvenoimme systemaattisesti tämän alueen vertaamalla kolmen hypolaktasiahenkilön, kahden laktaasiasietävän heterozygootin ja kahden homozygootin ”terveen” emäsjärjestystä. Löysimme 52 eri geenimuutosta, 43 yhden emäksen polymorfiaa (single nucleotide polymorphism; SNP) ja 9 deleetio/insertio-muutosta. Näistä kaksi yhden emäksen muutosta C/T₋₁₃₉₁₀,

joka sijaitsee MCM6-geenin intronissa 9, n. 14 kiloemäksen päässä LPH-geenin aloituskodonista ja G/A₋₂₂₀₁₈, joka sijaitsee intronissa 13, noin 22 kiloemäksen päässä LPH-geenin aloituskodonista, periytyivät suomalaisissa laktoosi-intoleranssisuvuissa resessiivisesti siten, että laktoosi-intoleranteilla henkilöillä esiintyi genotyyppi CC markkerilla C/T₋₁₃₉₁₀ ja GG markkerilla G/A₋₂₂₀₁₈. Laktoosia sietävillä perheenjäsenillä esiintyivät vastaavasti genotyypit CT tai TT markkerilla C/T₋₁₃₉₁₀ ja GA tai AA markkerilla G/A₋₂₂₀₁₈.

Tutkimme sen jälkeen 236 hypolaktasiapotilaan suolibiopsianäytettä, joissa oli todettu matalat disakkaridaasi-aktiivisuudet, neljästä eri populaatiosta (Etelä-Korea, Italia, Saksa ja Suomi). Ensimmäisellä geenimerkillä, C/T₋₁₃₉₁₀, kaikissa näytteissä esiintyi genotyyppi CC, mutta toisella geenimerkillä, G/A₋₂₂₀₁₈, seitsemän näytettä antoi poikkeavan, ”terveen”, genotyypin. On todennäköistä, että C/T₋₁₃₉₁₀ on hypolaktasiaan liittyvä polymorfia, ja G/A₋₂₂₀₁₈ on läheisen sijaintinsa vuoksi vain kytkentäepätasapainossa C/T₋₁₃₉₁₀ :n kanssa.

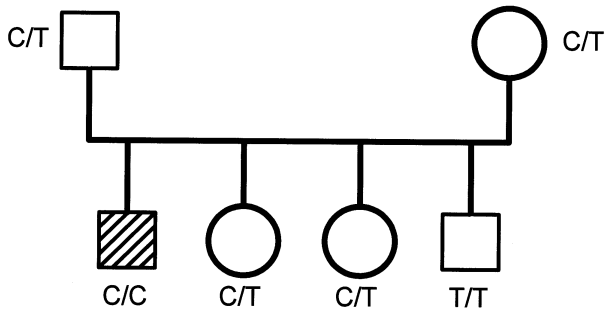
Molekyyliepidemiologiset tutkimuksemme n. 1047 suomalaisen verenuovuttajan näytteistä osoittivat, että genotyypit CC ja GG kyseisillä markkereilla esiintyvät n. 16,8 %:ssa länsisuomalaisten ja 18,9 %:ssa itäsuomalaisten DNA:ssa (keskiarvo 18,1 %). Nämä molekyyliepidemiologiset tulokset ovat yhteneväisiä aikaisempien epidemiologisten tulosten kanssa (Sahi ym. 1972).

Laktoosi-intoleranssiin liittyvät muutokset sijaitsevat MCM6- (minichromosome maintenance)-geenin (Harvey ym. 1996) introneissa 9 ja 13. MCM6-geeni on uusi geeni, joka sekvenssiltään muistuttaa rotan ohutsuolen kryptasolujen replikaatiotekijää. Sen merkitys ihmisellä on tuntematon.

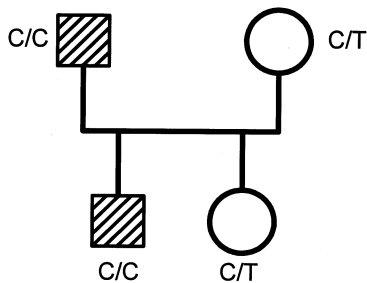
Tulosten tarkastelu

Tutkimuksemme vahvistaa aikaisemman käsityksen, että laktoosimalasorptio periytyy peittyvästi, eli C-emäksen täytyy periytyä molemmilta vanhemmilta, jotta laktoosi-intoleranssi syntyy (Kuva 1). Lisäksi varmistui, että yksi laktoosia säilyttävä alleeli riittää pitämään ihmisen maitoa sietävänä. Tämä dominantti vaikutus tarkoittaa myös sitä, että laktoosin siedon pitäisi maapallolla yleistyä. Yleistyminen riippuu kuitenkin myös muista tekijöistä, muun muassa väestönkasvusta. Saman geenimuutoksen esiintyminen eri väestöissä puhuu myös sen puolesta, että geenimuutos on tapahtunut hyvin varhain.

a)



b)



Kuva 1. Laktoosi-intoleranssin periytyminen. a) mikäli molemmat vanhemmat ovat laktaasia sietäviä ja genotyypiltään C/T, joka neljäs heidän lapsistaan perii laktoosi-intoleranssiin liittyvän genotyypin C/C. Tällaisella lapsella on n. 50 %:n riski saada oireita maitotuotteista. Muut lapset ovat laktaasia sietäviä genotyypiltään joko C/T tai T/T. (Mikäli molemmat vanhemmat olisivat muotoa T/T, kaikki heidän lapsensa olisivat myös genotyypiltään T/T eli perheessä kaikki olisivat laktaasia sietäviä). b) Jos toinen vanhemmista on laktoosi-intolerantti (C/C) ja toinen laktaasia sietävä (C/T), puolet lapsista perii laktoosi-intoleranssiin liittyvän genotyypin (C/C) ja puolet ovat laktaasia sietäviä (C/T).

On ajateltu, että mutaatio olisi tapahtunut n. 10 000 vuotta sitten, jolloin karjanhoito aloitettiin maapallolla (Flatz & Rotthauwe 1977). Laktoosin sieto on rikastunut Pohjois-Eurooppaan, jossa karjanhoito on yleistä. Laktaasientsyymin rikastuminen on tapahtunut ehkä ilmastollisista syistä: Laktoosin sieto on antanut kylmissä ja niukoissa oloissa eläville yksilöille lisääntymisedun: maito on arvokas kalsiumin, vitamiinien, erityisesti D-vitamiinin, energian ja nesteen lähde. Olemme parhaillaan tutkimassa mutaation ikää vertaamalla geenimuutoksen läheisyydessä esiintyvän alleeliyhdistelmän (haplotyyppin) esiintymistä eri maailman väestöissä.

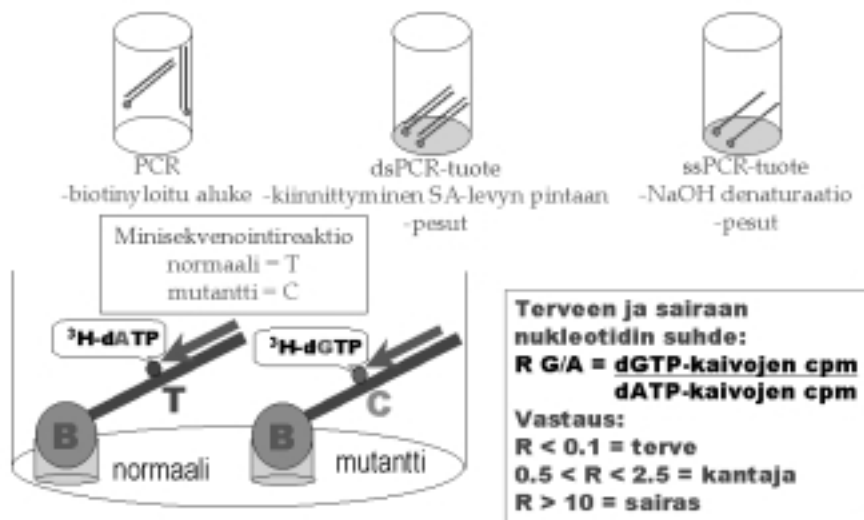
Laktoosi-intoleranssin diagnostiikka on tähän asti perustunut laktoosirasitukseen (Arola 1994), jossa henkilö yön yli paastottuaan nauttii glukoosiliuosta, -ja seuraavana aamuna laktaasientsyymien toimintaa seurataan mittaamalla veren glukoosiarvojen muuttumista 20, 40 ja 60 min kuluttua nesteen nauttimisesta. Tulos tulkitaan siten, että 1,6 mg/l glukoosin nousua pidetään normaalina, kun taas alle 1,1 mg/l tulkitaan laktoosi-intoleranssiksi. Tulos antaa oikean vastauksen n. 70-80 %:n todennäköisyydellä. Rastitustesti ei kuitenkaan erottele primaaria hypolaktasiaa sekundaarisesta, joka saattaa aiheutua mm. keliakiasta, jota esiintyy noin 1 %:lla suomalaisista. Laktoosirasitus on potilaalle vaivalloinen ja laboratoriolle aikaavievä ja raskas tutkimus. Lapsilla se on lisäksi epätarkka, paljastaen vain n. 30 % tapauksista (Krasilnikoff ym. 1975).

Geenitestien käyttö kliinisessä diagnostiikassa on lisääntynyt nopeasti viime vuosien aikana. Niiden vaikutuksesta terveydenhuollon kustannuksiin on kuitenkin vielä vähän tietoa. Olemme laskeneet, että yksi laboratoriohoitaja tekee n. 20 laktoosirasitusta viikossa. Geeni-testejä pystytään samassa ajassa tekemään jopa 8 kertaa enemmän. Geenitesteillä on useita ominaisuuksia, jotka poikkeavat perinteisistä laboratoriotutkimuksista. Geenitesti tehdään vain kerran elämässä eli sen tulos on pysyvä. Geenitestin sensitiivisyys on 100 %:n luokkaa eli tulos ilmoittaa yksiselitteisesti, onko tutkittavalla kyseinen muutos vai ei. Nämä ominaisuudet tekevät geenitestistä ylivoimaisen yhden geenin sairauksien diagnostiikassa. Geenitestin käyttöönotto tulee vähentämään siten terveydenhuollon kustannuksia.

Geenitestien ongelma on, että ne paljastavat aina myös sukulaisten riskejä, halusivat he sitä taikka eivät. Yhden geenin aiheuttamat perinnölliset sairaudet ovat usein harvinaisia ja vakavia, joihin ei ole olemassa parantavaa hoitoa. Geenitestaukseen liittyykin aina tietosuoja- ja eettisiä kysymyksiä. Laktoosi-intoleranssi poikkeaa useista perinnöllisistä taudeista siinä, että se on hyvin tunnettu ja yleinen. Se on oireiltaan yleensä lievä ja saatavilla on oireita lievittäviä ravinto- ja lääkevalmisteita. Siten voidaan ajatella, että laktoosi-intoleranssin geenimuutoksen diagnostiikka arkipäiväistää geenidiagnostiikkaan liittyviä kysymyksiä.

Laktoosi-intoleranssin geenitesti tehdään minisekvenoimalla geenimuutos pienestä määrästä perifeerista verta (Syvänen ym. 1993; Kuva 2). Tutkimus voidaan tehdä myös eristetystä DNA:sta. Koska kaikilla suomalaisilla (ja kaikissa tähän asti tutkituissa väestöissä) esiintyy sama geenimuutos, tarvitaan vain yhden geenitestin kehittäminen laktoosi-intoleranssin diagnostiikkaan. Tämä helpottaa geenitestin käyttöönottoa ja alentaa kustannuksia myös maailmanlaajuisesti.

minisekvenointi



Kuva 2. Geenitestin suorittaminen minisekvenointitekniikalla.

Laktaasin synnynäinen puutos on harvinainen, sen frekvenssi on 1:60 000 lasta Suomessa. Se on myös peittyvästi periytyvä. Nämä pienet potilaat eivät pysty juomaan edes äidinmaitoa, koska heidän laktaasiaktiivisuutensa on käytännössä hävinnyt. Oireina on runsas ripuli heti maitoruokinnan alettua, joka on niin vaikea, että se johtaa lähes aina sairaalahoitoon (Savilahti ym. 1983). Hyvällä nestehoidolla ja maidon lopetuksella nämä lapset selviävät hyvin. Heidän maitovalkuaisensa korvataan muilla valkuaisvalmisteilla.

Tutkimustulokset avaavat lukuisia uusia tutkimusmahdollisuuksia sekä laktaasinpuutosten lääketieteellisessä perustutkimuksessa että kliinisissä tutkimuksissa. Mielenkiintoisimpia kysymyksiä ovat, milloin laktaasiaktiivisuuden säilyttävä geenimuutos on syntynyt maapallolla ja millä mekanismeilla aktiivisuus säilyy. Myös laktoosi-intoleranssin aiheuttamia vaikutuksia terveydentilaan, mm. osteoporoosin (Honkanen ym. 1996), diabeteksen (Meloni ym. 2001), verisuonitautien (Segall 1994) ja syövän (Meloni ym. 1999) syntyyn, voidaan nyt tutkia aikaisempaa tarkemmin.

Kirjallisuus

- Arola, H. 1994. Diagnosis of hypolactasia and lactose malabsorption. *Scandinavian Journal of Gastroenterology Suppl* 202: 26-35.
- Auricchio, S., Rubino, A., Landolt, M., Semenza, G. & Prader, A. 1963. Isolated intestinal lactase deficiency in the adult. *Lancet* 2: 324-326.
- Enattah, N., Sahi, T., Savilahti, E., Terwilliger, J.D., Peltonen, L. & Järvelä, I. 2002. Identification of a DNA variant associated with adult-type hypolactasia. *Nature Genet* 30: 233-237.
- Flatz, G. & Rotthauwe, H.W. 1977. The human lactase polymorphism: Physiology and genetics of lactose absorption and malabsorption. *Progress in Medical Genetics* 2: 205-249.
- Harvey, C.B., Wang, Y., Darmoul, D., Phillips, A., Mantei, N. & Swallow, D.M. 1996. Characterisation of a human homologue of a yeast cell division cycle gene, MCM6, located adjacent to the 5' end of the lactase gene on chromosome 2q21. *FEBS Letters* 398: 135-140.
- Honkanen, R., Pulkkinen, P., Jarvinen, R., Kroger H., Lindstedt, K., Tuppurainen, M., Uusitupa, M. 1996. Does lactose intolerance predispose to low bone density? A population-based study of perimenopausal Finnish women. *Bone* 19: 23-28.
- Jussila, J., Isokoski, M. & Launiala, K. 1970. Prevalence of lactose malabsorption in a Finnish rural population. *Scandinavian Journal of Gastroenterology* 5: 49-56.
- Järvelä, I., Enattah, N., Kokkonen, J., Varilo, T., Savilahti, E. & Peltonen, L. 1998. Assignment of the locus for congenital lactase deficiency (CLD) to 2q21, in the vicinity but separate from the lactase-phlorizin hydrolase (LPH) gene. *American Journal of Human Genetics* 63: 1075-1082.
- Krasilnikoff, P.A., Gudman-Hoyer, E. & Moltke, H.H. 1975. Diagnostic value of disaccharide tolerance tests in children. *Acta Paediatrica Scandinavica* 64: 693-698.
- Kruse, T.A., Bolund, L., Grzeschik, K-H., Ropers, H.H., Sjöström, H., Noren, O. & Mantei, N. 1988. The human lactase-phlorizin hydrolase gene is located on chromosome 2. *FEBS Letters* 240: 123-126.
- Meloni, G.F., Colombo, C., La Vecchia, C., Pacifico, A., Tomasi, P., Ogana, A., Marinaro, A.M. & Meloni, T. 2001. High prevalence of lactose absorbers in Northern Sardinian patients with type 1 and type 2 diabetes mellitus. *American Journal of Clinical Nutrition* 73: 582-585.

- Meloni, G.F., Colombo, C., La Vecchia, C., Ruggiu, G., Mannazzu, M.C., Ambrosini, G. & Cherchi, P.L. 1999. Lactose absorption in patients with ovarian cancer. *American Journal of Epidemiology* 50: 183-186.
- Sahi, T., Isokoski, M., Jussila, J. & Launiala, K. 1972. Lactose malabsorption in Finnish children of school age. *Acta Paediatrica Scandinavica* 61:11-16.
- Sahi, T., Isokoski, M., Jussila, J., Launiala, K. & Pyörälä, K. 1973. Recessive inheritance of adult-type lactose malabsorption. *Lancet* 2: 823-6.
- Savilahti, E., Launiala, K. & Kuitunen, P. 1983. Congenital lactase deficiency. *Archives of Diseases in Childhood* 58: 246-252.
- Segall, J.J. 1994. Dietary lactose as a possible risk factor for ischaemic heart disease: review of epidemiology. *International Journal of Cardiology* 46: 197-207.

Maa- ja elintarviketalous -sarjassa ilmestyneet julkaisut

Kotieläintuotanto

- 8 Lehmäkulttuuri ja sen tulevaisuus. Professori Kalle Maijalan 75-vuotisjuhlaseminaari, Helsinki, 27.5.2002. *Maijala (toim.)*. 71 s. Hinta 20,00 euroa.

Esitelmät

- 13 Tutkittu maa – turvalliset elintarvikkeet. Viljavuustutkimus 50 vuotta – juhlaseminaari, Jokioinen 24.9.2002. *Uusitalo & Salo (toim.)*. 61 s. Hinta 20,00 euroa.
- 7 Suurenevien tilojen haasteet, Ylistaro, 7.-8.8.2002. *Heikkilä & Salo (toim.)*. 103 s. Hinta 15,00 euroa.

Ympäristö

- 12 Luonnonmukaisen ja tavanomaisen viljelyn typpi- ja fosforihuuhtoumat. Kirjallisuuskatsaus. *Ylivainio ym.* 74 s. Hinta 20,00 euroa.
- 5 Agri-environmental and rural development indicators: a prosal. *Yli-Viikari ym.* 102 s. Hinta 25,00 euroa.
- 2 Luonnonmukaisen ja tavanomaisen viljelyn vaikutukset maaperään. *Palojärvi ym.* 88 s. Hinta 20,00 euroa.

Talous

- 11 Franchisingopimukset sikatalouden hintariskien hallinnassa. *Uusitalo & Pietola*. 35 s. Hinta 15,00 euroa

Kasvintuotanto

- 10 Biotorjunta osana ekologista kasvinsuojelua. *Tiilikkala (toim.)*. 78 s. (verkkójulkaisu osoitteessa: <http://www.mtt.fi/met/pdf/met10.pdf>).
- 9 Kestorikkakasvit kevätiljantuotannon uhkana. Pelto-ohdake, peltovalvatti ja juolavehnä. Kirjallisuuskatsaus. *Lötjönen ym.* 118 s. Hinta 25,00 euroa.
- 3 Uuden perunaruton epidemiologia ja kemiallinen torjunta. *Kurppa & Segerstedt (toim.)*. 66 s. Hinta 20,00 euroa.

Teknologia

- 6 Työsuojelupanostuksen kannattavuus maataloudessa . *Suutarinen ym.* 80 s. Hinta 20,00 euroa.

