

93

*Eeva-Liisa Ryhänen
Riitta Salo
(toim.)*

**Elintarvikeklusterin
tutkimusohjelman
loppuraportti**

Eeva-Liisa Ryhänen ja Riitta Salo (toim.)

Elintarvikeklusterin tutkimusohjelman loppuraportti

Food Cluster Research Programme, Final Report

Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus

ISBN 951-729-604-5 (Painettu)
ISBN 951-729-605-3 (Verkkojulkaisu)
ISSN 1239-0852 (Painettu)
ISSN 1239-0844 (Verkkojulkaisu)
<http://www.mtt.fi/asarja>

Copyright
MTT
Kirjoittajat

Julkaisija
MTT, 31600 Jokioinen

Jakelu ja myynti
MTT, Tietopalveluyksikkö, 31600 Jokioinen
Puhelin (03) 4188 2327, telekopio (03) 4188 2339
[sähköposti julkaisut@mtt.fi](mailto:sähköposti.julkaisut@mtt.fi)

Painatus
Jyväskylän yliopistopaino 2001

Sisäsivujen painopaperille on myönnetty pohjoismainen Joutsenmerkki.
Kansimateriaali on 75-prosenttisesti uusiokuitua.

¹⁾ MTT, Elintarvikkeiden tutkimus, Elintarvikekemian ja -tekniikka, 31600 Jokioinen, eeva-liisa.ryhanen@mtt.fi

²⁾ MTT, Tietopalveluyksikkö, 31600 Jokioinen

Tiivistelmä

Avainsanat: elintarvikkeet, terveysvaikutukset, maito, kaura, kuluttajat, liha, kasvit

Elintarvikeklusterin tutkimusohjelma on osa vuonna 1997 käynnistynyttä tutkimuksen lisärahoitusohjelmaa. Tutkimus pyrkii edistämään EU-jäsenyyden edellyttämää maa- ja elintarviketalouden sopeutumista ja kilpailukyvyyn kehittymistä. Tutkimusohjelman ensimmäiseen vaiheeseen (1997–2000) kuului 12 tutkimushanketta. Niiden aiheina olivat kauratutkimus, maitotutkimus, kuluttajatutkimus ja kasviperäisiä biomolekyylejä käsittelevä tutkimus.

Kauratutkimuksessa selvitettiin kauran viljelyä ja elintarvikeprosessointia. Kauran jyvässä itämisen aikana tapahtuvia muutoksia tutkittiin tavoitteena niiden hyödyntäminen uusien kauraelintarvikkeiden valmistamisessa. Lisäksi selvitettiin, voidaan-ko paljasjyväisen kauran jyvävaurioita ehkäistä viljely- ja korjuutekniikan keinoin.

Maidon ja sen komponenttien mahdollisia terveysvaikutuksia selvitettiin myös. Koe-eläinmallin avulla tutkittiin, miten maidosta peräisin olevat, biologisesti aktiiviset peptidit vaikuttavat verenkiertojärjestelmään. Lisäksi kuvattiin konjugoidun linolihapon eli CLA:n pitoisuuteen vaikuttavia ruuansulatusfysiologisia mekanismeja. Selvitettävänä oli myös se, soveltuuko

CLA-maito meijerituotteiden valmistukseen. Lisäksi etsittiin mahdollista yhteyttä maidon juoksettumisominaisuuksien ja maidontuotanto-ominaisuuksien välille sekä pyrittiin paikantamaan juoksettumattomuutta aiheuttavat geenit.

Kuluttajatutkimus käsitteli kehittyvää elintarviketaloutta ja elintarvikkeiden kulutusmuutoksia. Tutkimuksissa selvitettiin, miten kuluttajat hyväksyvät terveysvaikutteiset elintarvikkeet. Lisäksi tarkasteltiin kuluttajien suhtautumista geenitekniologian avulla tuotettuihin ja funktionaalisiin elintarvikkeisiin. Myös kotien ruokatalouksien muutoksia analysoitiin. Ohjelmassa tutkittiin, voidaan-ko lihan ja lihavalmisteen laatua parantaa koko tuotantoketjussa kuluttajien laatuksityksen perusteella.

Kasvien bioaktiivisten yhdisteiden esiintymiseen vaikuttavia tekijöitä selvitettiin, biomolekyyleille kehitettiin analyysimenetelmiä ja eristämisen- ja rikastamismenetelmiä. Lisäksi selvitettiin biomolekyylien käyttäytymistä elintarvikeprosesseissa. Myös runsaasti bioaktiivisia yhdisteitä sisältävien elintarvikkeiden vaikutuksia tutkittiin kliinisin kokein.

Ryhänen, E.-L.¹⁾ & Salo, R.²⁾ (eds.) 2001. Food Cluster Research Programme, Final Report. MTT publications. Series A 93. Jokioinen: MTT Agrifood Research Finland. 97 p. ISSN 1239-0852 (Printed version), ISSN 1239-0844 (Electronic version), ISBN 951-729-604-5 (Printed version), ISBN 951-729-605-3 (Electronic version). <http://www.mtt.fi/asarja>

¹⁾ MTT Agrifood Research Finland, Food Research, Food Chemistry and Technology, FIN-31600 Jokioinen, Finland, eeva-liisa.ryhanen@mff.fi

²⁾ MTT Agrifood Research Finland, Data and Information Services, FIN-31600 Jokioinen, Finland

Abstract

Key words: foods, functional foods, milk, oats, consumers, meat, plants, biomolecules, health effects

The food cluster programme is part of a comprehensive national research programme initiated in 1997. The programme aims at facilitating the adaptation and competitiveness of the Finnish agricultural and food sector to the requirements set by EU membership. During its first phase (1997–2000) the programme included altogether 12 research projects, focusing on oat research, milk research, consumer research and research on plant-derived biomolecules.

The oat research projects examined the cultivation and food processing of oats. In particular, their germination technology was studied to develop new food products. The effects of different harvesting and drying techniques on the germinability and hull content of naked oat were also evaluated.

Milk and its components were studied to find potential new health effects. An animal model was used to investigate the cardiovascular effects of biologically active milk peptides. Further, the mechanisms affecting the content of conjugated linoleic acid (CLA) were characterized and the suitability of CLA milk for the manufacture of dairy products was evaluated.

Another aim was to find genetic correlations between milk coagulation properties and milk production traits and to identify genes that have a critical effect on milk coagulation properties.

Consumer research focused on new developments in the food sector and on changes in food consumption. The acceptability of functional foods and the reception of innovations in the food chain were also studied, especially the views of consumers about the use of gene technology in food production and functional foods. Attention was also focused on changes in the household food economy, particularly the convenience-food trend. In addition, the aim was to see whether the quality of meat and meat products throughout the production chain could be improved on the basis of consumer views of food quality.

The fourth research theme involved studying the effect of growth conditions on the content of plant-derived biomolecules, as well as methods for the analysis and isolation of bioactive compounds. The potential effects of foods rich in bioactive compounds were analyzed in clinical tests.

Alkusanat

Elintarvikealan klusteriohjelmaa valmisteli työryhmä, jossa oli elinkeinon ja eri rahoitajien edustajia. Elintarvikeklusterirahoituksen tuli tukea erityisesti EU-jäsenyyden edellyttämää maa- ja elintarviketalouden sopeuttamista ja kilpailukyyn kehittämistä. Ryhmä on toiminut myös ensimmäisen kolmivuotisen elintarvikeklusteriohjelman toteutusvaiheen ohjaajana ja valvojana yhdessä maa- ja metsätalousministeriön Maataloudellisen tutkimuksen neuvottelukunnan kanssa.

Ministeriön rahoituksen piiriin valikoitui lopulta kaksitoista hanketta seuraavilta alueilta: kauratutkimus, maitotutkimus, kuluttajatutkimus ja kasviperäisten biomolekyylien tutkimus. Käynnistyneet hankkeet ulottuivat osin vuoteen 2000. Elintarvikeklusteriohjelman rahoitus on vain pieni osa alueelle vuosina 1997–2000 suunnatusta rahoituksesta. Elintarvikealan tutkimusta on rahoitettu lisäksi myös Tekesin Uudistuva elintarvike -tutkimusohjelmassa ja maa- ja metsätalousministeriön muilla sitomattomilla tutkimusvaroilla.

Maa- ja metsätalousministeriölle osoitettua varoista varattiin vuosina 1997–1999 elintarvikeklusteria varten 12,5 miljoonaa markkaa. Hakijoiden oman rahoituksen ja muun rahoituksen on arvioitu nostaneen ohjelman kokonaisrahoituksen noin 30 miljoonaan markkaan.

Elintarvikeklusteriohjelman tuloksia on seurattu hankkeittain joka vuosi. Tämä on tehty kaksi kertaa järjestetyillä Elintarvikeklusteripäivillä ja ministeriön maataloudellisen tutkimuksen seurannan yhteydessä. Ohjelman ensimmäisen kolmivuotiskauden onnistumista on tarkoitus arvioida myös ulkopuolisten asiantuntijoiden. Tämä on systemiarviointi, jonka tarkoituksena on sel-

vittää erityisesti tulosten hyödynnettävyyttä ja hankkeiden onnistumista niiden omista ja rahoituksen perusteena olevista lähtökohdista. Arvioinnin tulosta käsitellään elintarvikeklusteriohjelman loppuseminaarissa vuonna 2001.

Kahdessa aiemmassa seminaarissa esiteltyt ohjelman osiot ovat edenneet pääosin suunnitellulla tavalla. Toivottavasti tässä loppuseminaarissa keskustellaan myös siitä, miten hankkeiden tuloksia voidaan hyödyntää elintarvikeklusterissa.

Maa- ja metsätalousministeriö on edelleen sitä mieltä, että tutkimusta tulee kohdistaa koko elintarvikeketjuun: alkutuotannosta prosessien hallinnan ja markkinoiden kautta kuluttajiin saakka. Viime vuosina monessa tutkijaryhmässä on tutkittu erityisesti elintarvikkeiden laatua ja turvallisuutta sekä elintarvikkeiden terveyteen vaikuttavia aineosia. Tällainen tutkimus on yhä mitä suurimmassa määrin ajankohtaista.

Koska tutkimusongelmat eivät ratkea yhden tieteenalan eivätkä välttämättä yhden rahoittajan ponnistuksin, ovat suuret tutkimusohjelmat hyvin perusteltuja. Myös Euroopan yhteisön tutkimuspolitiikka edellyttäne jatkossa, että kansalliset ohjelmat ovat valmiita toimimaan osana eurooppalaisia tutkimusohjelmia. Tämänkin vuoksi rahoittajien tulee kehittää yhteistyötään edelleen niin, että hallintokäytännöillä ei luoda ylittämättömiä esteitä suurten tutkimusohjelmien tai klustereiden kokoamiselle.

Elintarvikealalla pienten yritysten on vaikea sijoittaa resurssejaan edes niitä suoraan hyödyttävään tutkimukseen. Tämä tekee julkisen tutkimusrahoituksen erittäin tarpeelliseksi.

Elintarvikeklusteritutkimuksen ensimmäisellä kolmivuotisjaksolla on rahoitettu kulutuksen, kulutusvalintojen, maidon ja viljan tutkimusta. Seuraavalla jaksolla myös elintarvikeklusteritutkimusta linjaa maataloudellisen tutkimuksen vuosien 2001–2003 tarkistettu strategia. Tarkoitus on kuitenkin edelleen etsiä sekä julkisten rahoittajien että yritysten yhteistyötä näiden alojen klusteritutkimuksessa.

Pääosa Suomen tutkimusrahoituksen viime vuosien lisäsohjelmasta on suunnattu Suomen Akatemian ja Tekesin kautta. Tavoitteena on ollut Suomen innovaatiojärjestelmän kehittäminen. Pieni osa tutkimusrahoituksesta on kanavoitu sektoriministeriöiden kautta lähinnä Suomen teollisia

vahvuusalueita eli klustereita tukevaan tutkimus- ja kehittämistoimintaan.

Klusterivarojen avulla pyritään saamaan aikaan uudenlaista yhteistyötä eri osapuolten kesken. Klusteripohjaista tutkimustoimintaa arvioidaan, toteutetaan ja rahoitetaan ministeriöiden, rahoitusorganisaatioiden, julkisten ja yksityisten tutkimusorganisaatioiden yhteistyönä.

Kokonaisuudessaan Suomen klusterirahoitus on arvioitu niin sanotussa Prihtin työryhmässä vuonna 2000. Yleisarvio rahoitusmuodon käyttökelpoisuudesta oli myönteinen. Julkaisussa Tutkimuksen lisärahoituksen arviointi Prihtin työryhmä ehdottaa klusteritoimintaa kehitettäväksi.

Mirja Suurnäkki

Maa- ja metsätalousministeriö

Sisällys

Tiivistelmä	3
Abstract	4
Alkusanat	5
Kauratutkimus	9
<i>Oksman-Caldentey, K.-M., Kaukovirta-Norja, A., Heiniö, R.-L., Kleemola, T., Lehtinen, P., Mikola, M. Sontag-Strohm, T., Piblava, J.-M. & Poutanen, K.</i>	
Kauran biotekninen prosessointi uusiksi elintarvikkeiksi	11
<i>Peltonen-Sainio, P., Kirkkari, A.-M., Mikkola, H., Vilppu, M., Rajala, A., Muurinen, S., Gates, F., Hietaniemi, V. & Lehtinen, P.</i> Paljasjyväisen kauran jyvävaurioiden merkitys ja ehkäiseminen viljelytoimin	23
Maidon ja sen komponenttien tutkimus	31
<i>Nurminen, M.-L., Sipilä, M., Kaarto, H., Vapaatalo, H., Piblando-Leppälä, A., Niskanen, O., Piilola, K., Korhonen, H., Korpela R. & Tossavainen, O.</i> Maidon biologisesti aktiivisten peptidien vaikutukset sydämeen ja verenkiertojärjestelmään	33
<i>Griinari, M., Shingfield, K. & Ryhänen, E.-L.</i> Ruokinnan vaikutus maidon CLA-pitoisuuteen ja maitotuotteiden laatuun	38
<i>Tyrisevä, A.-M., Ikonen, T., Ruottinen, O. & Ojala, M.</i> Lypsylehmien maidon juoksetumiskyvyn geneettinen tausta ja yhteydet maidontuotanto-ominaisuuksiin	47
Kuluttajatutkimus	53
<i>Raeuori, M., Hannula, T., Järvelä, K., Lampolabi, S., Niemistö, M., Puolanne, E., & Rantala, J.</i> Asiakaslähtöisen laadun kehittäminen lihan ja lihavalmisteen tuotantoketjussa	55
<i>Lähteenmäki, L., Isoniemi, M., Urala, N. & Ryhänen, E.-L.</i> Uusien terveysvaikutteisten elintarvikkeiden hyväksyttävyyden	61
<i>Niva, M. & Jaubo, M.</i> Uusien innovaatioiden vastaanotto elintarvikkeketjussa – esimerkkinä geeniteknologian käyttöönotto ja funktionaaliset elintarvikkeet	67
<i>Varjonen, J.</i> Kotien ruokatalous 2000 – toteutuneet trendit ja tulevaisuus.	72
Kasviperäiset biomolekyylit	77
<i>Korhonen, H. & Piblava J.-M.</i> Kasviperäiset biomolekyylit elintarviketuotannossa	79
<i>Keskitalo, M. & Westerback, S.</i> Kasvit biomolekyyliä tuottajina	80
<i>Tiilikkala, K., Karjalainen, R., Holopainen, J., Salonen, J., Jaakkola, S., Nissinen, A., Kainulainen, P., Ibrahim, M.A. & Aflatuni, A.</i> Biotorjunta osana ekologista kasvinsuojelua	82
Elintarvikekemiallinen ja -teknologinen tutkimus	85
<i>Piblava, J.-M., Hietaniemi, V., Plaami, S., Ketola, K. & Lempa, A.</i> Biomolekyyliä määrittämenetelmien kehitys ja kvantitointi	86
<i>Kumpulainen, J., Astola, J. & Mattila, P.</i> Flavonoidi- ja fenolisten antioksidantti- valmisteen raaka-aineiden karakterisointi	88
<i>Ryhänen, E.-L., Hyvärinen, H., Taipale, M. & Tolonen, M.</i> Biomolekyyliä elintarviketeknologinen prosessointi	90
<i>Freese, R. & Mutanen, M.</i> OMPPU-tutkimus	92

Kauratutkimus

Kauran biotekninen prosessointi uusiksi elintarvikkeiksi

Kirsi-Marja Oksman-Caldentey¹⁾, Anu Kaukovirta-Norja¹⁾, Raija-Liisa Heiniö¹⁾, Tuija Kleemola¹⁾, Pekka Lehtinen²⁾, Markku Mikola³⁾, Tuula Sontag-Strohm³⁾, Juha-Matti Pihlava⁴⁾ & Kaisa Poutanen¹⁾

¹⁾ VTT Biotekniikka, PL 1500, 02044 VTT, kirsi-marja.oksman@vtt.fi, anu.kaukovirta-norja@vtt.fi, raija-liisa.beinio@vtt.fi, tuija.kleemola@vtt.fi, kaisa.poutanen@vtt.fi

²⁾ Teknillinen korkeakoulu, Kemian tekniikan osasto, PL 6100, 02015 TKK, pekka.lehtinen@hut.fi

³⁾ Helsingin yliopisto, Elintarviketeknologian laitos, PL 27, 00014 Helsingin yliopisto, markku.mikola@helsinki.fi, tuula.sontag-strohm@helsinki.fi

⁴⁾ MTT, Elintarvikkeiden tutkimus, Kemian laboratorio, 31600 Jokioinen, juha-matti.pihlava@mtt.fi

Projektin tavoitteena oli tutkia kauran jyvässä itämisen aikana tapahtuvia muutoksia. Lisäksi haluttiin tietää, miten näiden muutosten avulla voitaisiin tuottaa maultaan ja ravintoarvoltaan parempia kaurapohjaisia elintarvikkeita ja niiden raaka-aineita.

Projektissa kehitettiin idätysohjelma, johon yhdistettiin erilaisia kuivauskäsittelyjä. Niiden avulla kauran betaglukaanin määrä ja laatu säilyivät idätyksessä lähes muuttumattomina. Lisäksi kauran maku ja rakenne paranivat, bioaktiivisten yhdistei-

den määrä lisääntyi, rasvat olivat stabiilimpia ja prosessin mikrobiologia hallittiin hyvin.

Projektissa idätykseen yhdistettiin myös suojaviljelmätekniikka. Näin pystyttiin parantamaan idätetyn kauran mikrobiologista laatua ja säilyvyyttä varastoinnin aikana. Projektin aikana kehitettiin kauralle ja erityisesti idätetylle kauralle aistinvaraisia ominaisuuksia kuvaileva sanasto, joka kertoo prosessin ja varastoinnin aikaisista muutoksista ja jota voidaan käyttää tuotekehityksessä.

Avainsanat: kaura, elintarvikkeet, idätys, jatkojalostus, käsittelyt, laatu, aistit, ravitsemus

Tutkimuksen tausta ja tavoite

Kaura on ohran ohella Suomen tärkein viljelykasvi. Kauran jalostusarvo on kuitenkin hyvin alhainen, koska suurin osa sadosta käytetään tiloilla suoraan rehuna. Prosessoimatonta on yleensä myös vientiin menevä kaura. Kauraa voitaisiin kuitenkin käyttää entistä enemmän elintarvikkeena, sillä se on täysipainoista ravintoa. Kaurassa on runsaasti kolesterolia alentavaa liukoista kuitua, kauran rasvat ovat ravitsemuksellisesti erinomaisia ja sen proteiinit sopivat keuhakikoille, toisin kuin muiden kotimaisten viljojen proteiinit. Kauran maku on miellyttävä ja väri neutraali.

Kauran elintarvikekäytön lisääminen vaatii kuitenkin ponnisteluja. Vaikka kauraa pidetäänkin terveellisenä, ei perinteisen kaurapuuron syönti motivoi kaikkia kuluttajia. Kauran prosessointikaan ei ole täysin ongelmaton. Usein kauran käyttöä estää sen herkkä pilaantuminen, sillä kauran rasvat härskiintyvät helposti ja aiheuttavat tuotteisiin vieraita hajuja ja makuja. Syynä on kauran runsas rasvapitoisuus ja korkea lipolyttinen aktiivisuus. Kauran rasvojen parempi säilyvyys prosessoinnissa ja tuotteen säilytyksessä onkin merkittävä teknologinen haaste. Sen voittaminen on edellytyksenä sille, että kauran käyttö lisääntyisi teollisuuden raaka-aineena.

Idätyksellä voidaan muokata jyvän rakennetta ja tuottaa jyvään tai hajottaa siitä haluttuja yhdisteitä. Idätyksellä ja sitä seuraavalla kuivauksella saadaan jyvään väri- ja flavoriyhdisteitä. Liotus- ja idätyskäsitteilyillä viljoihin on saatu myös rasvoja suojaavia ominaisuuksia (Kaukovirta-Norja et al. 1998, Kaukovirta-Norja et al. 2001). Kauran idätyksestä ei projektin alkaessa tiedetty kovin paljon. Kirjallisuudessa mainittiin idätyksen parantavan kauran proteiinien aminohappokoostumusta ja vähentävän ravitsemuksellisilta ominaisuuksiltaan haitallisten fytaattien määrää (Daldy & Tsai 1976, Larsson & Sandberg 1992). Fytaatit

eli myo-inositolihexafosfaatin kalsium-, kalium- ja magnesiumsuolat toimivat jyvän fosforivarastona. Nämä tiedot liitettiin projektin alussa tehtyyn kirjallisuuskatsaukseen, joka käsitteli laajasti kauran käyttöä elintarvikkeena (Oksman-Caldentey et al. 1999). Projektin tavoitteena oli tutkia kauran jyvässä itämisen aikana tapahtuvia muutoksia. Lisäksi haluttiin tietää, miten näitä muutoksia voitaisiin käyttää hyväksi maultaan ja ravintoarvoltaan parempien kaurapohjaisten elintarvikkeiden ja/tai niiden raaka-aineiden tuottamisessa.

Idätyskokeet

Projektissa tutkittiin kahta kauralajiketta. Niistä kuorellinen Veli-kaura on edelleenkin Suomen viljelyin kauralajike noin 30 prosentin osuudellaan. Lisbeth-kaura on puolestaan pienijyväinen, kuoreton lajike, joka kestää kohtalaisen hyvin vaurioita. Tutkitut kauranäytteet olivat vuosien 1996 ja 1999 satoa.

Kauran idätysohjelman kehittäminen

Projektin alkaessa oli hyvin vähän tietoa kauran idätyksestä. Siksi ensimmäisessä koesarjassa sovellettiin ohran mallastuksessa yleisesti käytettyjä olosuhteita. Perusohjelmaksi valittiin kahdeksan vuorokautta kestävä idätysprosessi, joka koostui kahden vuorokauden liotuksesta ja kuuden vuorokauden idätyksestä 15 °C:een lämpötilassa.

Tämän perusohjelman rinnalla kauraa idätettiin 5 °C:een lämpötilassa 12 vuorokautta ja 25 °C:een lämpötilassa 3 vuorokautta. Idätyksen jälkeen kaurat kylmäkuivattiin tai lämminilmakuivattiin pilser-tyyppisen ohramaltaan kuivausohjelmalla.

Kauraa idättämällä pyrittiin lisäämään ravintoarvoa ja makua eli flavoria niin, etteivät kauran hyödylliset ominaisuudet häviää. Tällöin kahdeksan vuorokauden idä-

tysohjelma 15 °C:een lämpötilassa osoittautui kuitenkin liian pitkäksi, sillä suurin osa betaglukaanista ehti pilkkoutua idätyksen aikana. Projektissa päädyttiinkin lyhennettyyn idätysohjelmaan 15 °C:een lämpötilassa, jolloin likovaihe ja idätys kestivät yhteensä kolme vuorokautta. Lyhennetyt idätyksen aikana idätystappiot olivat vain muutamia prosentteja. Idätyksiin yhdistettiin erilaisia kuivausohjelmia.

Suojaviljelmätekniikan soveltaminen kauran idätykseen

Mallastukseen lisättyjen maitohappobakteereista koostuvien suojaviljelmien on todettu parantavan ohramaltaan mikrobiologista laatua. Suojaviljelmien avulla voidaan hallita haittamikrobien kasvua idätyksen aikana. Lisäksi maitohappobakteereilla on todettu monia edullisia vaikutuksia lopputuotteen fysikaalisen laadun kannalta. Tässä projektissa tutkittiin, miten kaksi maitohappobakteerikantaa vaikuttivat idätetyn Lisbeth-kauran laatuun. Kuorettoman Lisbethin mikrobiologisen laadun oletettiin heikkenevän idätyksen aikana herkemmin kuin kuoren suojaaman Velin. Kokeessa käytettiin vuonna 1999 luonnonmukaisesti viljeltyä Lisbethiä. Tutkitut startterikannat olivat *Lactobacillus plantarum* VTT E-78076 ja *Pediococcus pentosaceus* VTT E-90390. Idätysohjelmalla oli 3 vuorokauden idätys 15 °C:een lämpötilassa.

Idätyksen aiheuttamat muutokset kaurassa

Betaglukaani

Betaglukaani on liukoista kuitua, joka on tärkeä kauran terveysvaikutusten kannalta. Kauran betaglukaanin haluttiin säilyvän idätyksen aikana mahdollisimman muuttumattomana, koska kauraa käytetään muun muassa erilaisiin viljapohjaisiin terveyselin-

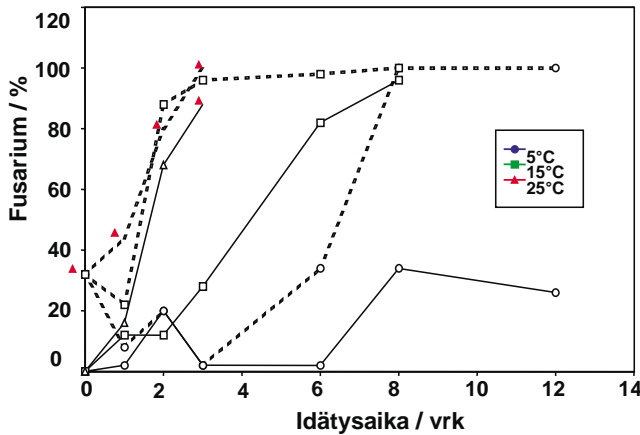
tarvikkeisiin.

Tutkimuksessa käytettyjen kurojen betaglukaanipitoisuudet olivat seuraavat: vuoden 1996 Veli 3,5 %, vuoden 1999 Veli 3,7 %, vuoden 1996 Lisbeth 5,2 % ja vuoden 1999 Lisbeth 4,6 %. Lyhennetty idätysohjelma säilytti betaglukaanit kohtalaisen hyvin. Kauran betaglukaanista säilyi 60–70 % ja sen molekyylikoossakin tapahtui vain pieniä muutoksia. Vastaavasti betaglukaania pilkkovan entsyymin aktiivisuudet pysyivät alhaisina. Suojaviljelmät eivät vaikuttaneet kauran betaglukaanin hajoamiseen idätyksen aikana, vaikka ohralla on havaittu käyvän niin. Syynä tähän saattoi olla lyhyt idätysaika ja suojaviljelmien itämistä hidastava vaikutus, joka on havaittu ohran mallastuksessa.

Mikrobiologinen laatu

Vuoden 1996 molempien kauranäytteiden mikrobiologinen laatu oli hyvä. Viljelytulokset osoittivat, että molemmissa lajikkeissa mikrobien kokonaismäärä oli alhainen, eikä itiöllisiä *Bacillus*- ja *Clostridium*-suvun bakteereita havaittu. Näihin bakteeriryhmiin kuuluu sekä lopputuotteen laadun että terveyden kannalta haitallisia lajeja. Molemmat lajikkeet sisälsivät luonnostaan vain vähän maitohappobakteereita ja hiivoja. Kauranäytteissä esiintyi viljoille tyypillisiä homeita: *Fusarium*-, *Alternaria*-, *Cephalosporium*- ja *Cladosporium*-sukujen sieniä. Lisbeth sisälsi homeita hieman Veliä runsaammin. Varastohomeisiin kuuluvia *Aspergillus*- ja *Penicillium*-suvun homeita havaittiin näytteistä vain vähän. Vuoden 1999 sato oli mikrobiologiselta laadultaan samankaltainen kuin vuoden 1996 sato.

Viljojen idätysolosuhteet ovat usein suotuisat myös mikrobien kasvuille. Kaurassa luontaisesti esiintyvät bakteerit ja hiivat lisääntyivät huomattavasti idätyksen aikana. Idätyslämpötilan nosto kiihdytti kaikkien mikrobien kasvua. *Fusarium*-homeet kasvoivat erityisen voimakkaasti korkeissa idätyslämpötiloissa (Kuva 1). Korkea 25 °C:een lämpötila oli epäedullinen idätetyn



Kuva 1. Idätyslämpötilan (5, 15 ja 25 °C) vaikutus *Fusarium*-homeilla kontaminoituneiden jyvien osuuteen Veli- ja Lisbeth-lajikkeilla. Veli : —, Lisbeth: - - - .

kauran mikrobiologisen laadun kannalta, sillä tämä idätyslämpötila suosi myös aerobisten itiöllisten bakteerien kasvua. Sen sijaan terveydelle haitallisia *B. cereus*-bakteeria tai *Clostridium*-suvun bakteereita ei havaittu yhdessä näytteessä. Kauran kuivaus alensi mikrobimäärää.

Suojajiljelmien avulla voitiin hallita aerobisten bakteerien kasvua idätyksen aikana. Esimerkiksi *Pseudomonas*-bakteerien määrä oli maitohappobakteereja käytettäessä parhaimmillaan vain 10^2 pesäketä muodostavaa yksikköä grammaa kohden (pmy/g), kun se vertailukokeessa nousi 10^6 pmy/g. Suojajiljelmät vähensivät merkittävästi myös *Fusarium*-homeiden kasvua idätyksen aikana.

Lipidit

Lisbeth-kaura sisälsi rasvaa noin kolmanneksen enemmän kuin Veli-kaura. Rasvan koostumus oli kuitenkin samanlainen molemmissa lajikkeissa. Ero rasvapitoisuudessa johtui osittain Veli-kaurassa mukana olleista kuorista, joiden rasvapitoisuus on hyvin alhainen.

Rasvojen hydrolyyttistä hajoamista kuvaa vapaiden rasvahappojen määrä. Vapaita rasvahappoja oli kummassakin lajikkeessa ennen idätystä noin 3–5 % rasvan kokonaismäärästä. Kauran rasvoissa havaittiin idätyksen aikana melko pieniä muutoksia.

Idätyslämpötilalla ja -ajalla pystyttiin vaikuttamaan näihin muutoksiin, ja estämään rasvojen hajoaminen prosessin aikana kokonaan.

Kun kauraa idätettiin 15 °C:een lämpötilassa 3 vuorokautta, kummankin tutkitun lajikkeen rasvat säilyivät muuttumattomina. Idätysaikaa pidennettäessä havaittiin kuitenkin rasvojen hajoavan siten, että kahdeksan vuorokauden idätyksen jälkeen vapaiden rasvahappojen osuus oli Veli-kaurassa noussut 7 %:iin ja Lisbeth-kaurassa 12 %:iin rasvan kokonaismäärästä. Matalamassa 5 °C:een lämpötilassa tai korkeammassa 25 °C:een lämpötilassa rasvat säilyivät kuitenkin muuttumattomina koko idätyksen ajan.

Käsitlemättömässä kaurassa on korkea lipolyyttinen aktiivisuus, eli taipumus hajottaa rasvoja vapaiksi rasvahapoiksi sopivissa olosuhteissa, mm. prosessoinnin aikana. Tutkituista lajikkeista Lisbeth-kaurassa tämä aktiivisuus oli huomattavasti pienempi kuin Veli-kaurassa. Pääsääntöisesti kauran lipolyyttinen aktiivisuus väheni idätyksen aikana. Rasvojen hapettua tyydyttymättömistä rasvahapoista muodostuu hydroperoksiedeja, jotka hajoavat edelleen useiksi eri yhdisteiksi. Rasvojen hapettumista ei idätysten aikana havaittu, vaikka hapettumista katalysoivan entsyymin, lipoksygenaasin, aktiivisuus kasvoi osassa pitkiä idätyksiä. Käsitlemättömässä kaurassa lipoksygenaasin aktiivisuus onkin pie-

ni muiden viljojen lipoksygenaasiaktiivisuuteen verrattuna. Tutkituista lajikkeista Lisbeth-kaurassa lipoksygenaasin aktiivisuus oli noin puolet Veli-kauran aktiivisuudesta. Lipoksygenaasiaktiivisuuden havaittiin kasvavan samoissa idätysolosuhteissa kuin lipaasiaktiivisuudenkin. Lisbeth-kauralla tämä tapahtui idätettäessä 15 °C:een lämpötilassa kolmannen ja kahdeksannen idätyspäivän välissä.

Idätys ja sitä seurannut lämminilma-kuivaus inaktivoivat rasvoja hajottavien entsyymien toimintaa osittain ilman, että rasvoissa tapahtui lämmön vaikutuksesta ei-toivottuja muutoksia. Havaittu lipolyyttisen aktiivisuuden väheneminen ei missään idätys- ja kuivausolosuhteissa kuitenkaan vastannut voimakkuudeltaan kauralle normaalisti tehtävää lämpökäsittelyä. Tällä lämpökäsittelyllä kauran tärkeimmän lipolyyttisen entsyymin, lipaasin aktiivisuus saadaan parhaimmassa tapauksessa tuhotua lähes kokonaan.

Rasvojen hajoaminen saattaa johtua suoraan tai välillisesti kauran mikrobifloorasta. Maitohappobakteerien lisäys ei kuitenkaan aiheuttanut rasvojen hajoamista idätysprosessin aikana. Sen sijaan rasvat hajosivat hieman hitaammin kauraa edelleen prosessoitaessa tai säilytettäessä, kun idätettyyn kauraan oli lisätty maitohappobakteereita.

Proteiinit

Kauran idätyksen aikana tapahtuvaa proteiinien pilkkoutumista eli proteolyysia tutkittiin seuraamalla varastoproteiinien tilaa ja proteolyyttisten entsyymien ilmenemistä ja toimintaa. Varastoproteiinien tilaa tutkittiin määrittämällä klassisten Osborne-proteiiniryhmien liukoisuudet ja proteiinipitoisuuksien muutokset. Osborne-luokitus jakaa proteiinit

- 1) vesiliukoisiin albumiineihin
- 2) suolaliukoisiin globuliineihin
- 3) alkoholiliukoisiin prolamiineihin (kauralla aveniineja)
- 4) happo- tai emäsluukoisiin gluteliineihin

(kauralla globuliineja)

- 5) liukenemattomaan jäännökseen

(kauralla enimmäkseen globuliineja)

Käsitlemätön Lisbeth-kaura sisälsi proteiinia 17 % kuiva-aineesta. Sitä oli enemmän kuin kuoritussa Veli-kaurassa, joka sisälsi 14 % proteiinia. Vesiliukoisten proteiinien eli albumiinien osuus kasvoi idätyksen myötä Veli-kaurassa, kun taas vastaavaa ei tapahtunut Lisbeth-kauran albumiineissa. Entsyymien osalta selvitettiin ensin, mitkä itävän jyvän omat proteiineja pilkkovat entsyymit eli proteinaasit toimivat pH:ssa 6,2. Tämä pH oli mittausten mukaan itävän kauran siemenvalkuaisen eli endospermin pH.

Kahdella eri menetelmällä osoitettiin eri proteinaasiryhmien esiintyminen neljä päivää idätetyissä jyvissä. Menetelmässä, jossa proteinaasien substraattina käytettiin synteettistä atsogelatiini-proteiinia, havaittiin kysteiiniproteinaasien olevan tärkein proteinaasiryhmä.

Perusselvityksen jälkeen tutkittiin, mitkä proteolyyttiset entsyymit pystyvät hydrolysoimaan kauran varastoproteiineja. Globuliinit ovat kauran tärkeimpiä varastoproteiineja, minkä takia keskityttiin tutkimaan niitä hajottavia entsyymejä. Tarkoituksena oli selvittää, miten globuliini hydrolysoituu. Neljä päivää itäneen kauran kysteiiniproteinaasien todettiin pystyvän osittain hajottamaan globuliinia happamissa olosuhteissa. Globuliinit hydrolysoituivat täydellisesti vasta, kun käytettiin kahdeksan päivää itäneiden jyvien proteolyttisiä entsyymejä happamissa olosuhteissa, pH:ssa 3,8. Hydrolyysi tapahtuu mitä ilmeisimmin välituotteen kautta, jonka molekyyliassa on 34 500 Daltonia (Mikola & Jones 2000). Tällainen välituote ilmestyy myös jyvään itämisen aikana.

Alkoholiliukoisia aveniineja on toiseksi eniten kauran varastoproteiinesta. Alfa-aveniinit hydrolysoituvat jo kolmantena itämispäivänä ilmestyvien kysteiiniproteinaasien vaikutuksesta. Beta-aveniinit puolestaan hydrolysoituvat vasta kahdeksan päivää itäneen jyvän entsyymien avulla.

Molemmassa tapauksissa nämä entsyymit kuuluvat kysteiiniproteinaaseihin, jotka toimivat happamissa olosuhteissa (Mikola et al. 2001).

Bioaktiiviset yhdisteet

Jyvän fosforivarastona toimivat fytaatit, jotka ovat myoinositolihexafosfaatin kalsium- ja magnesiumsuoloja. Kauralla 60 % kokonaisfosforista on fytiinifosforina.

Elintarvikkeissa tai ruoansulatuksen yhteydessä fytaatit voivat muodostaa komplekseja positiivisesti varautuneiden metalli-ionien kanssa ja siten estää hivenaineiden, erityisesti raudan imeytymistä. Viimeaikaisen tutkimusten mukaan fytaatit saattavat myös ehkäistä syöpää tai niistä on apua syövän hoidossa. Tämä johtuu fytaattien antioksidatiivisista vaikutuksista. Tässä tutkimuksessa kuorettomassa Lisbeth-kaurassa oli fytiinihappoa 22 $\mu\text{mol/g}$ ja kuorellisessa Veli-kaurassa 31 $\mu\text{mol/g}$. Kuorissa fytaatteja ei juuri ole.

Idätys laskee kauran haitallisena pidettyä fytaattipitoisuutta kehittämässämme lyhyessä idätysprosessissa noin 13–35 % lajikkeesta riippuen. Lämmminilmakuivaus alensi fytaattipitoisuuksia enemmän verrattuna kylmäkuivausmenetelmään.

Kaura sisältää pieniä pitoisuuksia kahta kasvilignaania, matairesinolia ja sekolarisiresinolia. Ne ovat kasviperäisiä estrogeeneja ja siksi mielenkiintoisia mahdollisten terveysvaikutustensa kannalta. Lignaaneja on pääasiallisesti kauran kuorella. Lisäksi kaurassa on useita fenolisia happoja.

Idätys ja sen jälkeinen kuivaus eivät saattavasti vaikuttaneet lignaanipitoisuuksiin. Valtaosa fenolisista hapoista on molemmilla lajikkeilla sitoutuneena (58 %), esteröityneenä (25 %) tai glykosidisessa muodossa (15 %). Fenolisia happoja on vapaana vain 2–3 %. Idätettyjen näytteiden tärkeimmät vapaat hapot olivat kahvihappo, syringahappo, ferulahappo ja sinapiinihappo.

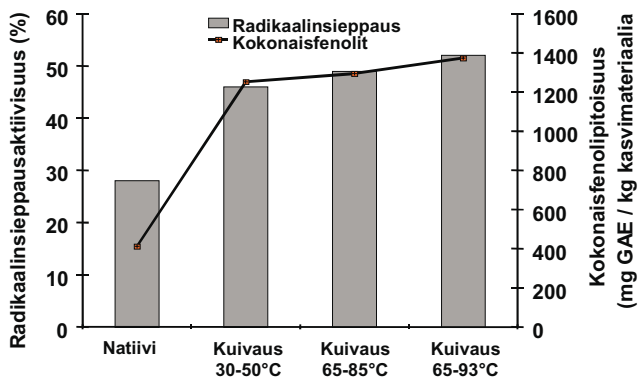
Fenolisten yhdisteiden kannalta kaura eroaa muista viljoista tyyppä sisältävien

aventantramidien vuoksi. Ne ovat kasvin puolustusjärjestelmään osallistuvia stressiyhdisteitä, joiden avulla kaura puolustautuu taudinaiheuttajia vastaan. Aventantramideja on useita ja niiden tunnistaminen on vaikeaa, koska vertailuyhdisteitä ei ole saatavilla kaupallisesti. Tässä työssä tunnistamiseen käytettiin Tranilast-lääkeainetta, jonka rakenne on samankaltainen kuin aventantramideilla. Kaikkiaan aventantramideja oli kaurassa vähän, mutta kuorettomassa kaurassa niitä oli selvästi enemmän (43 mg/kg) kuin kuorellisessa kaurassa (6 mg/kg). Tämä kertoo aventantramidien merkityksestä puolustusyhdisteinä. Idätys nosti aventantramidien määrää selvästi, ja ne kestivät lämpökäsittelyä hyvin. Velillä aventantramidienpitoisuudet nousivat idätyksen seurauksena kuusinkertaisiksi (30 mg/kg). Lisbethillä aventantramidipitoisuudet olivat yli kymmenen kertaa korkeammat kuin Velillä (460 mg/kg). Aventantramidien terveysvaikutuksista tiedetään vielä varsin vähän, mutta ne ovat todennäköisesti voimakkaita antioksidanteja. Ne voivat siten lisätä idätetyn, kuorettoman kauran arvoa terveyselintarvikkeiden raaka-aineena.

Kauran kokonaisfenolipitoisuus kasvoi idätyksen seurauksena. Samoin lisääntyi antioksidatiivisuus, joka määritettiin DPPH-radikaalinsiippausmenetelmällä. Lämpökäsittely ei vaikuttanut kumpaankaan ominaisuuteen. Lisäksi kokonaisfenolipitoisuuden ja antioksidatiivisuuden välillä oli selvä yhteys. Tämä merkinnee sitä, että idätetyssä kaurassa antioksidatiivisuudesta vastaavat pääasiassa fenoliset yhdisteet. Kuorettomassa kaurassa antioksidatiivisuus oli selvästi korkeampi kuin kuorellisessa kaurassa (Kuva 2).

Fytosteroleilla on tärkeä osa ihmisen kolesteroliaineenvaihdunnassa, minkä takia ne ovat erittäin kiinnostavia terveysvaikutteisia yhdisteitä. Kaurassa on vähemmän steroleita kuin rukiissa, mutta idätyksen avulla kauran sterolipitoisuutta voitiin nostaa jonkin verran. Fytosterolien määrä oli käsittelemättömässä, natiivissa kaurassa 40–50 mg/100 g lajikkeesta riippuen. Idä-

Kuva 2. Kuorettoman Lisbeth-kauran kokonaisfenolipitoisuudet ja radikaalinsieppausaktiivisuudet käsittelemättömässä (natiivissa) ja idätetyissä, lämpökäsitellyissä näytteissä.



tys nosti sterolien määrää kuorettomassa kaurassa noin 20 %. Kuorellisessa kaurassa steroleiden määrä lisääntyi erittäin vähän.

Fytosteroleista eniten oli sitosterolia, jota muodostui vasta idätetyssä kaurassa. Lisäksi kaurasta voitiin määrittää pienempiä pitoisuuksia kampesterolia, stigmasterolia, stigmastenolia, 24-metyylisykloartenolia ja kauralle tyypillisiä d5- ja d7-avenasteroleja. Sterolit kestivät erittäin hyvin lämpökäsittelyjä.

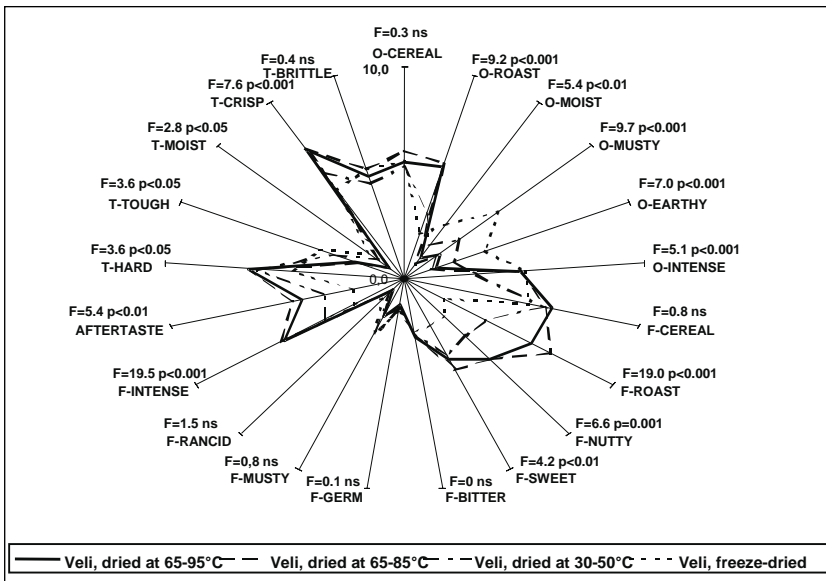
Flavori

Tutkimukseen osallistui raati, jonka aistit oli testattu ja joka oli harjaantunut aistinvaraiseen arviointiin. Raadissa oli 6–17 jäsentä. He arvioivat kauranäytteet aistinvaraisesti kokonaisina, kuorittuina jyvänä kuvailevalla profiilimenetelmällä. Osa arvioinneista tehtiin toistokokeina. Arvioinneissa käytetty kuvaileva sanasto luotiin tutkimuksen alussa, ja siinä oli 21 idätetyn kauran aistittavaa flavoriominaisuutta. Nämä flavorit olivat hajun viljamaisuus, paahtuneisuus, kosteus, tunkkaisuus, maamaisuus ja voimakkuus sekä maun viljamaisuus, paahtuneisuus, pähkinämäisyys, makeus, karvaus, itumaisuus, tunkkaisuus, eltaan-tuneisuus ja voimakkuus ja jälkimaun voi-

makkuus. Lisäksi arvioitiin kauran rakennetta eli kovuuutta, sitkeyttä, kosteutta, rapeutta ja haurautta (Kuva 3).

Kauran idätys ja etenkin sen jälkeinen kuivaus vaikuttivat merkittävästi aistittaviin ominaisuuksiin ja siten myös flavoriprofiileihin. Niitä olivat paahtunut haju ja maku, makea maku, voimakas haju ja jälkimaku sekä kova, rapea ja hauras rakenne ($p < 0,05$). Näiden ominaisuuksien saavuttamiseksi tarvittiin korkeaa, vähintään 85 °C:een lämpötilaa. Lisäksi ne aistittiin voimakkaampina nopean idätyksen jälkeisen kuivauksen seurauksena kuin hitaan kuivauksen jälkeen (Kuva 3) (Heiniö et al. 2001).

Idätetty, korkeissa lämpötiloissa (65–93 ja 65–85 °C) kuivattu kaura aistittiin paahtuneeksi, makeaksi ja pähkinämäiseksi. Nämä ominaisuudet liittyivät selvästi dimetyylisulfideihin ja isobutanoliiniin. Tämä havaittiin verrattaessa kauran aistinvaraisia ja tiettyjen haihtuvien yhdisteiden profiileja PLS-analyysillä. Symeeniin, limoneeniin ja isobutanaaliin yhdistettiin kostea tai maamainen haju. Fenolisten yhdisteiden todettiin vaikuttavan merkittävästi kauran aistittuun flavoriin. Sen sijaan rasvoilla ei havaittu olevan vaikutusta tuoreen, prosessoidun kauran flavoriin.



Kuva 3. Idätetyn, eri tavoilla kuivattun Veli-kauran aistittava profiili.

Idätetyn kauran stabiilisuus varastoinnissa

Projektissa tutkittiin, miten idätetyn kauran aistittavat ominaisuudet, rasvakoostumus ja haihtuvien yhdisteiden määrä muutuivat pitkäaikaisen säilytyksen aikana. Näin saatiin tietoa myös siitä, miten säilytyksen aikaiset kemialliset muutokset vaikuttavat kauran aistittavaan laatuun.

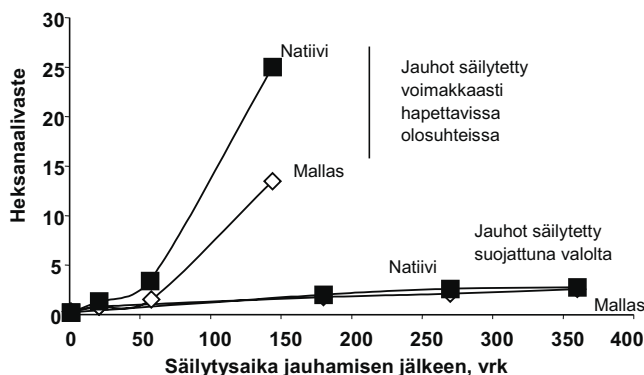
Ensimmäisessä varastointikokeessa tutkittavana kauralajikkeena oli käsittelemätön ja idätetty, kuivattu Veli. Kauraa varastoitettiin rouheena +20 °C:een lämpötilassa paperipussissa 0, 1, 3, 6, 9 ja 12 kuukautta. Toisessa varastointikokeessa tutkittiin suojaviljelmien vaikutusta idätetyn Lisbeth-kauran varastostabiilisuuteen. Käsittelemätön, suojaviljelmälisäyksen kanssa idätetty, kuivattu, ja vertailuna ilman suojaviljelmiä idätetty, kuivattu varastoitettiin jauhana +20 °C:een lämpötilassa avoimessa astiassa valossa 0 ja 6 viikon ajan.

Kokeessa oli tarkoituksena kiihdyttää näytteissä tapahtuvia pilaantumisreaktioita. Kaikista varastointinäytteistä määritettiin rasvojen muutokset, haihtuvien yhdisteiden määrät ja aistittava laatu.

Idätyksen aikana kauraan muodostui helposti haihtuvaa dimetyylisulfidia. Se aiheuttaa suurina pitoisuuksina viemärimäisen hajun. Dimetyylisulfidin määrä laski kuitenkin nopeasti, jo noin kahden viikon säilytyksen jälkeen. Idätys ehkäisi selvästi rasvojen säilytyksen aikaista hapettumista, mikä näkyi rasvasta muodostuvien haihtuvien aldehydien määrässä. Kuten rasvamääritysten perusteella jo havaittiin, suojaava vaikutus ilmeni selkeimmin voimakkaasti hapettavissa olosuhteissa.

Suurimmat muutokset käsittelemättömän ja idätetyn kauran rasvoissa tapahtuivat ensimmäisen kuuden säilytyskuukauden aikana. Kun vapaiden rasvahappojen osuus rasvoista säilytyksen alussa oli noin 5 %, oli se 6 kuukauden säilytyksen jälkeen kasvanut 35–40 %:iin. Jatkettaessa säilytystä toiset kuusi kuukautta rasvat eivät enää hajonneet. Tämä havaittiin sekä käsittelemättömässä että idätetyssä kaurassa.

Kuva 4. Rasvojen hapettumisessa muodostuvan heksanaalin keräytyminen käsittelemättömään ja idätettyyn Veli-kaurajauhoon. Jauhoja on säilytetty kahdenlaisissa olosuhteissa.



Idätys vähensi tyydyttymättömien rasvahappojen hapettumista säilytyksen aikana. Hapettuminen oli sekä idätetyssä että käsittelemättömässä kaurassa vähäistä koko 12 kuukauden säilytysjakson ajan. Säilytettäessä näytteitä siten, että ne olivat ilman hapen ja valon kanssa kosketuksissa, kiihtyivät hapettumisreaktiot voimakkaasti. Tällaisissa voimakkaasti hapettavissa olosuhteissa saatiin selkeästi esille idätyksen avulla kauraan saatu hapettumista ehkäisevä ominaisuus. (Kuva 4).

Idätetyn kauran aistittavat ominaisuudet muuttuivat varastoinnin aikana. Vuoden verran kestäneen varastointikokeen perusteella idätetty, kuivattu kaura eltaantui vähemmän ja hitaammin kuin käsittelemättömän kaura. Kokeessa todettiin, että maun eltaantuneisuus ja haju sekä maun tunkkaisuus lisääntyivät selvästi kolmen ja kuuden kuukauden varastoinnin välillä. Lisäksi eltaantuneisuus ja tunkkaisuus oli käsittelemättömässä kaurassa hiukan selvempää kuin idätetyssä kaurassa. Idätetty kaura oli alun perin hajultaan ja maultaan merkittävästi paahtuneempaa, pähkinämaisempää ja makeampaa kuin käsittelemättömän kaura. Nämä ominaisuudet heikkenivät kuitenkin hitaasti varastoinnin aikana. Maun karvaisuus voimistui käsittelemättömässä kaurassa merkittävästi jo ennen kuukauden kestänyttä varastointia, kun taas idätetyssä kaurassa näin tapahtui vasta kuuden kuukauden varastoinnin jälkeen. Toisessa varastointikokeessa havaittiin, että sekä käsittelemättömän että idätetty kaurajauho alkoivat

eltaantua jo kuuden viikon säilytyksen aikana. Tässä varastointikokeessa käytettiin nopeutettua vanhentamismenetelmää.

Suojaviljelmät paransivat idätetyn kauran säilyvyyttä, koska ne ehkäisivät rasvojen härskiintymistä. Starttereiden havaittiin myös vähentävän rasvojen hapettumisen seurauksena syntyvien yhdisteiden muodostumista, kun varastointiin idätetystä kaurasta valmistettua jauhoa. Tällaisia yhdisteitä olivat heksanaali ja pentyylifuraani.

Idätetyn kauran jatkoprosessointi

Projektissa tutkittiin, miten idätys vaikuttaa kauran rasvojen käyttäytymiseen fraktiointiprosessin aikana. Näytteet fraktioitiin kuitu-, tärkkelys- ja proteiinifraktioihin vesiprosessilla, jonka aikana rasvat ovat alttiina hajoamiselle. Käsittelemättömän kauran fraktiointiin tällainen menetelmä sopii huonosti juuri rasvojen hajoamisen takia.

Idätetystä kaurasta valmistetussa kuidussa oli yhtä paljon rasvaa kuin käsittelemättömästä kaurasta valmistetussa kuidussa. Idätys kuitenkin paransi kuidun rasvojen pysyvyyttä fraktiointiprosessissa. Näin ollen idätetystä kaurasta valmistetun kuitufraktion tyydyttymättömät rasvahapot säilyivät paremmin kuin käsittelemättömästä kaurasta valmistetun kuidun rasvat.

Idätyksen aikana tärkkelys hajosi ja osa

tärkkelysjyväsien sisäisistä rasvoista vapautui. Siten idätetystä kaurasta valmistettu tärkkelysfraktio sisälsi hieman vähemmän rasvaa kuin käsittelemättömästä kaurasta valmistettu tärkkelys. Veli-kauran tärkkelyksessä havaittiin olevan myös vapaita rasvahappoja huomattavasti vähemmän idätyksen jälkeen.

Suurin osa rasvojen hajoamisessa muodostuvista vapaista rasvahapoista kulkeutuu kauran proteiinifraktioon. Myös hajoamista katalysoivan lipaasi-entsyymin aktiivisuus on proteiinijakeessa suurimmillaan. Vaikka vapaiden rasvahappojen määrä saatiin proteiinifraktiossa idätyksen avulla vähenemään, ei erotettua proteiinia voida pitää laadultaan kelvollisena. Vaikka proteiinien rasvat hydrolysoituivat äärimmäisen voimakkaasti vapaiksi rasvahapoiksi, eivät käsittelemättömän tai idätetyn kauran proteiinien rasvat kuitenkaan hapettuneet.

Projektissa selvitettiin lisäksi, voidaan-ko itävän jyvän entsyymien avulla liuottaa kauran proteiineja, ja näin valmistaa makua ja makeutta lisäävää uutetta. Kokeissa käytettiin kolme vuorokautta idätettyä kauraa. Kauran proteiineja pilkkovien entsyymien aktiivisuus osoittautui kuitenkin riittämättömäksi, jotta kaurasta olisi voitu valmistaa proteiiniuutetta.

Projektissa tutkittiin myös mallasuutteen valmistusta idätetystä kaurasta. Mallasuutetta voitaisiin käyttää esimerkiksi lisäaineena aamiaistuotteiden valmistuksessa. Idätetystä kaurasta onnistuttiinkin valmistamaan erilaisten inkubointi- ja kuumennuskäsittelyiden avulla massa tai puuro, joka maistuu hyvältä. Puurosta voidaan paistaa myös monenlaisia välipalatuotteita. Vapaiden sokereiden määrä ei juuri lisääntynyt puuromassassa, koska amylolyyttisten entsyymien aktiivisuus idätetyssä kaurassa oli alhainen. Kauratuotteet olivat kuitenkin selvästi maltaan makuisia. Jatkoprojekteissa voitaisiinkin tutkia mahdollisuuksia valmistaa kaurasta snack-tuotteita. Esimerkiksi idätettyä kauraa voitaisiin lisätä kaurajauhosta valmistettuun tuotteeseen antamaan uudenlaisia makuja.

Projektin rinnalla tutkittiin VTT Bio-

tekniikan rahoittamassa työssä idätetyn kauran jatkoprosessointia erilaisilla kuumennuskäsittelyillä. Käytettyjä menetelmiä olivat ekstruusio ja puffaus. Tuloksena saatiin lupaavia kauramuro- ja -välipalavalmisteita (Myllymäki et al. 2000).

Tulosten tieteellinen merkitys ja sovellusmahdollisuudet

Kauran idätys ja maitohappobakteerisuoja-
viljelmien käyttö ovat bioteknisiä menetelmiä, joiden soveltamista kauraan oli tutkittu varsin vähän ennen tätä projektia. Molemmat menetelmät tarjoavat useita eri mahdollisuuksia kauran ominaisuuksien muokkaamiseksi niin, että kauralle löytyisi uusia käyttökohteita elintarvikkeissa. Kauran vahvuutena on sen hyvä maku, jota samoin kuin rakenneominaisuuksiakin voidaan muokata idätyksen ja siihen liitettyjen kuumennuskäsittelyjen avulla. Kauran elintarvikekäytön tärkeimpiä haasteita on sen rasvojen alttius härskiintyä varastoitessa. Tämä johtuu kauran runsaasta rasvapiitoisuudesta ja korkeasta luontaisesta lipolyttisestä aktiivisuudesta. Kauratuotteiden laadun pysyvyyteen onkin aina kiinnitettävä huomiota, kun kehitetään prosesseja ja uusia tuotteita.

Tutkimuksen tuloksena saavutettiin teknologista ja tieteellistä osaamista muun muassa seuraavilla alueilla:

- kauran itävyys ja idätysolosuhteiden vaikutus kauran laatuominaisuuksiin
- kauran mikrobiologinen laatu, sen muutokset idätyksessä ja mahdollisuus parantaa mikrobiologista laatua suojaviljelmien avulla
- kauran betaglukaanin ja proteiinien hydrolyysi idätyksen aikana
- kauran bioaktiivisten yhdisteiden määrän lisääminen kauran idätyksen aikaisen biosynteesin avulla
- kauran aistittavan laadun mittaaminen,

makuun vaikuttavat tekijät, mahdollisuus muokata makua idätyksen ja kuumennuksen avulla

- kauran mausta ja varastoinnin stabiiliudesta kertovat kemialliset analyysit, stabiiliisuutta kuvaavat parametrit
- kauran idätyksen ja esimerkiksi jyvien puffauksen tai ekstruusion yhdistämisen avulla voidaan valmistaa muun muassa välipalatuotteisiin soveltuvia kauratuotteita

Projektissa saatiin monipuolista tietoa myös siitä, miten on mahdollista prosessoida kaurasta uusia tuotteita. Tämän tiedon

hyödyntämiseksi tarvittaisiin jatkossa tutkimuslaitosten lisäksi sekä mallastajien että kauratuotteiden valmistuksesta kiinnostuneiden yritysten yhteistyötä.

Kaura on monipuolinen ja kiinnostava raaka-aine, josta olisi valmistettava nykyai-kaista kuluttajaa houkuttelevia elintarvikkeita. Terveysvaikutteisten kauratuotteiden lisäksi bioprosessoitua kauraa voidaan käyttää terveellisten tuotteiden ainesosana. Kuluttajien lisäksi myös elintarvikevalmistajat täytyisi saada kiinnostumaan kaurasta. Tässä auttavat kaurat hyvät tuoteominaisuudet ja kuluttajaviestintä.

Projektin aikana syntyneet julkaisut

Tieteelliset originaalijulkaisut

Heiniö, R.-L., Lehtinen, P., Oksman-Caldentey, K.-M. & Poutanen, K. Stability of germinated oat during storage. (manuscript)

–, **Oksman-Caldentey, K.-M., Latva-Kala, K., Lehtinen, P. & Poutanen, K.** 2001. Effect of heat-treatment conditions on the sensory profile of germinated oat. (Submitted)

Mikola, M., Brinck, O. & Jones, B.L. 2000. Germinated oats proteinases that hydrolyze avenins. In: Proceedings of 2nd European Symposium on Enzymes in Grain Processing, 8-10.12.1999, Helsinki. VTT Symposium 207. Espoo: VTT. p. 243–246. ISSN 0357-9387, ISBN 951-38-5706-9.

–, **Brinck, O. & Jones, B.L.** 2001. Characterization of oat endoproteinases that hydrolyze oat avenins. *Cereal Chemistry* 78: 55–58.

– & **Jones, B.L.** 2000. Electrophoretic and “in solution” analysis of endoproteinases extracted from germinated oats. *Journal of Cereal Science* 31: 15–23.

– & **Jones, B.L.** 2000. Characterization of oat endoproteinases that hydrolyze oat globulins. *Cereal Chemistry* 77: 572–577.

Oksman-Caldentey, K.-M., Pihlava, J.-M., Karpinen, S., Lampi, A.-M. & Poutanen, K. 2001. Effect of germination on bioactive compounds in oats. (Manuscript)

Wilhelmson, A., Oksman-Caldentey, K.-M., Laitila, A., Kaukovirta-Norja, A. & Poutanen, K. 2001. Characterization of chemical and microbiological changes during germination of hulled and naked oat. (submitted)

Åkerberg, M., Kaukovirta-Norja, A. & Laakso, S. The effect of lipase on oat lipids during malting. (Manuscript)

Kongressiesitykset

Heiniö, R.-L., Oksman-Caldentey, K.-M., Latva-Kala, K. & Poutanen, K. 2001. Tuning the oat flavour by processing. The 4th Pangborn Sensory Science Symposium, 22-26.7.2001, Dijon, France. (Abstract).

Lehtinen, P., Kaukovirta-Norja, A. & Laakso, S. 1999. Lipid binding regulates lipoxigenase reaction in cereal suspensions. Proceedings of the 20th Nordic Lipid Symposium, 13-16.6.1999, Kolding, Denmark. p. 9

Mikola, M. 1999. Hydrolysis of oat avenins by germinated oats endoproteinases. 2nd European Symposium on Enzymes in Grain Processing, 8-10.12.1999, Helsinki, Finland. Abstract. p. 61.

–, **Jones, B.L. & Peterson, D.M.** 1998. Partial characterization of germinated oat endoproteinases. American Association of Cereal Chemists Annual Meeting, AACC, 13-17.9.1998, Minneapolis, USA.

p. 287–289. (Abstract)

–, **Salovaara, H. & Jones B.L.** 1999. Germinated Oat Endoproteinases that hydrolyze oat globulins. American Association of Cereal Chemists Annual Meeting, AACC, 31.10-3.11.1999, Seattle, Washington, USA. p. 320. (Abstract of oral presentation).

Oksman-Caldentey, K.-M. & Pihlava, J.-M. 2001. The effect of malting on the phenolic compounds and antioxidativity in oats. Eurofoodchem XI: Biologically-active Phytochemicals in Food: Analysis, Metabolism, Bioavailability and Function, 26-28.9.2001, Norwich, UK (Abstract submitted).

Outinen, M., Kaukovirta-Norja, A. & Laakso, S. 1999. Preparation of oat fractions with low lipid deterioration. Proceedings of the 20th Nordic Lipid Symposium, 13-16.6.1999, Kolding, Denmark. p. 10–11.

Åkerberg, M., Lehtinen, P. & Laakso, S. 1999. Can lipid rancidity be avoided during malting of oat grains? Proceedings of the 20th Nordic Lipid Sym-

posium, 13-16.6.1999, Kolding, Denmark.

Opinnäytteet

Outinen, M. 1999. Mallastuksen vaikutus kauran lipideihin. Diplomityö. Helsinki University of Technology, Department of Chemical Engineering, Espoo. 94 p.

Mikola, M. 2001. Electrophoretic studies on the endoproteinases of oat grain. University of Helsinki, Department of Food Technology, PhD thesis. EKT-series 1219. 58 p.

Muut

Oksman-Caldentey, K.-M., Laitila, A., Wilhelmson, A., Heiniö, R.-L., Outinen, M., Kaukovirta-Norja, A., Lehtinen, P., Plaami, S., Sontag-Strohm, T., Mikola, M. & Poutanen, K. 1999. Review: "Kaura elintarvikeraaka-aineena". VTT Tiedotteita 1986. Espoo: VTT. 120 p. ISBN 951-38-5491-4, ISSN 1235-0605.

Kirjallisuus

Dalby, A. & Tsai, C.Y. 1976. Lysine and tryptophan increases during germination of cereal grains. Cereal Chemistry 53: 222–226.

Heiniö, R.-L., Oksman-Caldentey, K.-M., Latva-Kala, K., Lehtinen, P. & Poutanen, K. 2001. Effect of heat-treatment conditions on the sensory profile of germinated oat. Cereal Chemistry. (submitted)

Kaukovirta-Norja, A., Reinikainen, P., Olkku, J. & Laakso, S. 1998. Influence of water processing on the lipid composition, behavior, and oxidizability of barley and malt lipids. Journal of Agricultural and Food Chemistry 46: 1556–1562.

Larsson, M. & Sandberg, A.-S. 1992. Phytate reduction in oats during malting. Journal of Food Science 57: 994–997.

Mikola, M. 2001. Electrophoretic studies on the endoproteinases of oat grain, Department of Food Technology, PhD thesis, EKT-series 1219. 58 p.

–, **Brinck, O. & Jones, B.L.** 2001. Characterization of oat endoproteinases that hydrolyze oat avenins. Cereal Chemistry 78: 55–58.

– **& Jones, B.L.** 2000. Characterization of oat endoproteinases that hydrolyze oat globulins. Cereal Chemistry 77: 572–577.

Oksman-Caldentey, K.-M., Laitila, A., Wilhelmson, A., Heiniö, R.-L., Outinen, M., Kaukovirta-Norja, A., Lehtinen, P., Plaami, S., Sontag-Strohm, T., Mikola, M. & Poutanen, K. 1999. Review: "Kaura elintarvikeraaka-aineena". VTT Tiedotteita 1986. Espoo: VTT. 120 p. ISBN 951-38-5491-4, ISSN 1235-0605.

PAT. FI . 106359. Käsitellyn viljan käyttö antioksidanttina. Kaukovirta-Norja, A., Lehtinen, P., Reinikainen, P., Olkku, J. & Laakso, S. 31.1.2001. 11 p.

PAT. FI. 20002205. Menetelmä kauratuotteen valmistamiseksi ja menetelmällä valmistettu kauramuro ja välipalatuote. Myllymäki, O., Poutanen, K., Oksman-Caldentey, K.-M., Laitila, A. & Heiniö, R.-L. Patentihakemus. 11 p.

Paljasjyväisen kauran jyvävaurioiden merkitys ja ehkäiseminen viljelytoimin

Pirjo Peltonen-Sainio¹⁾, Anna-Maija Kirkkari²⁾, Hannu Mikkola³⁾,
Mikael Vilppu¹⁾, Ari Rajala¹⁾, Susanna Muurinen¹⁾, Fred Gates⁴⁾,
Veli Hietaniemi⁵⁾ & Pekka Lehtinen⁶⁾

¹⁾ MTT, Kasvintuotannon tutkimus, Peltokasvit ja maaperä, 31600 Jokioinen

²⁾ Työtebouseura ry., PL 13, 05201 Rajamäki

³⁾ MTT, Maatalousteknologian tutkimus, Maatalousteknologia, Vakolantie 55, 03400 Vihti

⁴⁾ Helsingin yliopisto, Elintarviketeknologian laitos, PL 27, 00014 Helsingin yliopisto

⁵⁾ MTT, Elintarvikkeiden tutkimus, Kemian laboratorio, 31600 Jokioinen

⁶⁾ Teknillinen korkeakoulu, Biokemian ja mikrobiologian laboratorio, PL 6100,
02015 TKK, pekka.lehtinen@hut.fi

Paljasjyväinen kaura on – oljen veroisten helpeiden irrotessa puitaessa ravintorikkaan jyvätimen ympäriltä – luontoäidin pakkaama ravintoainetiivistä. Sen jyvä on kuitenkin altis puinnin aiheuttamille mekaanisille vaurioille. Näin on erityisesti silloin, kun kaura puidaan kosteana. Paljasjyväisen kauran elinvoima ei kuitenkaan heikkene käsikädessä itävyyden kanssa. Hellävaraisella puinnilla ja lajikevalinnalla voidaan vaikuttaa jyvän itävyyden ja elinvoiman säilymiseen. Kuivatus ei lisää jyvävaurioita. Homeet ja niiden erittämät haitalliset yhdisteet eivät olleet sen enempää paljasjyväisen kuin tavanomaisenkaan kauran ongelma. Paljasjyväinen kaura myös säilyi varas-

tossa yhtä hyvin kuin tavanomainenkin kaura. Lisäksi tutkimuksemme antoivat viitettä, että epätäydellinen jyvän kypsyminen lisää kuoriutumattomien jyvien osuutta.

Tutkimuksemme osoittivat, että paljasjyväisen kauran heikkouksiin voidaan vaikuttaa viljelytoimin. Kaikki epäilyt eivät tosin edes pidä paikkaansa. Tämän ravitsemuksellisesti arvokkaan kauramuodon laaja viljely edellyttää, että markkinoille laskeetaan nykyistä selvästi satoisampia lajikkeita. Lisäksi siementavaran itävyyksivaatimuksen on laskettava 75 prosenttiin. Heikko itävyys voidaan nimittäin täysin korvata käyttämällä suurempia siemenmääriä.

Avainsanat: kaura, paljasjyväinen kaura, jyvä, alkio, vauriot, itävyys, elinvoima, home, lajikkeet, leikkuupuimurit, kuivatus, säilyvyys

Johdanto

Paljasjyväinen kaura on poikkeuksellisen valmis erikoiskasvi Suomen kasvuoloihin (Kirkkari & Peltonen-Sainio 2000). Sen runsasenerginen jyvä on ravitsemuksellisesti arvokas, kun oljen veroiset helpeet irtoavat puitaessa jyvätymen ympäriltä. Paljasjyväisen kauran laadullisten vahvuuksien vastapainona sillä on eräitä kehittämistarpeita. Näistä erityisesti sadon itävyyttä pyrittiin parantamaan Kansallisen kauraohjelman kolmivuotisessa hankkeessa, joka oli nimeltään ”Kuorettoman kauran korjuukypsyyden sekä puinti- ja kuivaustekniikan vaikutukset itävyyteen ja kuoriipitoisuuteen”.

Asetimme hankkeemme tavoitteeksi tutkia:

- 1) puintikosteuden ja itävyyden välistä yhteyttä, ja ymmärtää siihen kytkeytyneet tekijät
- 2) eroja lajikkeiden herkkyydessä vaurioitua puinnissa
- 3) mahdollisuuksia vähentää puimurisäädöin mekaanisia jyvävaurioita
- 4) kuivauksen vaikutusta itävyyteen
- 5) ovatko hometoksiinit erityisesti paljasjyväisen kauran riskitekijöitä
- 6) vaikuttaako puintikosteus hometoksiinien esiintymiseen
- 7) epätäydellisen kuoriutumisen syyt

Hankkeen edetessä pyrimme selvittämään myös:

- 1) syyt lajikkeiden eroihin vaurioitua puinnissa
- 2) voidaanko homeinfektioiden etenemistä suojaviljelmin hillitä jo pellolla
- 3) eri kosteusoloissa puidun paljasjyväisen ja tavanomaisen kauran säilyvyys, sekä erityisesti rasvojen härskiintyminen

Aineisto ja menetelmät

Peltokokeet järjestettiin Helsingin yliopiston Viikin koetilalla vuosina 1997–1999, Työehoseuran koetilalla Rajamäessä vuosina 1998–2000 sekä Maatalouden tutkimuskeskuksessa (MTT) Vihdissä vuonna 1999 ja Jokioisilla vuonna 2000.

Viikin koetilalla tutkittiin, miten herkästi viisi paljasjyväistä ja yksi tavanomainen kauralajike vaurioituivat puimuripuinnissa. Puitaessa jyvän kosteus oli 10–50 prosenttia.

Kontrollikäsitteilynä oli varovainen puinti käsin. Itämislevon päätyttyä jyvät idätettiin imupaperilla. Normaalisti itäneet oraat laskettiin. Muut luokiteltiin kuolleisiin jyviin, epänormaaleihin oraisiin (sirkkajuuri tai -verso puuttui tai itutuppi oli repeytynyt) ja homevioittuneisiin. Tämän lisäksi siemenen elinvoima tutkittiin kylvämällä niin puimurilla kuin käsinkin puidut siemenet kahden tai viiden sentin syvyyteen kosteaan hiekkaan. Hiltnerin elinvoimates-tiä mukailevassa hiekkaidätyksessä lämpötila oli 10 astetta, ilman kosteus 98 prosenttia, ja näytteet pidettiin pimeässä 21 vuorokautta. Tämän jälkeen laskettiin hiekkakerroksen läpäisseet oraat. Muutamista puintikosteuksista ja lajikkeista arvioitiin lisäksi oraan kasvunopeus sekä tehtiin jyvien vioittumista kuvaava ionivuototesti. Lisäksi mitattiin jyvän kovuus, pituus, leveys, pyöreys, paino ja alkion ulostyöntyminen. Hometoksiinit määritettiin MTT:n Kemian laboratoriossa Lisbeth-, Bullion- ja Salo-lajikkeista. Eri puintikosteudessa korjatuista näytteistä analysoitiin haihtuvat yhdisteet, kuten pentanaali ja heksanaali, Teknillisessä korkeakoulussa.

Työehoseuran koetilalla tutkittiin kahden paljasjyväisen ja yhden tavanomaisen kauran itävyysvaurioita. Kaurat oli puitu maataloilla käytössä olevalla puimurilla. Puintikosteudet vaihtelivat 15–40 prosenttiin ja niitä simuloitiin kolmella eri kylvöajalla. Puimurissa käytettiin hellävaraiselle puinnille, ja tavanomaisen kauran puinnille suositeltuja säätöjä. Kontrollinäytteet pui-

tiin käsin. Näytteet idätettiin Kasvin-
tuotannon tarkastuskeskuksessa (KTTK)
imupaperilla. Tämän jälkeen laskettiin nor-
maalisti tai vaillinaisesti itäneet oraat ja
kuolleet jyvät. Vaillinaiset luokiteltiin edel-
leen puimuri- ja homevioittuneisiin.

MTT:n maatalousteknologian tutki-
muksen peltokokeessa viljeltiin Lisbeth-la-
jikkaa. Kokeesta kerättiin näytteitä itä-
vyystesteihin ja rikkoutuneiden jyvien arvi-
oimiseksi:

- juuri ennen puintia, näyte 1
- puimurin säiliöstä näytekairalla,
näytteet 2–5
- perävaunusta, näyte 6
- kuivauksen aikana viljasta,
näytteet 7–21

Kuivauslämpötilan aiheuttamat vioi-
tukset suljettiin pois käyttämättä alhaista
puhallusilman lämpötilaa. Vuonna 1999
paljasjyväisen kauran sato jäi MTT:n maa-
talousteknologian tutkimuksessa hyvin al-
haiseksi, kuten kevätiljasadot yleisestikin.
Koeaineisto ei riittänyt kuin yhteen tois-
toon. Lisäkokeena tehtiin elevaattorikoe,
koska elevaattori aiheuttaa todennäköisesti
mekaanisia vaurioita kuivauksen aikana.
Elevaattorikokeessa otettiin jyvänäytteitä
15 minuutin välein. Itävyysmääritykset
teetettiin KTTK:ssa. Rikkoutuneet jyvät
luokiteltiin jyvän paloihin, jyyiin, joista al-
kio oli rikkoutunut, ja litistyneisiin jyyiin.

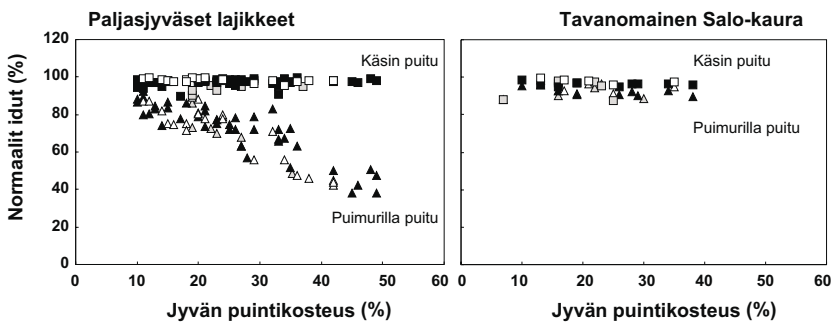
MTT:n Kasvintuotannon tutkimukses-

sa järjestettiin vuonna 2000 ylimääräinen
koe Valtion teknisen tutkimuskeskuksen
(VTT) kanssa, koska VTT:n kokemuksen
mukaan erilaiset homeet haittasivat paljas-
jyväisen kauran mallastusta. Niin sanotussa
startterikokeessa pyrittiin selvittämään,
voitaisiinko homeiden leviäminen jyyiin eh-
käistä jo pellolla. Kasvustot käsiteltiin eri
aikoihin maitohappobakteeri-suojaviljel-
millä. Käsitelyinä olivat kontrolli sekä yksi
ja kaksi käsittelyä *Lactobacillus plantarum* - ja
Pediococcus pentosaceus -bakteereilla jyvän
täyttymisvaiheessa. VTT:ssä arvioitiin, pal-
jonko kasvukaudella kerättyissä röyhynäyt-
teissä oli homeita. Sato puitiin, jyväpaino,
hehtolitraino ja kuoripitoisuus mitattiin
MTT:ssa. Lahden Polttimossa arvioitiin
puolestaan satonäytteiden mallastumis-
ominaisuuksia.

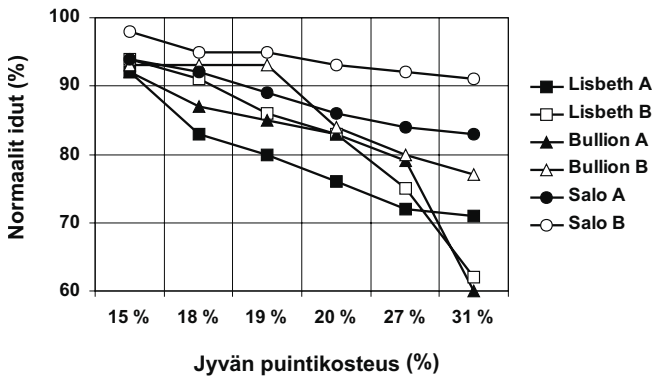
Tulokset ja niiden tarkastelu

Puintikosteus ja lajikeherkkyys avainasemassa

Tutkimustuloksemme osoittivat, että pal-
jasjyväisen kauran pehmeä jyvädin on sel-
västi tavanomaista kauraa herkempi me-
kaanisille vaurioille. Nämä vauriot aiheutti-
vat itävyyden heikkenemisen (Kuva 1).



Kuva 1. Puintikosteuden vaikutus paljasjyväisen ja tavanomaisen kauran itävyyteen vuosina 1997–1999 Viikin koetilalla järjestetyissä kokeissa (Peltonen-Sainio et al. 2001a).

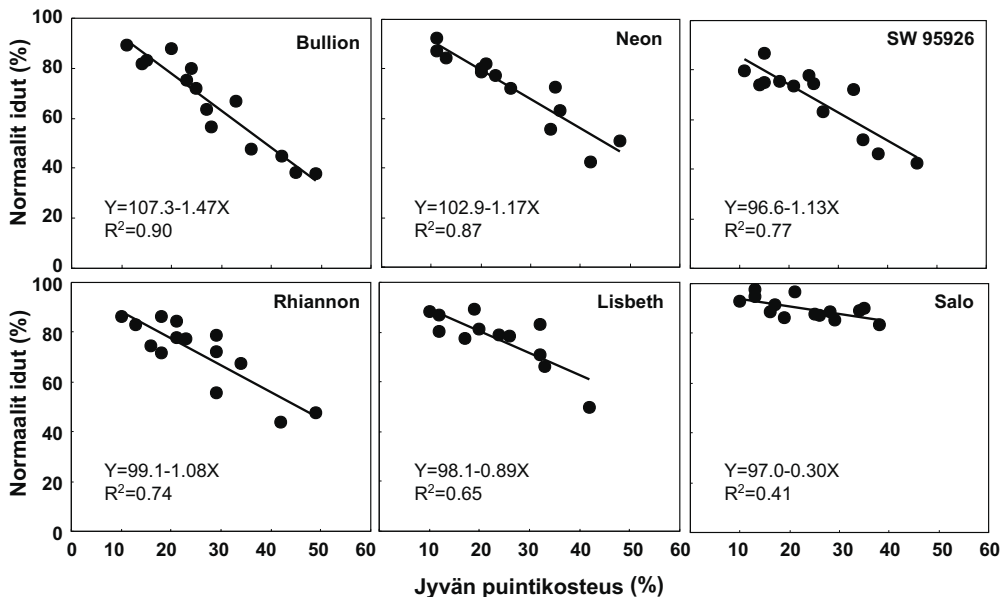


Kuva 2. Paljasjyväinen ja tavanomainen kaura säilyttivät itävyytensä hellävaraisesti puituina (B-käyrät) paremmin kuin normaalia kauran puintisääntösuositusta käytettäessä (A-käyrä, Kirkkari & Peltonen-Sainio 2000).

Käsin puitujen näytteiden itävyys oli keskimäärin 98 prosenttia, eikä se laskenut puitaessa kosteampanakaan. Tämä osoittaa, ettei yksikään eri aikaan kerätyistä näytteistä ollut alkanut itää röyhässä. Itävyyden oletettiin heikentyneen yksinomaan siksi, että puimuri oli aiheuttanut jyviin mekaanisia vaurioita. Työtehoseuran kokeet kuitenkin osoittivat, että hellävarainen puinti paransi itävyyttä noin viisi prosenttiyksikköä puintikosteudesta riippumatta (Kuva 2). Punnin aiheuttamia vaurioita voidaan vähentää, kun alennetaan puimu-

rin puintikelan nopeutta 900 kierrokseen minuutissa. Kuivaus ja elevaattorikäsitteily eivät heikentäneet itävyyttä.

Lajikkeiden välillä oli eroja niiden herkkyydessä puintivaurioille (Kuva 3). Kotimainen, toistaiseksi ainoa markkinoilla oleva paljasjyväinen Lisbeth, oli kestävin. Sen sijaan Iso-Britanniassa jalostettu, satoisa Bullion, oli herkin vaurioitumaan. Jos sertifioidulta paljasjyväisen kauran siemeneltä vaaditaan 85 prosentin itävyys, kauraa voisi puida vain jyvän kosteuden ollessa enintään 15 prosenttia (Kuva 3). Jos paljasjyväisen



Kuva 3. Lajikkeiden vaurioitumisherkkyys lisääntyi, kun jyvän puintikosteus kasvoi (aineisto: Peltonen-Sainio et al. 2001a).

Taulukko 1. Paljasjyväisten kauralajikkeiden tutkitut, mahdollisesti vaurioitumisherkkyteen kytkeytyneet jyvöminaisuudet. Sato puitu noin 20 prosentin jyvökosteudessa vuosina 1998 ja 1999. Lajikkeet on esitetty herkkyysjärjestyksessä siten, että Bullion on herkin ja Lisbeth kestävin mekaanisille vaurioille (Peltonen-Sainio et al. 2001a).

Vuosi ja lajike	Yhden jyvän paino mg	Jyvän pituus mm	Jyvän läpimitta mm	Jyvökokojakauma %			Alkion esiintyminen μm		Jyvän kovuus
				<1,7 mm	1,7-2,0 mm	>2,0 mm	A-mitta	B-mitta	
1998									
Bullion	24,6	7,4	2,49	13,2	39,6	47,2	54	626	2,3
Neon	17,6	6,9	2,11	21,8	45,0	33,2	132	633	1,3
SW 95926	27,3	7,4	2,63	11,3	41,1	47,6	300	711	1,8
Rhiannon	21,3	7,0	2,40	11,5	41,7	46,8	142	635	1,7
Lisbeth	24,0	8,3	2,39	35,2	61,4	3,4	146	590	1,6
1999									
Bullion	24,6	7,5	2,43						1,7
Neon	21,5	6,8	2,28						1,9
SW 95926	27,2	7,2	2,62						1,5
Rhiannon	25,2	7,4	2,52						1,6
Lisbeth	23,4	8,4	2,23						1,2

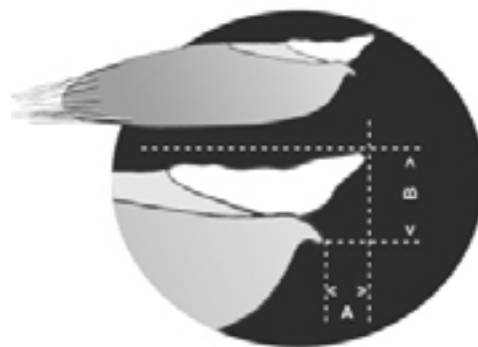
kauran sertifioidun kylvösiemenen itävyys laskettaisiin pysyvästi 75 prosenttiin, kuten Iso-Britanniassa, siementuotannon edellytykset paranisivat oleellisesti. 75 prosentin itävyys voitaisiin saavuttaa, vaikka puintikosteus olisi 20–25 prosenttia. Itävyysvaatimuksen muuttamista puoltavat myös aiemmat kokemukset (Peltonen-Sainio 1997), joiden mukaan heikko itävyys voidaan korvata käyttämällä enemmän kylvösiemeniä.

Miksi jyvä vaurioituu?

Paljasjyväisen kauran itävyys menetetään, kun alkioon kohdistuu kuolettavia iskuja. Jyvä vaurioituu helposti, sillä siitä puuttuu alkioita suojaavat helpeet. Kuolleita jyviä oli enemmän, kun puintikosteus lisääntyi. Sen sijaan osittain vaurioituneiden alkioiden osuus ei riippunut puintikosteudesta, vaan epänormaaleja ituja esiintyi suotuisissakin oloissa puitaessa.

Miksi toiset lajikkeet vaurioituvat herkemmin? Jyvän keskimääräinen paino, pituus, leveys tai pyöreys eivät olleet yhteydessä vaurioitumisherkkyteen (Tauluk-

ko 1). Kun eri lajikkeiden sato lajiteltiin, havaittiin, että vaurioita parhaiten kestävänsä Lisbeth-lajikkeen sadossa oli varsin pieniä jyviä. Vain kolme prosenttia Lisbethin jyivistä ei läpäissyt kahden millimetrin seulaa. Sitä vastoin 46 prosenttia Bullion-lajikkeen jyivistä ei läpäisyt kyseistä seulaa. Tämän lisäksi jyvän kovuuden ja vaurioitumisherkkyden välillä oli yhteys. Mitä kovempi jyvä oli, sitä enemmän siinä esiintyi kolhiintumi-



Kuva 4. Mitä voimakkaammin lajikkeen alkio työntyi esiin jyvän selkäpuolelta (B-mitta), sitä herkempi lajike oli mekaanisille vaurioille (kuva: Anu Osva, Peltonen-Sainio et al. 2001a).

sen aiheuttamia ongelmia. Myös voimakas alkion esiin työntyminen (Kuva 4, B-mitta) altisti sitä vaurioille. Esimerkiksi Lisbeth-lajikkeen alkio työntyi vain heikosti esiin jyvän selkäpuolelta, joten se oli muita lajikkeita paremmin suojassa iskuilta.

Takaako itävyys elinvoimaisuuden?

Voidaan olettaa, että pelkkä idätys suotuisissa oloissa ei vielä kerro koko totuutta siitä, minkälaista sato on siementavarana. Siemenen elinvoima saattaa nimittäin kärsiä itävyyttä herkemmin.

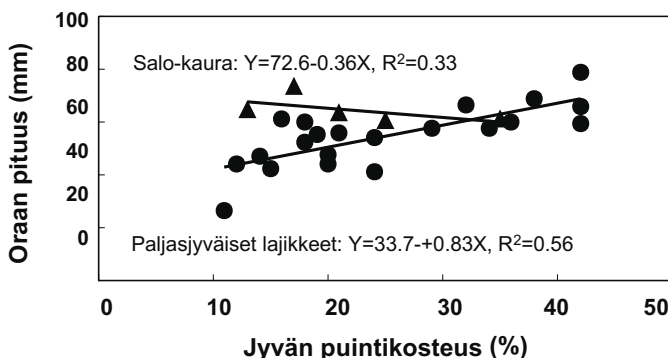
Oletimme, että mitä kosteammassa sato puitiin, sitä heikompi oli itämiskykyensä säilyttäneiden siementen elinvoima. Oraiden kasvunopeustestin tulokset kuitenkin osoittivat toista. Nimittäin, mitä kosteammassa oloissa materiaali oli puitu, sitä nopeammin kyseisen erän itämiskykyiset oraat kasvoivat (Kuva 5). Ne olivat kymmenen idätyspäivän jälkeen pitempiä kuin suotuisissa puintioissa korjattujen näytteiden oraat. Oletamme tämän yllättävän havainnon johtuvan siitä, että huonot puintiolot aiheuttivat haavaumia jyvien pintaan. Näin siemenet kostuivat nopeammin, ja sirkkataimet alkoivat edelleen kasvaa. Pyrimme vahvistamaan havaintomme mittaamalla siementen liotusveden sähköjohtokykyä, eli ionivuotoa. Emme kuitenkaan onnistuneet siinä.

Olisiko siemenen nopea kostuminen, ja sirkkataimen kasvuun lähtö jopa paljasjyväisen kauran etu tavanomaiseen kauraan

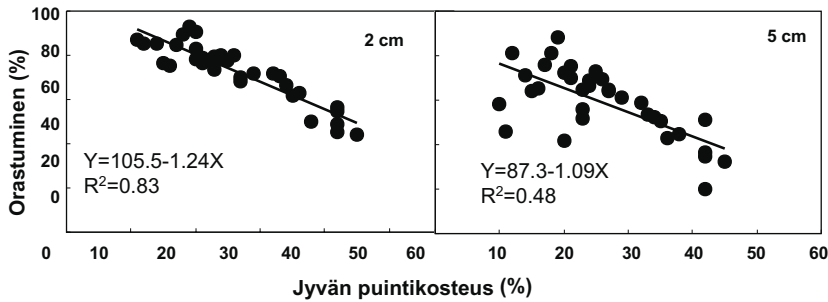
verrattuna? Tiedämmehän, että Suomessa alkukesän kuivuus aiheuttaa usein epätasaisen orastumisen. Teimme hiekalla elinvoiman koettelutestin, joka oli mukailtu Hiltnerin testi. Tämä testi osoitti, että matalaan kylvetty paljasjyväinen kaura iti yhtä hyvin kuin optimioloissa imupaperillakin. Sen sijaan viiden sentin syvyydestä maan läpi jaksoi tunkeutua noin kymmenen prosenttia vähemmän oraita (Kuva 6). Tämä antaa viitettä siitä, että poikkeuksellisen epäsuotuisissa, homeiden kasvua suosivissa oloissa, paljasjyväisen kauran orastumistarmo kärsii tavanomaista kauraa herkemmin. Paljasjyväisen kauran siemenmateriaalin itävyys tulisiikin aina tutkia orastumiskokein.

Homeet ja niiden tuottamat myrkylliset yhdisteet

Siemeniin, erityisesti haavaumiin pesiytyneitä homeita, on pidetty eräänä paljasjyväisen kauran mahdollisena heikkoutena (Peltonen-Sainio ym. 2001b). Enimmillään kolme prosenttia imupaperilla idätetyistä paljasjyväisen kauran iduista, ja prosentti tavanomaisen kauran iduista oli homeiden tuhoamia. Puintikosteus ja -vuosi eivät vaikuttaneet suuresti homeisten itujen määrään. Homeet tuovat mukanaan ongelmia. Ikävimpiä niistä ovat elintarvike- ja rehuikäytössä homeiden mahdollisesti erittämät myrkylliset yhdisteet. Puintikosteus ei vaikuttanut hometoksiinien esiintymiseen, mikä johtunee Suomessa rutiinina käytetystä viljankuivauksesta. Kaurasta tunnis-



Kuva 5. Mitä epäsuotuisimmissa kosteusoloissa paljasjyväisen kauran sato puitiin, sitä pidemmäksi kasvoivat oraat kymmenen päivän idätyksessä (Peltonen-Sainio et al. 2001a).



Kuva 6. Syvä kylvö kosteaan hiekkaan heikensi paljasjyväisen kauran orastumista epäsuotuisissa kasvuoloissa. Tällöin lämpötila oli 10 astetta, ilman kosteus 98 prosenttia, idätys 21 vuorokautta pimeässä (Peltonen-Sainio et al. 2001a).

tettiin neljä, myrkyllisyydeltään erilaista *Fusarium*-toksiinia [deoksiniivalenoli (DON), nivalenoli (NIV), T-2 ja HT-2 –toksiinit]. Toksiinien esiintyminen oli varsin sattumanvaraista. Ainoastaan vuoden 2000 sadossa voitiin havaita mahdollinen yhteys aikaisuuden ja lajikkeen välillä. Aikaisessa Lisbeth-lajikkeessa esiintyi vain DON-toksiinia, ja myöhäisessä Bullion-lajikkeessa vain NIV-toksiinia. Homeet ja niiden erittämät toksiinit eivät osoittautuneet erityiseksi paljasjyväisen kauran riskitekijäksi.

Koska VTT:n tekemissä paljasjyväisen kauran mallastuskokeissa homeet osoittautuivat ongelmaksi, järjestimme vuonna 2000 ylimääräisen kokeen. Siinä oli tarkoitus kokeilla homeinfektioiden ehkäisemistä maitohappobakteerikäsittelyin jo pellolla. Homeinfektioita esiintyi kyseisenä kasvukautena poikkeuksellisen paljon, ja maitohappobakteerit pystyivät hetkellisesti puskuroimaan peltohomeita vastaan. Koska homeet eivät aiheuttaneet itävyyskokeissa suurta ongelmaa, eivät suojaviljelmät vaikuttaneet itävyYTEEN.

Paljon epäilty säilyvyys

Paljasjyväisen kauran säilyvyyttä epäillään toistuvasti. Niinpä päätimme tutkia vuosien 1998 ja 1999 näytteistä, paljonko niissä oli rasvahappojen hajoamisen tuloksena syntyviä, härskiintymistä ilmaisevia haihtu-

via yhdisteitä, kuten heksanaalia ja pentanaalia. Paljasjyväinen kaura ei säilynyt tavanomaista kauraa huonommin. Myöskään kosteammassa oloissa puiminen, ja siten jyvien runsaampi vaurioituneisuus eivät lisänneet härskiintymistä. Paljasjyväisen kauran säilyvyys ei myöskään poikennut tavanomaisesta, kuten Welch (1977) osoitti jo 1970-luvulla.

Epätäydellinen kuoriutuminen

Paljasjyväinen kaura ei koskaan kuoriudu täydellisesti puitaessa. Osassa jyviä helpeet pysyvät kiinni varastoon asti. Kun puimme kuoriutumatta jääneet jyvät käsin ja lajitelimme ne, havaitsimme niiden olevan pienikokoisia. Tämä osoittanee, että epätäydellisesti kuoriutuneet jyvät olivat mahdollisesti viimeisinä tähkylään kehittyneitä, eli epätäydellisesti täyttyneitä jyviä. Myös kasvulojen tiedetään vaikuttavan kuoriutuvuuteen. Tuloksemme antavat viitettä siitä, että jyvien tuleentumista heikentävät tekijät, saattavat aiheuttaa helpeiden kiinni pysymistä, eli kuoriutumattomuutta. Myös perimä vaikuttaa kuoriutuvuuteen ympäristön ohella. Esimerkiksi eräs kokeissamme ollut linja, SW 95926, oli tyyppillinen niin sanotun paljasjyväisen ja tavanomaisen kauran välimuoto. Sen kuoripitoisuus oli kaikissa kokeissamme poikkeuksellisen korkea.

Tulosten merkitys ja sovellettavuus

Kolmivuotinen tutkimushankkeemme osoitti, että osa paljasjyväiseen kauraan kohdistuneista epäilyistä eivät ole aiheellisia. Tällaisia epäilyjä ovat olleet paljasjyväisen kauran heikko säilyvyys ja alttius homeiden aiheuttamille ongelmille. Sen sijaan siementuotannon riskit ovat olemassa, vaikka havaitsimme lajike-erojen lisäksi hellävaraisen puinnin vähentävän jyvävaurioita. Tuloksemme antavat kuitenkin viitettä siitä, että jos markkinoille lasketaan

uusi, satoisa, Lisbeth-lajiketta isojyväisempi paljasjyväinen kaura erityisesti kotoiseen rehukäyttöön, saattavat puinnin aiheuttamat mekaaniset vauriot lisääntyä. Jotta siementuotannon mahdollisuudet paranisivat, tulisi paljasjyväisen kauran sertifioidun siemenen itävyysvaatimuksen laskea pysyvästi 75 prosenttiin Iso-Britannian tapaan. Tätä puoltaa kokemuksemme, jonka mukaan heikko itävyys voidaan täysin korvata käyttämällä suurempaa siemenmäärää. Mahdollisten elintarvikesovellusten, kuten mallastuksen, osalta itävyysvaatimusta ei kuitenkaan voida kiertää siementavaran ta-
paan.

Kirjallisuus

Kirkkari, A.-M. & Peltonen-Sainio, P. 2000. Paljasjyväinen kaura. Työtehoseuran julkaisuja 377. Helsinki: Työtehoseura. 51 p. ISBN 951-788-318-8, ISSN 0355-0710.

Peltonen-Sainio, P. 1997. Groat yield and plant stand structure of naked and hulled oat under different nitrogen fertilizer and seeding rates. *Agronomy Journal* 89: 140–147.

–, **Muurinen, S., Vilppu, M., Rajala, A., Gates, F. & Kirkkari, A.-M.** 2001a. Germination and grain vig-

our of naked oat in response to grain moisture at harvest. *Käsikirjoitus*.

–, **Hietaniemi, V. & Lehtinen, P.** 2001b. Paljastuksia paljasjyväisen kauran säilyvyydestä ja mikrobiologisesta laadusta. *Kasvinsuojelulehti*, painossa.

Welch, R.W. 1977. The development of rancidity in husked and naked oats after storage under various conditions. *Journal of Science in Food and Agriculture* 28: 269–274.

Maidon ja sen komponenttien tutkimus

Maidon biologisesti aktiivisten peptidien vaikutukset sydämeen ja verenkiertojärjestelmään

Marja-Leena Nurminen¹⁾, Marika Sipola¹⁾, Hanna Kaarto¹⁾,
Heikki Vapaatalo¹⁾, Anne Pihlanto-Leppälä²⁾, Outi Niskanen²⁾,
Kati Piilola²⁾, Hannu Korhonen²⁾, Riitta Korpela³⁾ & Olli Tossavainen³⁾

¹⁾ Helsingin yliopisto, Biolääketieteen laitos, Farmakologia, Biomedicum Helsinki, PL 63,
00014 Helsingin yliopisto, marja-leena.nurminen@nam.fi

²⁾ MTT, Elintarvikkeiden tutkimus, Elintarvikekemian ja -tekniikka, 31600 Jokioinen,
anne.pihlanto-leppala@mtt.fi

³⁾ Valio Oy, Tutkimus ja tuotekehitys, PL 30, 00039 Valio

Tässä tutkimushankkeessa on selvitetty, miten maidon proteiinien hajoamisessa muodostuvat peptidit vaikuttavat verenkiertoon. Tavoitteena on kehittää verenpaineeseen edullisesti vaikuttavia peptidirikasteita ja terveysvaikutteisten elintarvikkeiden raaka-aineiksi maitovalmisteita.

Entsyymit pilkkovat maitoproteiineista lukuisia biologisesti aktiivisia peptidejä. Näitä peptidejä muodostavat joko ruoansulatusentsyymit tai maitohappobakteerit fermentoidessaan maitoa.

Peptideillä on todettu olevan erilaisia biokemiallisia ja fysiologisia vaikutuksia. Ne esimerkiksi sitoutuvat opioidireseptoreihin, estävät angiotensiiniä muuntavan entsyymin eli ACE:n toimintaa ja muuttavat antitromboottista ja immuniteettivasetta. Maitoproteiineista muodostuu myös verenpainetta alentavia peptidejä.

MTT:n elintarvikkeiden tutkimusyksikössä on selvitetty maidon biologisesti aktiivisten peptidien muodostumista ja ominaisuuksia jo usean vuoden ajan. Viime vuosina on tutkittu erityisesti ACE:n estäjinä

toimivien peptidien muodostumista.

Tähänastiset tulokset ovat osoittaneet, että ACE:n estäjäpeptidejä muodostuu sekä maidon kaseiini- että heraproteiinista. Osa peptideistä on kirjallisuudessa aikaisemmin kuvattuja, mutta tutkijaryhmä on löytänyt myös uusia ACE:n estäjäpeptidejä.

Tässä tutkimushankkeessa on selvitetty näiden peptidien vaikutuksia verenkiertoon. Tutkimuksessa on käytetty eläinmallina verenpainetautiin sairastavaa rottakan-
taa eli spontaanisti hypertensiivistä rottaa (SHR).

Tehokkaimmin verenpainetta alensi heran alfa-laktalbumiinista peräisin oleva tetrapeptidi alfa-laktorfiini (Tyr-Gly-Leu-Phe) ihon alle annettuna. Se ei kuitenkaan näytä vaikuttavan verenpaineeseen ACE:ta estämällä, vaan sitoutumalla opioidireseptoreihin. Tämä vaikutus välittyy verisuonten endoteelisoluista peräisin olevan typpioksidin vapautumisen kautta, jolloin verisuonet laajenevat.

Toistaiseksi on vielä selvittämättä, imeytyykö alfa-laktorfiini suun kautta elimistöön.

Avainsanat: maito, valkuaisaineet, peptidit, terveysvaikutukset, elintarvikkeet, verenpaine, boito, alfa-laktorfiini, angiotensiiniä konvertoiva entsyymi, opioidireseptorit

Johdanto

Maitoproteiineista on mahdollista pilkkoa lukuisia biologisesti aktiivisia peptidejä, joilla on biokemiallisia ja fysiologisia vaikutuksia. Nämä peptidit sitoutuvat muun muassa opioidireseptoreihin, estävät angiotensiiniä konvertoivan entsyymin, eli ACE:n, toimintaa, vaikuttavat veren hyytymiseen ja immuunivasteeseen (Teschemacher et al. 1997, Meisel 1998).

Biologisesti aktiivisia peptidien fragmentteja vapautuu maidon proteiineista, kun ruoansulatusentsyymit pilkkovat maitoa, tai kun esimerkiksi maitohappobakteerit tai muut mikrobit fermentoivat maitoa.

Maidon proteiineista muodostuu myös verenpainetta alentavia peptidejä (Nurminen 2000). Ne saattavat estää verisuonia voimakkaasti supistavan angiotensiini II:n muodostumista inaktiivisesta angiotensiini I:stä. Näitä ACE:n estäjäpeptideitä on löydetty hapanmaitovalmisteista, juustoista ja eräistä piimävalmisteista (Nakamura et al. 1995, Kahala et al. 1993, Ryhänen et al. 2001).

Maidon proteiineista voi vapautua myös opioidien kaltaisia peptidejä (Antila et al. 1991, Teschemacher et al. 1997). Ne sitoutuvat elimistön omien opioidien tavoin opioidireseptoreihin ja vaikuttavat muun muassa verenpaineeseen. Eräät maitoproteiineista pilkkoutuvat yhdisteet muistuttavat rakenteeltaan läheisesti elimistön omia opioidipeptidejä (Teschemacher et al. 1997).

MTT:n elintarvikkeiden tutkimusyksikössä on selvitetty maidon proteiinien biologisia ominaisuuksia jo usean vuoden ajan. Yhtenä tutkimuskohteena ovat olleet maidon biologisesti aktiiviset peptidit, niiden tuottaminen ja karakterisointi. Viime vuosina on selvitetty varsinkin sitä, miten ACE:n estäjinä toimivat peptidit muodostuvat maidon proteiineista.

Tähänastiset tulokset ovat osoittaneet, että ACE:n estäjäpeptidejä voi muodostua maidon kaseiini- ja heraproteiinista. Osa peptideistä on esitetty aikaisemmin kirjalli-

suudessa, mutta myös uusia mahdollisia ACE:n estäjäpeptidejä on löydetty (Pihlanto-Leppälä et al. 1998, 2000). ACE:n estäjäpeptidejä voidaan rikastaa kaksivaiheisella ultrasuodatuksella.

Tässä tutkimusohjelmassa on selvitetty, miten ACE:n estäjäpeptidit vaikuttavat perinnöllistä verenpainetautiä sairastavaan rottakantaan spontaanisti hypertensiiviseen rottaan (SHR).

Aineisto ja menetelmät

Tutkimuksessa selvitettiin, miten maidon hajoamisessa syntyvät peptidifraktiot, proteiinihydrolysaatit, ja niitä sisältävät maitovalmisteet vaikuttavat perinnöllistä verenpainetautiä sairastavaan rottakantaan, eli SHR:ään. Tätä eläinmallia käytetään tavallisimmin ihmisen essentiaalisen verenpainetaudin kokeellisena mallina. Normaali-paineisina verrokkeina käytettiin Wistar-Kyotorottia.

Eläinkokeisiin tarvittavat proteiinihydrolysaatit ja peptidifraktiot tuotettiin hydrolysoimalla maidon heraproteiineja, beeta-laktoglobuliinia ja alfa-laktalbumiinia, ja juustonvalmistuksessa syntyvää glykomakropeptidiä sopivilla entsyymeillä. Tämän jälkeen peptidit fraktioitiin ultrasuodatuksella tai kromatografialla. Peptidien tai hydrolysaattien aktiivisuus estää ACE:n toimintaa selvitettiin koeputkioloissa spektrofotometrillä.

ACE:n estäjäksi osoittautuneita peptidejä ja muita verenpainetta alentavia peptidejä syntetisoitiin FMOC-periaatteella jatkokutkimuksia varten.

Aktiivisten peptidien kestävyys proteolyttisille entsyymeille tutkittiin kapillarielektroforeettisin menetelmin.

Alfa-laktalbumiini eristettiin juustoherasta ultrasuodatusta, lämpökäsittelyä, pH-saostusta ja sentrifugointia käyttäen.

Verenpaine mitattiin tietokoneohjatulla telemetria-laitteistolla. Tällä laitteistolla verenpainetta voidaan mitata jatkuvasti viikkojen ja jopa puolen vuoden ajan.

Akuuttikokeissa selvitettiin, miten peptidifraktiot ja proteiinihydrolysaatit vaikuttavat rottien verenpaineeseen. Tämän vuoksi rotille annettiin tutkittavia aineita ihonalaisina injektioina nousevin annoksin. Pitkäaikaiskokeessa rotille annettiin alfa-laktalbumiinia juomaveden sekoitettuna.

Verenpainetta alentavien peptidien vaikutusmekanismeja selvitettiin erillään toimivien rotan verisuonivalmisteiden eli suolilievevaltimopreparaattien ja verisuonten sileälihassoluviljelmien avulla.

Tulokset ja niiden tarkastelu

Verenpainetta alensi tutkituista peptideistä ja proteiinihydrolysaateista tehokkaimmin heran alfa-laktalbumiinista peräisin oleva alfa-laktorfiini (Tyr-Gly-Leu-Phe), kun tätä peptidiä ruiskutettiin rottien ihon alle (Nurminen et al. 2000). Rottien verenpaine laski eniten (23 ± 4 mmHg), kun peptidiansos oli 100 mikrogrammaa painokiloa kohden.

Myös heran beeta-laktoglobuliinista peräisin oleva beeta-laktorfiini (Tyr-Leu-Leu-Phe) alensi hieman verenpainetta. Sen sijaan muut tutkitut beeta-laktoglobuliinifraktiot eivät vaikuttaneet tutkittujen rottien (SHR) verenpaineeseen. Myöskään juuston valmistuksessa syntyvä glykomakroproteiini tai sen hydrolysaatit eivät vaikuttaneet verenpaineeseen.

Alfa- ja beeta-laktorfiinin verenpainevaikutus ei johtunut niiden hajoamisesta rakenneaminohapoiksi. Tämän perusteluna on se, että aminohappojen seos tai yksittäiset aminohapot (tyrosiini, glysiini, leusiini, fenyylialaniini) eivät vaikuttaneet verenpaineeseen sellaisina annoksina, joita voisi vapautua kyseisistä peptideistä (Nurminen et al. 2000).

Alfa-laktorfiini on koeputkioloissa heikko ACE:n estäjä, mutta tämä ominaisuus ei vaikuttanut merkittävästi verenpaineeseen. Sen sijaan alfa-laktorfiini näyttäisi laskevan

verenpainetta opioidireseptorien kautta, koska opioidireseptoripalpaaja naloksoni esti verenpaineen laskun (Nurminen et al. 2000). Opioidien vaikutusta verenpaineeseen laskuun tukee myös havainto siitä, että alfa-laktorfiini ja elimistön omat opioidipeptidit ovat rakenteeltaan samankaltaisia (Teschmacher et al. 1997).

Alfa- tai beeta-laktorfiini eivät supistaneet tai laajentaneet verisuonia rotan suolilievevaltimopreparaateissa. Sen sijaan ne paransivat verisuonten endoteelista riippuvaista laajenemista. Tämä näyttäisi johtuvan siitä, että nämä peptidit aiheuttavat verisuonia laajentavan typpioksidin vapautumista endoteelista.

Verisuonten sileälihassoluviljelmissä alfa-laktorfiini ei vaikuttanut solujen kasvuun tai jakautumiseen. Näiden tetrapeptidien aiheuttama verenpaineen lasku näyttäisi ainakin osittain johtuvan paikallisesta verisuonivaikutuksesta. Tätä havaintoa tukevat myös muiden tutkimusryhmien tulokset, joiden mukaan verisuonten endoteelisoluissa olisi opioideja sitovia reseptoreita (Stefano et al. 1995).

Koska alfa-laktorfiini näyttäisi alentavan verenpainetta opioidimekanismilla, halusimme selvittää kyseisen peptidin muut opioidivaikutukset. Alfa-laktorfiinin ei havaittu muiden opioidien tavoin väsyttävän, eikä myöskään lievittävän kipua. Näiden ominaisuuksien katsotaan yleensä välittyvän keskushermoston kautta.

Tutkittaessa, miten alfa- ja beeta-laktorfiini kestävät ruoansulatusentsyymien pilkkomista, havaittiin, että ainoastaan pankreatiini pystyy pilkkomaan näitä peptidejä. Toistaiseksi on vielä selvittämättä, imeytyvätkö nämä peptidit ruoansulatuskanavasta verenkiertoon, jos niitä annetaan suun kautta.

Ruoansulatusentsyymit (pepsiini, trypsiini) pilkkovat lehmänmaidon heran alfa-laktalbumiinia. Näin muodostuu alfa-laktorfiinia (Antila et al. 1991). Tätä tetrapeptidiä tuotettiin ioninvaihtomembraania ja alfa-laktalbumiinin pepsinihydrolysaattia käyttäen. Pepsini-trypsiinihydrolyysiä käyttämällä vapautui enemmän

alfa-laktorfiinia, mutta tuolloin hydrolysaattissa oli runsaasti myös muita peptidejä.

Juustoherasta eristetyn alfa-laktalbumiinin ja pepsiinillä hydrolysoidun alfa-laktalbumiinin ei todettu vaikuttavan merkittävästi rottien verenpaineeseen. Näitä yhdisteitä annettiin rotille 12 viikon ajan suun kautta juomaan sekoitettuna. Annos oli 10 milligrammaa kiloa kohti vuorokaudessa. On mahdollista, että kyseisen heraproteiinin annos ei riittänyt alentamaan verenpainetta. Toistaiseksi on vielä selvittämättä, kuinka paljon alfa-laktalbumiinista vapautui ja imeytyi elimistöön alfa-laktorfiinia.

Johtopäätökset

Kohonnut verenpaine on yksi tärkeimmistä sydän- ja verisuonisairauksille altistavista tekijöistä. Kohonnut verenpaine lisää sepelvaltimotaudin, sydämen ja munuaisten vajaatoiminnan sekä aivohalvauksen riskiä. Verenpaineen alentaminen lääkehoidon avulla vähentää näiden sairauksien esiinty-

mistä.

Lääkehoidon ohella monet elämäntapa- ja ravitsemustekijät estävät ja hoitavat verenpainetauti ja sen seurausvaikutuksia. Tällaisia tekijöitä ovat muun muassa suolan, eli natriumkloridin, ja alkoholin käytön vähentäminen ja laihduttaminen. Myös ravinnosta saatavan kaliumin, magnesiumin ja kalsiumin määrän lisääntyminen voi vaikuttaa edullisesti verenpaineeseen.

Maitovalmisteet sisältävät runsaasti näitä mineraaleja. Lisäksi maitovalmisteiden proteiineista pilkkoutuu peptidifragmentteja, jotka alentavat verenpainetta.

Tässä tutkimushankkeessa on selvitetty yksityiskohtaisesti yhden tällaisen peptidin, eli alfa-laktalbumiinista eristetyn alfa-laktorfiinin, verenpainetta alentavaa vaikutusta ja sen mekanismeja.

Tavoitteena on kehittää verenpaineeseen edullisesti vaikuttavia peptidirikasteita ja funktionaalisten elintarvikkeiden raaka-aineita maitovalmisteista. Näin tämä tutkimushanke saattaa osaltaan edistää verenpainetaudin ei-lääkkeellisten hoitomuotojen kehittämistä.

Kirjallisuus

Antila, P., Paakkari, I., Järvinen, A., Mattila, M.J., Laukkanen, M. & Pihlanto-Leppälä, A. 1991. Opioid peptides derived from in vitro proteolysis of whey proteins. *International Dairy Journal* 1: 215–229.

Kahala, M., Pahkala, E. & Pihlanto-Leppälä, A. 1993. Peptides in fermented Finnish milk products. *Agricultural Science in Finland* 2: 379–386.

Meisel, H. 1998. Overview on milk protein-derived peptides. *International Dairy Journal* 8: 363–373.

Nakamura, Y., Yamamoto, N., Sakai, K., Okubo, A., Yamazaki, S. & Takano, T. 1995. Purification and characterization of angiotensin I-converting enzyme inhibitors from sour milk. *Journal of Dairy Science* 78: 777–783.

Nurminen, M.-L. 2000. Milk-derived peptides and blood pressure. *Bulletin of the IDF* 353: 11–15, 2000.

–, **Sipola, M., Kaarto, H., Pihlanto-Leppälä, A., Piilola, K., Korpela, R., Tossavainen, O., Korhonen, H. & Vapaatalo, H.** 2000. a-Lactorphin lowers blood pressure measured by radiotelemetry in normotensive and spontaneously hypertensive rats. *Life Sciences* 66: 1535–1543.

Pihlanto-Leppälä, A., Koskinen, P., Piilola, K., Tupasela, T. & Korhonen, H.J.T. 2000. Angiotensin I-converting enzyme inhibitory properties of whey protein digests: concentration and characterization of active peptides. *Journal of Dairy Research* 67: 5–64.

Pihlanto-Leppälä, A., Rokka, T. & Korhonen, H. 1998. Angiotensin I converting enzyme inhibitory peptides derived from bovine milk proteins. *International Dairy Journal* 8: 325–331.

Ryhänen, E.-L., Pihlanto-Leppälä, A. & Pahkala, E. 2001 Production of a new type of ripened cheese with bioactive properties. *International Dairy Journal*. In press.

Stefano, G.B., Hartman, A., Bilfinger, T.V., Magazine, H.I., Liu, Y., Casares, F. & Goligorsky, M.S. 1995. Presence of the μ_3 opiate receptor in endothelial cells. *Journal of Biological Chemistry* 270: 30290-30293.

Teschemacher, H., Koch, G. & Brantl, V. 1997. Milk protein-derived opioid receptor ligands. *Biopolymers* 43: 99–117.

Ruokinnan vaikutus maidon CLA-pitoisuuteen ja maitotuotteiden laatuun

Mikko Griinari¹⁾, Kevin Shingfield²⁾ & Eeva-Liisa Ryhänen³⁾

¹⁾ *Helsingin yliopisto, Kotieläintieteen laitos, PL 28, 00014 Helsingin yliopisto,
mikko.griinari@helsinki.fi*

²⁾ *MTT, Kotieläintuotannon tutkimus, Eläinravitseminen, 31600 Jokioinen. Nykyinen osoite: The University of Reading, School of Food Biosciences, PO Box 226, Reading, RG6 6AP, UK,
K.J.Shingfield@afnovell.reading.ac.uk*

³⁾ *MTT, Elintarvikkeiden tutkimus, Elintarvikekemian ja -tekniikka, 31600 Jokioinen,
eeva-liisa.ryhanen@mtt.fi*

Tämä tutkimus koostui kahdesta lehmien ruuansulatusfysiologiaan ja kahdesta maidon tuoteteknologiaan liittyvästä osiosta.

Maidon CLA ja sen esiaine vakseenihappo (VH) muodostuvat rehun tyydyttymättömien C18-rasvahappojen biohydrogenaation eli pötsipelkistykseen välituotteina. Lehmien ruuansulatusfysiologian tutkimukset perustuivat näiden välituotteiden määritykseen. Tutkimusten tavoitteena oli selvittää, missä määrin lehmien rehuun lisätty kasviöljy nostaa maidon CLA-pitoisuutta pötsin CLA-tuotantoa tehostamalla.

Märehtijän biohydrogenaation välituotteiden, eli CLA: n ja VH:n, muodostumista ei ole koskaan aikaisemmin kuvattu tällä tarkkuudella. Siksi menetelmien kehittäminen vaati erityistä tarkkuutta ja runsaasti

työtä.

Tutkimusten perusteella pötsin CLA-tuotantoa voidaan tehostaa rehuun lisätyillä kasviöljyillä. Pötsissä muodostuneen CLA:n osuus maidon CLA:sta oli suurimmillaan noin 50 %. VH-tuotantoa lisäävä ruokinta nostaa myös maidon CLA-pitoisuutta.

Tuoteteknologian tutkimuksissa tarkasteltiin, soveltuuko CLA:lla rikastettu maito voin ja juustojen valmistukseen. Lehmien rehuun lisätty rypsiöljy nosti maidon CLA-pitoisuuden yli kaksikertaiseksi. Tästä maidosta valmistettu voi ja edam-juusto olivat laadullisesti hyviä.

Jatkotutkimuksissa selvitettiin, miten voitaisiin valmistaa korkealaatuisia juustoja, ja miten juustojen CLA-pitoisuus saataisiin kohoamaan kypsytymisen aikana.

Avainsanat: maito, juustot, lehmät, ruokinta, aineenvaihdunta, rasvahapot, CLA

Alkusanat

Tässä kuvattu elintarvikeklusterin tutkimus käynnistyi vuonna 1998 osana Elintarviketeollisuuden Eläinrasvan laatu -projektiä. Projektiin osallistui laaja joukko kotieläintuotantoa lähellä olevia elintarvikealan yrityksiä. Projektin perusrahoitus saatiin Teknologian kehittämiskeskuksen Uudistuva elintarvike -tutkimusohjelmasta. Projektissa kartoitettiin laajalti eläinrasvojen ravitsemuksellista laatua.

Tutkimus toteutettiin elintarviketeollisuuden ja usean eri tutkimusalueen yhteistyönä. Maitorasvan koostumusta selvitetiin tässä raportissa kuvatussa kaksivuotisessa elintarvikeklusterin tutkimushankkeessa, jonka käytännön toteutuksesta vastasivat MTT:n Kotieläintuotannon tutkimus ja Elintarvikkeiden tutkimus.

Tässä raportissa esitetyt tulokset ovat alustavia. Lopulliset tulokset julkaistaan myöhemmin erikseen.

Johdanto

Konjugoitu linolihappo (*conjugated linoleic acid* eli CLA) on linolihapon (*cis-9, cis-12 C_{18:2}*) johdos. Maitorasvasta on tunnistettu kuusi CLA:n paikkaisomeeriä (Sehat et al. 1998). Niistä yleisin on *cis-9-, trans-11-C_{18:2}*, eli 9,11 CLA.

Maitorasvan 9,11 CLA syntyy sekä pöt-

sin biohydrogenaation eli pötsipelkistyksen välituotteena (Kepler et al. 1966) että pötsissä muodostuneen *trans-11 C_{18:1}*-rasvahapon (vakseenihappo eli VH) desaturoituessa (maitorauhasessa (Griinari et al. 2000)). Kuvassa 1 on esitetty pötsin biohydrogenaatio linolihaposta ja maidon CLA:n muodostuminen.

Kiinnostus maidon CLA-pitoisuuden nostamiseen heräsi, kun todettiin, että koe-eläinten ravintoon lisätty CLA esti karsinogeenien aiheuttamien kasvainten muodostumista. Syöväen estovaikutuksen lisäksi CLA:lla on myös muita merkittäviä fysiologisia vaikutuksia. Se estää rasvan synteesiä, ehkäisee valtimokovettumien muodostumista ja tehostaa immuunijärjestelmää Yurawecz et al. (1999). Kattavin otos tämän jälkeen julkaistuista CLA-tutkimuksista löytyy Wisconsinin yliopiston Internet-sivuilta

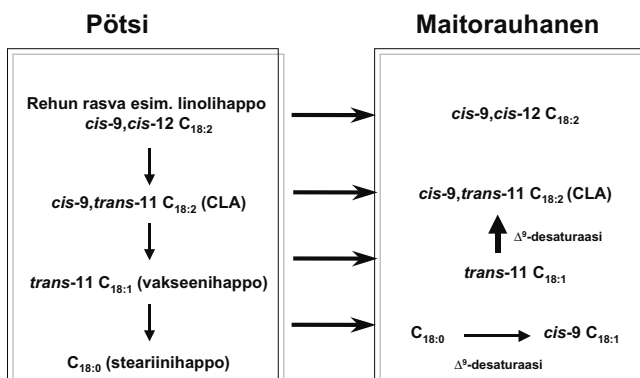
<http://www.wisc.edu/fri/clarefs.htm>

Viime vuosina on julkaistu useita tieteellisiä katsauksia, joissa on tarkasteltu lehmien ruokinnan vaikutusta maidon CLA-pitoisuuteen (Griinari & Bauman 1999, Bauman et al. 2000, Chilliard et al. 2000).

Pötsissä muodostuneen VH:n desaturation on esitetty olevan keskeisin maidon CLA-pitoisuuteen vaikuttava tekijä (Griinari et al. 2000).

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli tarkastella, voidaanko maidon CLA-pitoisuutta nostaa tehostamalla CLA:n muodostumista pötsissä.

Kuva 1. Maidon *cis-9, trans-11 CLA*:n muodostuminen. Alkuperäinen kuvio julkaistu Bauman et al. (2000).



Runsaasti linolihappoa (C18:2 *n*-6) sisältävät kasviöljyt nostavan maidon CLA-pitoisuutta tehokkaimmin (Kelly et al. 1998). Tämän uskotaan johtuvan siitä, että kasviöljyn linolihappo (esimerkiksi soijaöljyssä) tuottaa pötsissä sekä CLA:ta että VH:a biohydrogenaation välituotteena.

Linoleenihappoa (C18:3 *n*-3) on erityisesti pellavaöljyssä. Linoleenihapon biohydrogenaatio tuottaa VH:a mutta ei CLA:ta. Runsaasti öljyhappoa (C18:1 *n*-9) ja pienempiä määriä linoli- ja linoleenihappoa sisältävä rypsiöljy tuottaa puolestaan vain vähän CLA:ta ja VH:a.

Tässä tutkimuksessa verrattiin rypsi-, soija- ja pellavaöljyn vaikutusta pötsin CLA-tuotokseen (Eläinkoe 1). Lisäksi selvitettiin auringonkukkaöljyn (C18:2 *n*-6 lähde) määrän vaikutusta CLA-tuotokseen (Eläinkoe 2). Kalaöljy ei sisällä merkittäviä määriä linoli- eikä linoleenihappoa. Siitä huolimatta lehmän rehuun lisätty kalaöljy nostaa maidon CLA-pitoisuutta erittäin voimakkaasti (Offer et al. 1999, Donovan et al. 2000). Kalaöljyn vaikutus pötsin CLA- ja VH-tuotoksiin testattiin alustavasti.

Tähän mennessä on selvitetty hyvin vähän sitä, miten maidon CLA-pitoisuutta lisäävä ruokinta vaikuttaa maidosta valmistettujen elintarvikkeiden laatuun ja maidon käyttökelpoisuuteen meijeriteknologisissa prosesseissa.

CLA-maidon soveltuvuutta tuotteiden valmistukseen ja laatuun testattiin niin, että tuotettiin koe-eriä CLA-maitoa. Tästä maidosta valmistettiin voita ja juustoja.

Tutkimuksen toisessa osassa selvitettiin, miten voitaisiin valmistaa korkealaatuisia juustoja, ja miten juustojen CLA-pitoisuus saataisiin kohoamaan kypsymisen aikana.

Aineisto ja menetelmät

Ravitsemusfysiologiset kokeet

Ravitsemusfysiologisissa kokeissa käytettiin MTT:n tutkijoiden kehittämää menetelmää. Sen avulla mitataan pötsissä muodostuneiden ravintoaineiden ja rehun hajomistuuksien virtausta (Ahvenjärvi et al. 2000) Tässä tutkimuksessa määritettiin, paljonko rehuun lisätyistä rasvoista muodostui vapaita rasvahappoja ja niiden biohydrogenaatiotuotteita. Tämä tehtiin vakioimalla ruokasulan virtaus kolmen merkkiaineen yhdistelmän avulla. Tämän jälkeen tästä vakioidusta näytteestä määritettiin vapaiden rasvahappojen pitoisuus.

Vapaat rasvahapot eristettiin näytteestä kiinteäfaasiutolla. Rasvahappofraktion koostumus määritettiin puolestaan metyyliestereinä käyttäen kaasu- ja suuren erotuskyvyn nestekromatografian yhdistelmää. Tällä menetelmällä määritettyjä pötsin biohydrogenaation tuotoksia ei aikaisemmin ole raportoitu.

Eläinkoe 1:ssä lehmien rehuun lisättiin vuorokaudessa 500 grammaa rypsi-soija- ja pellavaöljyä. Eläinkoe 2:ssa lisättiin vuorokaudessa 0, 250, 500 ja 750 grammaa auringonkukkaöljyä. Kasviöljyt saatiin lahjoituksina Mildola Oy:ltä ja Elix Oil Oy:ltä (pellavaöljy).

Tuoteteknologiset kokeet

Tuoteteknologiin kokeisiin CLA-maito tuotettiin kahden 9 viikkoa kestäneen tuotantajakson aikana. Koeruhuna käytettiin Rehuraisio Oy:n valmistamaa väkirehuseosta, jota annettiin 10 kiloa vuorokaudessa. Tämä rehu sisälsi viisi prosenttia rypsiöljyä. Lehmät saivat säilörehua vapaasti, ja ruokinnan toteutunut väkirehun ja karkearehun suhde oli 50:50. Ruokinnan tavoitteena oli nostaa maitorasvan CLA-pitoisuus kaksinkertaiseksi.

Tuoteteknologiset kokeet suoritettiin kahdessa sarjassa. Ensimmäisessä sarjassa

Taulukko 1. Rehuun lisättyjen kasvirasvojen rasvahappojen saanti rehuista ja virtaus pötsistä. SEM on keskiarvon keskivirhe.

	Kontrolli	Rypsi	Soija	Pellava	SEM
Saanti rehussa, g/d					
C18:0	5	12	22	16	0,08
C18:1 <i>n</i> -9	48	284	153	116	0,22
C18:2 <i>n</i> -6	102	190	338	173	1,00
C18:3 <i>n</i> -3	209	276	260	480	3,77
Yhteensä	364	762	773	785	6,48
Virtaus pötsistä, g/d					
C18:0	297	643	644	591	29,3
C18:1 <i>n</i> -9	8,8	27,4	14,7	13,7	1,2
C18:2 <i>n</i> -6	9,1	10,0	10,2	22,1	2,0
C18:3 <i>n</i> -3	1,5	1,8	1,3	3,1	0,2
Yhteensä	316	682	670	630	38,5

testattiin CLA-maidon soveltuvuutta voin ja edam-juuston valmistukseen. Näiden tuotteiden kemiallista koostumusta ja aistinvaraista laatua tarkasteltiin.

Toisessa sarjassa valmistettiin edam-, emmental- ja cheddar-juustoja. Tutkimuksessa selvitettiin muun muassa sitä, miten hapatteiden ja keittoon ja kypsytukseen liittyvien valmistusolosuhteiden muutokset vaikuttavat tuotteiden laatuun ja CLA-pitoisuuteen.

Juustoja on tutkittu kypsymisen ja varastoinnin aikana. Lisäksi on analysoitu niiden kemiallinen koostumus, rasvahappokoostumus, mikrobiologinen ja aistinvarainen laatu. Myös mahdollista rasvan lipolyysiä ja hapettumista on seurattu. Tutkimuksen tulokset valmistuvat juustojen kypsymisen päätyttyä kevään 2001 aikana.

Tulokset ja niiden tarkastelu

Eläinkoe 1

Kun lehmien rehuun lisättiin soijaöljyä, ne tuottivat enemmän rasvaa. Muuta lehmien tuotokseen liittyvää vaikutusta rasvalisäyksillä ei ollut.

Jos kasvirasvaa lisätään liikaa, voi maidon tuotanto vähentyä, ja maidon rasva- ja valkuaispitoisuus laskea (Chilliard et al. 2000). Maidon tuotannon vähentyminen liittyy kuidun sulavuuden alenemiseen. Tässä kokeessa rasvalisäyksillä ei ollut vaikutusta neutraalidetergenttikuidun (NDF) pötsi- eikä kokonaissulavuuteen.

Rehuun lisättyjen rasvahappojen koostumus tuli selvästi esiin rasvahappojen saannin eroina. Rypsiöljy lisäsi öljyhapon, soijaöljy linolihapon ja pellavaöljy linoleenihapon saantia (Taulukko 1). Rehun C18-rasvahappojen biohydrogenaatioaste voidaan arvioida tarkastelemaalla rasvahappojen saantia rehuista suhteessa rasvahappojen virtaukseen pötsistä.

Keskimäärin 80 prosenttia rehujen tyydyttymättömistä C18-rasvahapoista pelkistyi steariinihapoksi, lähes viisi prosenttia läpäisi pötsin pelkistymättä, noin prosentti rasvahapoista poistui pötsistä isomeroituneena CLA:ksi ja noin 15 prosenttia pelkistyneenä *trans*-18:1-rasvahapoiksi (Taulukot 1 ja 2).

Näiden lukujen perusteella voidaan todeta, että biohydrogenaation aste oli varsin korkea eikä eronnut öljylisäysten välillä. Rehuun lisätty soijaöljy likipitään kaksinkertaisti 9,11-CLA:n virtauksen pötsistä (Taulukko 2).

9,11 CLA:n erityis maidossa (g/d) nousi

Taulukko 2. Pötsin biohydrogenaation väli tuotteiden muodostuminen rehuun lisättyjen kasvirasvojen rasvahapoista. SEM on keskiarvon keskivirhe.

	Kontrolli	Rypsi	Soija	Pellava	SEM
Virtaus pötsistä, g/d					
<i>cis</i> -9, <i>trans</i> -11 CLA	3,13	3,82	5,82	3,50	0,44
<i>trans</i> -10, <i>cis</i> -12 CLA	0,10	0,09	0,15	0,05	0,01
<i>trans</i> -10, <i>trans</i> -12 CLA	0,05	0,09	0,18	0,06	0,01
<i>trans</i> -11, <i>cis</i> -13 CLA	0,53	0,29	0,32	0,59	0,10
<i>trans</i> -11, <i>trans</i> -13 CLA	0,46	0,72	0,55	1,37	0,12
<i>cis</i> -12, <i>trans</i> -14 CLA	0,06	0,07	0,08	0,43	0,04
<i>trans</i> -12, <i>trans</i> -14 CLA	0,22	0,32	0,31	1,15	0,09
Kokonais-CLA	4,79	5,83	8,05	7,56	0,62
<i>trans</i> -11 C18:1	18,4	35,4	47,6	51,7	6,2
Kokonais- <i>trans</i> -18:1	41,6	106	126	140	11,5

kasviöljyä saaneiden lehmien ryhmässä (2,7; 3,8; 5,0 ja 4,2; kontrolli, rypsi-, soija- ja pellavaöljy, vastaavasti). Erot ryhmien välillä olivat ennakoitua pienempiä.

Selkeää eroa runsaasti linolihappoa (soijaöljy) ja linoleenihappoa (pellavaöljy) sisältävien öljylisäysten välille ei muodostunut. Kuten edellä todettiin, rehuun lisättyjen öljyjen rasvahapot pelkistyivät lähes täydellisesti ja siksi ryhmien väliset erot jäivät pieniksi.

Kokeessa 9,11 CLA-isomeerin osuus maidon kokonais-CLA:sta oli keskimäärin 72 prosenttia. Loppuosa jakaantui 11 muun CLA-isomeerin kesken, joista osa on listattu Taulukossa 2.

Koska lehmien ruokinnat erosivat selkeästi öljy-, linoli- ja linoleenihappopitoisuuksiltaan, maitorasvan CLA-isomeerien alkuperästä voidaan esittää alustavia arvioita.

trans-7, *cis*-9 CLA on maitorasvan toiseksi yleisin CLA-isomeeri (Sehat et al. 1998). Tässä aineistossa sitä oli keskimäärin seitsemän prosenttia maitorasvan kokonais-CLA:sta.

Pötsivirtauksen 7,9 CLA-pitoisuuden todettiin olevan pienempi kuin analyysin erotuskyky. Tämän perusteella päättelemme, että *trans*-7, *cis*-9 CLA muodostuu lähinnä maitorauhasen Δ -9-desaturatio- tuotteena.

Rypsiöljyn lisääminen lehmien rehuun

tuotti muihin öljylisäyksiin verrattuna korkeimman maitorasvan 7,9 CLA-pitoisuuden, ja siksi päättelemme, että öljyhapon biohydrogenaatio pötsissä tuottaa *trans*-7 C18:1-rasvahappoa eli 7,9 CLA:n esiainetta.

Ruokinta joka sisälsi eniten linolihappoa nosti 10,12 CLA:n tuotosta pötsissä, mikä tukee *trans*-10, *cis*-12 CLA:n alkuperästä esitettyä oletusta (Grünari & Bauman 1999).

Linoleenihapon lisäys pellavaöljyn muodossa rehuun lisäsi 11,13 CLA:n ja 12,14 CLA:n pötsituotosta.

Ensimmäistä eläinkoetta täydennettiin varsinaisen kokeen päättymisen jälkeen kalaöljyruokinnalla. Kaikki varsinaisen kokeen lehmät saivat vuorokaudessa 250 gramman annoksen kalaöljyä kolmen viikon ajan. Viimeisen viikon aikana rasvahappojen pötsivirtaukset määritettiin samalla tavoin kuin varsinaisen kokeen aikana.

Kalaöljylisäys nosti maidon 9,11 CLA-pitoisuutta. Se oli 1,8 prosenttia maidon kokonaisrasvahapoista, eli 3,5-kertainen verrattuna 500 gramman vuorokausiannoksella soijaöljyä aikaansaatuun CLA-pitoisuuteen. Tämä tulos vastaa kirjallisuudessa esitettyjä CLA-vasteita (Offer et al. 1999, Donovan et al. 2000).

Rasvahappojen biohydrogenaation väli tuotteiden tuotokset pötsissä paljastivat, että kalaöljy lisää maidon CLA-pitoisuutta, koska pötsin VH-tuotos lisääntyy. Tätä tu-

Taulukko 3. Rehuun lisätyn kalaöljyn vaikutus pötsin biohydrogenaation väli-
tuotteiden ja steariinihapon muodostumiseen. SEM on keskiarvon keskivirhe.

	Kontrolli	Kalaöljy	SEM
Virtaus pötsistä, g/d			
<i>cis</i> -9, <i>trans</i> -11 CLA	3,00	2,84	0,39
<i>trans</i> -10, <i>cis</i> -12 CLA	0,10 ^a	0,03 ^b	0,01
<i>trans</i> -11, <i>cis</i> -13 CLA	0,49 ^a	0,29 ^b	0,01
<i>cis</i> -12, <i>trans</i> -14 CLA	0,05	<0,01	-
Kokon. CLA	4,59	5,04	0,67
<i>trans</i> -11 C18:1	18,2 ^a	123 ^b	5,71
Kokonais- <i>trans</i> -18:1	40,6 ^a	184 ^b	7,26
C18:0	297	57	18,5
C18-rasvahapot yht.	365	286	30,0

Taulukko 4. Pötsin biohydrogenaation väli-
tuotteiden muodostuminen rehuun li-
sätyn auringonkukkaöljyn rasvahapoista. SEM on keskiarvon keskivirhe.

	Auringonkukkaöljyä (g/d)				SEM
	0	250	500	750	
Virtaus pötsistä, g/d					
<i>cis</i> -9, <i>trans</i> -11 CLA	1,65	3,93	8,03	9,94	1,45
<i>trans</i> -10, <i>cis</i> -12 CLA	0,07	0,14	0,19	0,29	0,06
<i>trans</i> -11, <i>cis</i> -13 CLA	0,28	0,18	0,11	0,09	0,01
<i>cis</i> -12, <i>trans</i> -14 CLA	0,02	0,02	0,02	<0,01	<0,01
Kokonais-CLA	2,47	5,05	9,69	12,35	1,66
<i>trans</i> -11 C18:1	13,9	28,2	51,3	120,6	11,6
Kokonais- <i>trans</i> -18:1	28,3	62,7	110,6	215,8	16,1
C18:0	237	408	514	672	40,5
C18-rasvahapot yhteensä	287	505	670	954	

kee se, että 9,11 CLA:n tuotos ei lisääntynyt kontrolliruokintaan verrattuna (Taulukko 3).

Kalaöljyn vaikutus VH-tuotantoon pe-
rustuu siihen, että *trans*-18:1-rasvahap-
ojen pötsipelkistys steariinihapoksi vähenee
merkittävästi (Taulukko 3).

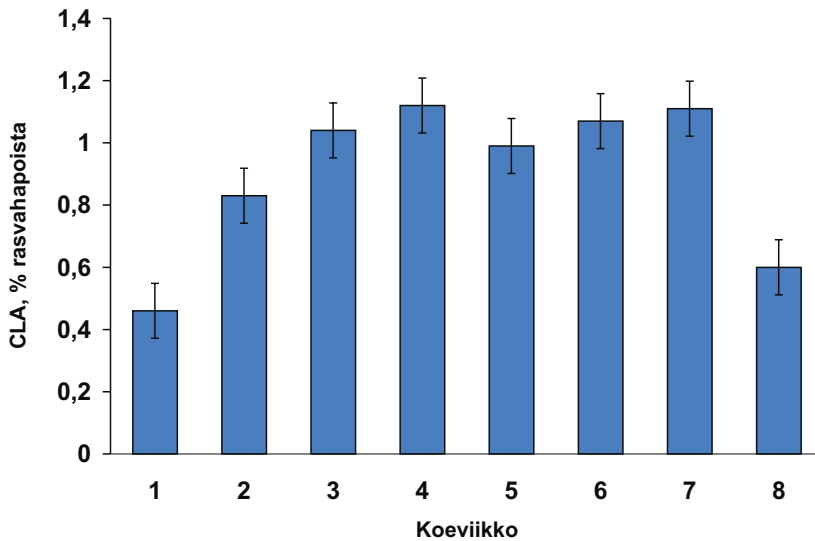
Eläinkoe 2

Tässä kokeessa lehmien rehuun lisättiin as-
teittain auringonkukkaöljyä 750 gramman
päiväannokseen asti. Vastoin odotuksia
maitotuotos nousi suoraviivaisesti rehuun
lisätyn öljymäärän kasvaessa, ja oli 16,8–

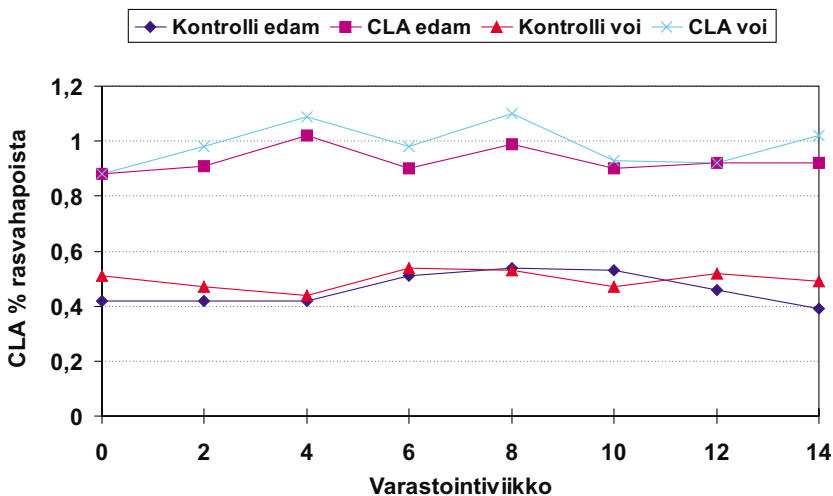
18,8 kiloa vuorokaudessa. Kun öljyä lisät-
tiin 750 grammaa vuorokaudessa, vaikutus
pötsin bakteerien toimintaan oli ilmeinen.
Pötsin etikkahappopitoisuus aleni ja pro-
pionihappopitoisuus nousi.

Kun auringonkukkaöljyä annettiin 750
grammaa päivässä, lisääntyi pötsin 9,11-
CLA:n virtaus suoraviivaisesti. Suurimmal-
la annoksella 9,11-CLA:n virtaus ylitti
kontrollitason kuusinkertaisesti, ja oli 10
grammaa vuorokaudessa (Taulukko 4).
Myös maidon 9,11 CLA:n erityys lisääntyi
kuusinkertaisesti, ja oli 8,6 grammaa vuo-
rokaudessa.

Maidon 9,11 CLA-tuotoksen annosvas-
te oli kuitenkin selkeästi käyräviivainen



Kuva 2. Maidon CLA pitoisuuden vaihtelu ruokintajakson aikana. Kuvassa on esitetty keskiarvo ja keskivirhe.



Kuva 3. Edam-juuston ja voin CLA-pitoisuus varastoinnin aikana.

ylöspäin. Tämä saattaa merkitä sitä, että pötsin VH-tuotoksen merkitys maidon 9,11 CLA:n lähteenä lisääntyi, kun aurinkokukkaöljyä annettiin enemmän.

Pötsissä muodostuneen CLA:n siirtymisen tehokkuutta maidon rasvaan voidaan arvioida suhteuttamalla 10,12 CLA-, 11,13 CLA- ja 12,14 CLA-isomeerien erityis mair-

dossa vastaavien isomeerien pötsituotokseen. Näin arvioitu siirtymätehokkuus oli keskimäärin 47 prosenttia. Pötsissä muodostuneen 9,11 CLA:n osuus maidon 9,11 CLA:sta ilmeisesti aleni öljyannoksen kasvassa, ja oli suurimmillaan noin 50 prosenttia.

Tuoteteknologiset kokeet

Tuoteteknologiaan kokeisiin tuotettiin maito kahden 9 viikkoa kestäneen tuotantokauden aikana. Maidon koostumusta ja CLA-pitoisuutta seurattiin viikoittain otetuista näytteistä. Maidon CLA-pitoisuus nousi kahdessa viikossa ruokinnan aloittamisesta yli kaksinkertaiseksi ja pysyi vakana (Kuva 2).

Maidosta valmistettujen edam-juuston ja voin CLA-pitoisuutta seurattiin varastoinnin aikana (Kuva 3). Tällöin todettiin myös tuotteiden CLA-pitoisuuden pysyvän vakana. Vastaavia tuloksia on raportoitu aiemmin (Dhiman et al. 1999).

Rehuun lisätty rypsiöljy alensi tyydyttyneiden rasvahappojen osuutta 70 prosentista 57 prosenttiin. Tyydyttymättömien rasvahappojen osuus nousi vastaavasti.

Maitorasvan tyydyttymättömät rasvahapot tekevät tuotteesta helposti hapettuvan. Siten ne saattavat heikentää tuotteen varastointikestävyyttä. Voin varastointikestävyyttä arvioitiin 14 viikon säilytyksen jälkeen vapaiden rasvahappojen ja peroksidien, eli rasvahappojen hapettumistuotteen, pitoisuutena. CLA-maidosta valmistetun voin todettiin säilyneen moitteettomana. Testivoi ja -juusto arvioitiin myös aistinvaraisesti hyvälaatuisiksi, eivätkä ne poikenneet kontrollituotteista.

Kirjallisuus

Ahvenjärvi, S., Vanhatalo, A., Huhtanen, P. & Varvikko, T. 2000. Determination of reticulo-rumen and whole stomach digestion in lactating cows by omasal canal and duodenal sampling. *The British Journal of Nutrition* 83: 67–77.

Bauman, D.E., Baumgard, L.H., Corl, B.A. & Griinari, J.M. 2000. Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants. *Journal of Animal Science*. Available from Internet: <http://www.asas.org/jas/symposia/proceedings/0937.pdf>.

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 Zootechniques* 49: 181–205.

Dhiman, T.R., Helmink, E.D., McMahon, D.J., Fife, R.L. & Pariza, M.W. 1999. Conjugated linoleic acid content of milk and cheese from cows fed extruded oilseeds. *Journal of Dairy Science* 82: 412–419.

Donovan, D.C., Schingoethe, D.J., Baer, R.J., Ryali, J., Hippen, A.R. & Franklin, S.T. 2000. Influence of dietary fish oil on conjugated linoleic acid and other fatty acids in milk fat from lactating cows. *Journal of Dairy Science* 83: 2620–2628.

Griinari, J.M. & Bauman, D.E. 1999. Biosynthesis of conjugated linoleic acid and its incorporation into

meat and milk in ruminants. In: Yurawecz, M. P. et al. (eds.). *Advances in Conjugated Linoleic Acid Research, Volume 1*. Champaign, IL: AOCS Press. p. 180–200. ISBN 1-893997-02-2.

–, **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 D-9 desaturase. *Journal of Nutrition* 130: 2285–2291.

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 *Bythirivibrio fibrisolvens*. *Journal of Biological Chemistry* 214: 1350–1354.

Offer, N.W., Marsden, M., Dixon, J., Speake, B.K. & Thacker, F.F. 1999. Effect of dietary fat supplements on levels of n-3 polyunsaturated fatty acids, trans fatty acids and conjugated linoleic acid in bovine milk. *Journal of Animal Science* 69: 613–625.

Sehat, N., Kramer, J.K.G., Mossoba, M.M., Yurawecz, M.P., Roach, J.A.G., Eulitz, K.,

Morehouse, K.M. & Ku, Y. 1998. Identification of conjugated linoleic acid isomers in cheese by gas chromatography, silver ion high performance liquid chromatography and mass spectral reconstructed ion profiles. *Lipids* 33: 963–971.

Yurawecz, M. P., Mossoba, M. M., Kramer, J. K. G., Pariza, M. W. & Nelson, G. J. 1999. *Advances in Conjugated Linoleic Acid Research. Volume 1.* Champaign, IL: AOCS Press. p. 180–200. ISBN 1-893997-02-2.

Lypsylehmien maidon juoksettumiskyvyn geneettinen tausta ja yhteydet maidontuotanto-ominaisuuksiin

Anna-Maria Tyrisevä¹⁾, Tiina Ikonen¹⁾, Outi Ruottinen¹⁾ & Matti Ojala¹⁾

¹⁾ *Helsingin yliopisto, Kotieläintieteen laitos, PL 28, 00014 Helsingin yliopisto, maria.tyriseva@animal.helsinki.fi, tiina.ikonen@animal.helsinki.fi, outi.ruottinen@animal.helsinki.fi, matti.ojala@animal.helsinki.fi*

Juustontuotannon merkitys on kasvanut viime vuosikymmeninä voimakkaasti Suomessa. Tällä hetkellä noin 40 prosenttia tuotetusta maidosta käytetään juuston tuotantoon. Tämän tutkimushankkeen tavoitteena oli selvittää, voidaanko lypsykarjanjalostuksella parantaa juustontuotannon tehokkuutta. Ensimmäisenä osatavoitteena oli arvioida maidon juoksettumisominaisuuksien perinnöllinen yhteys maidontuotanto-ominaisuuksiin ja maidon kaseiinipitoisuuteen. Toisena osatavoitteena oli paikantaa maidon juoksettumattomuutta aiheuttavat geenit naudän genomista.

Tutkimusaineisto kerättiin vuoden 1999 keväällä 10 maaseutukeskuksen alueelta, 685 karjasta. Aineisto koostui 91 ayrshire-sonnin 4 700 tyttärestä. Lehmistä 13 prosenttia tuotti juoksettumatonta maitoa. Sonnien välillä oli suuria eroja siinä, miten niiden tyttärien maito juoksettui. Juoksettumatonta maitoa tuottaneiden tyttären osuus sonnin kaikista tyttäristä vaihteli 0–45 prosenttiin sonnien välillä. Sonnien väliset suuret erot ja juoksettuman kiinteyden periytymisaste (0,26) kaksiluokkaisena muuttujana viittaavat selkeästi siihen, että maidon juoksettumattomuuden taustalla

ovat perinnölliset tekijät. Maidon juoksettumattomuutta aiheuttavien geenien kartoitustyö on edelleen käynnissä.

Vain viisi prosenttia maidon juoksettumiskyvyssä esiintyvistä vaihtelusta johtui karjojen välisistä eroista. Vastaava osuus yhden vuorokauden maitotuotoksen ja rasvapitoisuuden osalta oli 25 prosenttia.

Tämän perusteella karjojen nykyisten ruokinta- ja hoitokäytäntöjen erot näyttävät vaikuttavan vain vähän maidon juoksettumiskyvyssä esiintyvään vaihteluun. Karjan lisäksi lypsykauden vaihe, poikimakerta ja maitonäytteen ikä vaikuttivat juoksettuman kiinteyteen. Näistä lypsykauden vaihe vaikutti voimakkaimmin.

Juoksettuman kiinteyden periytymisaste oli 0,39. Se oli maidontuotanto-ominaisuuksien periytymisasteita (0,13–0,29) korkeampi, joten juoksettuman kiinteyden suora jalostus on mahdollista esimerkiksi nuorsonnien tai sonninemien jalostusvalinnan avulla.

Tämän tutkimuksen perusteella maidon juoksettumisominaisuuksilla ei ole geneettistä yhteyttä maidontuotanto-ominaisuuksiin tai maidon kaseiinipitoisuuteen. Sen sijaan utareterveyden jalostusvalinta

vaikuttaa suotuisasti maidon juoksettumiskyvyn perinnölliseen tasoon. Koska lypsykarjan pääasiallinen jalostustavoite on tällä

hetkellä maidon korkea kuiva-ainepitoisuus, nykyinen jalostusvalinta vaikuttaa vain vähän maidon juoksettumiskykyyn.

Avainsanat: maito, juoksettuminen, tuotanto-ominaisuudet, lehmät, korrelaatio, jalostusarvo, geenit

Johdanto

Juustontuotannon merkitys on kasvanut viime vuosikymmeninä voimakkaasti Suomessa. Tällä hetkellä noin 40 prosenttia tuotetusta maidosta käytetään juuston-tuotantoon (Elintarviketeollisuusliitto 2001). Suomen liityttyä Euroopan unioniin vuonna 1995 on elintarviketeollisuuden kilpailu markkinaosuuksista sekä kotimaassa että ulkomailla kiristynyt. Koska myös kotimainen juustonvalmistusteollisuus on näiden muutosten takia haasteellisessa tilanteessa, on tärkeää etsiä keinoja sen kannattavuuden parantamiseksi. Yksi mahdollinen keino on parantaa tekijöitä, jotka vaikuttavat juustonvalmistuksen tehokkuuteen.

Juustomeijereiden kannalta on tärkeää, että juustontuotantoon käytettävä maito on juoksettumisominaisuksiltaan ja koostumukseltaan hyvää ja tasalaatuista raaka-ainetta. Maidon laatua voidaan parantaa vaikuttamalla niihin ympäristötekijöihin ja teknologisiin tekijöihin, jotka vaikuttavat maidon koostumukseen ja juoksettumisominaisuuksiin tai parantamalla näitä ominaisuuksia perinnöllisesti. Näistä vaihtoehdoista eläinjalostuksen etuna on sen pysyvä ja kumulatiivinen vaikutus.

Jotta ominaisuutta voidaan parantaa geneettisesti, siinä pitää olla perinnöllistä vaihtelua. Helsingin yliopiston Kotieläintieteen laitoksen aiemmissa tutkimuksissa (esimerkiksi Ikonen 2000) on havaittu, että lehmien ja karjojen välillä on huomattavia eroja maidon juoksettumiskyvyssä. Noin 40 prosenttia eläinten välisistä eroista johtuu perinnöllisistä tekijöistä. Lisäksi noin 10

prosenttia tutkimuksissa mukana olleista ayrshire-lehmistä tuotti juoksettumatonta maitoa, eli maitoa, joka ei juoksetu 30 minuutin kuluessa juoksetteen lisäyksestä. Kun Helsingin yliopiston Viikin opetus- ja tutkimustilan ayrshire-karjan lehmiltä mitattiin maidon juoksettumiskyky kerran kuukaudessa kahden vuoden ajan, osa lehmistä tuotti jatkuvasti juoksettumatonta tai erittäin huonosti juoksettuvaa maitoa. Mikään yksittäinen, maidon juoksettumiskykyyn vaikuttava tekijä ei näyttänyt selittävän maidon juoksettumattomuutta (Tyrisevä 1999). Siksi juoksettumisominaisuuksien perinnölliseen parantamiseen ja juoksettumattomuuden syiden selvittämiseen on selvät edellytykset ja tarve.

Koska maidon juoksettumisominaisuuksien suora jalostus on tällä hetkellä mahdotonta koko lypsykarjapopulaatiossa, tutkimuksen tavoitteena oli selvittää keinoja epäsuoraan jalostukseen. Tutkimuksen ensimmäisenä osatavoitteena oli määrittää maidontuotanto-ominaisuuksien, kaseiinipitoisuuden ja juoksettumisominaisuuksien perinnölliset yhteydet. Toisena osatavoitteena oli paikantaa maidon juoksettumattomuutta aiheuttavat geenit.

Aineisto ja menetelmät

Maidontuotanto-ominaisuuksien, maidon juoksettumisominaisuuksien ja kaseiinipitoisuuden perinnöllisten tunnuslukujen arvioimiseen käytetty tutkimusaineisto hankittiin 10 maaseutukeskuksen alueen suurimmista karjoista helmi–toukokuussa

vuonna 1999. Aineisto koostui 91 ayrshire-sonnin noin 4 700 tyttären koelypsykohdaisista maidonäytteistä. Lehmät olivat peräisin 685 eri karjasta. Sonnien tytärmäärät vaihtelivat 17–274:ään. Tutkittavien ominaisuuksien perinnöllisten tunnuslukujen arviointi perustui REML-periaatteeseen ja eläinmalliin (Groeneveld 1997).

Tutkimusaineistosta valittiin 10 sonnista ja niiden 350 tyttärestä koostuva osa-aineisto genomien alustavaa kartoitusta varten. Karkeakartoituksessa käytetään selective DNA pooling -menetelmää (muun muassa Sheffield et al. 1995, Nystuen et al. 1996). Aluksi tavoitteena on paikallistaa ne kromosomit ja kromosomialueet, joissa maidon juoksettumattomuuteen liittyvät geenialueet sijaitsevat. Valittujen sonnien oletetaan olevan heterotsygootteja maidon juoksettumattomuutta aiheuttavien geenien suhteen. Kultakin sonnilta koottiin kaksi erilaista tytärten DNA-seosta; juoksettumatonta maitoa tuottavien tyttärien DNA-seos, ja erinomaisesti juoksettuvaa maitoa tuottavien tyttärien DNA-seos. Valitut sonnit ja niiden tyttärien DNA-seokset genotyyhitetään 191 mikrosatelliitin suhteen (Ojala et al. 1999, Tyrisevä et al. 2000c). Markkerien ja maidon juoksettumattomuutta aiheuttavien geenien välisen yhteyden testaus perustuu isältä perittyjen markkeriallelelien frekvenssien välisiin eroihin juoksettumatonta ja hyvin juoksettuvaa maitoa tuottaneiden tyttäryhmien välillä. Alustavien tulosten perusteella aineisto sopii rakenteeltaan erinomaisesti juoksettumattomuutta aiheuttavien geenien kartoitukseen (Tyrisevä et al. 2000a, c).

Tulokset

Maidon juoksettumiskyvyn vaihtelu

Lehmien välillä oli paljon eroja niiden maidon juoksettumiskyvyssä, samoin eroja oli sonnien tyttäryhmien sisällä ja välillä. Noin 13 prosenttia lehmistä tuotti juoksettumatonta maitoa. Juoksettumatonta maitoa

tuottavien tyttärien osuus vaihteli sonneittain 0–45 prosenttiin (Morri 2000, Tyrisevä et al. 2000a, c).

Ympäristötekijöiden vaikutukset

Lypsykauden vaiheen vaikutus kaikkiin tutkittaviin muuttujiin oli voimakas (Morri 2000). Maidon juoksettumiskyky oli parhaimmillaan lypsykauden alku- ja loppuvaiheissa, jolloin myös maidon valkuais-, kaseiini- ja rasvapitoisuudet olivat korkeimmillaan. Maidon pH oli alimmillaan aivan lypsykauden alussa, minkä jälkeen se nousi melko voimakkaasti, ja pysyi samalla tasolla koko loppulypsykauden. Soluluku oli korkeimmillaan lypsykauden alku- ja loppuvaiheissa.

Ensikoilla maidon kaseiini- ja rasvapitoisuus, pH ja soluluku olivat parempia kuin 2–3 kertaa poikineilla lehmillä. Sen sijaan 2–3 kertaa poikineilla lehmillä maidon juoksettumiskyky ja maitotuotos olivat parempia kuin ensikoilla.

Tutkimusaineiston maidonäytteet olivat varsin eri-ikäisiä, kun niiden juoksettumisominaisuudet, kaseiinipitoisuus ja pH mitattiin. Maidon pH laski ja juoksettuman kiinteyden heikkeni maidonäytteen vanhetessa. Maidon kaseiinipitoisuuteen näytteen ikä ei vaikuttanut.

Vain viisi prosenttia maidon juoksettumiskyvyn vaihtelusta johtui karjojen välisistä eroista. Vastaava osuus yhden vuorokauden maitotuotoksessa ja rasvapitoisuudessa oli noin 25 prosenttia, ja valkuais- ja kaseiinipitoisuudessa noin 16 prosenttia.

Perinnölliset tunnusluvut

Maidon juoksettuman kiinteyden (0,39), kaseiinipitoisuuden (0,35) ja pH:n (0,38) periytymisasteet, h^2 , olivat maidontuotanto-ominaisuuksien periytymisasteita (0,13–0,29) korkeampia (Morri 2000, Tyrisevä et al. 2000b).

Juoksettuman kiinteyden periytymisaste laskettiin myös siten, että juoksettuman

kiinteys muutettiin kaksiluokkaiseksi muuttujaksi; maito juoksettu, ei juoksetu. Tällöin ominaisuuden periytymisaste oli 0,26.

Esitetyt periytymisasteiden arviot ovat lievästi aliestimaatteja. Ne ovat noin 0,04–0,08 yksikköä alhaisempia kuin karjansäiset h^2 -arviot, jotka laskettiin mallilla, jossa karja oli kiinteänä tekijänä (Morri 2000).

Juoksettuman kiinteyden ja yhden vuorokauden maitotuotoksen sekä rasva-, valkuais- ja kaseiinipitoisuuden väliset geneettiset korrelaatiot olivat likimain nollia. Sen sijaan juoksettuman kiinteyden ja soluluvun (-0,45) sekä pH:n (-0,32) välinen geneettinen yhteys oli kohtalainen. Vastaavat fenotyyppiset korrelaatiot olivat pääsääntöisesti yhtä suuria kuin geneettiset korrelaatiot (Morri 2000, Tyrisevä et al. 2000b).

Sonnien jalostusarvot

Tutkituille 91 sonnille laskettiin myös juoksettuman kiinteyden jalostusarvon ennusteet. Jakauman vinoudesta johtuen huonoimmat sonnit olivat kolme hajonnanyksikköä keskitasoa heikompia, kun parhaimmisto sonneista oli vain kaksi hajonnanyksikköä keskitasoa parempia.

Sonnien kokonaisjalostusarvojen ja maidon juoksettumiskyvyn indeksien välillä ei havaittu yhteyttä; valiosonneja oli sekä juoksettumiskyvyn indeksiltään hyvien että huonojen sonnien joukossa (Morri 2000, Tyrisevä et al. 2000a).

Tulosten tarkastelu ja johtopäätökset

Lypsykauden vaihe, poikimakerta ja näytteen ikä vaikuttivat systemaattisesti ja tilastollisesti merkittävästi maidon juoksettumiskykyyn. Näistä lypsykauden vaiheen vaikutus oli voimakkain. Juoksettuman kiinteys vaihteli lypsykauden eri vaiheissa samalla tavoin kuin maidon valkuais-, kase-

iini- ja rasvapitoisuuskin.

Maidon juoksettumiskyvyn periytymisaste oli 0,39. Se oli korkeampi kuin maidontuotanto-ominaisuuksien periytymisasteet (esimerkiksi valkuaispitoisuus 0,29), joten suora jalostusvalinta maidon juoksettumiskyvyn suhteen on mahdollista. Tällä hetkellä parhain tiedossa oleva juoksettumislaitte, CRM 48 (Polo Trade, Monselice, Italy), riittäisi kapasiteetiltaan määrityksiin, joita tarvitaan sonninemien ja nuorsonnien jalostusarvojen laskemiseen.

Sen sijaan maidon juoksettumisominaisuuksien mittaaminen rutiinisti koko lypsykarjapopulaatiosta vaatisi huomattavia investointeja ja käyttökustannuksia. Koska suurin osa perinnöllisestä edistymisestä tapahtuu sonnien valinnan kautta, olisi nuorsonnien ja sonnien jalostusarvostelulla mahdollista saavuttaa geneettistä edistymistä maidon juoksettumiskyvyssä.

Mitä suurempi ominaisuuden periytymisaste oli, sitä vähäisempiä olivat ympäristötekijöistä, kuten ruokinnasta johtuvat erot karjojen välillä. Myös meijerien hinnoitteluperusteet voivat vaikuttaa karjojen välisiin eroihin eri ominaisuuksissa, esimerkiksi maitotuotoksessa. Maito hinnoitellaan tuotetun maitomäärän, maidon valkuais- ja rasvapitoisuuden sekä soluluvun mukaan. Siksi osa karjanomistajista kiinnittää erityistä huomiota lehmien ruokintaan ja hoitoon maksimoidakseen karjasta saatavan tuoton. Karjojen nykyisten ruokinta- ja hoitokäytäntöjen väliset erot näyttäivät kuitenkin vaikuttavan vain vähän maidon juoksettumiskyvyn vaihteluun.

Maidon juoksettumiskyky on tämän tutkimuksen tulosten perusteella geneettisesti riippumaton maidontuotanto-ominaisuuksista sekä maidon kaseiinipitoisuudesta. Sen sijaan utareterveyden jalostusvalinta vaikuttaa suotuisasti maidon juoksettumiskyvyn perinnölliseen tasoon. Koska lypsykarjan pääasiallinen jalostustavoite on tällä hetkellä maidon korkea kuiva-ainepitoisuus, nykyinen jalostusvalinta vaikuttaa vain vähän maidon juoksettumiskykyyn. Tämä näkyi myös siinä, ettei tutkimuksessa mukana olleiden 91 sonnien kokonaisjalos-

tusarvojen ja maidon juoksettumiskyvyn indeksien välillä ollut mitään yhteyttä.

Varsin suuri osa tutkimuksessa mukana olleista ayrshire-lehmistä tuotti juoksettumatonta maitoa. Sonnioiden väliset suuret erot niiden tyttäreiden maidon juoksettumiskyvyssä, ja juoksettuman kiinteyden periytymisaste kaksiluokkaisena muuttujana (0,26) viittaavat selkeästi siihen, että juoksettumattomuuden taustalla ovat perinnölliset tekijät, ehkä vain muutama suurivaikutteinen geeni. Maidon juoksettumattomuutta aiheuttavien geenien kantajien karsinta lypsykarjapopulaatiosta parantaisi suoran jalostusvalinnan ohella, tai sen sijaan, tehokkaasti maidon juoksettumisky-

vyn perinnöllistä tasoa. Ilmiön geneettisen taustan selvittäminen jatkuu edelleen.

Yhteistyötahot

Tutkimus toteutettiin Helsingin yliopiston Kotieläintieteen laitoksella. Rahoitus saatiin maa- ja metsätalousministeriön hanke- rahoituksena. Hankkeen yhteistyökumppaneita olivat Valio Oy, Suomen Kotieläinjalostusosuuskunta, keinosiemennysosuuskunnat, Maatalouden Laskentakeskus Oy, Tieteellisen laskennan keskus ja Liégen yliopisto Belgiasta.

Kirjallisuus

Elintarviketeollisuusliitto ry. 2001. Cited 29 January, 2001. Available from Internet: <http://www.etl.fi/>

Groeneveld, E. 1997. VCE4. User's guide and reference manual. Institute of Animal Husbandry and Animal Behaviour, Federal Agricultural Research Centre, Germany. 49 p. Updated 23 November, 1998. Cited 2 February, 2001. Available from Internet: <ftp://ftp.tzv.fal.de/pub/vce4/doc/old/>

Ikonen, T. 2000. Possibilities of genetic improvement of milk coagulation properties of dairy cows. Väitöskirja. Helsingin yliopiston kotieläintieteen laitoksen julkaisuja, No. 49. Helsinki: Helsingin yliopisto. 70 p. ISSN 1236-9837, ISBN 951-45-9553-X.

Morri, S. 2000. Maidon juoksettumis- ja tuotanto-ominaisuuksien perinnölliset tunnusluvut. Helsingin yliopiston kotieläintieteen laitoksen julkaisuja, No. 55. Helsinki: Helsingin yliopisto. 45 p. ISSN 1236-9837, ISBN 951-45-9674-9.

Nystuen, A., Benke, P.J., Merren, J., Stone, E.M. & Sheffield, V.C. 1996. A cerebellar ataxia locus identified by DNA pooling to search for linkage disequilibrium in an isolated population from the Cayman Islands. *Human Molecular Genetics* 5: 525–531.

Ojala, M., Ruottinen, O., Tyrisevä, A.-M. & Ikonen, T. 1999. Lypsylehmioiden maidon juoksettumiskyvyn vaihtelu. In: Elintarvikkeklusterin tutkimusohjelma 1997-1999, tutkimushankkeiden tiivistelmät.

Elintarvikkeklusteripäivä, Helsinki, 29.11.1999. p. 10–12.

Sheffield, V.C., Nishimura, D. & Stone, E.M. 1995. Novel approaches to linkage mapping. *Current Opinion in Genetics and Development* 5: 335–341.

Tyrisevä, A.-M. 1999. Maidon juoksettumiskyvyn vaikuttavat tekijät ja juoksettumisominaisuuksien toistuvuus. Helsingin yliopiston kotieläintieteen laitoksen julkaisuja, No. 42. Helsinki: Helsingin yliopisto. 46 p. ISSN 1236-9837, ISBN 951-45-8836-3.

–, **Morri, S., Ikonen, T., Ruottinen, O., Saarinen, K. & Ojala, M.** 2000a. Maidon juoksettumiskyvyn indeksit sonneille. *Nauta* 2: 50–52.

–, **Morri, S., Ikonen, T., Ruottinen, O., Saarinen, K. & Ojala, M.** 2000b. Genetic correlations between milk coagulation traits, casein content and milk production traits. In: Book of abstracts of the 51th annual meeting of the European Association for Animal Production, The Hague, The Netherlands, 21.-24. August 2000. No. 6. Wageningen, The Netherlands: Wageningen Pers. p. 86. ISSN 1382-6077, ISBN 9074134858.

–, **Ruottinen, O., Ikonen, T. & Ojala, M.** 2000c. Maidon juoksettumiskyvyn geneettinen tausta suomalaisessa lypsykarjapopulaatiossa. In: Maataloustieteen päivät 2000. Maaseutukeskusten liiton julkaisuja no 952. Helsinki: Maaseutukeskusten liitto. p. 35–38.

Kuluttajatutkimus

Asiakaslähtöisen laadun kehittäminen lihan ja lihavalmisteteiden tuotantoketjussa

Markku Raevuori¹⁾, Tapio Hannula²⁾, Katja Järvelä³⁾, Soili Lampolahti⁴⁾,
Markku Niemistö¹⁾, Eero Puolanne²⁾ & Jukka Rantala¹⁾

¹⁾ Libateollisuuden tutkimuskeskus, PL 56, 13101 Hämeenlinna, markku.raevuori@ltk.btk.fi,
markku.niemisto@ltk.btk.fi, jukka.rantala@lso.fi

²⁾ Helsingin yliopisto, Elintarviketeknologian laitos, PL 27, 00014 Helsingin yliopisto,
tapio.hannula@helsinki.fi, eero.puolanne@helsinki.fi

³⁾ Kuluttajatutkimuskeskus, PL 5, 00531 Helsinki, katja.jarvela@kuluttajatutkimuskeskus.fi

⁴⁾ Eläinlääkintä- ja elintarvikelaitos, PL 368, 00231 Helsinki, soili.lampolahti@eela.fi

Tässä tutkimuksessa on pyritty kehittämään lisää valmiuksia kuluttajan laatuksitykseen perustuvaan toimintaan koko lihan tuotantoketjussa. Tutkimuksessa on seitsemän osaprojektia.

Laatulihajärjestelmät antavat mahdollisuuden kehittää tuotteita ja tuotantojärjestelmiä, joissa kuluttajalähtöisyys yhdistyy lihaketjun hyvään yhteistoimintaan. Laatu-

lihajärjestelmistä oikein tiedottamalla voidaan kuluttajatytyväisyyttä lisätä sekä mielikuvalaadun että tuotteen fyysisen laadun suhteen.

Tutkimus kuuluu maa- ja metsätalousministeriön klusteriohjelmaan. Työ toteutettiin neljän tutkimuslaitoksen yhteistyönä.

Avainsanat: liha, laatu, kuluttajat, tuotanto, eläimet, hyvinvointi, teurastamot, aistinvarainen arviointi, naudanliha, jääbdytys, kustannukset

Tausta

Elintarvikkeiden tuotantoketjun lenkkejä ovat ne toimijat, jotka osallistuvat elintarvikkeen rakentamiseen sen kulkiessa pellolta kuluttajan pöytään. Nykyään ketju piirretään kaarevaksi tai ympyrän muotoon. Näin viivoilla on helpompi kuvata lenkkien välisiä yhteyksiä.

Lihaketjun lenkkejä ovat: kuluttaja lihan kypsentäjänä, kuluttaja lihan ostajana, vähittäiskauppa, suurtaloudet ja ravintolat, tukkukauppa ja jakelu, lihavalmistetuotanto, leikkaamo, teurastamo, teuraseläinkuljetus, tuotanto-olosuhteet lihatilalla, eläin-terveys, rehut ja ruokinta ja eläinainees.

Lihaketjussa on keskusteltu viime vuosina entistä enemmän toimintojen kehittämisestä ja tehostamisesta. Lihaketju nähdään

kokonaisena arvoketjuna, jossa luodaan lisäarvoa ketjun loppupäässä olevalle asiakkaalle. Niinpä useat yritykset ovat ottaneet käyttöön laatulihajärjestelmiä, joiden toivotaan tuottavan lisäarvoa kuluttajille.

Suomessa kaikki lihaketjun toimijat ovat sitoutuneet kansalliseen elintarviketuotannon laatustrategiaan. Sen julkaisi vuonna 1999 maa- ja metsätalousministeriön asettama laatujohtoryhmä (Maa- ja metsätalousministeriö 1999). Strategiassa korostetaan, että Suomen elintarviketalouden kestävä kilpailukyky perustuu laadun asiakaslähtöiseen kehittämiseen. Laatustrategian toteuttamisessa on tärkeää tuntea kuluttajien tarpeet ja odotukset, ja miten tuotantoketju toimii niiden mukaan.

Tässä tutkimuksessa on pyritty kehittämään koko lihaketjun toimintaa niin, että kuluttajan laatuksitys otetaan huomioon. Tavoitteena on ollut, että kuluttaja voisi saada yhä parempaa lihaa ja lihavalmisteita. Tärkeä on myös kuluttajien mielikuva lihan laadusta. Tähän mielikuvalaatuun vaikuttavat merkittävästi laatulihajärjestelmät ja niistä tiedottaminen. Samalla lisätään kuluttajan luottamusta lihaan.

Ulko- ja kotimaisten laatulihajärjestelmien arviointi

Lihan arviointiin käytetään monenlaisia laatulihajärjestelmiä. Ne joko liittyvät johonkin merkkituotteeseen tai eivät liity. Ne voivat toimia myös useiden merkkituotteiden yhteisenä järjestelmänä. Laatulihajärjestelmiä ylläpitävät teollisuus, kauppa tai lihan tuottajat.

Tämän hankkeen ”Asiakaslähtöisen laadun kehittäminen lihan ja lihavalmisteiden tuotantoketjussa” osaprojekti 1 oli nimeltään Ulko- ja kotimaisten laatulihajärjestelmien arviointi (Rantala 1999). Osaprojektissa arviointiin yhdeksää eri laatulihajärjestelmää (Kassler, Atria, BIS, DS, IKB,

QAB/QAP, CMA, MSA, PQA). Arvioinnin perusteina käytettiin: tuoteturvallisuutta, eläinten hyvinvointia, teollisuus- ja kuluttajalaatua sekä laatujärjestelmän hallintaa.

Nämä tekijät antoivat hyvän kuvan tutkituista järjestelmistä. Järjestelmien tavoitteet olivat kuitenkin erilaisia, joten niissä painotettiin eri tavalla arvioitavia alueita.

Meat Standards Australia (MSA) on uusi ja erityisen kuluttajalähtöisesti rakennettu australialainen naudan laatulihajärjestelmä. Se rakennettiin niin, että kuluttajat maistoivat kymmeniä tuhansia lihanäytteitä. Maistatustulokset vaikuttivat muun muassa siihen, miten ruhot leikattiin ja liha käsiteltiin.

Pohjoisamerikkalaisessa Pork Quality Assurance (PQA) -järjestelmässä kiinnitetään erityistä huomioita tuoteturvallisuuteen ja lääkeainejäämiin. Järjestelmän taustalla on kiinnostava lihatilojen HACCP-ohjelma. Tässä lihatilan omavalvontaohjelmassa tila itse on määritellyt kriittiset valvontapisteet, joita seuraamalla se valvoo tuottamansa lihan turvallisuutta kuluttajalle erityisesti lääkeainejäämien suhteen.

Kuluttajan käsitykset lihasta ja liha-alasta

Hankkeen osaprojekti 3 (osaprojektia 2 on kuvattu myöhemmin) on nimeltään Kuluttajien käsitykset lihasta ja liha-alasta, Laadullinen tutkimus (Järvelä 1998). Osaprojektissa tutkittiin kuluttajien käsityksiä ja odotuksia lihasta ja liha-alasta. Tutkimus tehtiin laadullisena tutkimuksena, jossa käytettiin ryhmäkeskusteluja. Keskusteluja oli kaikkiaan 14 ja niihin osallistui 75 kuluttajaa eri puolilta maata.

Kuluttajien keskusteluista tutkijat ymmärsivät, mitkä laatuominaisuudet ovat kuluttajille tärkeitä ja, millä perusteella kuluttajat pyrkivät valitsemaan arvostamaansa laadukasta lihaa.

Lihan laadun osat olivat:

- 1) lihan valintaa ohjaavat arvot
- 2) lihan valintakriteerit. Ne ovat valintatilanteessa havaittavia tekijöitä, jotka auttavat kuluttajaa arvioimaan lihan laatuominaisuuksia eli tekijöitä, joilla on niin sanottu välinearvo
- 3) lihan laatuominaisuudet. Ne ovat kuluttajien arvostamia lihan ominaisuuksia, joilla on niin sanottu itseisarvo
- 4) syömäläatu. Lihan laatuominaisuudet, jotka kuluttaja voi havaita tai maistaa vasta lihaa syödessään

Kuluttajan lihan valintaa ohjaavat arvot ovat turvallisuus, terveellisyys, nautinnollisuus, helppous tai mukavuus, eettisyys ja ekologisuus.

Lihan valintakriteerit ovat puolestaan tuotteen ulkonäkö, eli väri ja rakenne, hinta, alkuperä, eli kotimaisuus, alueellisuus ja paikallisuus, haju, pakattu tai pakkaamaton, marinoitu tai marinoimaton.

Lihan laatuominaisuudet ovat tuoreus ja puhtaus. Syömäläatuun kuuluvat maku ja mureus.

Kuluttajat arvostavat kotimaisessa lihassa oikeita asioita. Kuluttaja valitsee lihaa, jos hän luottaa lihaketjuun. Tätä luottamusta voidaan tukea laatulihajärjestelmissä.

Lihan aistinvaraisten ominaisuuksien määrittäminen

Hankkeen osaprojekti 5 (osaprojektia 4 on kuvattu myöhemmin) oli nimeltään Lihan aistinvaraisten ominaisuuksien määrittäminen (Lampolahti 2000). Osaprojektissa tehtiin seitsemän osatutkimusta:

- 1) Vertailu kuluttajien ja asiantuntijaraatien mielipiteistä lihan aistinvaraisesta laadusta. Kuluttajien ja asiantuntijoiden aistinvaraiset arviointitulokset olivat jokseenkin samanlaisia.

- 2) Sian ja naudan ulkofileen profiilit. Aistinarviointien tuloksina rakennettiin profiilit siten, että ensin ympyrän kehälle merkittiin tärkeinä pidetyt hajulokonäkö-, rakenne- ja makuominaisuudet. Niitä vastaavat laadun voimakkuuspisteet merkittiin sitten ympyrän säteelle keskipisteestä kehälle. Näin rakennetuissa arviointikaavakkeissa oli tärkeitä laatuominaisuuksia seuraavasti: raaka sianliha 9 kpl, kypsä sianliha 14 kpl, raaka naudanliha 8 kpl ja kypsä naudanliha 8 kpl. Profiilit tehtiin yhdistämällä eri laatuominaisuuksista annetut voimakkuuspisteet janoilla monikulmioksi.
- 3) Arvioijien valinta, testaus ja harjaantuttaminen lihan aistinvaraiseen arviointiin.
- 4) Menetelmä lihan aistinvaraiseen laadunarviointiin. Menetelmä oli laatupistetesti, ja se kuvattiin. Testi sisältää ra'an ja kypsän lihan arviointiohjeet.
- 5) Aistinvaraisen ja instrumentaalisen menetelmän vertailu lihan mureuden arvioimisessa. Instrumentaalinen leikkausvoiman mittaus (Instron-laite) sopii lihan mureuden määrittämiseen. Menetelmä vastaa hyvin aistinvaraisia arviointia.
- 6) Lihan värin mittaus Minolta Chroma Meter -laitteella. Mittaus on tehtävä aina samalla tavalla ja saman ajan kuluttua näytteen leikkaamisesta, jotta tuloksia voitaisiin vertailla keskenään.
- 7) Asiantuntijaraatien vertailu. Kaksi eri asiantuntijaraatia arvosteli samoja lihanäytteitä. Arvosteluissa oli eroja, joten tällaiset vertailut ovat tärkeitä.

Ruhon jäähdytysnopeuden vaikutus naudanlihan mureuteen

Hankkeen osaprojektin 6 nimi oli Jäähdytysnopeuden vaikutus naudanlihan mu-

reuteen (Hannula ja Puolanne 2000). Osaprojektissa selvitettiin naudan ruhojen jäädyttämistä Suomen nautateurastamoissa.

Lihan mureus on tärkeää sen syömäläadussa. Mureuteen vaikuttaa paljon teurasituksen jälkeinen ruhon jäähtymisnopeus. Haitallisinta on, jos lihas on supistunut alhaisen lämpötilan vaikutuksesta ennen kuolonkankeutta eli rigor mortista.

Tutkimuksen alussa tehdyn haastattelututkimuksen avulla valittiin varsinaiseen tutkimukseen seitsemän teurastamoaa. Niissä seurattiin naudanruhojen lämpötilan ja pH:n laskua ulkofileestä ja sisäpaistista. Lihan mureus määritettiin 5 ja 21 vuorokautta raakakypsytyistä kypsennetyistä lihasnäytteistä. Tämä tehtiin aistinvaraisen arvioinnin ja leikkausvoiman mittaamisen avulla.

Teurastamoissa ulkofileen pH oli seitsemässä asteessa joko matala (5,52–5,63), keskiuuri (5,84–5,97) tai korkea (6,16–6,17). Sellaisista teurastamoista, joissa ulkofileen pH oli korkea, tulivat sitkeimmät ulkofileet. Mureimpien ulkofileiden pH oli puolestaan matala. Sisäpaistien mureuden ja jäähdytysprosessin välillä ei tutkimuksessa havaittu olevan yhteyttä.

Tutkimuksen perusteella naudanlihan mureus vaihteli tutkituissa teurastamoissa. Lisäksi havaittiin, että pH:n mittaaminen seitsemän asteen lämpötilassa kertoo hyvin jäähdytysprosessien vaikutuksesta ulkofileen mureuteen. Jäähdytysprosessin tehoa alentamalla voitaisiinkin vähentää sitkeän lihan määrää.

Mielenkiintoinen havainto on, että osaprojektissa 1 mainittu Meat Standards Australia-laatulihajärjestelmä edellyttää siihen liittyviltä teurastamoilta ruhojen jäähdytysnopeuden hallintaa vaadittavaan mureuteen ja tasalaatuisuuteen pääsemiseksi. Käytännössä edellytys on juuri ruhon jäähtymisen ja pH arvon muuttumisen seuranta ja dokumentointi.

Liha-alan eettiset ohjeet

Hankkeen osaprojekti 2 oli nimeltään Liha-alan eettiset ohjeet (Puolanne 1999). Siinä käsiteltiin yleisesti eläinten hyvinvointia ja erityisesti teuraseläinten käsittelyä. Eläinten hyvinvointi koetaan yhä tärkeämmäksi lihan laadussa. Kuluttajat huolestuvat helposti, jos eläinten käsittelystä esiintyy laiminlyöntejä. Keskusteluissa ovat myös usein niin kutsutun tehotuotannon kotieläimille mahdollisesti aiheuttamat paineet. Eläinten hyvinvoinnin onkin oltava riittävästi esillä laatulihajärjestelmissä. Hyvinvoinnista täytyy myös kertoa kuluttajille.

Tarkasteltaessa eläinkuljetuksia teurastamoille havaittiin, että Suomessa on hyvää eläinkuljetuskalustoa, josta saisi muodostua dokumentoitu kansallinen standardi. Sen sijaan sähköpiiskaa ei tulisi enää lainkaan käyttää eläinkuljetuksissa. Eläinten hyvinvointiin vaikuttaa myös teurastushenkilöstön ammattitaito.

Toimintaohjeistus lihan laadun kehittämiseksi

Hankkeen osaprojekti 4 oli Toimintaohjeistus lihan laadun kehittämiseksi (Raevuori 2000). Siinä tarkasteltiin lihaketjun eri lenkkejä kuluttajalaadun lähtökohdista. Vaikka suomalainen lihaketju kaikkiaan on toimiva ja nykyaikainen, seuraavissa kohdissa on kehitettävää:

- 1) Tuotteiden vakiolaatuisuus kaupassa. Kuluttajan ostaman samannimisen tuotteen on oltava aina samanlainen.
- 2) Lihan mureuden hallinta. Mureuden kriittiset kontrollipisteet lihaketjussa ja niiden hallinta. Näitä ovat ainakin eläinainees, kasvunopeus, ikä, eläinten käsittely ennen teurastusta, ruhon jäähdytysnopeus sekä lihan raakakypsytyys.
- 3) Lihan kypsentaminen. Kuluttajille on tiedotettava lihan oikeasta kypsenta-

Kirjallisuus

Hannula, T. & Puolanne, E. 2000. Jäähdytysnopeuden vaikutus naudanlihan mureuteen. Helsingin yliopisto. Elintarviketeknologian laitos. EKT-sarja 622. Helsinki: Helsingin yliopisto. 86 p. ISBN 0355-1180.

Järvelä, K. 1998. Kuluttajan käsitykset lihasta ja liha-alasta; Laadullinen tutkimus. Kuluttajatutkimuskeskus. Julkaisuja 14/1998. Helsinki: Kuluttajatutkimuskeskus. 143 p. ISBN 951-698-051-1.

Lampolahti, S. 2000. Aistinvaraisten ominaisuuksien määrittäminen. Helsinki: Eläinlääkintä- ja elintarvikelaitos. Kemian osasto. 114 p. ISBN 951-98347-3-6.

Maa- ja metsätalousministeriö 1999. Elintarviketuotannon laatujohtoryhmä. Suomen elintarviketalouden laatustrategia ja -tavoitteet. Elokuu 1999, 23 p.

Niemistö, M. 2000. Toimintaohjeistuksen noudattamisen kustannusten ja hyötyjen analysointi. Lihateollisuuden tutkimuskeskuksen julkaisuja. Hämeenlinna: Lihateollisuuden tutkimuskeskus. 27 p. ISBN 951-9833-3-X.

Puolanne, E. 1999. Liha-alan eettiset ohjeet. Helsingin yliopisto. Elintarviketeknologian Laitos. EKT-sarja 1222. Helsinki: Helsingin yliopisto. 44 p. ISBN 0355-1180.

Raevuori, M. 2000. Toimintaohjeistus lihan laadun kehittämiseksi. Lihateollisuuden tutkimuskeskuksen julkaisuja. Hämeenlinna: Lihateollisuuden tutkimuskeskus. 23 p. ISBN 951-98330-2-1.

Rantala, J. 1999. Ulko- ja kotimaisten laatuohjelmien arviointi. Lihateollisuuden tutkimuskeskuksen julkaisuja. Hämeenlinna: Lihateollisuuden tutkimuskeskus. 23 p. ISBN 951-98330-1-3.

Uusien terveysvaikutteisten elintarvikkeiden hyväksyttävyy

Liisa Lähteenmäki¹⁾, Merja Isoniemi²⁾, Nina Urala¹⁾ & Eeva-Liisa Ryhänen³⁾

¹⁾ VTT Biotekniikka, PL 1500, 02044 VTT, Liisa.Lahteenmaki@vtt.fi

²⁾ Kuluttajatutkimuskeskus, PL 5, 00531 Helsinki, Merja.Isoniemi@kuluttajatutkimuskeskus.fi

³⁾ MTT, Elintarvikkeiden tutkimus, Elintarvikekemian ja -tekniikka, 31600 Jokioinen, eva-liisa.ryhanen@mtt.fi

Tässä artikkelissa kerrotaan, miten kuluttajat hyväksyvät uudet terveysvaikutteiset elintarvikkeet. Asiaa tarkastettiin ryhmäkeskustelujen ja kvantitatiivisen aistinvaraisen tutkimuksen avulla.

Mallielintarvikkeina olivat konjugoitua linolihappoa sisältävä voi, probioottinen jogurtti ja niiden perinteiset vaihtoehdot. Ryhmäkeskusteluissa selvitettiin kuluttajien näkemyksiä tuotteissa olevasta terveysvaikutuksesta ja kuluttajien tiedon tarpeita.

Kvantitatiivisessa aistinvaraisessa tutki-

muksessa 285 kuluttajaa sai uuden ja perinteisen tuotteen kotiinsa arvioitavaksi. Puolet vastaajista sai myös tietolehtisen, jossa pyrittiin vastaamaan ryhmäkeskusteluissa esille nousseihin kysymyksiin.

Kuluttajat kokivat uudet tuotteet yhtä hyväksyttäväksi kuin perinteisetkin tuotteet. Annetulla informaatiolla oli merkitystä vain uuden terveysvaikutteisen jogurtin hyväksyttävyydelle. Tuotteen aistinvarainen miellyttävyys oli tärkein tekijä arvioitaessa käyttöhalukkuutta kotikäytön jälkeen.

Avainsanat: terveysvaikutukset, elintarvikkeet, kuluttajat, asenteet, maito, tuotteet

Johdanto

Terveysvaikutteisiin elintarvikkeisiin kohdistuva kiinnostus ja tuotteiden valikoima on kasvamassa. Toistaiseksi on vain vähän tietoa siitä, miten kuluttajat suhtautuvat näihin tuotteisiin, ja miten he kokevat niihin liitetyt terveysvaikutukset.

Terveysvaikutteisten elintarvikkeiden lisäarvo perustuu pitkälti tuotteista annettavaan informaatioon, koska terveysvaikutusta ei pysty suoraan havaitsemaan tuotteesta.

Vaikka kuluttajat tuntevat yleensä epäluuloa uusia elintarvikkeita kohtaan (Pliner & Hobden 1992), tämän epäluulon uskotaan kohdistuvan muiden kulttuurien ruokien erilaiseen makuun.

Terveysvaikutteiset elintarvikkeet kilpailevat tavallisten tuotteiden kanssa tilasta kuluttajan ruokakorissa. Niiden valintaan vaikuttavat myös samat tekijät, kuten eurooppalaisessa tutkimuksessa kärkeen nousseet laatu, hinta, maku, terveellisyys ja muiden toiveet (Lappalainen et al. 1998). Terveellisyys on vain yksi valintatekijä mui-

den joukossa, joten terveysvaikutteisten elintarvikkeiden hyväksyttävyyttä tulisikin mitata tuotetasolla. Tuotetasolla vaikuttavat tietoon perustuvien valintatekijöiden lisäksi myös suoraan kokemukseen perustuva tuotteen antama aistittava mielihyvä.

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli tutkia kolmen erityyppisen uuden tuotteen hyväksyttävyyttä kuluttajien keskuudessa. Tuotteista kaksi oli terveysvaikutteisia. Tässä katsauksessa keskitytään näiden kahden tuotteen tarkasteluun. Kuluttajien halukkuutta käyttää tuotteita tarkasteltiin annettavan lisäinformaation, tuotteen aistittavan laadun ja kuluttajien asenteiden kannalta.

Aineisto ja menetelmät

Tutkittavina tuotteina olivat ternimaidosta valmistettu probioottinen jogurtti ja konjugoitua linolihappoa, eli CLA:ta, sisältävä voi sekä niiden vaihtoehtoiset perinteiset tuotteet.

Tuotteet valmistettiin MTT:ssä. Tuotteiden yhtenä valintaperusteena oli niiden oletettu terveysimago, jonka jogurtilla uskottiin olevan myönteinen ja voilla kielteinen.

Tutkimus oli kaksivaiheinen. Ensimmäisessä vaiheessa Kuluttajatutkimuskeskuksen vetämissä ryhmäkeskusteluissa sekä jogurtit että voit arvioitiin erikseen kolmessa keskustelussa. Mukana oli kaksi naisryhmää ja yksi miesryhmä. Kussakin ryhmässä oli viidestä kahdeksaan keskustelijaa. Yhteensä 43 henkilöä arvioi uutta ja perinteistä tuotetta, keskusteli uuden tuotteen mahdollisista eduista ja haitoista kuluttajan kannalta, sekä mietti kuluttajien informaation tarvetta. Ryhmäkeskusteluissa tuotteista kerrottiin niiden valmistusaineet, säilyvyys ja hinta.

Uuden jogurtin terveysvaikutukseksi kuvattiin: ”Sisältää probioottisia maitohappobakteereja, joilla on edullinen vaikutus vatsan toimintaan”. CLA-voin kerrottiin sisältävän ”tyypillisten rasvahappojen lisäksi

tavanomaista runsaammin ns. konjugoitua linolihappoa, jolla on koe-eläintutkimuksissa todettu erilaisten syöpien kehittymistä ehkäisevä vaikutus”. Samoja kuvauksia käytettiin myös kvantitatiivisessa aistinvaraisessa osassa.

Ryhmäkeskustelut litteroitiin ja niiden sisältö analysoitiin kokoamalla ja jäsentämällä keskusteluissa esitetyt kommentit ja ajatukset.

VTT Biotekniikan koordinoimassa tutkimuksen toisessa vaiheessa tuotteiden hyväksyttävyyttä tutkittiin kvantitatiivisessa aistinvaraisessa tutkimuksessa. Pääkaupunkiseudun henkilöstöravintoloista rekrytoituja vastaajia pyydettiin ensin arvioimaan kuvauksen, eli valmistusaineiden, säilyvyyden, hinnan ja mahdollisen terveysvaikutuksen perusteella, kuinka paljon he odottavat pitävänsä tuotteesta, ja kuinka halukkaita he olisivat ostamaan tuotetta.

Tämän jälkeen tuotteet arvioitiin sokkomaistamisen perusteella. Tällöin näytteet olivat koodattuja. Lopuksi vastaajat saivat uuden ja perinteisen tuotteen mukaansa kotiin, jossa näytteiden miellyttävyys ja ostohalukkuus arvioitiin uudelleen.

Lisäksi täytettiin taustakysely, jossa mitattavina asenteina olivat muun muassa uuden ruoan pelko (Pliner & Hobden 1992) ja yleinen terveys- ja mielihyvähakuisuus (Roininen et al. 1999).

Kyselyssä arvioitiin myös erilaisten välipalojen ja rasva- ja valmisteiden terveellisyttä, jogurtin ja voin käyttöuseutta sekä vastattiin sosiodemografisiin kysymyksiin.

Mieltymykset, ostohalukkuus ja asenteet arvioitiin seitsemänportaisilla päästään ankkuroiduilla asteikolla. Jogurttikyselyn palautti 151 vastaajaa ja voikyselyn 134 vastaajaa.

Puolet vastaajista sai mukaansa kotiarviointeihin lehtisen, jossa oli tietoa uuden tuotteen valmistuksesta ja terveysvaikutuksista. Kaksipuolinen, kolmeen osaan jaotettu A4-kokoinen lehtinen oli räätälöity vastaamaan niihin kysymyksiin, jotka ryhmäkeskusteluissa nousivat esiin kuluttajan kannalta tärkeinä.

Mieltymysten ja ostoaikeiden kes-

Taulukko 1. Vastaajien neofobisuus, terveys- ja mielihyvähakuisuus asennemittarien perusteella. Cronbachin alfa kuvaa mittarin luotettavuutta; luotettavuuden maksimi on 1, arvoa 0,7 voidaan pitää hyvänä ja 0,6 kohtuullisena luotettavuusarviona.

Asennemittari	teoreettinen vaihteluväli	vaihteluväli	keskiarvo	keskihajonta	Cronbach alfa
Uusien ruokien pelko	10 - 70	12 - 56	27,4	9,5	0,81
Terveyshakuisuus	8 - 56	10 - 55	37,4	9,6	0,88
Mielihyvähakuisuus	6-42	9 - 42	30,1	5,8	0,67

kiarvot ja -hajonnat laskettiin. Lisätiedon eli tietolehtisen merkitys testattiin varianssianalyysillä. Samoin sukupuolen, iän ja koulutustason merkitys testattiin varianssianalyysin avulla. Asennevääntämistä muodostettiin asennemittarit laskemalla yhteen yksittäisten väittämien pisteet (Taulukko 1). Kotona arvioitua käyttöhalukkuutta selitettiin monimuuttujaregressioanalyysissä tuotteiden miellyttävyydellä ja kuluttajien asennetaustalla.

Tulokset

Ryhmäkeskustelut

Ryhmäkeskusteluissa tuli ilmi kuluttajien tarve saada lisää tietoa uusista elintarvikkeista. Uudet termit aiheuttivat hämmennystä kuluttajien mielessä, ja keskustelijoiden mielestä termien merkitys tulisi selittää kuluttajalle.

Tiedon tarve liittyi yleensä melko käytännönläheisiin asioihin, kuten siihen, paljonko tuotetta tulisi syödä, jotta siitä saataisiin luvattu terveysvaikutus tai, säilyttääkö tuote ominaisuutensa ruoanvalmistuksessa vai, tulisiko se syödä sellaisenaan.

Uudella valmistustekniikalla tuotetut elintarvikkeet olivat kalliimpia kuin vastaavat perinteisillä menetelmillä valmistetut verrokkit. Keskustelijat olivat valmiita maksamaan kalliimman hinnan uudella valmistustekniikalla tuotetusta elintarvikkeesta,

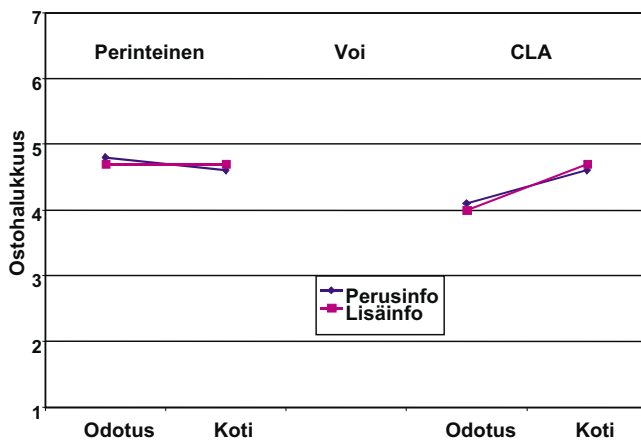
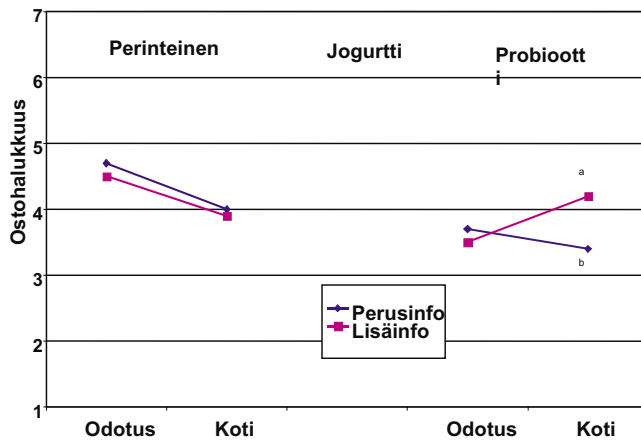
jos he henkilökohtaisesti arvostivat elintarvikkeiden terveysvaikutuksia. Jos suurimpana hyötyjänä pidettiin elintarviketeollisuutta, kalliimpaa hintaa ei ollut yhtä helppo hyväksyä.

Jos esimerkkielintarvikkeista annettu informaatio vahvisti kuluttajien aikaisempia mielikuvia tuotteesta, sen vastaanotto oli helppoa, ja informaation sisältö koettiin uskottavaksi. Keskustelijoiden mielestä jogurteilla oli jo entuudestaan vahva terveellisen elintarvikkeen imago, joten myös positiivisesti terveyteen vaikuttavat probioottiset maitohappobakteerit olivat tervetulleita lisää, varsinkin keskusteluihin osallistuneiden naisten mielestä.

Jos elintarvikkeista annettu informaatio oli ristiriidassa kuluttajien aiemmin omaksumien käsitysten kanssa, informaation vastaanotto herätti ristiriitaisia ajatuksia. Osallistujalla oli voimakas mielikuva voimakkaimman rasvan epäedullisista terveysvaikutuksista, ja tästä syystä heidän oli hyvin vaikea hahmottaa uuden terveysvaikutuksen merkitystä voimakkaimman rasvan kannalta.

Aistinvarainen kuluttajatutkimus

Alustava oletus jogurtin positiivisesta ja voimakkaimman rasvan negatiivisesta terveysimagosta vahvistui taustakyselyn yhteydessä tehdyissä tuotteiden terveellisyysarvioinneissa. Jogurtti sai arvon 4,8 ja voi 2,9, kun maksimi oli seitsemän. Uudet tuotteet arvioitiin kuitenkin terveellisemmiksi kuin vastaavat pe-



Kuva 1. Näytetuotteiden ostohalukkuus arvioituna pelkän kuvauksen perusteella (odotus) ja maistamisen jälkeen kotona. Asteikolla 1 = en ostaisi, 7 = ostaisin varmasti. Perusinformaatioryhmälle kerrottiin tuotteen valmistusaineet, säilyvyys ja hinta. Lisäinformaatioryhmä sai lisäksi ryhmäkeskustelujen pohjalta räätälöidyn tietolehtisen.

rinteiset tuotteet, sillä ternimaitojogurtti sai arvon 5,9 ja CLA-voi 4,1.

Kuluttajat muodostavat odotuksia tuotteen laadusta pelkän kuvauksen perusteella. Ennen maistamista perinteisiin jogurteihin kohdistuneet odotukset eivät täyttyneet, vaan ostohalukkuus laski maistamisen jälkeen kotiarvioinnissa.

Perinteisen voin ostohalukkuus oli kotiarvioinnin jälkeen sama kuin pelkän kuvauksen perusteella tehty arvio (Kuva 1).

Probioottisen jogurtin ostohalukkuus oli puolestaan pienempi kuin perinteisen tuotteen pelkän kuvauksen perusteella arvioituna, mutta lisäinformaatio lisäsi tuotteen hyväksyttävyyttä kotiarvioinneissa.

Sekä voista lisäinformaatiota saaneen että sitä ilman jääneen ryhmän ostohalukkuus nousi perinteisen tuotteen tasolle ko-

tiarvioinnin jälkeen. Uudet tuotteet olivat yhtä hyväksyttäviä kuin perinteisetkin tuotteet. Niiden hyväksymiselle ei ollut mitään esteitä, eikä niitä koettu kielteisinä vaihtoehtoina korkeammasta hinnasta huolimatta.

Usein jogurttia ja voita käyttävät vastaajat olivat valmiimpia ostamaan myös uudentyyppisiä jogurtti- ja voituotteita verrattuna kyseisiä tuotteita harvoin käyttäviin kuluttajiin. Kuluttajan sosiodemografisilla tekijöillä, eli iällä, sukupuolella tai koulutuksella, ei yleisesti ottaen ollut vaikutusta ostohalukkuuteen tai miellyttävyyteen.

Kuluttajien asenteita mitattiin kolmen asennemittarin avulla (Taulukko 1). Pelkän kuvauksen perusteella vähiten neofobisin eli uutuushakuisin kolmannes vastaajista oli

Taulukko 2. Kotikäytön yhteydessä arvioidun ostohalukkuuden selittäminen mieltymysarvioiden ja asennetaustan perusteella. Lihavalla merkityt standardoidut regressiokertoimet ovat tilastollisesti merkitseviä aikomusten selittäjiä ($p < 0.05$).

	Odotus- mielty- mys β	Sokko- mielty- mys β	Koti- mielty- mys β	Neo- fobia β	Terveys hakui- suus β	Mielihy- vähakui- suus β	$R^2 \times 100$
Jogurtti							
- perinteinen	0,06	0,01	0,84	0,02	-0,01	0,05	77
- probioottinen	-0,04	0,08	0,75	0,05	-0,01	0,07	62
Voi							
- perinteinen	0,16	-0,04	0,64	0,03	-0,10	0,02	52
- CLA-voi	0,16	0,10	0,64	-0,03	-0,03	-0,03	54

halukkaampi ostamaan uutta CLA-voita kuin muut vastaajat, mutta maistamisen jälkeen tätä eroa ei enää ollut. Vastaajien terveyshakuisuus ei lisännyt probioottisen jogurtin tai konjugoitua linolihappoa sisältävän voin hyväksyttävyyttä.

Toistuvan ostohalukkuuden parhaimpana ennustajana voidaan pitää kotikäytön perusteella tehtyä arviointia, koska tämä perustuu sekä tietoon että kokemukseen tuotteesta. Kotiostohalukkuutta selitti parhaiten tuotteen maun miellyttävyys kotona (Taulukko 2). Sen sijaan terveyshakuisuus ja muut asenteet eivät vaikuttaneet ostohalukkuuteen.

Tulosten tarkastelu

Informaation yhteys ostohalukkuuteen oli heikko, vaikka sen sisältö ja esittämistapa räätälöitiin ryhmäkeskustelujen pohjalta vastaamaan kuluttajien tiedontarvetta.

Uusi tuote ei sinällään ole itseisarvo kuluttajan kannalta, vaan sen on annettava kuluttajalle selvää etua. Jogurtissa tällainen etu pystyttiin havaitsemaan lisäinformaation avulla, sen sijaan voissa vastaavaa etua ei havaittu. Terveysvaikutuksen tuleekin olla tasapainossa tuotteen aikaisemman imagon kanssa. Siten tuotteen ja terveysvaikutuksen yhteensopivuus ja vuorovaikutus nousee keskeiseksi kysymykseksi tuotteiden hyväksyttävyyttä tarkasteltaessa.

Tulokset informaation vaikutuksesta tuotteiden hyväksyttävyyteen ovat olleet ristiriitaisia ja tuotekohtaisia. Kähkösen et al. (1996) tutkimuksessa kevytlevitteiden rasva- ja natriumkloridipitoisuudesta annettu informaatio lisäsi tuotteiden miellyttävyysarvioita. Terveystään huolestuneisiin ihmisiin informaatio vaikutti voimakkaammin kuin niihin, jotka eivät olleet yhtä huolestuneita terveydestään.

Tuorilan et al. (1998) tutkimuksessa uudesta välipalatuotteesta annettu informaatio vaikutti tuotteen ostohalukkuuteen, muttei sen miellyttävyteen. Tutkimuksesamme kaikille vastaajille annettiin sama perusinformaatio tuotteiden valmistusaineista, ja muun muassa rasvapitoisuudesta. Tämä on voinut osaltaan tasoittaa uuden ja perinteisen tuotteen välisiä eroja.

Uusien ruokien pelko eli neofobia vaikutti voimakuvausten perusteella tehtyihin ostohalukkuusarvioihin. Neofobia-asennemittari kuvastaa ihmisen yksilöllistä halua maistaa uusia ruokia (Pliner & Hobden 1992).

Onkin ymmärrettävä, että odotusarvioinneissa nähdyt erot hävisivät, kun osallistujat olivat joutuneet tutustumaan tuotteisiin sokkotestissä ja kotona, joskin jossain tutkimuksissa neofobia on heijastunut myös alhaisempina mieltymysarvioineina (Tuorila et al. 1994).

Vastaajat olivat jonkin verran vähemmän neofobisia (keskiarvo 27,4) kuin suomalainen väestö keskimäärin (33,9; Tuorila

et al. 2001).

Tällaiseen vapaaehtoisuuteen perustuvasta tutkimuksesta hyvin neofobiset henkilöt todennäköisesti karsiutuvat. Toisaalta uusien ruokien pelko -mittari kuvastaa haluttomuutta maistaa vieraan makuisia elintarvikkeita. Tämän vuoksi mittari ei välttämättä ennusta kovin hyvin tutkimustuotteiden käyttöhalukkuutta, koska tuotteiden aistittavat ominaisuudet ovat totutun kaltaisia. Ainoastaan niiden tuotantotapa tai koostumus poikkeavat totutusta.

Terveyshakuisuutta kuvaava asenne-mittari on kehitetty erottelemaan kuluttajia sen mukaan, kuinka paljon he ottavat ruokavalinnoissaan huomioon terveellisyyden (Roininen et al. 1999). Tämän tutkimuksen vastaajat olivat terveyshakuisuudeltaan samanlaisia kuin suomalainen väestö keskimäärin.

Terveyshakuisuusmittarin väittämät liittyvät ravitsemuksellisesti terveellisiin valintoihin. Mittari ei näytä olevan yhteydessä terveysvaikutteisten elintarvikkeiden ostohalukkuuteen. Siten elintarvikkei-

den terveysvaikutukset näyttävät vastaajien mielessä olevan eri asia kuin ravitsemuksellinen terveellisyys.

Uudet tuotteet olivat vastaajien mielestä yhtä hyväksyttävää kuin perinteiset tuotteet. He kuitenkin odottivat uuden jogurtin ja voin maistuvan vähemmän miellyttäviltä kuin perinteisten tuotteiden.

Tällaiset uusiin tuotteisiin kohdistuvat kielteiset odotukset saattavat olla ensimmäinen este niiden kokeilulle. Jos tämä vaihe voidaan ohittaa, niin tuotteen koettu aistittava laatu pääsee vaikuttamaan valinta-aikomuksiin.

Maistamisen kautta saatava suora aistinvarainen kokemus tuotteen miellyttävyydestä näyttää olevan kuluttajalle tärkeä tekijä tuotteen hyväksyttävyyttä arvioitaessa. Tämä havainto on sopusoinnussa aikaisempien tutkimusten kanssa, joissa maistamiseen perustuva mieltymys on ollut tärkeä tekijä valinta- tai käyttöaikomusten ennustamisessa (Lähteenmäki & Tuorila 1998, Arvola et al. 1999).

Kirjallisuus

Arvola, A., Lähteenmäki, L. & Tuorila, H. 1999. Predicting the intent to purchase unfamiliar and familiar cheeses: The effects of attitudes, expected liking and food neophobia. *Appetite* 32: 113–126.

Kähkönen, P., Tuorila, H. & Rita, H. 1996. How information enhances the acceptability of low-fat spread. *Food Quality and Preference* 7: 87–94.

Lappalainen R, Kearney J. & Gibney M. 1998. A pan-European survey of consumer attitudes to food, nutrition and health: an overview. *Food Quality and Preference* 9: 467–478.

Lähteenmäki, L. & Tuorila, H. 1998. Predicting the intention to use juice or milk in three contexts. *Food Quality and Preference* 9: 231–236.

Pliner, P. & Hobden, K. 1992. Development of a scale to measure the trait of food neophobia in humans. *Appetite* 19: 105–120.

Roininen, K., Lähteenmäki, L. & Tuorila, H. 1999. Quantification of consumer attitudes to health and hedonic characteristics of foods. II. *Appetite* 33: 71–88.

Tuorila, H., Andersson, Å., Martikainen, A. & Salovaara, H. 1998. Effect of formula, information and consumer characteristics on the acceptance of a new snack food. *Food Quality and Preference* 9(5): 313–320.

–, **Lähteenmäki, L., Pohjalainen, L. & Lotti, L.** 2001. Food neophobia among the Finns and related responses to familiar and unfamiliar foods. *Food Quality and Preference* 12: 29–37.

–, **Meiselman, H.L., Bell, R., Cardello A.V. & Johnson, W.** 1994. Role of sensory and cognitive information in the enhancement of certainty and liking for novel and familiar foods. *Appetite* 23: 231–246.

Uusien innovaatioiden vastaanotto elintarvikeketjussa – esimerkkinä geeniteknologian käyttöönotto ja funktionaaliset elintarvikkeet

Mari Niva¹⁾ & Mikko Jauho²⁾

¹⁾ *Kuluttajatutkimuskeskus, PL 5, 00531 Helsinki, mari.niva@kuluttajatutkimuskeskus.fi*

²⁾ *Helsingin yliopisto, Sosiologian laitos, tutkijat, PL 10, 00014 Helsingin yliopisto, jauho@valt.helsinki.fi*

Tutkimuksessa tarkasteltiin kahta elintarvikkeisiin liittyvää uutta ilmiötä – geeniteknologiaa ja terveysvaikutteisia eli funktionaalisia elintarvikkeita – markkinoilla toimijoiden ja julkisen keskustelun näkökulmista.

Kuluttajien, kaupan ja valmistajien näkemyksiä näistä innovaatioista selvitettiin ryhmäkeskustelujen ja henkilökohtaisten haastattelujen avulla. Julkista keskustelua tarkasteltiin analysoimalla aiheista vuonna 1997 käytyä lehdistökeskustelua.

Kuluttajien käsityksissä terveysvaikutteisista elintarvikkeista voidaan nähdä kaksi tasoa. Yhtäältä suhtauduttiin kriittisesti erityisten terveyttä edistävien tuotteiden tarpeellisuuteen, ja uusi kehityssuunta liitettiin osaksi teknologisoituvaa ruoantuotantoa. Toisaalta markkinoilla oleviin terveysvaikutteisiin tuotteisiin suhtauduttiin pääasiassa myönteisesti.

Kaupan ja valmistajien käsitykset terveysvaikutteisista elintarvikkeista olivat myönteisiä ja tuotteiden kysynnän uskotaan kasvavan. Kaikki tahot pitivät funktionaalisuuden määrittelemistä lainsäädännössä välttämättömänä.

Terveysvaikutteisten elintarvikkeiden

julkisuuskuva on hyvin myönteinen. Eri toimijoiden näkökulmista esillä on ollut pääasiassa kaupan ja valmistajien taloudellisiin odotuksiin keskittyvä positio, kun taas kuluttajien tuotteiden tarpeellisuutta ja hyödyllisyyttä kysyvä näkökulma on jäänyt vähemmälle.

Kuluttajien joukossa suhtauduttiin geeniteknikkaan sekä myönteisesti että kielteisesti. Kaupalle ja valmistajille oli ominaisempaa myönteinen suhtautuminen. Suhtautumiseen vaikutti olennaisesti näkemys geeniteknikan perusluonteesta.

Myönteisesti suhtautuville geeniteknikka oli jatketta tavanomaisille jalostusmenetelmille, sen riskit nähtiin pieniksi ja riskinarvioinnin menetelmin hallittaviksi. Näkemyksissä korostuivat geeniteknikan hyödyt.

Kielteisesti suhtautuvat pitivät geeniteknikkaa täysin uudenlaisena menetelmänä, jonka riskit ovat tuntemattomia ja hallitsemattomia. Eettiset pohdinnat geeniteknikan riskeistä ja hyväksyttävyydestä olivat tässä keskeisiä. Kielteisyyteen ja myönteisyyteen liittyvät näkemykset olivat hyvin erilaisia ja perustuivat toisistaan poikkeaviin lähtökohtiin.

Julkisessa keskustelussa geenitekniikan käytöstä elintarviketuotantoon korostuivat kriittiset näkökohdat. Tällöin tietyt kriittis-

elle argumentaatiolle keskeiset piirteet, lähinnä eettiset näkökohdat, jäivät kuitenkin syrjään.

Avainsanat: elintarvikkeet, geenitekniikka, julkinen keskustelu, kuluttajat, lehdistö, päivittäistavarakauppa, elintarviketeollisuus, terveys

Johdanto

Elintarvikkeiden tuotantotavat ja -teknologiat ovat muuttumassa, ja markkinoille on tulossa uudenlaisia elintarvikkeita. Kehityssuunnat ovat herättäneet viime vuosina vilkasta keskustelua.

Terveysvaikutteisten eli funktionaalisten elintarvikkeiden kehittämistä on perusteltu monin tavoin: kansalaisten terveystietoisuus on kasvussa, tutkimustieto ravinnon ja terveyden välisistä yhteyksistä lisääntyy jatkuvasti, erilaisia elintasosairauksia on entistä enemmän ja väestö ikääntyy (esimerkiksi Wrick 1995, Hasler 1996). Elintarviketeollisuudessa uusille terveyttä edistävälle tuotteille on asetettu suuria odotuksia (Kuhn 1998).

Geenitekniikan vastaanotto on ollut risiriitaisempaa. Siihen on nähty sisältyvän suuria mahdollisuuksia, mutta samalla on jouduttu pohtimaan siihen liittyviä riskejä, eettisiä kysymyksiä sekä taloudellisia ja sosiaalisia vaikutuksia.

Kuluttajien on nähty ratkaisevan uusien tekniikoiden tulevaisuuden omilla valinnoillaan markkinoilla. Kuitenkin myös muilla elintarvikealan toimijoilla, erityisesti kaupalla ja valmistajilla, on merkittävä rooli markkinoiden muotoutumisessa. Julkinen keskustelu puolestaan sekä muokkaa että heijastaa näkemyksiä uusista teknologioista.

Kuluttajatutkimuskeskuksessa toteutetussa "Uusien innovaatioiden vastaanotto elintarvikeketjussa" -tutkimushankkeessa tarkasteltiin yhtäältä elintarvikeketjun toi-

mijoiden, eli kuluttajien, kaupan ja valmistajien, käsityksiä uusista elintarvikkeisiin liittyvistä ilmiöistä, toisaalta niistä käytyä julkista keskustelua lehdistössä. Tutkimushankkeesta on julkaistu kaksi raporttia Kuluttajatutkimuskeskuksen Julkaisuja-sarjassa (Niva & Jauho 1999, Jauho & Niva 1999). Lisäksi julkaistaan tieteellisiä artikkeleita (Niva 2001).

Aineisto ja menetelmät

Toimijanäkemyksiä tutkittiin pääasiassa ryhmäkeskustelumenetelmällä. Ryhmäkeskustelut sopivat erityisesti tutkimuksiin, joissa halutaan tietoa ihmisten kokemuksista, mielipiteistä, toiveista ja huolenaiheista (esimerkiksi Morgan 1997).

Terveysvaikutteisia elintarvikkeita koskeviin kolmeen ryhmäkeskusteluun osallistui yhteensä 19 kuluttajaa Kuluttajatutkimuskeskuksen ylläpitämästä kuluttajapaneelista keväällä 1998. Terveysvaikutteisia elintarvikkeita valmistavien yritysten edustajille järjestettyyn keskusteluun osallistui viisi henkilöä yritysten tuotekehitys- ja markkinointiosastoilta. Kaupan edustajia oli yhteensä seitsemän, ja heitä haastateltiin henkilökohtaisesti.

Julkista keskustelua tarkasteltiin analysoimalla viidessä lehdessä vuonna 1997 ilmestyneet terveysvaikutteisia elintarvikkeita käsitelleet artikkelit, joita oli 148. Lehdet olivat Helsingin Sanomat, Iltalehti, Kaleva, Maaseudun Tulevaisuus ja Vihreä

Lanka. Aineisto on esitelty tarkemmin Nivan ja Jauhon (1999) julkaisussa.

Geenitekniikkaa elintarviketuotannossa koskeviin neljään ryhmäkeskusteluun osallistui 19 kuluttajaa keväällä 1998. Lisäksi tehtiin 15 henkilökohtaista haastattelua syksyllä 1999. Valmistajien ryhmäkeskusteluun osallistui seitsemän henkilöä. Kaupan edustajia haastateltiin yhteensä kuusi.

Julkista keskustelua tarkasteltiin analysoimalla edellä mainituissa lehdissä ilmestyneet 202 aihetta koskevaa artikkelia. Aineisto on esitelty tarkemmin Jauhon ja Nivan (1999) julkaisussa.

Ryhmäkeskustelu- ja haastatteluaineistot purettiin nauhoilta teksteiksi, joista aihepiireittäin rakennettiin kokonaisuuksia analyysia varten. Lehtiartikkeliaineiston analyysi seurasi diskurssianalyysin periaatteita.

Tulokset

Terveysvaikutteiset elintarvikkeet

Kuluttajat ymmärsivät funktionaalisuuden kahdella eri tavalla. Ensimmäisen ajattelutavan mukaan funktionaalisia ovat sellaiset elintarvikkeet, joissa tutkimus on osoittanut olevan terveyttä edistäviä ainesosia. Tällaisia ovat esimerkiksi monet kasvikset, hedelmät ja viljatuotteet.

Toisessa ajattelutavassa funktionaalisuus määritty teknologiseksi ominaisuudeksi: se on saatu aikaan teollisessa prosessissa. Tällöin esimerkiksi ruisleipä tai kaurapuuro eivät ole funktionaalisia, vaikka ne ovatkin terveydelle hyviä. Tällaiset elintarvikkeet nähdään osaksi terveellistä, monipuolista ruokavaliota, jonka sisälle funktionaalisuuden käsitettä ollaan haluttomia asettamaan.

Kuluttajat suhtautuivat jo markkinoilla oleviin funktionaalsiin elintarvikkeisiin pääosin myönteisesti. Tuotteisiin periaatteessa liitetyt varaukset jäsenyivät kolmen keskeisen teeman kautta. Nämä ovat kuluttajien näkemykset terveellisestä ruokava-

liosta ja ruoantuotannon teknologisoitumisesta sekä terveysvaikutteisten tuotteiden asema ruoan ja lääkkeen välissä.

Kuluttajille terveellinen ruokavalio tarkoitti monipuolisuutta, tasapainoisuutta ja kohtuullisuutta yhdistettynä tiettyjen epäterveellisinä pidettyjen aineiden, kuten rasvan ja suolan, välttämiseen. Näiden ravitsemusvalistuksenkin korostamien periaatteiden uskottiin riittävän terveellisen syömissen lähtökohdaksi.

Tästä näkökulmasta erityisiä terveysvaikutteisia elintarvikkeita pidettiin melko tarpeettomina terveille ihmisille. Ne nähtiin hyödyllisiksi lähinnä silloin, kun terveydessä on jokin ongelma. Tuotteita ei kuitenkaan osteta ainoastaan terveydellisistä syistä. Niitä saatetaan ostaa satunnaisesti, vaihtelun- ja kokeilunhalusta tavanomaisten tuotteiden vaihtoehtona. Tällöin terveysvaikutus ei ole välttämättä ensisijaisena käytön motiivina.

Ruoantuotannolta vaaditaan yhä useammin myös luonnonmukaisuutta tai yleisemmin eettisempiä tuotantotapoja tai ”luonnollisuutta”, jotka ymmärretään kemikalisoituneen ja teknologisoituneen tehomaatalouden ja elintarviketuotannon vastakohdaksi.

Funktionaaliset elintarvikkeet sijoittuivat kuluttajien näkemyksissä osaksi teknologiakehitystä, tuotteiksi, joiden terveellisyttä on keinotekoisesti parannettu. Toisin kuin tavanomaisista ruoka-aineista, uudenlaisten teknologisten tuotteiden pitkäaikaisista vaikutuksista ei ole kokemuksia. Tavallinen perusruoka mielletään taas luontaisella tavalla terveelliseksi.

Lisäksi funktionaalisten elintarvikkeiden koetaan olevan yhtäältä ruokaa ja toisaalta lääkettä. Funktionaalsiin elintarvikkeisiin, kuten lääkkeisiin, saattaa siten liittyä riskejä. Niiden käyttö on siten sekä hyödyllisyyden että riskin näkökulmasta perusteltua ainoastaan silloin, kun on olemassa jokin vaiva, jota ne voivat hoitaa.

Kaupan ja valmistajien edustajat suhtautuivat funktionaalsiin elintarvikkeisiin hyvin myönteisesti. Heidän näkökulmastaan kyseessä ovat uudet, parempia katteita

tuovat elintarvikkeet, joiden kysyntä on kasvussa. Ongelmia nähtiin lähinnä funktionaalisten elintarvikkeiden markkinointisäännöksissä, joihin vaadittiin uutta lainsäädäntöä ja selkeämpiä pelisääntöjä.

Myös mediassa funktionaaliset elintarvikkeet on otettu vastaan erittäin myönteisesti. Keskustelua on hallinnut kaupan ja valmistajien näkökulma. Uutisointi on keskittynyt uutuustuotteiden taloudelliseen potentiaaliin, ja kuluttajien myönteistä vastaanottoa on pidetty itsestään selvänä. Tuotteiden tarpeellisuudesta, sopivista käyttäjäryhmistä, oikeista käyttötavoista tai tuotteiden turvallisuudesta on keskusteltu hyvin vähän.

Geenitekniikka elintarviketuotannossa

Kaikissa toimijaryhmissä oli sekä myönteisesti että kielteisesti geenitekniikkaan suhtautuvia. Kuitenkin kuluttajat olivat taipuvaisia kriittiseen näkemykseen, jossa pohdittiin paitsi tuotetason hyötyjä ja haittoja, myös laajasti teknologian riskejä ja periaatteellista hyväksyttävyyttä. Kaupan ja valmistajien edustajien näkemyksissä puolestaan painottuvat geenitekniikan mahdollisuudet parantaa raaka-aineiden ja tuotteiden laatua. Ryhmän jäsenyys ei sinänsä kovin hyvin erotellut näkemyksiä, vaan kiinnostavimmat erot ovat myönteisen ja kielteisen suhtautumistavan lähtökohdissa ja perusteluissa.

Keskeisin ero koskee näkemystä geenitekniikan perusluonteesta. Myönteisesti suhtautuvat näkivät geenitekniikan perinteisen jalostuksen tehostettuna muotona, joka ei periaatteiltaan poikkea muista jalostustekniikoista. Kielteisesti suhtautuvat puolestaan pitivät geenitekniikkaa täysin uudenlaisena tekniikkana, joka poikkeaa perustavanlaatuisella tavalla perinteisestä jalostuksesta.

Näkemyseroon liittyy läheisesti myös suhtautuminen geenitekniikan riskeihin. Myönteisesti suhtautuvat kokivat riskit enustettaviksi ja hallittaviksi, ja riskinottoa

pidettiin välttämättömänä teknologisen kehityksen osana. Kielteisesti suhtautuville riskit taas olivat uusia, ennakoimattomia ja hallitsemattomia vaaroja, joita olemassa olevat riskinarvioinnin menetelmät eivät kykene tunnistamaan.

Kielteiseen suhtautumiseen liittyy oleellisesti näkemys siitä, että luontoa on kunnioitettava ja vaalittava, ja että teknologisoituvan maataloustuotannon sijasta olisi suuntauduttava luonnonmukaisempiin ruoantuotantomenetelmiin.

Myönteisessä suhtautumisessa teknologian roolia ei vastaavasti kyseenalaistettu vaan korostettiin sen tuomia hyötyjä.

Geenitekniikkaa koskevat kriittiset argumentit voidaan jaotella oikeus- ja seurauseettisiin. Oikeuseettiset argumentit liittyvät geenitekniikan hyväksyttävyyteen sinänsä, kun taas geenitekniikan kritisointi sen seurausten perusteella on seurauseettinen argumentti.

Usein oikeus- ja seurauseettiset pohdinnat kulkevat rinnakkain ja limittäin. Oleellista on se, että geenitekniikkaan ruoantuotannossa liittyvät eettiset kysymykset eivät pelkisty argumentteihin esimerkiksi tekniikan luonnottomuudesta, vaan kyse on myös siitä, millaisia arvoja geenitekniikan nähdään edustavan. Myös näkemyksiin riskeistä liittyy usein periaatteellista eettistä pohdintaa siitä, miten ympäristöä on kohdeltava.

Lehdistökeskustelussa geenitekniikasta elintarviketuotannossa painottuivat vuonna 1997 kriittiset näkökohdat. Kriittinen huomio kohdistui kuitenkin lähinnä sellaisiin ongelma-alueisiin, jotka ovat myös tekniikan puoltajien mielestä jossain määrin riskialttiita. Sen sijaan esimerkiksi eettiset kysymykset olivat vain vähän esillä, vaikka ne näyttävät olevan tärkeitä kansalaisten geenitekniikkaa koskevissa mielipiteissä.

Käsitykset julkisuuden tehtävistä yleensä, ja geenitekniikasta käydystä keskustelusta erityisesti, ohjaavat eri osapuolten tapaa osallistua geenitekniikasta käytyyn keskusteluun. Lehtiaineiston perusteella kriitikoiden tavoitteena on ollut tuoda aineksia kansalaiskeskusteluun ja haastaa eri tahot mieli-

piteenvaihtoon. Kriitikin kohteet puolestaan ovat korostaneet tiedon jakamista ja pyrki-
neet rauhoittamaan mielipiteenvaihtoa.

Tulosten tarkastelu

Funktionaalisten elintarvikkeiden määrän odotetaan lisääntyvän tulevaisuudessa. Niille ennustetaan menestystä ja kasvavaa kysyntää terveystietoisten kuluttajien keskuudessa.

Terveysvaikutteiset tuotteet keskittyvät yksilön hyvinvointiin. Kuluttajille ovat kuitenkin tärkeitä monenlaiset syömiseen ja ruokaan liittyvät asiat. Yhä enemmän keskustellaan myös yhteisöllisistä kysymyksistä, kuten ruoantuotannon ympäristövaikutuksista ja etiikasta. Terveysvaikutteisten elintarvikkeiden hyväksyttävyyden edellytyksenä on, että ne sopivat käyttäjänsä muihin arvostuksiin ja ruokatottumuksiin.

Kuluttajien käsityksiä geeniteknikasta on usein selvitetty kyselytutkimuksissa tarkastelemalla sitä, näkevätkö kuluttajat teknikassa riskejä, hyötyjä tai eettisiä ongelmia, tai kuinka suurina näitä ulottuvuuksia pidetään.

Tämän tutkimuksen perusteella voi-

daan kuitenkin sanoa, etteivät näkemuserot geeniteknikasta perustu oletettujen hyötyjen, riskien tai eettisten kysymysten olemassaoloon tai suuruuteen sinänsä. Sen sijaan näkemuserojen taustalla on perustavanlaatuisia eroja siinä, millaiseksi geeniteknikan perusolemus hahmotetaan, millaisella teknologialla ruokaa halutaan tuotettavan ja millainen riskinotto katsotaan hyväksyttäväksi.

Geeniteknikan kannattajien ja vastustajien on vaikea ymmärtää toistensa näkökantoja, sillä heidän lähtökohtansa ovat täysin erilaiset. Siksi keskustelun avoimuus ja myös näkemysten taustalla olevien lähtökohtien ja vakaumusten esiin nostaminen olisi tärkeää.

Kuluttajien käsityksissä funktionaalisista elintarvikkeista ja geeniteknikan käytöstä elintarviketuotantoon on samantyyppisiä piirteitä siitä huolimatta, että niitä on ainakin toistaiseksi kehitetty erillään.

Teknologisuuden ja luonnollisuuden vastakkainasettelu, uusien innovaatioiden tarpeellisuuden kyseenalaistaminen, samoin kuin uusien tuotteiden turvallisuuden ja luotettavuuden pohtiminen, ovat keskeisiä molemmissa. Näihin kysymyksiin on kiinnitettävä entistä enemmän huomiota uusia teknologioita ja tuotteita kehitettäessä.

Kirjallisuus

Hasler, C. M. 1996. Functional foods: the Western perspective. *Nutrition Reviews* 54: 6–10.

Jauho, M. & Niva, M. 1999. Riski vai tulevaisuuden lupaus? Geeniteknikkaa elintarviketuotannossa koskevat käsitykset ja julkinen keskustelu. Kuluttajatutkimuskeskuksen julkaisuja 5/1999. Helsinki: Kuluttajatutkimuskeskus. 170 p. ISSN 0788-5415, ISBN 951-698-059-7.

Kuhn, M. E. 1998. Functional foods overdose? *Food Processing* 59: 21–30.

Morgan, D. L. 1997. Focus groups as qualitative research. Second Edition. *Qualitative Research Methods Series 16*. Newbury Park: SAGE Publica-

tions. 80 p. ISBN 0-7619-0343-7.

Niva, M. 2001. Gene technology in food production and lay understandings of risks. *Julkaisematon käsikirjoitus* 1.2.2001.

– & **Jauho, M.** 1999. Ruoan ja lääkkeen välimaastossa. Funktionaalisia elintarvikkeita koskevat käsitykset ja julkinen keskustelu. Kuluttajatutkimuskeskuksen julkaisuja 2/1999. Helsinki: Kuluttajatutkimuskeskus. 153 p. ISSN 0788-5415, ISBN 951-698-056-2.

Wrick, K. L. 1995. Consumer issues and expectations for functional foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 35: 167–173.

Kotien ruokatalous 2000 – toteutuneet trendit ja tulevaisuus

Johanna Varjonen

Kuluttajatutkimuskeskus, PL 5, 00531 Helsinki, johanna.varjonen@kuluttajatutkimuskeskus.fi

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää suomalaisten ruokatottumuksia, ruokatalouden hoidon tapoja ja niiden muutoksia.

Tutkimuksen ensimmäisessä osassa selvitettiin toteutuneita muutoksia kirjallisuuden ja kvantitatiivisten sekundaariaineistojen avulla. Näitä olivat markkinatutkimuslaitosten kotitalouksille vuosina 1980–1997 tekemät kyselyt ja kaupan markkinatrendit, joiden alkuperäisaineistoista muokattiin mahdollisuuksien mukaan aikasarjoja.

Tutkimuksen toisessa osassa koottiin kvalitatiivinen aineisto ensimmäisessä osassa esille tulleiden näkemysten syventämiseksi ja tulevaisuuden suuntausten selvittämiseksi.

Kuluttajien lisäksi haastateltiin kaupan ja elintarviketeollisuuden edustajia, ruoka-toimittajia, kotitalousopettajia ja ravitsemusterapeutteja.

Kaupan ja teollisuuden edustajien haastattelut olivat yksilöllisiä teemahaastatteluja ja muut ryhmähaastatteluja. Yhteensä haastatteluihin osallistui 39 henkilöä.

Kvantitatiivisten aineistojen mukaan suurimmat muutokset ruokatalouden hoidossa olivat vaihtoehtojen lisääntyminen ja nopeutta ja vaivattomuutta korostavan eli

convenience-suuntauksen vahvistuminen.

Ruoka ostetaan yhä pitemmälle prosessoituina aineksina tai valmiina aterioina. Kuluttajat ovat myös muuttaneet ruokatottumuksiaan aiempaa terveellisemmiksi vähentämällä erityisesti makeiden leivonnaisten, suolan ja rasvan käyttöä.

Myös kvalitatiivisen tutkimusosan tulokset osoittavat, että elämisen rytmin nopeutuminen ja yksilöllisyyden korostaminen suosii jatkossakin convenience-kehitystä eli nopeutta ja vaivattomuutta ruokatalouden hoidossa ja ruokailuissa. Tämän ohella ruoasta etsitään elämyksiä joko seuraamalla viihteellisiä ruokaohjelmia tai tekemällä ruoanlaitosta harrastus.

Kuluttajat uskovat eettisyyden ja ekologisuuden vahvistuvan tulevaisuuden ruoantuotannossa. Tuottajat ja kauppa suhtautuvat varauksellisemmin, koska epäilevät, että kuluttajilla ei ole todellista tarvetta näin tuotetuille tuotteille. Kauppa ja teollisuus puolestaan uskovat terveellisyyteen trendinä vahvemmin kuin kuluttajat, jotka kokevat terveellisyysohjeiden noudattamisen vaikeaksi. Kuluttajat toivovat myös, että heillä säilyisi mahdollisuus ”tietää mitä syövät”.

Avainsanat: elintarvikkeet, ruokatottumukset, ruokatalous, terveellisyys, luomutuotteet

Johdanto

Elinkeinoelämän rakennemuutos, väestön maassamuutto, teknologian kehittyminen ja sen vaikutukset työelämään ovat heijastuneet myös kotitalouksien ruokatalouden hoitoon ja sen kanssa vuorovaikutteiseen ilmiöön, ruokatottumuksiin.

Ruokatottumusten muutoksia on tutkittu runsaasti yksittäisten tieteenalojen näkökulmista tai markkinanäkökulmasta. Esimerkiksi suomalaisista Helakorpi et al. (1997, 1998), Mäkelä (1994) ja Tennilä (1995) ovat tutkineet aiheetta.

Markkinatutkimuslaitosten tekemät tutkimukset eivät ole olleet julkisia, joten niistä on voinut saada tietoa pääosin vain lehdistön välityksellä. Tästä syystä on haluttu tehdä tutkimus, jossa tarkastellaan laaja-alaisesti ruokatottumuksissa toteutuneita muutoksia ja niiden tulevaisuutta.

Tutkimuksen tavoite

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää ruokatottumusten muutosta ja tulevaisuuden suuntauksia ottaen huomioon kuluttajien, elintarviketeollisuuden ja kaupan näkökulmat. Tutkimuksessa haluttiin kiinnittää huomiota myös kotien ruokatalouden hoitoon ja sen yhteyksiin ruokatottumusten muutoksiin.

Tutkimuksen tulkintakehyksenä käytettiin Finen et al. (1996) ajatusmallia, jossa ruokatottumuksiin vaikuttavia tekijöitä tarkastellaan sekä makro- että mikrotasolla.

Makrotason vaikuttajia ovat ruokaan liittyvä informaatio, elintarvikkeiden saatavuus eli kauppojen valikoimat ja elintarvikkeiden taustalla oleva tuotantoketju.

Mikrotason vaikuttajia ovat kotitalouksien voimavarat, niiden käyttötilanteet ja kuluttajien ruokaan liittämät arvostukset.

Menetelmä ja aineistot

Tutkimuksen ensimmäisessä osassa käytettiin kvantitatiivisia sekundaariaineistoja.

Päälähteinä olivat markkinatutkimuslaitosten eli Taloustutkimus Oy:n ja Elin-tarviketieto Oy:n kotitalouksille vuosina 1985–1997 tekemien kyselytutkimusten alkuperäiset aineistot, A.C.Nielsenin tätä tutkimusta varten kokoamat kaupan markkinatrendit tuoteryhmittäin ja tiedot tuotevarianttien määrän muutoksista, samoin tuoteryhmittäin, vuosina 1980–1997. Näistä muokattiin mahdollisuuksien mukaan aikasarjoja.

Lisälähteenä käytettiin Tilastokeskuksen laskelmia kotitalouksien kulutuksesta.

Aineistoja tarkasteltiin rinnakkain ja muutoksista tehtiin tulkintoja vertaamalla aikasarjoja myös muuhun saatavilla olevaan kirjallisuuteen (muun muassa Warde 1997, Meiselman 1996, Land 1998). Kyselyaineistojen katsottiin tuottavan mikrotason tietoja. A.C.Nielsenin kokoamien aikasarjojen kehitys puolestaan kuvasi tarjonnan ja kysynnän kehitystä makrotasolla.

Tutkimuksen toisessa osassa koottiin kvalitatiivinen aineisto, jonka avulla haluttiin syventää kvantitatiivisista aineistoista saatuja näkemyksiä ja selvittää tulevaisuuden suuntauksia.

Ruokaketjun eri toimijaosapuolina haastateltiin kuluttajia, kaupan ja elintarviketeollisuuden edustajia, ruokatoimittajia, kotitalousopettajia ja ravitsemusterapeuteja.

Kaupan ja teollisuuden edustajien haastattelut olivat yksilöllisiä teemahaastatteluja ja muut ryhmähaastatteluja. Haastattelujen teemoina olivat tutkimuksen ensimmäisessä osassa esille nousseet trendit: ruoanvalmistuksen nopeus ja vaivattomuus, eettisyys ja ekologisuus sekä terveellisyys. Trendien muotoutumiseen vaikuttavina teemoina esille otettiin teknologian kehitys, ruokaan liittyvä tiedonvälitys ja elämäntavan muutos.

Tulokset

Kvantitatiiviset aineistot osoittivat, että kuluttajat valmistavat itse vähemmän ruokaa. Samalla he käyttävät enemmän valmiita ruokia.

Samanaikaisesti myös kauppojen valmisruokavalikoimat ovat merkittävästi kasvaneet. Silloinkin kun ruokaa valmistetaan itse, raaka-aineina käytetään yhä enemmän nopeasti kypsyyviä tuotteita, jotka tarvitsevat mahdollisimman vähän esikäsittelyä.

Kuluttajat käyttävät myös vähemmän epäterveellisiksi tiedettyjä ruoka-aineita, eli rasvaa, sokeria ja suolaa. Myös makeita leivonnaisia valmistetaan ja nautitaan selvästi vähemmän.

Ikä ja perhevaihe vaikuttaa ruokatalouden hoitoon. Nuoremmat ikäluokat eli alle 45-vuotiaat käyttävät nopeasti valmistuvia raaka-aineita enemmän kuin vanhemmat, eli yli 45-vuotiaat. Tästä voidaan päätellä, että monet perinteisiä menetelmiä ja raaka-aineita sisältävät ruokalajit saattavat ennen pitkää kadota ruokakulttuuristamme.

Haastattelut vahvistivat edellä mainittuja tuloksia. Elämisen rytmi on nopeutunut ja yksilöllisyyttä korostetaan jatkuvasti. Siksi ruokatalouden on oltava helppoa ja vaivatonta.

Ruoanvalmistus pakkona ja velvollisuutena vähenee. Niiden tilalle tulee kuitenkin harrastuksenomainen ruoanlaitto, josta haetaan elämyksiä ja uutta kiinnostavaa tietoa. Niitä hankitaan uusista mauista, kaukomaihin suuntautuvilta makumatkoilta ja erikoisravintoloista. Elämys on kuitenkin myös se, että voi tehdä itse kiinnostavaa ruokaa ilman kiirettä ja miellyttävässä seurassa. Tämä koskee kuitenkin verrattain pientä osaa väestöstä.

Vaatimattomammassa muodossa elämyksiä saadaan katselemalla viihteellisiä ruokaohjelmia televisiosta tai kauniita ruokakuvia lehdistä. Ruokaa koskevien tietojen ja taitojen polarisoitumiskehitys etenee, sillä myös niiden talouksien määrä on lisääntymässä, joissa ei välitetä eikä osata valmistaa ruokaa. Näillä on myös vaikeuksia ottaa

vastaan tietoa tuotteiden terveellisyydestä.

Kuluttajat uskovat ruoantuotannon eettisyyden ja ekologisuuden vahvistuvan tulevaisuudessa. Luomuruoan lisääntyminen on tästä selvä osoitus.

Kaupan ja elintarviketeollisuuden edustajat ovat varovaisia kannanotoissaan. He epäilevät, että kuluttajat eivät ole valmiita maksamaan tarvittavaa lisähintaa. Heidän käsityksensä perustuu siihen, että luomuruokaa tarjotaan enemmän kuin sille on kysyntää kaupoissa.

Kaikki haastatellut ovat yksimielisiä siitä, että ruokaskandaalien ravistelemassa Euroopassa olisi kysyntää puhtaalle suomalaiselle ruoalle. Sen pitäisi olla luomua, sillä tavanomaisesti tuotetun ruoan paremmuutta muiden maiden vastaavaan on vaikea osoittaa.

Mikään osapuoli ei kuitenkaan katso voivansa kohdistaa riittävästi varoja suomalaisen luomubrandin luomiseen. Ensin tarvittaisiin riittävästi kysyntää omassa maassa, että tuotanto voisi laajeta vientiin asti.

Kuluttajat ja ruokainformaation välittäjät luottavat suomalaisen ruoantuotannon eettisyyteen. Heillä on idealistinen kuva maaseudun elämästä, jossa elinkeinon jatkuminen sukupolvelta toiselle takaa ruoan tuotannon eettisyyden ja ekologisuuden. Tämä näkyy suomalaisen ruoan arvostamisena: ”Ostan mieluummin kotimaista, jos sitä vaan on tarjolla.”

Elintarviketeollisuuden ja kaupan edustajat uskovat vahvasti terveellisyyteen. He uskovat myös sen tuovan tuotteille lisäarvoa kuluttajien mielissä.

Kuluttajille terveellisyys merkitsee muutakin kuin vain oikeanlaista ravintosisältöä. Ruoka ei saa sisältää allergisoivia ainesosia, säilöntäaineita, jäämiä tai geneettisesti muunneltuja ainesosia. Terveellisyyteen liittyy siten käytön turvallisuus.

Kuluttajat kokevat myös, että terveellisyysohjeiden mukaan on vaikea elää, sillä muu ympäristö, kaupan valikoimat ja mainonta pursuavat epäterveellisiä tuotteita. Ruokaa on helposti saatavilla kaiken aikaa ja melihalut voi toteuttaa välittömästi.

Ruoka-alan asiantuntijat uskovat, että

terveellisen ruoan koostaminen on tullut ja tulee vaikeammaksi, sillä käytettäessä valmiita aterioita tai niiden komponentteja on vaikea tietää, mitä terveydelle tärkeitä aineksia niissä on sopivasti, mitä liikaa tai mitä liian vähän.

Aiemmin monipuolinen ja terveellinen ruokavalio sisältyi perinteiseen ateriamalliin, joka sisälsi esimerkiksi liha- tai kalakeiton, marjajälkiruoan ja lisänä oli leipää ja maitoa. Nyt kokonaisuuden hahmottaminen on vaikeaa. Uusien tuotteiden valikoima kasvaa ja tuotteet vaihtuvat. Tämä luo terveysvalistukselle aivan uusia haasteita.

Allergioiden ja lisäaineiden välttäminen luo ruoka-alan asiantuntijoiden mukaan tarvetta uudentyypisille tuotteille, jotka ovat ”riisuttuja”, hyvin pelkistettyjä ja joiden raaka-aineet ovat lähellä tuotettuja. Tällaisia makkaratuotteita on jo olemassa, mutta sellaisia toivotaan myös muihin tuoteryhmiin.

Ruokaketjun eri toimijatahot esittivät erilaisia näkemyksiä siitä, miten ja millaista tietoa kuluttajilla olisi oltava saatavilla.

Kaupan edustajat eivät näe mahdolliseksi uudistuksia, jotka lisäävät kaupan kustannuksia. Toisin kuin elintarviketeollisuuden edustajat he eivät innostu kaupassa olevasta tietokoneesta, josta asiakkaat voisivat lukea tuotekohtaista informaatiota. Heidän mielestään se ei olisi kustannustehokasta. Ongelmaksi koetaan myös tiedon oikeellisuuden varmistaminen ja tiedon hallinta.

Kuluttajat toivovat, että he voisivat tehdä päätelmiä tuotteiden laadusta ja säilyvyydestä omin aistein tarvitsematta luottaa älypakkauksiin tai älykkäisiin jääkaappei-

hin. Kuluttajia hämmentävät pitkään säilyvät tuotteet, joiden säilymisen syytä he eivät tiedä.

Päätelmät

Tulevaisuudessa ovat vahvoja tai voimistuvat sellaiset suuntaukset, joita usea ruokasysteemin toimijaosapuoli tukee. Esimerkiksi ruokatalouden hoidon vaivattomuutta korostava suuntaus saa tukea kaupungistumisesta, yhteiskunnan yksilöitymiskehityksestä, vaihtelunhalun kasvamisesta ja elämisen rytmin nopeutumisesta. Sitä tukee myös teknologian kehittyminen elintarvikkeiden valmistuksessa, säilytyksessä ja jakelussa.

Eettisyyden ja ekologisuuden asemaa ruoantuotannossa ja jakelussa vahvistaa tietoisuus kansallisesta ja kansainvälisestä sitoutumisesta kestäväen kehityksen periaatteisiin. Tiedotusvälineet ovat pitäneet kestäväen kehitykseen sitoutumisen tärkeyttä esillä, mutta se ei ole riittänyt tuomaan kuluttajille selkeitä valintavaihtoehtoja eettis-ekologisesti ja tavanomaisesti tuotettujen tuotteiden välillä.

Kaupan edustajien mukaan kaikki valikoiden tuotteet pyritään valitsemaan siten, että eettisyyden ja ekologisuuden vaatimukset täyttyvät. Tapauksia epäeettisestä tai epäekologisesta tuotannosta nostavat esille tiedotusvälineet, sattumanvaraisestikin. Tieto on ollut osittain ristiriitaista. Euroopan unionia ravistelleet ruokakriisit todennäköisesti tulevat laukaisemaan uudenlaisen kehityksen tässä suhteessa.

Kirjallisuus

Tutkimuksesta laaditut julkaisut

Varjonen, J. Trendejä vai kaaosta? Ruokatottumusten ja ruokataloudenhoidon muutokset 1980- ja 1990-luvuilla. Julkaisuja 2/2000. Helsinki: Kuluttajatutkimuskeskus. 122 p.

Varjonen, J. Elämyksiä, terveyttä, vaihtelua – 2000-luvun ruokatrendejä. Kuluttajatutkimuskeskus. Painoon menossa oleva käsikirjoitus.

Fine, B., Heasman, M. & Wright, J. 1996. Consumption in the age of affluence. *The World of food*. London, New York: Routledge. 305 p. ISBN 0-415-13579-6.

Helakorpi, S., Uutela, A., Prättälä, R., Berg, A.-M. & Puska, P. 1997. Suomalaisen aikuisväestön terveyskäyttäytyminen, kevät 1997. Kansanterveyslaitoksen julkaisuja B. Helsinki: Kansanterveyslaitos. 206 p. ISSN 0359-3576;10. ISBN 951-740-072-1.

–, **Uutela, A., Prättälä, R. & Puska, P.** 1998. Suomalaisen aikuisväestön terveyskäyttäytyminen, ke-

vät 1998. Kansanterveyslaitoksen julkaisuja B. Helsinki: Kansanterveyslaitos. 194 p. ISSN 0359 3576;10. ISBN 951-740-101-9.

Land, B. 1998. Consumers' dietary patterns and desires for chance. MAPP Working paper no 31. March 1998. Århus: Institut for markedsökonomi: Roskilde University Centre. 69 p. ISSN 0907-2101;31.

Meiselman, H. L. & McFie, H. J. H. 1996. Food choice, Acceptance and Consumption. London: Blackie Academic & Professional. 397 p. ISBN 0-7514-0192-7.

Mäkelä, J. 1994. Kunnan ateria, Naisten käsityksiä ruoasta. Sosiologian lisensiaattityö. Helsingin yliopisto. Käsikirjoitus.

Tennilä, L. 1995. Kotitalouksien kulutusmenot 1966-1990. SVT. Tulot ja kulutus 1995:3. Helsinki: Tilastokeskus. 98 p. ISBN 951-727-054-2.

Warde, A. 1997. Consumption, food & taste. Culinary antinomies and commodity culture. London: Sage Publications. 231 p. ISBN 0-8039-7973-8.

Kasviperäiset biomolekyylit

Kasviperäiset biomolekyylit elintarviketuotannossa

Hannu Korhonen¹⁾ & Juha-Matti Pihlava²⁾

¹⁾ MTT, Elintarvikkeiden tutkimus, Elintarvikekemian ja -tekniikka, 31600 Jokioinen, hannu.j.korhonen@mtt.fi

²⁾ MTT, Elintarvikkeiden tutkimus, Kemian laboratorio, 31600 Jokioinen, juha-matti.pihlava@mtt.fi

Kasvien aineenvaihduntatuotteita arvioidaan olevan vähintään 100 000. Niistä noin 20 000 on primäärisiä energiaa sisältäviä yhdisteitä ja noin 80 000 sekundäärisiä, joista osa tunnetaan biologisesti aktiivisina. Tieteellisen tietämyksen kasvun myötä voitaneen sekundääriyhdisteitä hyödyntää tulevaisuudessa nykyistä paremmin.

Kasvien, marjojen ja viljatuotteiden on todettu epidemiologisissa tutkimuksissa vaikuttavan myönteisesti ihmisen terveyteen. Viimeaikaisen tutkimuksen perusteella terveyttä edistäviä kasviperäisiä biomolekyylejä ovat erityisesti fenoliset yhdisteet eli flavonoidit ja lignaanit sekä glukosinolaatit. Vielä ei tiedetä, miten näiden biomolekyylien määrään ja laatuun vaikuttavat arktiset kasvuolosuhteet. Pohjoisen pitkän päivän edullisista vaikutuksista on kuitenkin jo viitteitä.

MTT aloitti vuonna 1998 Kasviperäiset biomolekyylit elintarviketuotannossa -tutkimusohjelman, jossa selvitettiin tiettyjen biomolekyylien esiintyvyyteen vaikuttavia tekijöitä. Lisäksi kehitettiin biomolekyylien eristämisen- ja rikastamismenetelmiä, tutkittiin biomolekyylien käyttäytymistä elintarvikeprosesseissa ja selvitettiin niiden mahdollista merkitystä ihmisen ravitsemuksessa.

Tutkimusohjelman tavoitteena oli kehittää uusia, suomalaisen ruokavalioon so-

pivia terveysvaikutteisia elintarvikkeita. Näillä tuotteilla pyritään estämään kansanterveyttä uhkaavia sairauksia tai vähentämään niiden riskiä. Siksi ohjelmassa tutkittiin kasviperäisiä biomolekyylejä koko niiden elinkaaren ajan aina pellostä pöytään.

Tutkittaviksi kasveiksi valittiin Suomessa perinteisesti viljeltyjä pelto- ja puutarhakasveja ja marjoja. Niitä olivat glukosinolaatteja sisältävät kaalit ja sinappi, flavonoideja ja fenolisia happoja sisältävät mustaherukka, mansikka ja tattari sekä lignaaneja ja oligosakkarideja sisältävä pellava. Lisäksi tutkittiin porkkanan ja tillin terpeenejä.

Taulukossa 1 on esitetty tutkimusohjelmassa käytettyjä menetelmiä biomolekyylien analysoimiseksi.

Ohjelmassa oli neljä osatutkimusta, joista kolme toteutettiin MTT:n tutkimusyksiköissä. Ravintointerventiotutkimus suoritettiin Helsingin yliopiston soveltavan kemian ja mikrobiologian laitoksen ravitsemustieteen osastolla.

Päättäneen ohjelman tuloksia hyödynnetään jatkotutkimuksissa, joita on aloitettu yhteistyössä kiinnostuneiden elintarvikeryitysten kanssa. Tässä artikkelissa esitetään tutkimusohjelman eri osioissa saadut tulokset.

Avainsanat: vihannekset, marjat, terveysvaikutukset, kasvinviljely, torjuntamenetelmät, biomolekyylit, glukosinolaatit, flavonoidit, lignaanit, fenoliset hapot, jatkojalostus

Kasvit biomolekyylien tuottajina

Marjo Keskitalo & Satu Westerback

*MTT, Kasvintuotannon tutkimus, Peltokasvit ja maaperä, 31600 Jokioinen,
marjo.keskitalo@mtt.fi*

Kasveihin vaikuttavat sekä elävät että elottomat ympäristötekijät. Näiden bioottisten ja abioottisten ympäristötekijöiden on nimittäin havaittu vaikuttavan kasvien sekundääriaineiden muodostumista säätelevien geenien ja entsyymien toimintaan. Ympäristön stressitekijöiden, kuten äärellisten lämpötila- ja valo-olojen, ravinteiden puutostilojen, kuivuuden ja mekaanisen vioittamisen sekä kemiallisen käsittelyn on todettu jopa lisäävän sekundääriaineiden biosynteesiä (Keskitalo 2001, Keskitalo et al. 2001). Kasvinviljelyn tutkimuksissa on kuitenkin lähes pelkästään keskitytty selvittämään tekijöitä, jotka vaikuttavat primääriaineiden muodostumiseen.

Tämän **osatutkimuksen** tarkoituksena oli tuottaa tietoa siitä, vaikuttavatko pohjoisissa oloissa tyypilliset kasvutekijät sekundääriaineiden, kuten fenolisten yhdisteiden, glukosinolaattien ja terpeenien muodostumiseen. Lisäksi tutkittiin lajikkeen sisäisiä ja lajikkeiden välisiä eroja.

Ymmärtämällä ympäristön ja geneettisten tekijöiden merkitys on mahdollista vaikuttaa viljelytekniikan avulla viljelykasvien sekundääriaineiden muodostumiseen.

Menetelmät

Tutkimuskasveina oli pellava (*Linum usitatissimum* L.; lajike Helmi), tattari (*Fagopyron esculentum* Moench; lajike Anita), keltasinappi (*Sinapsis alba* L.; lajike Gisilba) ja tilli (*Anethum graveolens* L.; lajike Mammut).

Näiden kasvien tiedetään muodostavan terveyteen positiivisesti vaikuttavia sekundääriaineita. Tutkimus koostui viidestä eri osasta, joissa selvitettiin abioottisten ympäristötekijöiden vaikutusta lajikkeen sisäiseen sekundääriainevaihteluun. Tutkittavina tekijöinä olivat päivänpituus, ultraviolettivalo, lämpötila, maantieteellinen sijaintipaikka ja typpilannoitus. Näiden lisäksi selvitettiin eri kasvilajien lajikkeiden välillä esiintyvää vaihtelua. Tässä raportissa esitetään osa päivänpituus- ja lämpötilakokeiden tuloksista.

Tulokset ja niiden tarkastelu

Pellavan siemenistä tunnistettiin 13 fenolista happoa ja kaksi lignaania.

Tattarin kuorimattomista siemenistä identifioitiin puolestaan viisi polyfenolista yhdistettä, jotka kuuluvat flavonoleihin, flavonoli-O-glykosideihin ja flavoni-C-glykosideihin (Hietaniemi et al. 1999, Pihlava & Keskitalo 2000).

Keltasinapista tunnistettiin yksi glukosinolaatti, sinalbiini.

Tillin haihtuvien öljyjen pääkomponentit olivat karvoni ja limoneeni.

Lämpötila ja valo ovat merkittäviä tekijöitä kasvin primääri- ja sekundääriaineiden muodostumisessa. Viileät, 15 asteen kasvuolet suosisivat siemensadon muodostusta, kun taas korkeampi, 19 asteen lämpötila

suosii sekundääriaineiden muodostusta.

Valo-olojen muutos vaikutti sen sijaan pääasiassa sekundääriaineiden muodostumiseen. Paljon valoa saaneet kasvit sisälsivät nimittäin runsaasti sekundääriaineita. Valon vaikutus primääriaineen eli valkuaisen muodostumiseen oli vähäinen. Sekundääriaineiden kokonaispitoisuudet vaihtelivat runsaasti sekä lajikkeiden välillä että lajikkeiden sisällä. Lajikkeen sisäinen vaihtelu oli jopa lajikkeiden välillä esiintyvää vaihtelua suurempi. Tutkittaessa lajikkeiden välistä vaihtelua havaittiin, että sadon ja eristetettyjen komponenttien pitoisuuksien välillä ei näyttäisi olevan yhteyttä. Samasta lajikkeesta on siis mahdollista saada sekä korkeita primääri- että sekundääriainesatoja (Keskitalo et al. 2000).

Jatkotutkimuksissa tulisi keskittyä valon ja lämpötilan yhteisvaikutuksen selvittämiseen, koska nämä tekijät näyttivät vaikuttavan sekundääriaineiden pitoisuuksiin. Kun yhdistetään tiedot kasvuolojen vaikutuksista ja lajiketiedoista, voidaan pohjoisia ympäristöoloja hyödyntää sekä primääri- että sekundääriaineiden tuottamisessa.

Hankkeessa jo tehdyt muut tutkimukset lisäävät myös ymmärtämystä sekundääriaineiden satofysiologiasta. Aikaisemmasta käsityksestä poiketen korkeat sadot, esimerkiksi siemensato, eivät välttämättä estä sekundääriaineiden muodostumista. Sen sijaan saman lajikkeen avulla on mahdollista tuottaa molempiin aineenvaihduntaryhmiin kuuluvaa tuotetta.

Biotorjunta osana ekologista kasvinsuojelua

Kari Tiilikkala, Reijo Karjalainen, Jarmo Holopainen, Jukka Salonen, Sirkka Jaakkola, Anne Nissinen, Pirjo Kainulainen, Mohammed A. Ibrahim & Abbas Aflatuni

MTT, Kasvintuotannon tutkimus, Kasvinsuojelu, 31600 Jokioinen, kari.tiilikkala@mtt.fi

Ekologisen ja integroidun tuotannon kasvinsuojeluongelmien hallinnassa on törmätty tiedonpuutteeseen. Monet hallitsemattomat ongelmat ovat siten estäneet taloudellisesti kannattavan tuotannon kehittämisen. Erityisen suuria ongelmat ovat olleet vihannesten ja marjojen tuotannossa. Tämän ovat osoittaneet LUOMUKAS-projektin ensimmäiset tulokset.

Ekologinen kasvinsuojelu edellyttää viljelyjärjestelmien suunnittelua ja biotorjunnan tehokasta hyödyntämistä. Ne onnistuvat vain, jos tuhoojien määrään ja vahingollisuuteen vaikuttavat tekijät tunnetaan huomattavasti nykyistä paremmin.

Osatutkimuksen tavoitteena oli tuottaa tietoa kasvien biotorjunnasta, kasvinsuojelun perusteista ja sovelluksista. Biotorjunta perustuu kasvien bioaktiivisiin aineisiin. Lisäksi pyrittiin selvittämään, miten kasvien puolustusmekanismien kehittäminen voidaan yhdistää funktionaalisten kasvien ja elintarvikkeiden tuotannon kehittämiseen. Tutkittavia asioita olivat muun muassa kaalikasvien tuottamien glukosinolaattien hyödyntäminen rikkakasvitorjunnassa, marjakasvien flavonoidien ja antioksidanttien hyödyntäminen kasvitautien torjunnassa sekä kasvien erittämien infokemikaalien käyttö tuholaistorjunnassa. Tutkimus toteutettiin neljässä tutkimusosassa:

- 1) tuholaisten infokemikaalit (Jarmo Holopainen)
- 2) biomolekyylit kasvitautien torjunnassa (Reijo Karjalainen)
- 3) kasviperäiset glukosinolaatit kasvinsuojelussa (Jukka Salonen)
- 4) ekologisen kasvinsuojelun sovellutukset (Kari Tiilikkala)

Tutkimus toteutettiin MTT:n biomolekyyliohjelmaan osallistuneiden ryhmien ja Kuopion yliopiston yhteistyönä.

Tulokset ja niiden tarkastelu

Tuholaisten infokemikaalit

Osatutkimuksessa selvitettiin porkkanalajikkeiden välisten mono- ja seskviterpeenipitoisuuksien vaihtelua, ja niiden yhteyttä porkkanan kemppi- ja peltoluteiden kestävyYTEEN. Lisäksi selvitettiin, miten kemppi-infektio vaikutti porkkanan haihtuvien yhdisteiden päästöihin.

Lisäksi tutkittiin, paljonko kahden viljeltävän mansikkalajikkeen lehdissä on fenolisia yhdisteitä, ja minkälainen niiden koostumus on. Samoin selvitettiin näiden yhdisteiden yhteyttä ultraviolettisäteilyyn

ja hillanälvikäsvoituksiin. Myös punkki- ja hyönteisvoituksen vaikutusta mansikan lehdistä haihtuviin yhdisteisiin selvitettiin.

Tutkimukset osoittivat, että tuholaisia voidaan houkuttaa tai karkottaa kasvien tuottamalla bioaktiivisilla aineilla (Holopainen et al 2000, Käyhkö et al. 2000). Porkkanalajikkeissa on kuitenkin todettu olevan huomattavia eroja lehtien sisältämien mono- ja seskviterpeenien pitoisuuksissa (Kainulainen & Holopainen 1998, Kainulainen et al. 1998).

Kun porkkanakempejä on munitettu, on saatu viitteitä siitä, että eräiden monoterpeenien määrät porkkanan lehdessä saattavat vaikuttaa ratkaisevasti porkkanakempeiden isäntäkasvin valintaan (Kainulainen et al. 1999). Tulos on kuitenkin ensin vahvistettava niin, että selvitetään porkkanakempeiden käyttäytyminen monoterpeenien yhteydessä. Tämä tehdään niin sanotussa olfaktometrikokeessa.

Myös muiden kasvien lajikkeet tuottavat eri määriä houkutusaineita. Siksi parhaiten houkutuskasvien valinta edellyttää kasvimetabolian perusteiden tarkkaa tuntemista.

Tutkimuksen pääkohteena on ollut porkkanoiden haihtuvat yhdisteet. Lähinnä onkin julkaistu tästä aiheesta saatuja tuloksia. Sen sijaan kaalien haihtuvia yhdisteitä ei ole vielä analysoitu, mutta kaalien tuholaisen houkuttelusta on saatu parhaat käytännön tulokset. Lisäksi on tehty tarkkoja kokeita, joissa mansikkaa on syötetty kova-kuoriaisille. Nämä syöttökokeet ovat osoittaneet, että bioaktiiviset aineet vaikuttavat eri tavoin lajikkeesta ja tilanteesta riippuen (Holopainen et al. 1999, Käyhkö et al. 2000).

Biomolekyylit kasvitautien torjunnassa

Fenoliset yhdisteet ovat tärkeitä kasvin taudinkestävyydessä (Peltonen et al. 1997, Karjalainen et al. 1998, Kervinen et al. 1998, Lilja et al. 1998). Tässä tutkimukses-

sa on selvitetty, voidaanko mansikan ja mustaherukan fenolisia yhdisteitä lisätä ulkoisin heräteainekäsittelyin, ja voidaanko näin vahvistaa kasvien omaa vastustuskykyä taudeille.

Mustaherukan ja mansikan fenolisia yhdisteitä analysoitiin marjoista ja lehdistä. Lajikkeiden välillä havaittiin olevan huomattavaa vaihtelua flavonoidipitoisuuksissa. Mustaherukassa oli eniten myrisitiiniä ja vähiten kemferolia. Mansikassa oli puolestaan eniten kemferolia.

Fenolisia yhdisteitä oli eniten taudinkestävässä Honey-lajikkeessa ja vähiten vanhassa, taudinarassa Senga-lajikkeessa. Sen sijaan luomutiloilta ja tavanomaisilta tiloilta kerättyjen mansikkalajikkeiden flavonoidipitoisuuksissa ei havaittu merkittäviä eroja.

Mustaherukan lehdistä tunnistettiin seuraavat flavonoliglykosidit: kversitiini-deoksiheksosidi-heksosidi, kemferolideoksiheksosidi-heksosidi ja kemferoli-konjukaatti.

Kasvihuone- ja kenttäkokeissa tutkittiin heräteaineiden eli elisitorien vaikutusta mansikan ja mustaherukan fenolimetaboliaan ja sitä kautta niiden taudinkestävyyteen. Tutkittuja elisitoreja olivat erityisesti sokerijuurikkaasta eritetty glysiinibetaiini, joka on aminohappoderivaatti. Lisäksi tutkittiin salisyylihappoderivaatti BTH:ta (benzothiadizole).

Heräteaineet ovat vaikuttaneet sitä selvemmin, mitä vähemmän lajikkeissa on ollut luontaisia bioaktiivisia aineita. Mustaherukassa havaittiin fenolisten yhdisteiden määrän nousevan erittäin voimakkaasti elisitorikäsittelyjen seurauksena.

Kasvien puolustautumisessa tauteja vastaan ovat sellaiset biomolekyylit kuin kversetiini ja kemferoli erittäin tärkeitä. Niiden on todettu myös siirtyvän mansikkaviljelyksillä marjoihin asti. Parhaiten heräteaineet ovat torjuneet härmää. Sen sijaan harmaahomeen torjunta pelkästään kasvien omat puolustusmekanismit herättämällä näyttää tehottomalta ratkaisulta.

Kasviperäiset glukosinolaatit kasvinsuojelussa

Rikkakasveja voidaan torjua kasvien allelopaattisten yhdisteiden avulla. Tämä todettiin laajassa kirjallisuustutkimuksessa (Jaakkola 2001). Lupaavimpia kasvinsuojelu-aineita ovat kaalikasvien glukosinolaatit ja niiden hajoamistuotteina syntyvät isotiiosyanaatit (Jaakkola 1999, Jaakkola et al. 1999). Glukosinolaattien käyttö on uutta ja sitä on kehitetty lähinnä USA:ssa. Siellä työskennelleet tutkijat toivat mukanaan tässä projektissa käytettyjen menetelmien perusteet.

Ekologisen kasvinsuojelun sovellutukset

Kasvien biotorjunnan perusteet ovat selvinneet siinä määrin, että niitä voidaan hyödyntää sovellusten kehittämisessä. Kaalikasvien käytännön tilakokeet on tehty Köyliön Vanhakarton laajoilla viljelyksillä ja MTT:n vihanneskoepaikalla Satakunnassa. Koepaikan viljelykokeet on yhdistetty projektin Luomukasvisten tuotanto teollisuudelle -hankkeeseen, jotta resurssit riittivät tieteellisesti pätevään mittaamiseen. Karkoteaineisiin liittyvä tiedonkeruu on yhdis-

tetty MTT:n Hämeen tutkimusaseman porkkanakokeisiin.

Tällä hetkellä kenttäkokeiden tulokset ovat analyysivaiheessa. Mansikan tautitutkimukset on tehty luomu- ja integroidun tuotannon (IP) -viljelmillä Tuusulassa, Inkoossa, Lohjalla ja Leppävirralla. Herukkakokeet toteutettiin Vesannolla (Holopainen 1998, Nissinen & Holopainen 1999, Nissinen et al. 1999, Holopainen et al. 2000). Pääosan tautitutkimuksesta on rahoittanut Kuopion yliopisto. Rikkakasvitutkimuksia ei ole vielä tehty käytännön tiloilla.

Perustutkimusvaihetta seuraa soveltava tutkimus. Silloin kehitetään teknologiaa ja mitataan kannattavuutta. Tämä edellyttää kuitenkin lisärahoituksen hankkimista. Rahoitusta hankitaankin kurkun härmän torjuntakokeita ja torjunnan taloudellisuuden laskemista varten. Myös glukosinolaattien tutkimuksen jatkuminen on varmistettava uudella rahoituksella. Rahoitusta on haettu myös viljelytekniikan kehittämiseen, testaamiseen ja menetelmien kannattavuuden laskemiseen. Kaikissa tutkimuksissa pyritään ensisijaisesti ratkaisemaan luomutuotannon ongelmia, ja kehittämään tuotannon ekologista ja ekonomista kestävyyttä.

Elintarvikekemiallinen ja -teknologinen tutkimus

Tämän osatutkimuksen tavoitteena oli eristää ja rikastaa kasveista biomolekyylejä. Tämä tehtiin kehittämällä teknologisia ja kemiallisia menetelmiä.

Lisäksi tutkittiin, miten biomolekyylien terveysvaikutukset säilyvät erilaisissa olosuhteissa. Lopullisena tavoitteena oli kehittää kaalista, marjoista ja pellavasta sellaisia terveysvaikutteisia elintarvikkeita, jotka hoitavat tai ennaltaehkäisevät erityisesti kansanravitsemuksen ja kansanterveyden

kannalta tärkeitä sairauksia.

Tavoitteena oli myös selvittää, paljonko suomalaiset saavat keskimäärin ravinnostaan flavonoideja, fenolisia happoja ja lignaaneja. Osatutkimuksessa kehitettiin lisäksi biomolekyylien analysointiin tarvittavia menetelmiä ja tarjottiin analyysipalveluja projektin eri osapuolille.

Elintarvikekemiallinen ja -teknologinen tutkimus toteutettiin kolmessa osassa.

Biomolekyylien määrittäminen kehitys ja kvantitointi

Juha-Matti Pihlava, Veli Hietaniemi, Sirkka Plaami,
Kimmo Ketola & Anni Lempa

*MTT, Elintarvikkeiden tutkimus, Kemian laboratorio, 31600 Jokioinen,
juha-matti.pihlava@mtt.fi*

Tutkimusohjelman perustana ovat biomolekyylien kvantitatiiviset mittaustulokset. Käytettävän menetelmän tuli olla luotettava ja mikäli mahdollista nopea ja yksinkertainen, jotta suuret näytesarjat voitiin mitata. Tutkimusta varten kehitettiin määrittäminen menetelmät flavonoideille (Hertog et al. 1992 ja Ohsawa & Tsutsumi 1995), glukosinolaateille (British Standard 4325), glukosinolaattien hajoamistuotteille (Daxenbichler & Van ette 1977 ja Aleksandrova et al 1992). Lisäksi määritettiin pellavan syanogeeniset glykosidit nestekromatografilla (HPLC), syaanivety spektrofotometrillä (Lempa 2001), lignaanit kaasukromatografimassaspektrometrillä (Mazur et al 1996) ja sekoisolarisiresinolidiglykosidi HPLC:lla

(Pihlava et al 2001).

Biomolekyyliä määritettiin noin 1000 näytteestä. Tutkimus tuotti paljon lisätietoa muun muassa tattarin flavonoidien koostumuksesta (Pihlava & Keskitalo 2000) ja sijainnista. Myös kaalin flavonoidien säilymisestä ja glukosinolaattien hajoamistuotteiden muodostumisesta hapatuksessa saatiin tietoa. Samoin saatiin tietoa eri kaalilajikkeiden glukosinolaatti- ja tattarin flavonoidipitoisuuksista. Pellavan lignaanin, sekoisolarisiresinolidiglykosidin, eristämismenetelmälle haettiin patenttia (Pihlava et al. 2001). Glukosinolaattien ja niiden hajoamistuotteiden analysoinnista julkaistiin kirjallisuuskatsaus (Pihlava 2001).

Taulukko 1. Biomolekyylien analysoinnissa käytettyjä menetelmiä.

Kasvi	Yhdisteryhmä	Esikäsittely	Määrittäminen	Viite
Pellava ja kasvikset	Lignaanit	entsymaattinen-, emäs- ja happohydrolyysi, silylointi	GC-MS ¹⁾	Mazur et al.1996 Hatcher & Kruger 1997
Pellava	lignaanit	uutto, fraktiointi	HPLC ²⁾	Pihlava et al. 2001
Kaali ja kaalituotteet	flavonoidit	happohydrolyysi	HPLC ²⁾	Hertog et al. 1992
Kasvikset	flavonoidit	happohydrolyysi	HPLC	Mattila et al 2000
Porkkana	terpeenit	uutto	GC-MS	Kainulainen et al. 1998
Tilli	terpeenit	uutto	GC ³⁾	Daxenbichler & VanEtte 1997
Tattari	flavonoidit	alkoholiuutto	HPLC ²⁾	Ohsawa & Tsutsumi 1995
Kaali, sinappi	glukosinolaatit	entsymaattinen desulfointi	HPLC ²⁾	British Standard 4325
Kaalituotteet	glukosinolaattien neste-neste -partitio haihtuvat hajoamistuotteet		GC-MS ¹⁾	Daxenbichler & VanEtten 1977
Kaalituotteet	glukosinolaattien neste-neste -partitio haihtumattomat hajoamistuotteet		HPLC ²⁾	Aleksandrova et al. 1992

¹⁾ kaasukromatografia-massaspektrometri (GC-MS)

²⁾ korkean erotuskyvyn nestekromatografia (HPLC)

³⁾ kaasukromatografia

Flavonoidi- ja fenolisten antioksidanttivalmisteiden raaka-aineiden karakterisointi

Jorma Kumpulainen, Jouni Astola & Pirjo Mattila

MTT, Elintarvikkeiden tutkimus, Elintarvikekemia ja -tekniikka, 31600 Jokioinen

Polyfenolit ovat kasvien luontaisia antioksidantteja. Elintarvikkeissa ne vaikuttavat tuotteen väriin, kovuuteen, karvauteen ja aromiin (Shahidi & Nacz 1995). Polyfenolit ovat alkuperältään kasvien sekundäärisiä aineenvaihdunnan tuotteita, joiden esiintymiseen ja pitoisuuksiin vaikuttavat monet ympäristötekijät. Tällaisia tekijöitä ovat lämpötila ja valo (Macheix et al. 1990).

Polyfenolit, erityisesti flavonoidit voivat mahdollisesti ehkäistä tulehduksia ja sydän- ja verisuonitauteja. Lisäksi niillä on antimikrobisia ominaisuuksia. Lignaanit voivat edelleen ehkäistä hormoniperäisen eturauhas- ja rintasyövän syntyä ja kasvua (Breinholt 1999, Mäkelä et al. 1999, Mazur et al. 2000).

Tutkimuksessa selvitettiin, mikä on 18 tärkeimmän flavonoidiaglykonin pitoisuus ja paljonko suomalaiset keskimäärin saavat niitä. Tässä käytettiin validoitua menetelmää (Mattila et al. 2000).

Tutkimuksessa analysoitiin 65 hedelmä-, 85 kasvis-, 160 marja- ja noin 60 juomanäytettä. Näytteistä saadun flavonoidiaglykonin saantilaskelmat perustuvat Kansanterveyslaitoksen vuonna 1997 tekemään Finravinto-tutkimukseen (Anttolainen et al. 1998). Saatujen tulosten mukaan suomalaiset saavat flavonoideja keskimäärin noin 58,6 milligrammaa vuorokaudessa (Kumpulainen et al. 1999). Tästä määrästä 63 prosenttia on peräisin hedelmistä. Juo-

mista saadaan vastaavasti 24, marjoista 8 ja kasviksista 5 prosenttia flavonoidien kokonaissaannista.

Marjojen pieni osuus johtuu siitä, että niitä syödään vähän. Hedelmistä tärkeimpiä flavonoidien lähteitä olivat appelsiinit ja muut sitrushedelmät. Appelsiineista saatiin nimittäin 28,5 milligrammaa flavonoideja vuorokaudessa. Teestä saatiin 12 milligrammaa flavonoideja vuorokaudessa. Kasviksista tärkein flavonoidien lähde oli sipuli, josta saatiin 1,7 milligrammaa vuorokaudessa. Marjoista tärkeimpiä lähteitä olivat puolukka, mustikka ja mustaherukka.

Vaikka todennäköisesti vain pieni osa flavonoideista imeytyy verenkiertoon, saattaa niiden antioksidatiivinen vaikutus olla tärkeä sellaisia henkilöillä, jotka nauttivat paljon marjoja, hedelmiä, sipuleja, teetä tai punaviiniä. Tutkimuksen tulokset osoittavat, että kotimaiset luonnontuotteet soveltuvat hyvin flavonoidipohjaisten funktionaalisten elintarvikkeiden raaka-aineiksi.

Tutkimuksessa määritettiin myös 21 fenolisen hapon pitoisuudet viljatuotteissa, kasviksissa, hedelmissä, marjoissa ja juomissa. Lignaaneista määritettiin sekoiisolarisiresinoli, anhydrosekoisolarisiresinoli, matairesinoli ja nordihydroguaretiinihapo. Määrityksessä käytettiin samoja näytteitä kuin fenolisten happojenkin määrityksessä. Fenoliset hapot ja lignaanit määritettiin 108 edustavasta näytteestä.

Suomalaiset saavat fenolisia happoja keskimäärin noin 77 milligrammaa henkilöä kohti vuorokaudessa. Eniten saadaan viljoista, eli noin 32 milligrammaa. Seuraavana ovat alkoholittomat juomat ja viinit, joista saadaan noin 16 milligrammaa. Marjoista saadaan noin 13, vihanneksista ja yrtteistä noin 13 ja hedelmistä 1,7 milligrammaa fenolisia happoja. Siemen- ja palkokasveista sekä pähkinöistä saadaan fenolisia happoja vähiten eli 0,8 milligrammaa.

Suomalaiset saavat lignaaneja keskimäärin noin 230 mikrogrammaa henkilöä kohti vuorokaudessa. Viljatuotteet on tärkeä lignaanien lähde, sillä niistä saadaan noin 133 mikrogrammaa. Vihanneksista ja yrtteistä saadaan noin 40 sekä hedelmistä ja marjoista noin 20 mikrogrammaa lignaaneja. Siemen- ja palkokasveista sekä päh-

kinöistä saadaan vähiten lignaaneja eli 10 nanogrammaa.

Suomalaisten saama fenolisten happojen määrä, 77 milligrammaa henkilöä kohti vuorokaudessa, vastaa C-vitamiinin keskimääräistä saantia, 109 milligrammaa. Tällöin otetaan huomioon fenolihappojen suurempi antioksidatiivinen teho (Rice-Evans et al. 1995).

Toisaalta on vielä suurelta osin selvittämättä, miten fenolisia happoja voitaisiin hyödyntää ihmisen terveydessä.

Suomalaiset saavat ravinnostaan paljon vähemmän lignaaneja kuin fenolihappoja. Lignaanien saannin merkitystä on vaikea arvioida, koska vastaavia tutkimuksia saannista ei ole. Myöskään alan epidemiologisia tutkimuksia ei tehty.

Biomolekyylien elintarviketeknologinen prosessointi

Eeva-Liisa Ryhänen, Helena Hyvärinen, Marianne Taipale & Marja Tolonen

*MTT, Elintarvikkeiden tutkimus, Elintarvikekemia ja -tekniikka, 31600 Jokioinen,
eeva-liisa.ryhanen@mtt.fi*

Elintarviketeknologisessa tutkimuksessa kehitettiin lignaanien, erikoisesti sekoisolarisiresinolin diglykosidin (SDG), eristämismenetelmää. Lisäksi selvitettiin, miten kaalin glukosinolaatit käyttäytyvät hapatuksessa.

Pellava on yksi parhaimmista lignaanin lähteistä. Pellavassa esiintyvät lignaanit eli sekoisolarisiresinoli ja matairesinoli toimivat prekursoreina ihmisen lignaanien eli enterolaktonin ja enterodiolin bakteerisynteesille. Eläinkokeet ovat osoittaneet, että lignaanit ehkäisevät syöpää (Thompson et al. 1996). Lisäksi ne voivat ehkäistä sydän- ja verisuonitautien kehittymistä (Prasad 1999, Vanharanta et al. 1999).

Pellavan SDG:n eristämässä käytettiin raaka-aineena kotimaista kylmäpuristettua pellavarouhetta. Menetelmän kehitysvaiheessa tutkittiin muun muassa ylikriittisen uuton, liuotinuuttojen, hydrolyysien ja erilaisten kromatografisten puhdistusten soveltuvuutta lignaanien eristämiseksi. Työn tuloksena kehitetystä pellavan lignaanin eristämismenetelmästä on jätetty patenttihakemus (Pihlava et al. 2001). Tämän keksinnön avulla SDG saadaan erotetuksi pellavansiemenrouheesta puhtaana nopeasti ja tehokkaasti.

Tuotettua sekoisolarisiresinolidiglykosidia on tutkittu vuoden 2000 lopussa prekliinisissä kokeissa, joista on saatu lupaavia

tuloksia (Saarinen & Santti, julkaisematon tieto). Tutkimuksen jatkamiselle haetaan rahoitusta. Tarkoituksena on siirtää eristämismenetelmä suurempaan mittakaavaan, kehittää lignaanifraktioita sisältäviä elintarvikesovelluksia ja selvittää prosessoinnin vaikutusta fraktioiden pysyvyyteen.

Kaalikasveissa esiintyvät glukosinolaatit ja etenkin niiden hajoamistuotteet vaikuttavat elintarvikkeiden aistittavaan laatuun. Elintarvikkeiden valmistusprosesseissa glukosinolaatit hajoavat myrosinaasi-entsyymien vaikutuksesta. Näin syntyneiden tuotteiden määrään ja laatuun vaikuttavat käytetyt prosessointimenetelmät (Vos & Blijleven 1988). Eräillä glukosinolaattien hajoamistuotteilla on todettu olevan terveysvaikutuksia, mikä tekee kaalikasveista kiinnostavia funktionaalisten elintarvikkeiden ainesosina (Verhoeven et al. 1997).

Hapatuksen vaikutusta tutkittiin MTT:n puutarhatutkimuksessa Piikkiössä tuotetun keräkaalin glukosinolaatteihin. Kaali hapatettiin kaupallisilla ja eristetyillä maitohappobakteerikannoilla. Glukosinolaattien ja niiden hajoamistuotteiden lisäksi tutkittiin hapatuksen vaikutusta muun muassa flavonoidien ja nitraatin pitoisuuksiin. Menetelmät on kuvattu tarkemmin aiheesta laadituissa julkaisuissa (Hyvärinen et al. 2000, Taipale et al. 2000, Tolonen et al. 2000).

Glukosinolaattien kokonaismäärä oli kaalissa 11–15 mikromoolia kuivapainogrammaa kohti. Kaalin hapattamisessa pääosa glukosinolaateista hajoaa kahden vuorokauden kuluessa. Glukosinolaattien hajoamistuotteiden määrä näyttää riippuvan käytetyistä hapatekannoista (Tolonen et al. 2000). Puhdasviljelmissä tehdyissä hapatuksissa todettiin huomattavia eroja hajoamistuotteiden muodostumisessa (julkaisemattomia tuloksia). Glukosinolaattien

merkityksestä elintarvikkeissa on julkaistu kirjallisuuskatsaus (Ryhänen et al. 2001).

Hapatetut kaalituotteet sisältävät runsaasti glukosinolaattien hajoamistuotteita, joilla on mahdollisesti terveysvaikutuksia. Tulokset viittaavat siihen, että hapattamisella voidaan vaikuttaa hajoamistuotteiden muodostumiseen. Jatkotutkimukset ovat kuitenkin tarpeen, jotta mikrobien merkitys glukosinolaattien hajoamisprosessissa voitaisiin selvittää.

OMPPU-tutkimus

Riitta Freese & Marja Mutanen

*Soveltavan kemian ja mikrobiologian laitos, ravitsemustieteen osasto, PL 27,
00014 Helsingin yliopisto, riitta.freese@helsinki.fi*

Runsas kasvien ja hedelmien käyttö on yhteydessä pienentyneeseen riskiin sairastua sydän- ja verisuonitauteihin (Ness & Powles 1997) ja useisiin syöpiin (Potter 1997). Kasvien ja hedelmien suojavaikutusten on oletettu välittyvän niiden sisältämien antioksidanttien toiminnan kautta. Vaikutusmekanismit eivät kuitenkaan ole täysin selvillä, eikä toisaalta varmuudella tiedetä, mitkä kasvikunnan yhdisteet suojelevat sairauksilta. On selvää, että mikään yksittäinen tekijä ravinnossa ei voi suojata sairastumiselta. Jotta kasvikset ja hedelmät vaikuttaisivat, voidaan tarvita eri yhdisteiden, kuten antioksidanttien, kivennäisainesten ja kuitujen, luonnollinen seos.

OMPPU-tutkimuksessa selvitettiin, miten vähän tai paljon kasviksia, marjoja ja omenaa sisältävät ruokavaliot vaikuttavat terveiden koehenkilöiden elimistön antioksidanttistatukseen, oksidatiiviseen stressiin, lipidiperoksidaatioon, lipoproteiinien aineenvaihduntaan, verihiutaleiden ja leukosyyttien toimintaan.

Aineisto ja menetelmät

Tutkimus toteutettiin Helsingin yliopiston ravitsemustieteen osastolla. Tutkimuksen 77 tervettä koehenkilöä olivat iältään 19–52-vuotiaita. Heistä 57 oli naista ja 30 miestä. Koehenkilöt saivat kuuden viikon pituisen koejakson ajan neljää tarkasti kontrolloitua koeruokavaliota, jotka sisälsi-

vät paljon tai vähän kasviksia, marjoja ja omenaa. Tällöin ruokavaliossa oli kyseisiä tuotteita 815 tai 170 grammaa 10 megajoulea kohti. Ravinnossa oli myös runsaasti joko linolihappoa (11 prosenttia kokonaisenergiasta, en%) tai öljyhappoa (12 en%) (Taulukko 2).

Ennen koejaksoa ja sen lopussa kerättiin runsaasti veri- ja virtsanäytteitä. Kontrolliryhmänä toimi 19 terveen aikuisen joukko, joka ei muuttanut ruokavaliotaan kokeen aikana. He kuitenkin antoivat samat näytteet kuin koehenkilötkin. Laboratorioanalyysit on tehty yhteistyössä useiden kotimaisten ja eurooppalaisten tutkimusryhmien kanssa.

Tulokset ja niiden tarkastelu

Koeruokavaliot toteutuivat hyvin. Plasman rasvahapot nimittäin muuttuivat ruokavaliion rasvahappojakauman suuntaan ja runsaasti kasviksia saaneissa ryhmissä plasman karoteeni-, C-vitamiini- ja kversetiinipitoisuudet sekä virtsan flavonoidipitoisuudet suurenivat.

Sen sijaan lipidiperoksidaation (LDL:n hapettumisherkkyys, malondialdehydi plasmassa ja LDL:ssä), proteiinioksidation tai DNA:n oksidation ei havaittu olevan erilaisen koeryhmissä. Eroja ei nähty myöskään lipoproteiiniainenvaihdunnassa (lipi-

Taulukko 2. Energiaravintoaineiden, rasvahappojen, antioksidanttien ja kasvisten, marjojen sekä omenan laskennallinen saanti koeruokavalioista.

	Ruokavalio ¹			
	P1	P2	M1	M2
Hiilihydraatit ja kuitu (en% ²)	54	54	54	54
Proteiini (en%)	13	13	13	13
Rasva (en%)	33	33	33	33
SFA ³ (en%)	10,4	10,0	10,4	10,0
MUFA (en%)	8,0	7,8	15,8	15,7
Öljyhappo (18:1 n-9) (en%)	4,5	4,5	12,3	12,3
PUFA (en%)	10,9	11,1	3,1	3,2
Linolihappo (18:2 n-6) (en%)	10,0	10,1	2,1	2,2
P/S-suhde ⁴	1,05	1,05	0,30	0,30
β-karoteeni (en%)	3,0	10,1	3,0	10,1
E-vitamiini (en%)	28	32	8	12
E-vitamiini/PUFA (mg/g)	1,0	1,1	1,0	1,4
C-vitamiini (mg/10 MJ)	105	333	105	333
Flavonoidit				
Kversetiini (mg/10 MJ)	2,6	24,1	2,6	24,1
Myrisetiini (mg/10 MJ)	0,6	4,1	0,6	4,1
Kemferoli (mg/10 MJ)	0,6	4,3	0,6	4,3
Pakastetut/tuoreet kasvikset (g/10 MJ)	167	440	167	440
Pakastetut marjat (g/10 MJ)	0	204	0	204
Kuorimaton omena (g/10 MJ)	0	166	0	166

¹ P1 ja P2 = ruokavaliot, joissa on runsaasti linolihappoa ja vähän (P1) tai paljon (P2) kasviksia, marjoja ja omenaa; M1 ja M2 = ruokavaliot, joissa on runsaasti öljyhappoa ja vähän (M1) tai paljon (M2) kasviksia, marjoja ja omenaa

² en% = % kokonaisenergiasta

³ SFA = tyydyttyneet, MUFA = kertydyttymättömät, PUFA = monitydyttymättömät rasvahapot

⁴ monitydyttymättömien rasvahappojen suhde tyydyttyneisiin rasvahappoihin

dit, apolipoproteiinit, lipidinsiirtäjäentsyymit) tai verihiihtaleiden toiminnassa (Freese et al. 1999, Freese & Mutanen 1999, Freese 2000, Freese et al. 2000a, Freese et al. 2000b, Freese et al. 2000c, Freese et al. b, Nielsen et al. 2000, Kleemola et al., Misi-kangas et al.).

Tulosten mukaan runsaskaan kuusi viikkoa kestävä kasvisten, marjojen ja omenan saanti ei vaikuta terveiden, tavanomaisista ruokavaliota nauttivien koehenkilöiden

oksidatiivista stressiä, lipidiaineenvaihduntaa tai verihiihtaleiden toimintaa kuvaaviin muuttujiin. Vaikuttaa siis siltä, että jo kohtuullinenkin, vitamiinien suhteen ravintosuositukset juuri täyttävä tuoreiden tai pakastettujen kasvisten ja marjojen saanti kuuden viikon koejakson aikana tuottaa elimistössä vastaavan antioksidanttisuojan kuin runsaasti kasviksia, marjoja ja omenaa sisältävä koeruokavalio.

- Aleksandrova, L., Korolev, A. & Preobrazhenskaya, M.** 1992. Study of natural ascorbigen and related compounds by HPLC. *Food Chemistry* 45: 61–69.
- Anttolainen, M., Javanainen, J., Kaartinen, P., Lahti-Koski, M., Lauronen, J., Männistö, S., Ovaskainen, M., Paajanen, H., Pietinen, P., Roos, E., Valsta, L. & Virtanen M.** 1998. Finravinto 1997 -tutkimus - The 1997 Dietary Survey of Finnish Adults. Kansanterveyslaitoksen julkaisuja B8/1998. Helsinki: Kansanterveyslaitos. 96 p. ISBN 951-740-090-X.
- Breinholt, V.** 1999. Desirable versus harmful levels of intake of flavonoids and phenolic acids. In: Kumpulainen, J. & Salonen, J. (eds.). *Natural Antioxidants and Anticarcinogens in Nutrition, Health and Disease, The Proceedings of the Second International Conference on Natural Antioxidants and Anticarcinogens in Nutrition, Health and Disease*. 2 Helsinki, 4-27 June 1998. Cambridge: The Royal Society of Chemistry. p. 93–105. ISBN 0- 85404-793-X.
- British Standard 4325: Part 12: 1996 ISO 10633-1:1995. Determination of glucosinolates content by high performance liquid chromatography.
- Daxenbichler, M. & VanEtten, C.** 1977. Glucosinolates and derived products in cruciferous vegetables: gas-liquid chromatographic determination of the aglucon derivatives from cabbage. *Journal of AOAC* 60: 950–953.
- Freese, R.** 2000. Comparison of the effects of diets with different unsaturated fatty acid and natural antioxidant contents on oxidative stress. 7th Nordic Nutrition Congress, Maarianhamina, 18.-21.6. 2000. *Scandinavian Journal of Nutrition* 44 (4, supplement 37): S104.
- , **Alfthan, G., Jauhiainen, M., Salminen, I., Erlund, I., Järvinen, J., Basu, S., Aro, A. & Mutanen M.** 2000 a. Comparison of diets rich in unsaturated fatty acids and either high or low in natural antioxidants on markers of lipoprotein metabolism and lipid oxidation in healthy humans. Xth ISSFAL Congress, Tsukuba, Japani, 4.-9.6.2000.
- , **Alfthan, G., Jauhiainen, M., Salminen, I., Erlund, I., Järvinen, J., Basu, S., Aro, A. & Mutanen, M.** 2000 b. Effects of dietary unsaturated fatty acids and natural antioxidants on markers of lipoprotein metabolism and lipid oxidation. XIth ISA Congress, Tukholma, 25.-29.6. 2000. *Atherosclerosis* 151: 118.
- , **Alfthan, G., Salminen, I., Jauhiainen, M., Erlund, I., Aro, A. & Mutanen, M.** 2000 c. High intakes of vegetables, berries and apple combined with high-intakes of linoleic or oleic acids are reflected in dietary compliance markers but not in markers of lipid peroxidation. (Manuscript)
- **& Mutanen, M.** 1999. Do natural antioxidants modify the effects of n-6 polyunsaturated and monounsaturated fatty acids on atherogenesis, thrombogenesis, and carcinogenesis in humans? 23rd World Congress and Exhibition of the International Society for Fat Research (ISF). Brighton, England, 3-7 October 1999.
- , **Turpeinen, A. & Mutanen M.** 1999. Effects of dietary unsaturated fatty acids and natural antioxidants on platelet function in healthy humans. 8th European Nutrition Conference, Lillehammer, Norway, 17-19 June 1999. *Scandinavian Journal of Nutrition* 43(2, supplement 34): 48S.
- , **Vaarala, O., Turpeinen, A.M. & Mutanen, M. b.** Effects of dietary unsaturated fatty acids and vegetables and berries on markers related to thrombosis. (Manuscript)
- Hatcher, D.W. & Kruger, J.E.** 1997. Simple phenolic acids in flours prepared from Canadian wheat: Relationship to ash content, color, and polyphenolic oxidase activity. *Cereal Chemistry* 74: 337–343.
- Hertog, M., Hollman, P. & Venema, D.** 1992. Optimization of a quantitative HPLC determination of potentially anticarcinogenic flavonoids in vegetables and fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 40: 1591–1598.
- Hietaniemi, V., Keskitalo, M., Korhonen, H., Kumpulainen, J., Pihlava, J.-M., Ryhänen, E.-L. & Tiilikkala, K.** 1999. Plant derived biomolecules - prominent ingredients for functional foods. *Innovations in Food Technology* 4: 23–26.
- Holopainen, J.** 1998. Kasvien hajuaineiden hyödyntäminen luomun tuholaiсторjunnassa. *Luumulehti* 3: 13–15.
- , **Ibrahim, M., Aflatuni, A. & Tiilikkala, K.** 2000. Limoneenin mahdollisuudet mansikan tuholaiсторjunnassa. *Puutarha & kauppa* 47 B (4): 16–17.
- , **Suoninen, T., Hakala, K. & Tiilikkala, K.** 1999. Effects of enhanced UV-B radiation on susceptibility of strawberry to leaf beetles. In: *Delegate Manual : Food & Forestry: Global Change and Global Challenges, The GCTE Focus 3, Conference, The University of Reading, UK, Monday 20-Thursday 23*

September 1999. Poster abstracts. p. P30.

Hyvärinen, H., Taipale, M., Viander, B., Pihlava, J.-M., Korhonen, H. & Ryhänen, E.-L. 2000. Flavonoids and glucosinolates in sauerkraut and sauerkraut juice. In: Funktionelle Inhaltsstoffe pflanzlicher Lebensmittel: Deutsche Gesellschaft für Qualitätsforschung (Pflanzliche Nahrungsmittel) e.V., Programm der XXXV. Vortragstagung. Karlsruhe, 20.-21.März 2000. p. P05. (Abstract).

Jaakkola, S. 1999. Sinappirouhetta rikkakasveille. In: Mitä Suomi syö - ja millä hinnalla?: Agro-Food '99, Tampere, 2.-4.2.1999. Helsinki: Agro-Food ry. p. P48.

– 2001. Glukosinolaatit ja niiden hajoamistuotteet kasvinsuojelussa. In: Hyvärinen, H. (ed.). Kasvipäriset biomolekyylit - glukosinolaatit. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja. Sarja A 90. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus. p. 32–57. ISSN 1238-9935, ISBN 951-729-593-6.

–, **Laitinen, P. & Salo, T.** 1999. Effect of white mustard (*Sinapis alba*) seedmeal on soil nitrification and inorganic N content. In: Second World Congress on Allelopathy: Critical Analysis & Future Prospects, Lakehead University, Canada, August 8-13, 1999. Program and abstracts. Lakehead: IAS. p. 106.

Kainulainen, P. & Holopainen, J. 1998. Porkkanalajikkeiden tuoksuaineissa on eroja. Puutarha & kauppa 2: 10, 15.

–, **Nissinen, A., Piirainen, A., Tiilikkala, K. & Holopainen, J.** 1999. Variation in essential oil composition of carrot varieties and the egg-laying preference of the carrot psyllid. In: 4th European symposium on plant isoprenoids : Palau de les Heures Universitat de Barcelona, April 21-23, 1999. Abstracts. OPP. [1 p].

–, **Tarhanen, J., Tiilikkala, K. & Holopainen, J.** 1998. Foliar and emission composition of essential oil in two carrot varieties. Journal of Agricultural and Food Chemistry 46 (9): 3780–3784.

Karjalainen, R., Ernst, D. & Woodward, S. 1998. Molecular biology of host defence. In: Woodward, S. et al. (eds.). *Heterobasidium annosum*: Biology, Ecology, Impact and Control. Wallingford: CAB International. p. 195–211. ISBN 0-85199-275-7.

Kervinen, T., Peltonen, S., Teeri, T. & Karjalainen, R. 1998. Differential expression of phenylalanine ammonia-lyase genes in barley induced by fungal infection or elicitors. New Phytologist 139: 293–300.

Keskitalo, M. 2001. Glukosinolaattien biokemia ja esiintymiseen vaikuttavat kasvutekijät. In: Hyvärinen, H. (ed.). Kasvipäriset biomolekyylit - glu-

kosinolaatit. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja. Sarja A 90. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus. p. 10–31. ISSN 1238-9935, ISBN 951-729-593-6.

–, **Linnala, M. & Pihlava, J.-M.** 2000. Production of plant biomolecules for food in nordic growth conditions. European conference on nutritional enhancement of plant foods, Neodiet. Norwich Research Park, September 6-9, 2000. Supported under the EU FAIR program (FAIR-CT97-3052).

–, **Pehu, E. & Simon, J.** 2001. Variation of volatile compounds from tansy (*Tanacetum vulgare* L.) related to genetic and morphological differences of genotypes. Biochemical Systematics and Ecology 29: 267–285.

Kleemola, P., Freese, R., Jauhiainen, M., Pahlman, R., Alfthan, G. & Mutanen M. Dietary determinants on plasma paraoxonase activity in healthy humans. (Manuscript)

Kumpulainen, J.T., Lehtonen, M. & Mattila, P. 1999. Trolox equivalent antioxidant capacity of average flavonoids intake in Finland. In: Kumpulainen, J. & Salonen, J. (eds.). Natural Antioxidants and Anticarcinogens in Nutrition, Health and Disease, The Proceedings of the Second International Conference on Natural Antioxidants and Anticarcinogens in Nutrition, Health and Disease. Helsinki, 24-27 June 1998. Cambridge: The Royal Society of Chemistry. p. 141–150. ISBN 0-85404-793-X.

Käyhkö, P., Tiilikkala, K. & Holopainen, J. 2000. Voiko mansikan lajikevalinnalla hallita hillanälvikään tuhoja? Puutarha & kauppa 47B (4): 12–13.

Lempa, A. 2001. Syanogeeniset glykosidit: orgaaninen analytiikka ja malliyhdisteiden eristäminen. Pro gradu -tutkielma. Turun yliopisto. Kemian laitos, Orgaaninen kemia. 118 p.

Lilja, A., Karjalainen, R., Parikka, P. Kammi-ovirta, K. & Nuorteva, H. 1998. Pathogenicity and genetic variation of *Phytophthora cactorum* from silver birch and strawberry. European Journal of Plant Pathology 104: 529–535.

Macheix, J.-J., Fleuriot, A. & Billot, J. 1990. Fruit Phenolics. Boca Raton, Florida: CRC Press. 359 p. ISBN 0-8493-4968-0.

Mattila, P., Astola, J. & Kumpulainen J. 2000. Determination of flavonoids in plant material by HPLC with diode-array and electro-array detections. Journal of Agriculture and Food Chemistry 48: 5834–5841.

Mazur, W., Fotsis, T., Wähälä, K., Ojala, S., Salakka, A. & Adlercreutz, H. 1996. Isotope dilu-

tion gas chromatographic-mass spectrometric method for the determination of isoflavonoids, coumestrol, and lignans in food samples. *Analytical Biochemistry* 233: 169–180.

Mazur, W.M., Uehara, M., Wähälä, K. & Adlercreuts, H. 2000. Phyto-oestrogen content of berries, and plasma concentrations and urinary excretion of enterolactone after a single strawberry-meal in human subjects. *British Journal of Nutrition* 83: 381–387.

Misikangas, M., Freese, R., Turpeinen, A.M. & Mutanen, M. Similar effects of 'high linoleic acid – low vegetable' and high oleic acid – high vegetable' diets on human platelet activation in healthy women and men. *Journal of Nutrition*. (In press)

Mäkelä, S., Strauss, L., Saarinen, N., Salmi, S., Streng, T., Joshi, S. & Santti, R. 1999. Dietary phytoestrogens. Mechanisms of action and possible role in the development of hormonally dependent diseases. In: Kumpulainen, J. & Salonen, J. (eds.). *Natural Antioxidants and Anticarcinogens in Nutrition, Health and Disease, The Proceedings of the Second International Conference on Natural Antioxidants and Anticarcinogens in Nutrition, Health and Disease*. Helsinki, 24–27 June 1998. Cambridge: The Royal Society of Chemistry. p. 349–355. ISBN 0-85404-793-X.

Ness, A.R. & Powles, J.W. 1997. Fruit and vegetables, and cardiovascular disease: a review. *International Journal of Epidemiology* 26: 1–13.

Nielsen, S.E., Freese, R., Cornett, C. & Dragsted, L.O. 2000. Rapid identification and quantification of flavonoids in human urine samples by column switching liquid chromatography coupled to atmospheric pressure chemical ionisation mass spectrometry. *Analytical Chemistry* 72: 1503–1509.

Nissinen, A. & Holopainen, J. 1999. Porkkanapellon ekologiaa. Aikapako ja sahanpuru auttaa porkkanaa. *Luomulehti* 18 (3): 24–25.

–, **Holopainen, J., Kainulainen, P., Piirainen, A. & Tiilikkala, K.** 1999. Onko hajusta porkkanakempille haitaksi vai houkuttimeksi?. *Puutarha & kauppa* 47 (3): 19–20.

Ohsawa, R. & Tsutsumi, T. 1995. Inter-varietal variations of rutin content in common buckwheat flour (*Fagopyrum esculentum* Moench.). *Euphytica* 86: 183–189.

PAT. FI. 20010127. Menetelmä sekoisolarisiresinolidiglykosidin (SDG) eristämiseksi ja puhdistamiseksi pellavansiemenistä. Pihlava, J.M., Hyvärinen, H., Ryhänen, E.-L. & Hietaniemi, V. Patenttihakemus.

Peltonen, S., Mannonen, L. & Karjalainen, R. 1997. Elicitor-induced changes of phenylalanine ammonia-lyase activity in barley cell suspension cultures. *Plant Cell Tissue and Organ Culture* 50: 185–193.

Pihlava, J.-M. 2001. Glukosinolaatien ja niiden hajoamistuotteiden määrittäminen. In: Hyvärinen, H. (ed.). *Kasviperäiset biomolekyylit - glukosinolaatit*. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja. Sarja A 90. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus. p. 68–72. ISSN 1238-9935, ISBN 951-729-593-6.

– & **Keskitalo, M.** 2000. Characterization and quantification of phenolic compounds in buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) using HPLC-DAD and LC-MS. In: 24th International symposium on high performance liquid phase separations & related techniques. Seattle, WA, June 24–30, 2000. P-0914.

Potter, J.D. 1997. Cancer prevention: epidemiology and experiment. *Cancer Letters* 114: 7–9.

Prasad, K. 1999. Reduction of serum cholesterol and hypercholesterolemic atherosclerosis in rabbits by secoisolariciresinol diglucoside isolated from flaxseed. *Circulation* 99: 1355–1362.

Rice-Evans, C., Miller, N., Bolwell, P., Bramley, P. & Pridham, J. 1995. The relative antioxidant activities of plant-derived polyphenolic flavonoids. *Free Radical Research* 22: 375–383.

Ryhänen, E.-L., Tolonen, M. & Taipale, M. 2001. Glukosinolaatit ja niiden hajoamistuotteet elintarvikkeissa. In: Hyvärinen, H. (ed.). *Kasviperäiset biomolekyylit - glukosinolaatit*. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja. Sarja A 90. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus. p. 58–67. ISSN 1238-9935, ISBN 951-729-593-6.

Shahidi, F. & Nazck, M. 1995. *Food phenolics: Sources, chemistry, effects, applications*. Lancaster, USA: Technomic Publishing Company. 340 p. ISBN 1-56676-279-0.

Taipale, M., Viander, B., Pihlava, J.-M., Korhonen, H.J.T. & Ryhänen, E.-L. 2000. Glukosinolaatit ja niiden hajoamistuotteet in sauerkraut and sauerkraut juice. In: Buttriss, J. & Saltmarsh, M. (eds.). *Functional Foods II. Claims and Evidence*. The Royal Society of Chemistry. Special Publication 248: 206–208.

Thompson, L.U., Seidl, M., Sharon, E.R., Rickard, S., Orcheson, L.J. & Fong, H.H.S. 1996. Antitumorigenic effect of a mammalian lignan precursor from flaxseed. *Nutrition and Cancer* 26: 159–165.

Tolonen, M., Taipale, M., Viander, B., Pihlava, J.M., Korhonen, H., & Ryhänen, E.-L. 2000. Effect of fermentation on plant derived biomolecules in cabbage. In: Mededelingen Faculteit Landbouwkundige Universiteit Gent, Proceedings, part II. Fourteenth Forum for Applied Biotechnology. Gent, Belgium. 27th to 28th September 2000. Gent: Universiteit Gent, p. 595–597. ISSN 0368-9697.

Vanharanta, M., Voutilainen, S., Lakka, T.A., Lee, M. van der, Adlercreutz, H. & Salonen, J.T. 1999. Risk of acute coronary events according to serum concentrations of enterolactone: a prospective pop-

ulation-based case-control study. *Lancet* 354: 2112–2115.

Verhoeven, D.T.H., Verhagen, H., Goldbohm, R.A., Brandt, P.A. van den & Poppel, G. van 1997. A review of mechanisms underlying anticarcinogenicity by brassica vegetables. *Chemico-biological Interactions* 103: 79–129.

Vos, R.H. de & Blijleven, G.H. 1988. The effect of processing conditions on glucosinolates in cruciferous vegetables. *Zeitschrift für Lebensmittel, Untersuchung und Forschung* 187: 525–529.



31600 JOKIOINEN

		Julkaisun sarja ja numero MTT:n julkaisuja. Sarja A 93	
		Julkaisuaika (kk ja vuosi) Huhtikuu 2001	
Tekijä(t) Eeva-Liisa Ryhänen ja Riitta Salo		Tutkimushankkeen nimi	
		Toimeksiantaja(t) MTT	
Nimike Elintarvikeklusterin tutkimusohjelman loppuraportti			
<p>Tiivistelmä</p> <p>Elintarvikeklusterin tutkimusohjelma on osa vuonna 1997 käynnistynyttä tutkimuksen lisärahoitusohjelmaa. Tutkimus pyrkii edistämään EU-jäsenyyden edellyttämää maa- ja elintarviketalouden sopeutumista ja kilpailukyvyyn kehittymistä. Tutkimusohjelman ensimmäiseen vaiheeseen (1997–2000) kuului 12 tutkimushanketta. Niiden aiheina olivat kauratutkimus, maitotutkimus, kuluttajatutkimus ja kasvipärisiä biomolekyylejä käsittelevä tutkimus. Kauratutkimuksessa selvitettiin kauran viljelyä ja elintarvikeprosessointia. Kauran jyvässä itämisen aikana tapahtuvia muutoksia tutkittiin tavoitteena niiden hyödyntäminen uusien kauraelintarvikkeiden valmistamisessa. Lisäksi selvitettiin, voidaanko paljasjyväisen kauran jyvävaurioita ehkäistä viljely- ja korjuutekniikan keinoin. Maidon ja sen komponenttien mahdollisia terveysvaikutuksia selvitettiin myös. Koe-eläinmallin avulla tutkittiin, miten maidosta peräisin olevat, biologisesti aktiiviset peptidit vaikuttavat verenkiertojärjestelmään. Lisäksi kuvattiin konjugoidun linolihapon eli CLA:n pitoisuuteen vaikuttavia ruuansulatustsytologisia mekanismeja. Selvitettävänä oli myös se, soveltuuko CLA-maito meijerituotteiden valmistukseen. Lisäksi etsittiin yhteyttä maidon juoksettumisominaisuuksien ja maidontuotanto-ominaisuuksien välille sekä pyrittiin paikantamaan juoksettumattomuutta aiheuttavat geenit. Kuluttajatutkimus käsitteli kehittyvää elintarviketaloutta ja elintarvikkeiden kulutusmuutoksia. Tutkimuksissa selvitettiin, miten kuluttajat hyväksyvät terveysvaikutteiset elintarvikkeet. Lisäksi tarkasteltiin kuluttajien suhtautumista geeniteknologian avulla tuotettuihin ja funktionaalisiin elintarvikkeisiin. Myös kotien ruokatalouksien muutoksia analysoitiin. Ohjelmassa tutkittiin, voidaanko lihan ja lihavalmisteen laatua parantaa koko tuotantoketjussa kuluttajien laatuikäilyksen perusteella. Kasvien bioaktiivisten yhdisteiden esiintymiseen vaikuttavia tekijöitä selvitettiin, biomolekyyleille kehitettiin analyysimenetelmiä ja eristämisen- ja rikastamismenetelmiä. Lisäksi selvitettiin biomolekyyliden käyttäytymistä elintarvikeprosesseissa. Myös runsaasti bioaktiivisia yhdisteitä sisältävien elintarvikkeiden vaikutuksia tutkittiin kliinisin kokein.</p>			
Avainsanat elintarvikkeet, terveysvaikutukset, maito, kaura, kuluttajat, liha, kasvit			
Toimintayksikkö MTT, Elintarvikkeiden tutkimus, Elintarvikekemian ja -tekniikka, 31600 Jokioinen			
ISSN	ISBN	Saatavuus	
1239-0852	951-729-604-5 (Painettu)	http://www.mtt.fi/asarja	
1239-0844	951-729-605-3 (Verkkójulkaisu)		
Myynti	MTT, Tietopalveluyksikkö, 31600 JOKIOINEN Puhelin (03) 4188 2327 Telekopio (03) 4188 2339 Sähköposti julkaisut@mtt.fi		Sivuja 97 s.

Jyväskylän yliopistopaino 2001

ISBN 951-729-604-5 (Painettu)
ISBN 951-729-605-3 (Verkkajulkaisu)
ISSN 1239-0852 (Painettu)
ISSN 1239-0844 (Verkkajulkaisu)

<http://www.mtt.fi/asarja>