

*Maatalouden
tutkimuskeskuksen
julkaisuja*

S A R J A A

7

*Marjatta Jokela
Marketta Rinne*

**Sian ja naudan
ruokinnan vaikutus
lihan laatuun**

*Marjatta Jokela
Marketta Rinne*

*Maatalouden tutkimuskeskus, Kotieläintuotannon tutkimuslaitos,
31600 Jokioinen, puh. (916) 41 881*

Sian ja naudan ruokinnan vaikutus lihan laatuun

**Effects of pig and cattle feeding
on meat quality**

Maatalouden tutkimuskeskus

ISBN 951-729-470-0

ISSN 1238-9935

Copyright

Maatalouden tutkimuskeskus (MTT) 1996

Julkaisija

Maatalouden tutkimuskeskus (MTT), 31600 Jokioinen

Jakelu ja myynti

MTT, tietopalveluyksikkö, 31600 Jokioinen

Puh. (916) 41 881, telekopio (916) 418 8339

Sisäsivujen käytetylle painopaperille on myönnetty pohjoismainen joutsenmerkki.

Kansimateriaali on 75-prosenttisesti uusiokuitua.

Tiivistelmät

Avainsanat: sika, nauta, lihan laatu, ruokinta

Jokela, M.: Ruokinnan vaikutus sianlihan laatuun. Kirjallisuusselvityksen perusteella ruokinnalla on selvä vaikutus sianlihan laatuun vaikka muutkin tekijät kuten esimerkiksi rotu vaikuttavat siihen. Tiedetyt rehut voivat liian suurina määrinä käytettynä heikentää lihan laatua. Laatuviirheitä voivat olla esimerkiksi silavan liiallinen pehmeneminen, lihan maun ja hajun huononeminen tai karjunhajun muodostuminen lihaan.

Rinne, M.: Ruokinnan vaikutus naudanlihan laatuun. Naudanlihan laatu muodostuu mm. lihan väristä, mausta ja hajusta, mureudesta, mehukkuudesta ja rasvapitoisuudesta. Ruokinnan lisäksi nautojen rotu, ikä teurastettaessa, sukupuoli, eläinten käsittely ennen teurastusta ja lihan käsittely teurastuksen jälkeen vaikuttavat lihan laatuun. Rehujen vaikutus lihan laatuun on naudoilla vähäisempi kuin sioilla, sillä naudan pötsin mikrobit hajottavat tehokkaasti rehu-eräisiä yhdisteitä.

Tutkimusten avulla on pyritty selvittämään, miten lihan laatua heikentävien rehujen käyttöä tulee rajoittaa sikojen ruokinnassa, jotta voidaan varmistaa lihan korkea laatu. Erityisesti on syytä rajoittaa paljon rasvaa tai öljyä sisältävien rehujen sekä karjunhajua aiheuttavien rehujen käyttöä lihasikojen ruokinnassa.

Ruokinnallisten tekijöiden erottaminen muista lihan laatuun vaikuttavista tekijöistä on vaikeaa. Nautojen energian saannin lisääminen (väkirehun osuutta lisäämällä tai karkearehun sulavuutta parantamalla) nopeuttaa eläinten kasvua, lisää ruhon rasvaisuutta ja eläimet saavuttavat teuraskypsyyden nuorempina. Kirjallisuusselvityksen perusteella nämä tekijät näyttävät vaikuttavan positiivisesti lihan syöntiläatuun.

Summaries

Key words: cattle, beef, meat quality, feeding

Jokela, M.: Pig feeding and its effect on pork quality. A review of the literature reveals that feeding clearly affects pork quality although other factors such as breed also play a role. Large amounts of certain feeds may impair pork quality. Low quality pork may be marked by features such as softness of the back fat, poor taste and smell or boar taint in the meat.

Studies have sought to establish the extent to which feeds impairing quality should be restricted in order to ensure high-quality pork. Especially fat or oil-rich feeds and those producing a boar taint should be restricted in pig feeding.

Rinne, M.: Cattle feeding and its effect on beef quality. The main components of beef quality are meat colour, taste and smell, tenderness, juiciness and fat content. Beef quality is affected by cattle breed, age at slaughter, sex, handling of animals prior to slaughter and handling of meat after slaughter as well as by feeding. Feed characteristics do not affect the quality of beef as strongly as that of pork quality due to the microbial degradation of feed compounds in the rumen of cattle.

It is not easy to separate nutritional factors from the other factors affecting beef quality. Increasing the energy intake of cattle (by increasing the proportion of feed concentrates or by improving the digestibility of roughage) accelerates the growth rate of cattle and increases their fatness. They thus achieve slaughter size at a younger age. The findings of a literature review suggest that these factors improve the eating quality of beef.

Alkusanat

Julkaisu koostuu kahdesta itsenäisestä kirjallisuusselvityksestä. Marjatta Jokela on tutkinut eläinten ruokinnan vaikutuksia sianlihan laatuun ja Marketta Rinne naudanlihan laatuun. Kirjallisuusselvitykset on tehty Atria Oy:n ja sen hankintaosuuskuntien (Itikka, Lihakunta ja Pohjanmaan liha) aloitteesta ja taloudellisella tuella. Tämä osoittaa liikeyritykseltä selkeää halua hyödyntää tieteellisen tutkimustyön tuloksia

tehokkaasti. Erityiset kiitokset haluamme osoittaa Itikka osuuskunnan alkutuotantopäällikkö Rainer Laturille.

Apulaisprofessori Matti Näsi (Helsingin yliopisto, kotieläintieteen laitos) sekä professori Pekka Huhtanen ja MMT Pentti Aspila (MTT, kotieläintuotannon tutkimuslaitos) tukivat ja opastivat meitä työsämme, mistä kiitämme lämpimästi.

Huhtikuussa 1996

Tekijät

Sisällys

Tiivistelmät	3
Summaries	4
Alkusanat	5
I Ruokinnan vaikutus sianlihan laatuun	9
1 Johdanto	11
2 Laadun osatekijät	11
3 Ruokinnan vaikutus lihan laatuun	11
4 Karjunhaju ja siihen vaikuttavat tekijät	13
4.1 Karjunhajun tunnistaminen silavan androstenoni- ja skatolipitoisuuksien perusteella	14
4.2 Rehuun lisätty skatoli	15
4.3 Rehuun lisätty tryptofaani	15
4.4 Rehuun lisätty laktoosi	15
4.5 Rehuun lisätyt antibiootit	16
4.6 Rehuun lisätty sonta	16
4.7 Sonnan määrä karsinassa	16
5 Rehun valkuais- ja energiatasojen vaikutus sianlihan laatuun	17
6 Ruokinta- ja hoitomenetelmien vaikutus sianlihan laatuun	17
7 Energiarehujen vaikutus sianlihan laatuun	18
7.1 Murskesäilötty ohra	18
7.2 Kaura	18
7.3 Kuoreton kaura	19
7.4 Maissi	20
7.5 Ruisvehnä	21
7.6 Durra	21
7.7 Tapioka	21
8 Rehuun lisätyn rasvan ja ruhon rasvan vaikutus sianlihan laatuun	22
8.1 Ruokinnan vaikutus selkäsilavan rasvahappokoostumukseen	22
8.2 Lihaksen sisäisen rasvan määrä	23
8.3 Kasviöljy	24
8.4 Eläinrasva	26
8.5 Rehun linolihappopitoisuus	26
8.6 Silavan linolihappopitoisuus	27
8.7 E-vitamiini rasvaruokinnalla	27

8.8	Rasvalähteen vaikutus tuoreen makkaran varastointikestävyyteen	28
8.9	Rehussa olevat rikkaruohon siemenet	28
9	Valkuaisrehujen vaikutus sianlihan laatuun	29
9.1	Kalajauho	29
9.2	Teurasjäte	31
9.3	Lihaluujuauho	32
9.4	Soijapapu	32
9.5	Auringonkukan siemenet	33
9.6	Pellavansiemenet	33
9.7	Rypsi ja rapsi	33
9.7.1	Rypsirouhe	34
9.7.2	Rypsipuriste	34
9.7.3	Rypsin siemenet	35
9.8	Herne ja rypsi	35
9.9	Herne	36
9.10	Lupiini	37
9.11	Linssi	38
9.12	Maitojauhe	38
9.13	Hiiiva	39
10	Muiden rehukomponenttien vaikutus sianlihan laatuun	39
10.1	Hera	39
10.2	Viherjauho	40
10.3	Sokeri ja kuitu	40
10.4	Aflatoksiini B1	42
10.5	Kupari	42
10.6	Rauta	42
10.7	Maustetut rehuseokset	42
11	Yhteenveto ja johtopäätökset	42
	Kirjallisuus	45
II Ruokinnan vaikutus naudanlihan laatuun		53
1	Johdanto	55
2	Naudanlihan laatu	55
2.1	Laadun määrittely ja tutkiminen	55
2.2	Laadun osatekijät	56
2.2.1	Väri	56
2.2.2	Maku ja haju	56
2.2.3	Mureus	58
2.2.4	Mehukkuus	58
2.2.5	Lihaksensisäinen rasva ja marmoroituminen	59
2.2.6	Ravitsemuksellinen arvo	60
2.2.7	Eettinen laatu	62
2.3	Laatuun vaikuttavia ruokinnasta riippumattomia tekijöitä	62
2.3.1	Rotu	62

2.3.2	Ikä teurastettaessa	64
2.3.3	Sukupuoli	65
2.3.4	Eläinten ja ruhojen käsittely	66
3	Ruokintastrategian vaikutus naudanlihan laatuun	66
3.1	Fysiologinen perusta	66
3.2	Ruokintataso	67
3.2.1	Kasvunopeus	67
3.2.2	Rasvoittuminen	70
3.2.3	Kompensatorinen kasvu	72
3.3	Rehuannoksen valkuaispitoisuus	73
3.4	Väkirehun ja karkearehun suhde	74
4	Rehujen laadun vaikutus naudanlihan laatuun	75
4.1	Väkirehun laatu	75
4.2	Karkearehun laatu	76
5	Yksittäisten rehukomponenttien vaikutuksia naudanlihan laatuun	79
5.1	Rypsi tuotteet	79
5.2	Kalajauho	80
5.3	Maitotuotteet	80
5.4	Rasvat ja öljyt	81
5.5	E-vitamiini	83
5.6	Etanoli	84
5.7	β -Hydroksi- β -metyyliivohappo	85
6	Kasvunestäjät	85
6.1	Ionoforit	86
6.2	β -Agonistit	86
6.3	Kasvuhormoni	86
7	Lihan laatuvirheet	87
7.1	Makuvirheitä aiheuttavat rehu kasvit	87
7.2	Haitallisten aineiden jäämät	87
7.3	Tervaliha	88
7.3.1	Tervalihaisuus ja lihan jäännösglykokeenin pitoisuus	88
7.3.2	Ruokinnan vaikutus tervalihan syntyyn	89
8	Luonnonmukaisen naudanlihantuotannon vaikutuksia lihan laatuun	90
9	Yhteenveto ja johtopäätökset	91
	Kirjallisuus	92

I. Ruokinnan vaikutus sianlihan laatuun

Marjatta Jokela

1 Johdanto

Sianlihan laadulla on ymmärretty eri asioita eri aikoina. Laatu määritettiin 1970-luvun lopulle asti sianruhojen rasvaisuuden perusteella. Tämän jälkeen laadun käsite on laajentunut ja nykyään siihen sisällytetään ainakin lihaksen sisäisen rasvan määrä ja lihan maku sekä usein myös lihan eettinen laatu. Ravitsemuksellisenä tavoitteena on ollut rasvan määrän vähentäminen ja rasvahappokoostumuksen muuttaminen tyydyttymättömämpään suuntaan. Tyydyttymättömät rasvahapot kuitenkin pehmentävät rasvaa, mikä taas saattaa aiheuttaa ongelmia lihan prosessoinnissa.

Tämän kirjallisuustutkimuksen tarkoituksena on selvittää ruokinnallisten tekijöiden vaikutuksia sianlihan laatuun. Sika on yksimahainen eläin ja yksittäiset rehut voivat vaikuttaa merkittävästi lihan laatuun, koska mm. rehun rasvahapot kulkeutuvat lähes sellaisenaan eläimen kudoksiin. Toisaalta jotkut rehut voivat aiheuttaa lihaan karjunhajua, joka tulee esiin lihaa kuumennettaessa. Suurin osa tutkimuksista, joihin tässä kirjallisuusselvityksessä on viitattu, on tehty ulkomailla. Suomalaisia tutkimuksia aiheesta on julkaistu varsin vähän. Olen tarkastellut meillä hyvin tunnettujen rehujen lisäksi myös Suomessa melko tuntemattomia rehuja, sillä mahdollisuus tällaisten rehujen maahan tuontiin on helpottunut maamme liittyttyä Euroopan unionin jäseneksi. Mikäli ei ole aihetta epäillä rehun laatua, myös kolmansista maista unionin alueelle tuotuja rehuja saatetaan tuoda edelleen Suomeen.

2 Laadun osatekijät

Eläintuotteiden laatua ei enää ainakaan teollistuneissa maissa ilmaista absoluuttisin termein, vaan paremminkin suhteessa kuluttajaan (Branschheid 1991). Laatu syntyy monen tekijän yhdysvaikutuksena eikä sitä pystytä täsmällisesti ilmaisemaan. Li-

han laatu voidaan kuitenkin jakaa ainakin aistinvaraiseen, kemialliseen, fysikaaliseen, ravitsemukselliseen, teknologiseen, hygieeniseen ja eettiseen laatuun (Maa- ja metsätalousministeriö 1994).

Kuluttaja muodostaa käsityksensä laadusta aistinvaraisesti. Aistinvaraiseen laatuun vaikuttavat kaikki edellä mainitut laatutekijät eri tavoin yhdistyneinä sekä monet muut tekijät, myös mielikuvat. Aistinvarainen laatu muodostuu lihan ulkonäöstä, hajusta, mausta, suutuntumasta (mm. mureus) ja rakenteesta. Lihaa ostettaessa ainoa käytettävissä oleva laatukriteeri on ulkonäkö (Maa- ja metsätalousministeriö 1994).

Suutuntuman avulla arvioitavista lihan laatukriteereistä tärkein on lihan mureus. Monesti makua pidetään tärkeimpänä, mutta todellisuudessa maku tulee liharuokiin pääasiassa maustamisesta (Maa- ja metsätalousministeriö 1994). Tässä kirjallisuusselvityksessä referoiduissa kokeissa makupaneelit ovat yleensä kuitenkin arvioineet juuri lihan makua, joskus myös sen mehukkuutta, mureutta tai muita laatuun vaikuttavia tekijöitä.

3 Ruokinnan vaikutus lihan laatuun

Runsaasti energiaa sisältävillä ruokinnoilla eläimet (siat, lampaat, karitsat, lihanaudat) tuottavat yleensä paremman tai voimakkaamman makuista punaista lihaa kuin vähän energiaa sisältävillä karkearehu- tai ruohodieeteillä (Melton 1990). Laadulle on eduksi nopea kasvu ja suuri rasvapitoisuus lihassa, kun taas hitaasti kasvaneen eläimen vähän rasvaa sisältävä liha on kovempaa ja kuivempaa. Nopeaan kasvuun liittyvä parempi laatu saattaa osittain johtua lihaksen kollageenin nuoremmasta kehitysasteesta ja lisääntyneestä teurastuksen jälkeisestä proteolyysistä eli valkuaisen hajoamisesta (Warkup & Kempster 1991). Mureus on mahdollisesti tärkein sianlihan suutuntu-

Taulukko 1. Mahdollisuudet vaikuttaa ruokinnalla lihan laatutekijöihin (Kirchgessner & Roth 1983).

Laatutekijät	Ruokinnan vaikutusmahdollisuus
I. Aistinvaraiset tekijät	
* Ulkonäkö (lihan väri, marmoroituminen, rakenne)	vähäinen - keskinkertainen
* Aromit (haju ja maku)	keskinkertainen - suuri
* Rakenne (mehukkuus, hienous, mureus, konsistenssi)	vähäinen
2. Jalostusteknologiset tekijät	
* Vedensidonta (vedensidontakyky)	vähäinen
* Konsistenssi, kiinteys, pH	vähäinen
* Sidekudokset, jänteet, kollageeni	vähäinen
* Rasvapitoisuus ja rasvan ominaisuudet (sulamispiste, jodiluku)	suuri
* Saippuoitumisluku	vähäinen
3. Hygieeniset ja toksikologiset tekijät	
* Patogeenisten itiöiden pitoisuus	vähäinen
* Säilyvyyteen vaikuttavat tekijät [pH, vesiaktiivisuus (a_w -arvo), redox-potentiaali (r_h -arvo)]	vähäinen
* Jäämien pitoisuus (antibiootit, hormonit, mykotoksiinit, pestisidit, Pb-, Hg-, Cd-, As-sidokset)	keskinkertainen
4. Ravitsemukseen liittyvät tekijät	
* Valkuaispitoisuus	keskinkertainen
* Aminohappokoostumus	vähäinen
* Rasvapitoisuus	suuri
* Rasvahappokoostumus	suuri
* Glykogeenipitoisuus	suuri
* Vitamiinipitoisuus	
-rasvaliukoiset vitamiinit	suuri
-B-vitamiinit	vähäinen
* Kivennäis- ja hivenaineet	vähäinen
* Sulavuus	vähäinen

maan vaikuttava tekijä siitä huolimatta, että viimeaikainen suuntaus tuottaa vähärasvaisia ruhoja ja prosessointien nopeutuminen ovat saattaneet vähentää sitä. Kaksi tärkeintä biologista tekijää, jotka vaikuttavat mureuteen ovat lihaksen sisäisen rasvan määrä ja proteolyttisten entsyymien määrä. Näihin vaikuttavat ainakin rotu, ruokinta ja

lihan säilytysaika (Wood *et al.* 1995). Woodin työryhmän kokeessa proteolyysin todettiin olevan tärkein mureuteen vaikuttava tekijä. Säilytysaika (1 tai 10 päivää 1°C:ssa) vaikutti enemmän proteolyysiin ja mureuteen kuin ruokintataso (kasvunopeus).

Rehuperäisistä tekijöistä ainakin kala-

tuotteet, raat soijapavut, rypsiöljy ja -rouhe sekä laidunruoho aiheuttavat kaikilla eläinlajeilla ei-toivottuja makuja punaiseen lihaan (Melton 1990). Meltonin mukaan siioilla ei ole tutkittu, miten eri ruokinnat vaikuttavat lihaa kypsennettäessä muodostuviin haihtuviin, makuun vaikuttaviin aineisiin. Lihanaudoilla ja lampailla on tehty muutamia kokeita, joissa näiden haihtuvien aineiden määrää on mitattu.

Mahdollisuudet vaikuttaa ruokinnan kautta lihan laatuun riippuvat tarkasteltavasta laatu-tekijästä. Taulukkoon 1 on koottu lihan laatu-tekijöitä ryhmiteltyinä aistinvaraisiin, jalostusteknologisiin, hygieenisiin ja toksikologisiin sekä ihmisten ravitsemukseen liittyviin tekijöihin. Vaikutusmahdollisuudet on tässä arvioitu joko vähäisiksi, keskinkertaisiksi tai suuriksi.

4 Karjunhaju ja siihen vaikuttavat tekijät

Karjunhaju on etenkin leikkaamattomissa karjuissa esiintyvä erityinen ominaishaju. Aineet, joiden on todettu osaltaan vaikuttavan karjunhajuun, ovat androstenoni, skatoli ja indoli. Miehen sukuhormonin testosteronin sukulainen androstenoni tunnistettiin ensimmäisenä karjunhajun aiheuttajaksi. Androstenoni on tärkeä holutusaine sikojen sukupuolisessa käyttäytymisessä, sillä se laukaisee kiimassa olevan emakon seisomarefleksin (Lundström & Malmfors 1990).

Skatoli ja indoli, jotka myös vaikuttavat karjunhajuun, muodostuvat bakteerien avulla tryptofaani-aminohapon hajoamistuotteista suolessa. Skatolia ja indolia on sekä uros- että naarassian suolessa. Vielä ei tiedetä, miksi vain karjut varastoivat näitä aineita kudoksiinsa niin paljon, että muodostuu selvä haju. Skatolilla on suurempi vaikutus karjunhajun syntyyn kuin indolilla. Nykyisen tiedon perusteella näillä aineilla ei ole fysiologista tehtävää elimistössä. Skatolia ja indolia erittyä myös

sian sонтаan, missä ne osaltaan vaikuttavat tyypillisen sianhajun syntyyn. Paksusuolesa tapahtuvaan käymiseen vaikuttavat tekijät voivat todennäköisesti vaikuttaa myös skatolien muodostumiseen. Paksusuolesta skatolit imeytyvät aineenvaihduntaan ja pääsevät varastoitumaan rasvakudokseen (Lundström & Malmfors 1990).

Kun selkäsilavan skatolipitoisuus on suurempi kuin 0,20 ppm, epämiellyttävä haju (karjunhaju) tulee esille karjunlihaa uudelleen lämmitettäessä (Pedersen *et al.* 1986). Ruokinnalla voitiin muuttaa sonnan skatoli- ja indolipitoisuutta ja sonnassa erittyvän skatolin ja indolin kokonaismäärää, mutta pitoisuudet silavassa eivät muuttuneet (Hawe *et al.* 1992). Myöskään aiemmassa kokeessa (Hawe & Walker 1991) sonnan ja silavan indolipitoisuudet eivät korreloineet merkittävästi. Kuitupitoinen rehu todennäköisesti lisää fermentaatiota paksusuolesa, mikä lisää mikrobivalkuaisen tuotantoa. Tämä saattaa lisätä tryptofaanin määrää ja sitä kautta myös indolin muodostumista (Lundström *et al.* 1988).

Jensen & Jensen (1995) havaitsivat sian paksusuolesa muodostuvaan skatolin tuotantoon vaikuttavien tekijöiden liittyvän paremminkin suolensisäisen mikrobiston prosesseihin kuin riittävään entsyymaattiseen kykyyn tuottaa maksimimäärä skatolia tryptofaanista. Skatolin tuotantomäärään vaikuttavat tekijät ovat siten tryptofaanin saatavuus sekä sen muuntumismäärä skatoliksi. Tryptofaanin tuotanto riippuu sekä paksusuoleen tulevan ruokasulan tryptofaanin määrästä että suolimikrobiston proteolyttisestä aktiivisuudesta. Tryptofaania voidaan käyttää joko mikrobivalkuaisen muodostamiseen tai se voidaan muuttaa indoliksi tai skatoliksi. Näiden kahden yhdisteen tuotantosuhteisiin vaikuttavia tekijöitä ei vielä tunneta. Skatolin siirtymismäärä suolen seinämän läpi riippuu mahdollisesti suolen seinämän välittömässä läheisyydessä olevasta skatolipitoisuudesta ja tähän taas vaikuttavat ruokasulan määrä ja koostumus (Jensen & Jensen 1995).

Sikojen sukupuoli ei vaikuttanut son-

nan skatoli- ja indolipitoisuuteen, eikä sonnassa erittyvän skatolin ja indolin kokonaismäärään, vaikka ruokinta muuttikin näiden pitoisuuksia merkitsevästi. Sukupuolella ei ollut vaikutusta myöskään näiden aineiden pitoisuuksiin silavassa. Pitoisuudet olivat sekä sonnassa että silavassa karjuilla hieman suuremmat kuin imisillä, mutta erot eivät olleet merkitseviä (Hawe *et al.* 1992). Useissa kokeissa silavan skatolipitoisuus on kuitenkin ollut suurempi karjuilla kuin imisillä.

4.1 Karjunhajun tunnistaminen silavan androstenoni- ja skatolipitoisuuksien perusteella

Androstenonin ja skatolin pitoisuusmittausten ja hajutestien korrelaatioiden perusteella voidaan rasvaliukaisen androstenonin pitoisuutta silavassa pitää melko hyvänä karjunhajun ennustajana sianrasvasa. Skatoli, joka on sekä rasva- että vesiliukoinen, näyttää olevan hyvä karjunhajun ennustaja sekä rasvan että lihan maun osalta. Johtopäätökset perustuvat karjuilla ja imisillä tehtyyn kokeeseen (Lundström *et al.* 1988).

Vastaavanlaisessa amerikkalaisessa kokeessa tultiin puolestaan siihen johtopäätökseen, että skatoli on huono karjunhajun ennustaja silavassa. Karjujen ja leikkosten silavasta määritettyjen androstenonin ja skatolin pitoisuudet eivät korreloineet silavanäytteille annettujen hajupisteiden kanssa (Judge *et al.* 1990).

Koejärjestelyt erosivat jonkin verran toisistaan (Andresen 1975). Ruotsalaisessa kokeessa (Lundström *et al.* 1988) paneelin jäsenten sanottiin kykenevän tunnistamaan androstenonin ja skatolin hajut, amerikkalaisessa kokeessa puhuttiin vain androstenonin erottamiskyvystä. Silavanäytteet lämmitettiin ruotsalaisessa kokeessa 150 asteeseen ja amerikkalaisessa 100 asteeseen hajun voimakkuuden arviointia varten. Androstenonin määrittäminen oli sama. Skatoli määritettiin ruotsalaisessa ko-

keessa tanskalaisen menetelmän mukaan (Mortensen & Sørensen 1984) ja amerikkalaisessa kokeessa käytettiin Peleranin & Boriesin (1985) menetelmää. Amerikkalaisessa kokeessa käytetty skatolimääritys saattaa olla yksi syy erilaisiin johtopäätöksiin. Kirjallisuudesta löytyy niin vähän viitteitä kokeista, joissa on käytetty Judgen tutkimusryhmän käyttämää skatolimäärittystä, että tuloksia ei voida pitää suoraan vertailukelpoisina muiden tuloksiin.

Ranskalaisessa kokeessa (Bonneau *et al.* 1992a) 74 karjua ja 74 leikkaa valittiin yli 1600 sian joukosta siten, että karjuista kolmasosalla silavan skatolipitoisuus oli yli 0,25 ppm. Karjuilta mitattiin myös silavan androstenonipitoisuus. Silavan skatoli- ja androstenonipitoisuutta verrattiin silavan ja kyljysten aistinvaraisen arvostelun tuloksiin. Silavan skatolipitoisuus mitattiin kolorimetrisesti Mortensenin & Sørensenin (1984) mukaan ja silavan androstenonipitoisuus radioimmunologisesti Uzun & Bonneau (1980) mukaan. Aistinvaraisessa arvostelussa annetut karjujen silavan ja kyljysten hajupisteet korreloivat paremmin silavan androstenonipitoisuuden kuin silavan skatolipitoisuuden kanssa. Yhdistettyyn androstenoni- ja skatolipitoisuuteen perustuva ruhojen luokittelu ei tuonut mitään lisähyötyä pelkkään androstenonipitoisuuden mittaamiseen verrattuna. Ruhojen luokittelu rasvan androstenoni- ja/tai skatolipitoisuuden perusteella ei ole tämän perusteella riittävän tarkka menetelmä tunnistaa karjunhaju tai sen puuttuminen lihasta (Bonneau *et al.* 1992a).

Toisessa ranskalaisessa kokeessa (Bonneau *et al.* 1992b) valittiin 68 karjua ja 68 leikkaa siten, että kolmasosalla karjuista silavan skatolipitoisuus oli suurempi kuin 0,25 ppm. Kymmenen hengen paneeli arvosteli keitetty kinkut aistinvaraisesti. Skatoli korreloi paremmin kinkun haju- ja sivuhajupisteiden kanssa kuin androstenoni. Havainnon käytännön merkitys voi kuitenkin olla melko pieni, sillä hajua kuvaavat pisteet olivat yhtä hyviä sekä karjuilla että leikoilla. Androstenonilla ja skatolilla oli

samankaltainen, joskin skatolilla hieman suurempi, vaikutus sivuhajujen esiintymiseen.

4.2 Rehuun lisätty skatoli

Rehuun lisätty kemiallisesti valmistettu puhdas skatoli lisäsi tanskalaisessa karjuporsaille tehdyssä kokeessa selkäsilavan skatolipitoisuutta. Tämän perusteella skatolin siirtyminen vereen ja pidättyminen rasvakudokseen saattavat lisääntyä, kun skatolin tuotanto lisääntyy suolessa (Pedersen *et al.* 1986, Hawe & Walker 1991).

Ruokinnan kautta luonnollisesti muuttunut suolen sisällön skatolipitoisuus ei kuitenkaan tue Pedersenin olettamusta. Laktoosin ja tylosiinifosfaatin aiheuttama skatolipitoisuuden aleneminen sonnassa ei vaikuttanut silavan skatolipitoisuuteen (Hawe *et al.* 1992) eikä sonnan syömisen aiheuttama skatolipitoisuuden nousu umpisuolessa vaikuttanut sonnan tai silavan skatolipitoisuuksiin (Hawe & Walker 1991).

4.3 Rehuun lisätty tryptofaani

Rehun DL-tryptofaanilisällä ei ollut vaikutusta karjujen selkäsilavan skatolipitoisuuteen. Veren tryptofaanipitoisuus nousi, mutta vapaan tryptofaenin pitoisuus ei muuttunut veressä. Näyttää siltä, että tryptofaani yksin ei ohjaa skatolin muodostumista. Myös muita tekijöitä tarvitaan ennen kuin skatolipitoisuus lisääntyy (Pedersen *et al.* 1986). Bonneau & Desmoulin (1981) saivat samansuuntaiset tulokset: tryptofaenin lisääminen rehuun ei lisännyt karjunhajuja karjuilla tehdyssä kokeessa.

Suolen sisällön *in vitro*-inkubaatioon lisätty L-tryptofaani lisäsi voimakkaasti skatolin tuotantoa, mikä viittaa siihen, että mikrobiston entsyymikapasiteetin sijasta skatolin muodostumista rajoittava tekijä sian paksusuolessa olisikin käytettävissä oleva substraatti suolessa (Jensen & Jensen 1995).

4.4 Rehuun lisätty laktoosi

Karjuilla ja imisillä tehdyssä kokeessa laktoosi (25 mg/g rehua) ei vaikuttanut indolin määrään eikä pitoisuuteen sonnassa. Sen sijaan sonnan skatolipitoisuus ja sonnassa erittyneen skatolin kokonaismäärä vähenivät. Vaikka pitoisuus sonnassa pieneni, silavan skatolipitoisuus ei muuttunut. Sonnan skatolipitoisuuden pieneminen laktoosia saaneilla sioilla saattoi johtua monesta eri tekijästä. Koska paksusuolessa olevat hiilihydraatit pitää hajottaa pienemmiksi di- tai monosakkarideiksi ennen kuin mikrobit voivat käyttää niitä, laktoosin disakkarit ovat helpommin mikrobien käytettävissä kuin rehun kuidun polysakkaridit. Tämä voi selittää sen, miksi laktoosi vähensi sonnan skatolipitoisuutta tehokkaammin kuin kokeessa ollut sokerijuurikasleike (Hawe *et al.* 1992).

Toinen selitys laktoosin vaikutukselle voi liittyä rehun kulkunopeuteen ruoansulatuskanavassa. Kim *et al.* (1978) osoittivat, että rehussa oleva laktoosi lisää rehun kulkunopeutta. Kun rehu kulkee nopeasti ruoansulatuskanavan läpi, mikrobisto ei ehkä ehdi sopeutua muutoksiin tarpeeksi nopeasti ja toisaalta bakteereilla on vähemmän aikaa olla kosketuksissa ruokasulan kanssa. Skatolin tuotanto saattaa tämän johdosta vähentyä (Hawe *et al.* 1992).

Kolmas selitys saattaa olla laktoosin sonnan happamuutta lisäävä vaikutus. Happamuus lisääntyy, kun paksusuolessa muodostuu maitohappoa laktoosifermentaation aikana (Cranwell 1968). Tryptofaenin muuttuminen skatoliksi näyttää taas olevan maksimissaan neutraalissa pH:ssa. Tuotanto vähentyy merkittävästi, kun ympäristö muuttuu happamemmaksi (Hammond *et al.* 1984). Laktoosin aiheuttama happamuuden lisääntyminen suolistossa saattoi siis olla yhtenä syynä sonnan skatolipitoisuuden vähenemiseen (Hawe *et al.* 1992).

4.5 Rehuun lisätyt antibiootit

Tylosiinifosfaattia (kasvunediste) lisättiin rehuun 200 mg/kg, kun normaali suositeltava määrä on 20 mg/kg. Tylosiinifosfaatti vähensi sonnan indoli- ja skatolipitoisuutta, mutta ei vaikuttanut niiden pitoisuuteen silavassa (Hawe *et al.* 1992). Toisessa kokeessa rehuun lisätty antibiootti (Nebacitin) vähensi merkittävästi sekä paksusuolen että selkäsilavan skatolipitoisuutta (Jensen & Jensen 1995).

4.6 Rehuun lisätty sonta

Karju- ja imisäporsaille syötettiin vehnä-soijarouheseoksen lisäksi toisilta sioilta kerättyä tuoretta sontaa 500 g päivässä 40 päivän ajan (painovälillä 55–85 kg). Sontaa syöneiden eläinten umpisuolen sisällön indoli- ja skatolipitoisuudet lisääntyivät merkittävästi kontrolliryhmään verrattuna. Sonnan indoli- ja skatolipitoisuuksissa ei kuitenkaan ollut eroa ryhmien välillä, eikä ruokinta vaikuttanut myöskään näiden aineiden pitoisuuksiin silavassa. Silavan skatolipitoisuus oli selvästi suurempi karjuilla imisiin verrattuna (Hawe & Walker 1991). Lundström *et al.* (1988) ovat aiemmin oletaneet, että karjujen silavan suurempi skatolipitoisuus imisiin verrattuna saattaisi johtua karjujen suuremmasta taipumuksesta kaivaa alustansa. Tällöin niiden ruoansulatuskanavaan joutuisi myös enemmän indolia ja skatolia sonnan syömisen myötä. Hawen & Walkerin (1991) tulokset eivät kuitenkaan tue tätä oletusta.

Pedersen *et al.* (1986) havaitsivat skatolin syöttämisen sioille lisäävän silavan skatolipitoisuutta. Heidän kokeessaan skatoli oli kemiallisesti valmistettua ja saattoi sen takia olla helpommin imeytyvää ja rasvakudokseen varastoituvaa kuin sonnan sisältämä skatoli. Puhtaan skatolin päivittäinen annos oli myös huomattavasti suurempi kuin sonnasta tuleva skatoliannos (450 vs. 21 mg). Tämän mukaan on epätodennäköistä, että sikojen käyttäytyminen

seen luonnollisesti kuuluva sonnan syöminen voisi merkittävästi vaikuttaa indolin ja skatolin pitoisuuksiin silavassa. Lisäksi sika tuskin syö luonnossa niin suurta määrää sontaa päivässä, että saisi skatolia yhtä paljon kuin tässä kokeessa (Hawe & Walker 1991).

4.7 Sonnan määrä karsinassa

Karsinan tilavuus ja sonnan määrä karsinassa saattavat vaikuttaa silavan skatolipitoisuuteen. Karjuilla ja imisillä tehtyjen kokeiden mukaan tiheästi (0,6 m²/sika) sonnassaan vähintään viikon ajan maanneiden sikojen nahanalaisen rasvan skatolipitoisuus oli suurempi kuin puhtaissa karsinoissa väljästi (1,2 m²/sika) olleilla sioilla. Yhden viikon aikana ennen teurastusta rasvan skatolipitoisuutta voitiin lisätä tai vähentää olosuhteita muuttamalla eli esimerkiksi siirto väljempään ja puhtaampaan karsinaan viikkoa ennen teurastusta vähensi skatolipitoisuutta silavassa (Hansen *et al.* 1992).

Karjuilla silavan indoli- ja skatolipitoisuudet olivat suuremmat kuin imisillä. Kuitenkin viidellä imisilläkin silavan skatolipitoisuus oli niin suuri (0,25 ppm), että ruhot oli hylättävä. Kokeissa oli yhteensä 144 sikaa. Ympäristön lämpötilalla (vuodenajalla) oli myös merkittävä vaikutus silavan skatolipitoisuuteen. Vaikutus oli erityisen selvä, jos siat olivat hyvin sontaisia ja ahtaassa tilassa. Silavan skatolipitoisuus oli merkittävästi suurempi kesällä kuin talvella, vaikka tiheässä olleet siat olivat talvella aivan yhtä likaisia kuin kesällä. Kesällä karsinassa olleen sonnan lämpötila oli yli 30 °C ja talvella keskimäärin 25 °C. Kesällä tehdyssä kokeessa sekä skatolin että indolin pitoisuudet olivat suuremmat rasvakerroksen sisimmässä osassa (lähinnä lihaa) uloimpaan kerrokseen verrattuna. Lämpötila, karsinan tilavuus ja sonnan määrä karsinassa eivät kuitenkaan vaikuttaneet sikojen oman sonnan skatolipitoisuuteen eivätkä sonnan ja silavan skatolipitoisuudet korreloineet merkittävästi keskenään (Hansen *et al.* 1992).

Voidaan olettaa, että erittäin soistaisista karsinoista etenkin silloin, kun sonta on lämmintä (yli 30 °C), skatoli (19 ppm) ja indoli (7 ppm) voivat kulkeutua sian ihon läpi tai kaasumainen skatoli voi imeytyä keuhkojen kautta nahanalaiseen rasvaan. Jälkimmäinen vaihtoehto näyttää tämän kokeen perusteella todennäköisemmältä (Hansen *et al.* 1992).

5 Rehun valkuais- ja energiatasojen vaikutus sianlihan laatuun

Kahta valkuaiastasoja verrattiin lihasioilla maissiin perustuvalla ruokinnalla. Koerhut sisälsivät 11,2 ja 16,3 % valkuaiasta. Valkuaispitoisuus säädettiin vähärasvaisen soijarouheen ja vähärasvaisten pellavan-siemenien seoksella. Makupaneeli arvosteli vähemmän valkuaiasta sisältävällä rehulla kasvatettujen sikojen lihan paremmaksi (Davey 1976). Toisessa kokeessa valkuaiastasot olivat 12, 16 ja 20 % myös maissipohjaisella ruokinnalla. Valkuaisen määrä rehussa säädettiin soijarouheella. Kokeessa muutettiin myös energiatasoa korvaamalla 0–10 prosenttia rasvasta dextroosilla. Tulosten mukaan valkuais- tai energiatasolla ei ollut merkittävää vaikutusta lihan makuun (Cromwell *et al.* 1978). Vaikka rasvan ja lihan suhde lihaksissa muuttuikin, sillä ei ollut vaikutusta makuun. Samanlainen johtopäätös on tehty myös aiemmin (Skelley *et al.* 1973).

Rehun valkuais/energiasuhteen tiedetään vaikuttavan lihaksen sisäisen rasvan määrään, vaikka ruokinnan ja rehun koostumuksen vaikutuksia sisäisen rasvan määrään ei vielä tunneta tarkasti. Kun rehun valkuaispitoisuus nousee, lihaksen sisäisen rasvan määrä vähenee. Sisäisen rasvan lisääminen rehun valkuais/energiasuhdetta muuttamalla on kuitenkin epä-taloudellista, koska se heikentää kasvua ja rehuhyötysuhdetta sekä nostaa sila-

va/liha -suhdetta (Madsen *et al.* 1991c).

6 Ruokinta- ja hoito- menetelmien vaikutus sianlihan laatuun

Vapaasti rehua saaneiden 80 kilon elopainoon kasvatettujen sikojen liha oli mureampaa (makupaneeli) kuin rajoitetulla ruokinnalla olleiden, hitaammin kasvaneiden. Tämä johtui osittain suuremmasta lihan sisäisen rasvan määrästä, mutta myös muut tekijät ovat vaikuttaneet tulokseen. Vastaavasti väkirehulla ruokittujen lihautojen liha on mureampaa kuin laiduruokinnalla olleiden hitaasti kasvaneiden eläinten (Meat and Livestock Commission 1989, Ambler & Wood 1990).

Vapaasti rehua saaneiden sikojen silava oli paksumpi (12,80 vs. 11,10 mm) ja lihaksen sisäisen rasvan määrä suurempi kuin rajoitetulla ruokinnalla olleiden. Makupaneelin mukaan vapaasti ruokittujen sikojen liha oli mehukkaampaa ja mureampaa, mutta maun voimakkuudessa ei ollut eroa ryhmien välillä (Meat and Livestock Commission 1989). Lihaksen sisäisen rasvan määrä vaikutti siis jonkin verran mureuteen ja mehukkuuteen, mutta vain hyvin vähän makuun (ks. luku 8.2). Sikojen vapaa ruokinta ei vaikuttanut lihaksen sisäisen rasvan määrään rajoitettuun ruokintaan verrattuna (Madsen *et al.* 1983).

Vapaasti ravintoa saaneiden sikojen silavan skatolipitoisuus oli suurempi kuivaruokinnalla kuin liemiruokinnalla (0,23 vs. 0,14 ppm). Toisessa kokeessa skatolipitoisuudessa ei kuitenkaan ollut mitään eroa (0,10 vs. 0,10 ppm). Ruokintamenetelmät olivat jälkimmäisessä kokeessa vapaa kuivaruokinta ja puolivapaa liemiruokinta (Håndbog for Svinehold 1994).

Kun rehuseos on tarkoin tasapainoitettu ja sisältää 12,3 MJ sulavaa energiaa/kg, voidaan rehua antaa sioille joko vapaasti tai rajoitetusti. Parhaan rehun hyväksikäy-

tön ja ruhon laadun kannalta tällaisenkin refuseoksen antoa tulee rajoittaa loppukasvatuvaiheessa, jos halutaan kasvattaa siat ”pekonimarkkinoille” eli yli 90 kg elopainoon (Braude 1990).

Karun ja virikkeellisen ympäristön vaikutusta sianlihan laatuun on tutkittu ainakin yhdessä kokeessa. Karussa ympäristössä olleet siat olivat pidempiä aikoja toimettona, mikä tarkoitti, että ne seisoivat tai makasivat silmät auki pidempiä aikoja kuin virikkeellisessä ympäristössä olleet siat. Ne olivat myös aggressiivisempia, mm. käyttivät enemmän aikaa toisten sikojen kärsällä tökkimiseen ja hännänpurentaan. Virikkeellisessä ympäristössä olleet siat tutkivat puolestaan enemmän ympäristöään. Siat teurastettiin 20 viikon iässä. Kasvatustyöympäristö ei ollut vaikuttanut tuotantotuloksiin. Aistinvaraisen arvostelun mukaan karussa ympäristössä kasvatettujen karjujen liha oli voimakkaamman makuista ja todennäköisyys epämiellyttävän maun esiintymiseen oli suurempi verrattuna virikkeellisessä ympäristössä kasvatettujen karjujen lihaan. Karussa ympäristössä kasvatettujen imisäporsaiden liha oli hieman mehukkaampaa ja mureampaa kuin virikkeellisessä ympäristössä olleiden imisäporsaiden liha. Aistinvaraisen arvostelun perusteella virikkeellisessä ympäristössä kasvatettujen sikojen lihan laatu ei siis juuri ollut parempi kuin karussa ympäristössä kasvatettujen sikojen lihan laatu (Beattie *et al.* 1995).

7 Energiarehujen vaikutus sianlihan laatuun

7.1 Murskesäilötty ohra

Muurahaishapolla ja propionihapolla (70:30) säilöttyä ja murskattua ohraa verrattiin tavalliseen ohraan kasvavien sikojen ravintona 23 kilon painosta 85 kilon painoon. Toisessa kokeessa siat saivat rehuja vapaasti

ja toisessa rajoitetusti. Kokeissa oli yhteensä 96 sikaa. Vapaalla ruokinnalla tavallisella ohralla sikojen ruhoista tuli rasvaisempia kuin murskesäilöttyllä ohralla. Murskesäilöttyä ohraa saaneella 21 sialla, joista 16 oli ollut vapaalla ruokinnalla, ruhon rasva värjäytyi kellertävän ruskeaksi. Värjäytymisen oli niin voimakasta, että kaikkia ruhoja ei voinut käyttää tavalliseen suolaamiseen ja savustukseen. Tavallista ohraa saaneiden sikojen ryhmässä värjäytymistä ei tavattu yhdelläkään eläimellä. Säilöntäaineissa oli paljon muurahaishappoa ja sitä annosteltiin viljaan enemmän kuin useissa aiemmissa kokeissa. Rasvan värjäytymistä ei ole ennen havaittu murskesäilöttyllä ohralla. Rehun sisältämä kalajauho on saattanut myös vaikuttaa väriin, sillä värin huononemista esiintyi enemmän runsaasti valkuaista saaneilla sioilla. Värin muuttumisen syiden selvittäminen vaatii kuitenkin lisätutkimuksia (Perez-Aleman *et al.* 1971). Murskesäilöttyllä ohralla ei ole yleensä ollut vaikutusta teuraslaatuun kuivaan ohraan verrattuna (Cole *et al.* 1975, Thomke & Tiden 1973).

Entsyymiseoksella, AIV II-liuoksella ja ilman säilöntäainetta säilöttyjä ja murskattuja ohria verrattiin tavalliseen kuivattuun ja jauhettuun ohraan. Murskesäilöntämenetelmä ei vaikuttanut lihaprosenttiin, selkä- tai kylkisilavan paksuuteen eikä pitkän selkälihaksen poikkipinta-alaan. Säilöohra pienensi hieman teuraspainoa ja nosti teurastappioprosenttia. Kokeessa ei arvosteltu lihan laatua (Rajamäki 1992).

7.2 Kaura

Karju- ja imisäporsaille tehdyssä kokeessa ohraa korvattiin 0, 33, 67 ja 100 % kauralla (ruokinnat 1–4). Kaura lisäsi selkäsilavan tyydyttymättömien rasvahappojen, etenkin linolihapon, osuutta rasvahapoista. Jodiluku nousi 58,4:stä 67,4:ään kauran osuuden lisääntyessä rehussa. Pelkkää kauraa saaneista sioista 26 prosentilla jodiluku ylitti arvon 70 (Madsen *et al.* 1990a). Kaura on aiemmissakin kokeissa lisännyt linolihapon pitoisuutta silavassa (Homb & Matre 1986) ja huonontanut silavan kiinteyttä

(Partanen 1975). Ohran korvaaminen kauralla tai porsaiden sukupuoli eivät vaikuttaneet silavan skatolipitoisuuteen. Pitoisuus oli normaalitasolla, keskimäärin 0,11 ppm. Kaura ei vaikuttanut lihan laatua kuvaavaan lukuun, vaikka muutamassa yksittäisessä laatutekijässä tapahtuikin muutoksia. Pigmenttipitoisuus pieneni lihassa ja silavassa, kuitenkin vain silavassa tilastollisesti merkitsevästi. Myös suomalaisessa kokeessa punaisen lihan väri vaaleni, kun kauran osuutta lisättiin rehussa 0–100 % ohran määrästä (Partanen 1975).

Ohraa ja kauraa vertailevassa kokeessa lihan sisäisen rasvan määrä väheni, kun kauran osuus rehussa lisääntyi. Ruokinnoilla 1–4 30, 20, 0 ja 10 prosentilla porsaista sisäisen rasvan määrä oli tyydyttävällä tasolla eli vähintään 2 %. Kaura ei vaikuttanut lihan pH-arvoon eikä vedensidontakykyyn. Pekonin ja kyljysten aistinvaraisessa arvostelussa ei löytynyt mitään eroja ruokintojen välillä. Kokeen perusteella ohrasta tulisi korvata korkeintaan 2/3 kauralla lihasikojen rehussa. Suuremmalla määrällä silavan laatu on vaarassa heikentyä (Madsen *et al.* 1990a). Partasen (1975) mukaan kauran osuus on syytä rajoittaa korkeintaan 50 % rehuviljan määrästä. Sopivimpana kauran määränä lihasikojen ruokinnassa hän pitää 25 % rehuviljasta.

Norjalaisessa tutkimuksessa ohrasta korvattiin 0 ja 40 % (1. koe) ja 0, 50 ja 100 % (2. koe) kauralla. Aistinvaraisen arvostelun perusteella kaura ei vaikuttanut tuoreiden silavanäytteiden makuun, vaikka silavan rasvahappokoostumus muuttui (1. koe) tai vaikka tiobarbituurihappomäärityksellä todettiin silavan hapettumisen lisääntyneen (1. ja 2. koe). Jälkimmäisessä kokeessa maku arvosteltiin myös kuuden kuukauden pakkasäilytyksen jälkeen (pakkamattomat puolikkaat ruhot -37 °C:ssa). Kauraa saaneiden sikojen silavanäytteistä osa arvosteltiin hieman huonomman makuisiksi kuin ohralla ruokittujen sikojen silava. Ero ei kuitenkaan ollut merkitsevä. Rehuun lisätyn E-vitamiinin todettiin useissa kokeissa vähentävän kauralla ruokittujen sikojen silavan hapettumista. Ha-

pettumisen määrää kuvasi tiobarbituurihappo-luku (Homb & Matre 1986).

Homb *et al.* (1988) vertasivat ohraa ja kauraa sikojen rehuna. Koerehut ja niiden raakaravapitoisuudet (suluissa) olivat: Agneta-ohra (1,7), Gunilla-ohra (1,7), kaupallinen ohralaatu (1,9), Titus-kaura (4,7), Mustang-kaura (4,9) ja kaupallinen kauralaatu (5,5). Kauralla ruokittujen sikojen ruhot olivat rasvaisempia selän poikkileikkauksesta mitattuna ja niiden selkäsilava oli paksumpi, mutta ohralla ruokittujen sikojen ruhojen rasvaisuudessa oli suurempia lajikekohtaisia vaihteluita. Ruhon lihakkuus arvioitiin paremmaksi ohraruokinnoilla, mutta silavan kiinteyttä kuvaavissa pisteissä ei ollut eroa ruokintojen välillä (Homb *et al.* 1988).

Suomalaisessa kokeessa leikoille syöettiin kevyttä ja normaalipainoista kauraa painovälillä 55–80 kg. Kaurojen hehtolitrarapainot olivat 36, 39, 51, 52 ja 56 kg. Kevyyn kaura ei riittänyt täysimittaiseen kasvatuskokeeseen, joten kokeessa saatiin tulokset vain neljältä muulta ryhmältä. Hehtolitrarapainon noustessa silava paksuni hieman. Kauran paino ei vaikuttanut silavan kiinteyteen (Salo & Alaviuhkola 1980).

7.3 Kuoreton kaura

Tanskalaisessa leikoilla ja imisillä tehdyssä kokeessa (Madsen *et al.* 1990a) ohrasta korvattiin 0, 33, 67 ja 100 % kuorettomalla kauralla (*Avena nuda*) (ruokinnat 1–4). Kuorettomassa kaurassa oli rasvaa 11 %. Kauran osuuden lisääntyessä dieetissä silavan tyydyttyneiden rasvahappojen osuus pieneni ja tyydyttymättömien, etenkin linolihapon, osuus suureni. Jodiluku nousi tämän vuoksi voimakkaasti ollen eri ruokinnoilla kauran osuuden kasvaessa vastaavasti 58,8; 63,3; 68,5 ja 71,6. Kun kuorettoman kauran osuus oli 67 ja 100 % viljasta, vastaavasti 16 ja 65 prosentilla porsaista silavan jodiluku ylitti arvon 70. Keskimääräinen skatolipitoisuus vaihteli välillä 0,11 ja 0,15 ppm. Ruokinnalla tai eläinten sukupuolella ei ollut siihen vaikutusta.

Kuoreton kaura ei vaikuttanut oleellisesti myöskään lihan laatuun (laatuja kuvaaviin kokonaispisteisiin). Ainoastaan lihan ja silavan pigmenttipitoisuudessa ja lihan sisäisen rasvan määrässä tapahtui muutos huonompaan suuntaan kaurapitoisuuden kasvaessa. Sisäisen rasvan määrä oli 2 % tai suurempi 25, 20, 16 ja 5 prosentilla sioista ruokinnoilla 1–4. Kuoreton kaura ei vaikuttanut pekonin eikä kyljysten syöntilaatuun. Lihan sisäisen rasvan määrän vähenemisen syynä saattoi olla sekä tässä että edellä referoidussa kaurakokeessa kauran suuri rasvapitoisuus. Kokeissa esiintynyttä pigmenttipitoisuuden huononemista kirjoittajat eivät osanneet selittää millään tavalla. Madsenin *et al.* (1990a) kokeen perusteella ohrasta tulisi korvata korkeintaan 50 % kuorettomalla kauralla lihasikojen ruokinnassa, jotta selkäsilavan kiinteys ei huononisi liikaa.

Kuoreton kaura osoittautui sikojen ruokinnassa kahdessa kokeessa yhtä hyväksi tai jopa paremmaksi rehuksi kuin maissi (Morris & Burrows 1986, Friend *et al.* 1988). Molemmissa kokeissa kauralajike oli Tibor. Kuoreton kaura korvasi toisessa kokeessa maissi-soijarouheesta 0, 33, 67 ja 100 %. Siat saivat kauran lisäksi siis vain kivennäisseosta 100 % kuoretonta kauraa sisältäneellä ruokinnalla. Kaurassa oli 19,5 % raakavalkuaista. Kuorettomalla kauralla ei ollut merkitsevää vaikutusta ruhon laatuun tai silavan paksuuteen (Morris & Burrows 1986).

Friend *et al.* (1988) tutkivat seuraavien ruokintojen vaikutusta sianlihan laatuun: maissi ja soijarouhe (100 %), maissi ja soijarouhe + kuoreton kaura (50 % + 50 %) ja kuoreton kaura (100 %). Kauran raakavalkuaispitoisuus oli 17 %. Kuorettoman kauran osuuden lisääntyessä rehun ja myös silavan linoli- ja linoleenihappojen pitoisuudet pienenevät. Aistinvaraisen arvostelun mukaan kuoreton kaura paransi pitkistä selkälihaksesta tehtyjen kypsennettyjen lihanäytteiden makua, mureutta ja mehukkuutta. Parhaimmaksi arvioitiin siis pelkällä kuorettomalla kauralla kasvatettujen sikojen liha. Morrisin ja Burrowsin

(1986) mukaan maissi ja soijarouhe voidaan korvata jopa kokonaan Tibor-lajikkeen kuorettomalla kauralla. Friend *et al.* (1988) suosittelevat lysiinilisän antamista sioille kasvunopeuden varmistamiseksi, jos rehu on pelkkä kuoreton kaura.

7.4 Maissi

Pigmentoitunutta (keltaista) rasvaa syntyy silloin, kun sioille syötetään rehua, jossa on paljon karotenoideja. Tällaisia rehuja ovat mm. maissi ja maissituotteet. Tanskalaisessa karjuilla ja imisillä tehdyssä kokeessa ohrasta korvattiin 0, 33, 67 ja 100 % maissilla (ruokinnat 1–4). Rehuseoksen aminohappokoostumus tasapainotettiin soijarouheella, mutta rehun rasvahappokoostumus vaihteli ruokintojen välillä. Maississa oli 30 % enemmän rasvaa kuin ohrassa, joten koerehujen rasvapitoisuus nousi maissin osuuden kasvaessa (3,6; 4,0; 4,4 ja 4,7 %). Maissin osuuden lisääntyminen rehussa ei vaikuttanut lihan laatuun, mutta silavan laatu heikkeni. Lihan ja silavan laatutekijöistä tutkittiin muun muassa kemiallinen koostumus, vedensidontakyky ja pigmenttipitoisuus ja silavasta lisäksi skatolipitoisuus. Aistinvaraisen arvostelun mukaan pekonin värissä, hajussa, maussa, konsistenssissa tai kokonaisvaikutelmassa ei ollut eroa ruokintojen välillä (Madsen *et al.* 1992b).

Silavan laadun heikkeneminen johtui lähinnä muutoksista rasvahappokoostumuksessa. Rasvahappokoostumus muuttui tyydyttymättömämpään suuntaan ja jodiluku nousi ollen 60,6; 64,4; 67,8 ja 70,4 ruokinnoilla 1–4. Jodiluku oli tässä kokeessa korkeammalla tasolla kuin aiemmassa vastaavanlaisessa kokeessa johtuen ilmeisesti siitä, että aiemmassa kokeessa käytettiin leikkoja, ja kuvatussa kokeessa karjuporsaita. Karjuilla silavan laatu heikkeni pienemmällä maissimäärällä kuin imisäporsailta. Myös aistinvaraisessa arvostelussa karjujen liha (etenkin haju ja maku) arvosteltiin huonommaksi kuin imisien. Yhtenä syynä saattoi olla se, että kuuden karjun silavan skatolipitoisuus ylitti arvon 0,25 ppm. Kokeen perusteella maissia saisi olla

viljaseoksessa korkeintaan noin 1/3 silavan laadun varmistamiseksi. Lisätutkimukset ovat kuitenkin tarpeen ennen kuin tarkkoja suosituksia voidaan antaa (Madsen *et al.* 1992b).

Skelley *et al.* (1973) testasivat ohraa ja paahdettuja soijapapuja sekä maissia ja soijarouhetta sisältävien rehuyhdistelmien vaikutusta sianlihan laatuun. Koulutetun kuuden hengen paneelin mukaan rehuseosten välillä ei havaittu makuun vaikuttavia eroja. Makutestissä käytettiin kypsää ulkofilettä (*M. longissimus dorsi*).

Maissigluteiinirehu on maissin märkäjauhatuskessa syntyvä sivutuote, jota valmistetaan lisäämällä maissin märkäjauhatuskessa syntyvään maissigluteiinijauhoon lesettä (Berger 1982). Englantilaisessa kokeessa sioille syötettiin 37–85 kilon painovälillä rehuja, joissa oli 0, 10, 20 ja 30 % maissigluteiinirehua. Koerehut sisälsivät lisäksi ohraa, vehnää, vehnärehujauhoa, soijarouhetta ja kalajauhoa. Maissigluteiinirehun osuuden lisääntyminen rehussa ohensi selkäsilavaa ja muutti rasvan väriä tummemmaksi ja keltaisemmaksi. Väri mitattiin sekä kylmästä (+2 °C) että huoneenlämpöisestä (+20 °C) silavasta. Ruokinnan vaikutuksesta myös linoleenihapon osuus rasvahapoista lisääntyi, joten rasva muuttui pehmeämmäksi. Muutokset rasvassa osoittavat, että kokeessa käytettyä suuremmat määrät maissigluteiinirehua voivat heikentää rasvan laatua liikaa (Edwards *et al.* 1985).

7.5 Ruisvehnä

Maissista korvattiin sikojen ruokinnassa 0, 20, 40, 60 tai 80 % ruisvehnällä. Ruisvehnän lisäys ei vaikuttanut ulkofileen makuun. Makupaneeli arvosteli kaikkien näytteiden maun 7,0 ja 7,2 pisteen välille yhdeksän pisteen asteikolla. Yhdeksän pistettä merkitsi asteikolla parasta makua (Nishimuta *et al.* 1980). Toisessa kokeessa neljän koerehun viljaseokset koostuivat ruisvehnästä (100 %), ruisvehnästä ja ohrasta (50 ja 50 %), vehnästä ja ohrasta (50 ja 50 %) sekä ohrasta

(100 %). Valkuaisen lähteenä olivat soijarouhe ja kalajauho. Ruisvehnän lajike oli Lasko. Ruokintojen välillä ei ollut ruhon ja lihan laatuun vaikuttavia eroja; kokeessa tutkittiin lihaprocentti ja lihan väri (Rundgren 1986).

7.6 Durra

Maissiin, vehnään, ohraan ja durraan (milo eli sorghum, *Sorghum vulgare*) perustuvia rehuseoksia syötettiin sioille kokeessa, jossa tutkittiinlihan makua ja mureutta. Maku ja mureus arvosteltiin ulkofileestä tehdyistä tuoreista ja 5 kuukautta pakkasessa (-18 °C) säilytetyistä näytteistä. Lihanäytteet kypsennettiin uunissa ennen arvostelua. Kuuden hengen paneeli arvosteli durraa saaneiden sikojen tuoreen lihan maun ja mureuden huonommaksi kuin muilla viljoilla ruokittujen sikojen lihan. Paneelin jäsenet pitivät kuitenkin durraryhmänkin lihasta kohtalaisen paljon eli se sai 7,6 pistettä mausta ja 7,0 pistettä mureudesta yhdeksän pisteen asteikolla. Maissilla, vehnällä ja ohralla ruokittujen sikojen tuoreen lihan mausta paneelin jäsenet pitivät erittäin paljon eli maku arvosteltiin 7,9 ja 8,3 pisteen välille. Lihan mureus arvosteltiin näillä ruokinnoilla 7,3 ja 7,9 pisteen välille. Pakkassäilytys paransi kaikkien ryhmien lihan makua, mutta parannus oli merkittävä vain durraryhmällä. Pakastuksen jälkeen lihan maussa ja mureudessa ei ollut eroa ruokintojen välillä (McConnell *et al.* 1975).

7.7 Tapioka

Tapioka tunnetaan myös nimillä kassava ja maniokki. Yksinkertaisimmillaan rehu valmistetaan kasvin juuri viipaloimalla tai paloittelemalla ja kuivaamalla se auringossa. Kuivat viipaleet tai palat voidaan jauhaa hienoksi jauhoksi. Jauho voidaan pelletöidä ennen kuljetusta. Länsi-Euroopassa rehua käytetään yleisimmin pelletöitynä (Walker 1983).

Kasvin kuori sisältää kasvin sisäosiin verrattuna moninkertaisen määrän haitallista ainetta, syanogeenista glukosidia. Tärkein glukosidi on linamariini, joka kasvin vahingoittuessa muuttuu linamaraasi-entsyymien avulla vapaaksi syanidivedyksi. Osa syanidivedystä sitoutuu uudelleen, joten analyyseissä tulee määrittää sekä vapaan että sitoutuneen syanidivedyn määrä. Vuonna 1983 voimaan tulleen säännön mukaan syanidivetyä saa olla Eurooppaan tuotavassa tapiokassa enintään 100 mg/kg ja täysrehuissa enintään 50 mg/kg. Muita tapiokan käytössä huomioon otettavia tekijöitä ovat ainakin rehun pölyisyys, liukenemattoman tuhkan erottuminen etenkin liemiruokintalaitteissa, lysiinin käyttökelpoisuus, välttämättömien rasvahappojen koostumus ja rehun kiivennäissisältö. Haittavaikutuksia saattavat aiheuttaa myös tapiokan taipumus aiheuttaa haavaumia ja mahdolliset mykotoksiinit rehussa (Walker 1983).

Tanskassa tehdyssä kokeessa siat ruokittiin tapioka-soijarouheseoksella. Tapiokajauhon osuus seoksessa vaihteli 55–70 % välillä kahdella ryhmällä siten, että tapiokan osuutta seoksessa lisättiin loppukasvatusvaiheessa. Toisen ryhmän rehuun lisättiin 5 % eläinrasvaa. Tapiokajauho ei vaikuttanut lihan laadusta annettuihin kokonaispisteisiin. Laatutekijöistä ainoastaan lihan pigmenttipitoisuus huononi. Eläinrasvan lisäys palautti pigmenttipitoisuuden samaksi kuin vertailuruokinnalla (ohra). Tapioka ei vaikuttanut lihan aistinvaraisessa arvostelussa mm. mausta saatuihin tuloksiin (Madsen *et al.* 1990a).

8 Rehuun lisätyn rasvan ja ruhon rasvan vaikutus sianlihan laatuun

Nykyinen pyrkimys sianruhojen rasvaisuuden vähentämiseen on lisännyt tyydyttömättömien rasvahappojen osuutta

kokonaisrasvahapoista sekä monitydyttymättömien ja tyydyttymättömien rasvahappojen suhdetta lihaksessa ja rasvakudoksessa. Tästä johtuen liha on terveellisempää (Wood *et al.* 1993). Naudan, sian ja siipikarjan lihan perinteiset kypsentämistavat eivät juurikaan vaikuta lihan sisäisen rasvan määrään tai rasvahappokoostumukseen (Moran 1986).

Rehutyypin on todettu vaikuttavan merkittävästi kestonakkaran kypsymiseen ja koostumukseen. Viljatiivisteellä ruokittujen sikojen lihasta tehty kestonakkara kuivuu nopeimmin ja sen aistinvarainen laatu on myös todettu parhaaksi. Sitävastoin rasvatäydennettyä energiarehua syöneiden sikojen lihasta tehdyn kestonakkaran pinta on kypsytyksen jälkeen rasvainen massasta tihkuneen sulan rasvan johdosta. Tästä syystä tuote on keskeneräinen ja pehmeä (Honkavaara 1993). Koska kotieläintuotteiden makuun vaikuttavat aineet ovat hyvin suuressa määrin rasvafraction kiinnittyneitä, voi rehuun lisätty rasva aiheuttaa sivumakua tuotteisiin (Øverland *et al.* 1994). Tanskalaisen kokeen mukaan rehussa oleva rasva peittää osan sianlihan silavan omasta mausta (Mortensen *et al.* 1983). Rehurasvan, jossa on 12–16 hiiltä sisältäviä rasvahappoja, on todettu heikentävän sianlihan aromia. Rehurasvan rasvahapot pääsevät korvaamaan sian rasvalle tyypillisiä 18 hiilen rasvahappoja. Tällainen ”aromiton” sianliha ei sovellu keitettyihin valmisteisiin eikä kylmäsavutuotteisiin, esimerkiksi kestonakkaraan (Honkavaara 1993).

8.1 Ruokinnan vaikutus selkäsilavan rasvahappokoostumukseen

Tyydyttömättömien rasvahappojen lisääminen rehuun pehmentää selkäsilavaa. Laatu saattavat huonontaa myös lähinnä hapettumisen seurauksena syntyvät puutteellisuudet, joita ovat ruhon rasvan huonontunut säilyvyys, härskiintyminen, makuvirheet ja värittömyys. Hapettumisen

riski lisääntyy pekonin valmistuksessa, sillä sekä suolavedessä että savussa on hapettavia aineita (Madsen *et al.* 1992a). Meltonin (1990) mukaan tyydyttymättömien rasvojen syöttö sioille lisää lihan tyydyttymättömien rasvojen osuutta, mutta vaikuttaa vain vähän lihan maun voimakkuuteen tai hyvyteen.

Normaalissa ruokintaolosuhteissa selkäsilavan jodiluvun nousu johtuu linolihapopitoisuuden lisääntymisestä (Madsen *et al.* 1992a). Myös Woodin (1985) mukaan dieetin rasvahappokoostumuksen vaikutus selkäsilavaan on selvempi linolihapon kuin muiden rasvahappojen osalta. Tämän vuoksi steariinihapon lisäämisellä dieettiin ei ole samaa vaikutusta silavan kovettajana kuin linolihapon lisäämisellä on silavan pehmentäjänä (Wood 1985).

8.2 Lihaksen sisäisen rasvan määrä

Toisin kuin selkäsilavan laatuun, eläinten perintötekijät vaikuttavat suuresti lihaksen sisäisen rasvan määrään. Lihaksen sisäisen rasvan määrän kasvu parantaa lihan makuominaisuuksia (Madsen *et al.* 1992a). Tyydyttävä syöntilaatu edellyttää, että lihaksen sisäisen rasvan määrä on vähintään 2,0–2,5 % (Bejerholm & Barton-Gade 1986). Maun paraneminen hidastuu kuitenkin huomattavasti jo noin 3,5 prosentin kohdalla (Savell & Cross 1987). Esimerkiksi Saksassa naudan ja sianlihan sisäisen rasvan määrä on tällä hetkellä keskimäärin alle 1,5 %, mikä on huomattavasti liian alhainen lihan maun kannalta (Branscheid 1991).

Naudan, sian ja lampaan lihan syöntilaatua tarkastelleen kirjallisuustutkimuksen (Smith & Carpenter 1976) mukaan lihaksen sisäisen rasvan määrällä ja lihan maulla on vain hyvin heikko yhteys. Sen sijaan lihan mehukkuuteen ja mureuteen sisäisen rasvan määrällä on kohtalaisen suuri vaikutus.

Woodin (1985) mukaan sisäisen rasvan vaikutus makuun, mehukkuuteen ja mureuteen on hyvin pieni. Lihaksen sisäisen rasvan vaikutus mehukkuuteen liittyy sii-

hen, että kypsennyksen aikana sulava rasva toimii ikäänkuin voiteluaineena. Vaikutus makuun puolestaan perustuu siihen, että kypsennyksen aikana haihtuvat aineet vaikuttavat makuun. Lihan mureuteen taas voivat vaikuttaa joidenkin kuitupitoisten valkuaisaineiden korvautuminen pehmeämmällä aineella, rasvalla. Woodin myöhemmässä kokeessa (Wood *et al.* 1995) lihaksen sisäisellä rasvalla oli paljon enemmän vaikutusta lihan mehukkuuden vaihteluun kuin mureuden vaihteluun. Rasvan määrä vaikuttaa myös siihen, mikä on paras lihan kypsennystapa, sillä rasva parantaa lämmön siirtymistä lihassa kypsennyksen aikana. Toisaalta rasvakudos neutralisoi sitä negatiivista vaikutusta, mikä lihan väärällä kypsennystavalla (lihasvalkuaisen kypsennyksellä) voi olla lihan mureuteen (Branscheid 1991).

Tanskalaisessa kokeessa arvosteltiin ulkofileestä paistettujen kyljysten mehukkuus ja mureus. Lihan maku parani rasvapitoisuuden noustessa 1,5 prosentista 2,9 prosenttiin, mutta nousu tästä 4,3 prosenttiin ei enää parantanut makua (Bejerholm 1984). Ruokinnan vaikutus lihaksen sisäisen rasvan määrään vaikuttaa useiden kokeiden perusteella melko monimutkaiselta, eikä asiasta tiedetä vielä tarpeeksi (Madsen *et al.* 1992a).

Rehun valkuaispitoisuuden nostaminen vähensi lihaksen sisäisen rasvan määrää kahdesta prosentista yhteen prosenttiin imisillä ja karjuilla tehdyn kokeen mukaan (Madsen *et al.* 1991c). Kokeen tulokset tukevat aiempia koetuloksia, joissa valkuaisen määrä rehussa oli kuitenkin eri tasolla (Madsen *et al.* 1970). Sama tutkimusryhmä on havainnut myös, että lihan väri on vaaleampi niillä eläimillä, joiden lihaksen sisäisen rasvan määrä on suurempi (Madsen *et al.* 1992a).

Myös rehun rasvapitoisuuden lisääminen vähensi sisäisen rasvan määrää tanskalaisissa kokeissa. Ainakin eläinrasva, palmuöljy ja tavallinen sekä kuoreton kaura vähensivät lihaksen sisäisen rasvan määrää (Madsen *et al.* 1990a). Kaikkien rasvalisäysten kohdalla vaikutus ei ole kuitenkaan ollut yhtä selvä. Paljon tyydyttymättömiä

Taulukko 2. Dieetin rasvan vaikutus lihaksen sisäisen rasvan määrään (Madsen *et al.* 1990b).

	%	%	%	%
Eläinrasvaa dieetissä	0	4	8	13
Lihaksen sisäistä rasvaa	2,19	2,09	1,71	1,47
Palmuöljyä dieetissä	0	4	8	13
Lihaksen sisäistä rasvaa	2,02	1,80	1,63	1,31
Rypsinisiemeniä dieetissä	0	4	8	12
Lihaksen sisäistä rasvaa	1,37	1,36	1,35	1,43
Kauran osuus viljasta	0	33	67	100
Lihaksen sisäistä rasvaa				
tavallinen kaura	1,76	1,50	1,35	1,43
kuoreton kaura	1,65	1,74	1,44	1,47

rasvoja sisältäneillä öljyillä ei ole ainakaan tässä referoitujen kokeiden perusteella ollut selvää yhteyttä lihaksen sisäisen rasvan määrään.

Dieetin sisältämän linoli- ja linoleenihiapon sekä lihaksen sisäisen rasvan yhteys on melko monimutkainen (Madsen *et al.* 1992a). Vasta hyvin suuri rehun linoli- ja linoleenihiappopitoisuus lisäsi sisäisen rasvan määrää (Østerballe *et al.* 1990). 31,2 % rasvaa sisältävillä auringonkukan siemenillä oli lihaksen sisäistä rasvaa lisäävä vaikutus, joka ei kuitenkaan ollut merkittävä (Østerballe *et al.* 1990). 41,4 % rasvaa sisältävillä rypsinisiemenillä ei ollut vaikutusta lihaksen sisäiseen rasvaan (Madsen *et al.* 1990a). Taulukkoon 2 on koottu dieetin rasvan vaikutuksia lihaksen sisäisen rasvan määrään.

8.3 Kasviöljy

Kasviöljy ei kalaöljyn tapaan aiheuta makuvirhettä, sillä kasvituotteet sisältävät rasvan härskiintymistä estäviä antioksidanteja, joita ei ole eläintuotteissa (Salo 1984). Useissa kokeissa kasviperäisen rasvan syöttämi-

nen sioille ei ole vaikuttanut lihan makuun, vaikka lihan rasvan määrä ja laatu (rasvahappokoostumus) onkin muuttunut (Melton 1990). Tästä ovat esimerkkejä kokeet, joissa sioille on syötetty pähkinöitä ja maisia (West & Myer 1987), ruisvehnää ja maisia (Nishimuta *et al.* 1980), korvattu maissi-soijadieetti osittain auringonkukan siemenillä (siemeniä jopa 20 % rehuannoksessa) (Hartman *et al.* 1985) ja syötetty täysrasvaisia kypsennettyjä soijapapuja 30 prosenttiin asti rehuannoksessa (Wahlstrom *et al.* 1971, Skelley *et al.* 1973, Zollitsch *et al.* 1993). Vaikka maku onkin näissä kokeissa arvosteltu hyväksi tai muuttumattomaksi, muutokset silvan kiinteydessä ovat saattaneet olla huomattavia.

Kaikki edellä mainitut ruokinnat lisäsivät tyydyttymättömistä rasvahapoista ainakin linolihapon osuutta. Meltonin (1990) mukaan on hämmästyttävää, että maku-paneelin mukaan suuri linolihappopitoisuus ei aiheuttanut härskiintynyttä makua lihaan. Mahdollisena selityksenä tähän hän pitää sianlihan rasvan tyydyttymättömyyttä muiden eläinten punaisen lihan rasvaan verrattuna ja sitä, että hapettumisen aiheuttama härski maku koetaan kuuluvan nor-

maaliin hyvään tai vahvaan sianlihan makuun.

Kokeessa, jossa rehun rasvapitoisuutta nostettiin 10 % lisäämällä rypsiöljyä tai tavallisia tai paljon öljyhappoa sisältäviä pähkinöitä, rasvalisä muutti selkäsilavan rasvahappokoostumusta pelkkään maissi-soijaruokintaan verrattuna, mutta ei vaikuttanut lihan laatua kuvaaviin lukuihin eikä makupaneelin kyljyksistä tai pekonista antamiin arvioihin (Myer *et al.* 1992). Toisessa kokeessa rehuun lisättiin 10 % eläinrasvaa, safloriöljyä, auringonkukkaöljyä tai rypsiöljyä. Lihan maun voimakkuus, mehukkuus tai mureus eivät muuttuneet maissi-soijadieettiin verrattuna, vaikka rasvan rasvahappokoostumus muuttui (Miller *et al.* 1991). Joissakin kokeissa rehun sisältämä rasva on vaikuttanut sekä rasvan rasvahappokoostumukseen että lihan makuun. Useimmiten tällöin ovat olleet kyseessä eläinperäiset rehut, kuten kalajauho tai kalaöljy. Kasvipärisistä rehuista ainakin raakojen soijapapujen (13,5 %) syöttö aiheutti sivumakua lihaan (Castell & Ciplef 1988b). Myös pellavansiementen on todettu huonontavan makua (Astrup & Lysø 1984). Kuoreton kaura muutti rasvahappokoostumusta, mutta ei vaikuttanut makuun (Friend *et al.* 1988).

Kuluttajat ja makupaneelin jäsenet eivät siis läheskään aina reagoi negatiivisesti, vaikka rehun tyydyttymättömien rasvahappojen määrä olisi suurikin. Ongelmia ei yleensä synny niin kauan kun raaka-aine käytetään leikkeleiden tekoon (Astrup & Lysø 1984). Heidän mukaansa vasta varastointi, suolaus ja kypsentyminen lisäävät härskin tai jopa syötäväksi kelpaamattoman silavan syntymisriskiä.

Ihmisten ravinnossa suositaan tällä hetkellä tyydyttymättömien rasvahappojen osuuden lisäämistä. Tyydyttymättömistä rasvahapoista etenkin kalaöljyssä esiintyvien *n*-3-rasvahappojen osuuden lisääminen on suositeltavaa. Nämä rasvahapot kuitenkin varastoituvat silavaan muuttaen sen pehmeäksi, öljymäiseksi ja kalalta maistuvaksi (Madsen *et al.* 1992a). Monitydyttymättömien rasvahappojen saanti rehun

mukana johtaa öljyhapon osuuden pienentämiseen ruhon rasvakudoksessa (Fischer *et al.* 1990). Myös öljyhapolla on sanottu olevan edullinen vaikutus ihmisravitsemukseen (Kinsella 1988).

Norjalaisen kokeen mukaan silavan omega-3-rasvahappopitoisuutta on mahdollista lisätä ruokinnan avulla, mutta tämä huonontaa silavan makua, hajua ja kiinteyttä huomattavasti. Silavan omega-3-rasvahappojen pitoisuutta silavassa nostettiin kalaöljyllä. Yksi prosentti kalaöljyä rehussa 60 kilon elopainoon asti ei lisännyt sivumakua ja -hajua vielä kovin selvästi tuoreessa tai kuusi kuukautta varastoidussa silavassa soijaöljyyn verrattuna. Kalanhaju ja -maku lisääntyivät merkittävästi, kun kalaöljyä oli rehussa yksi prosentti 100 elopainokiloon asti tai kolme prosenttia 60 tai 100 elopainokiloon asti (Øverland *et al.* 1994).

Neljän erilaisen rasvalisän (ruokinnat 1-4) vaikutusta lihan laatuun tutkittiin imisäporsilla, jotka teurastettiin 70 tai 100 kilon painoisina. Ohra-soijarouheseokseen lisättiin 5 % talia, 5 % soijaöljyä (sisältää paljon linolihappoa, 18:2 *n*-6), 5 % soijaöljyä + 0,75 % öljyä, jossa oli 15 % gammalinoleenihappoa (18:3 *n*-6) tai 5 % soijaöljyä + 0,95 % puhdistettua kalaöljyä, jossa oli 17 % eikosapentaenihappoa (20:5 *n*-3) ja 11 % dokosaheksaenihappoa (22:6 *n*-3). Ruokinnalla 3 rehun teoreettiseksi linoleenihapon määräksi tuli 11,25 %, ja ruokinnalla 4 eikosapentaenihapon osuudeksi 16,15 % ja dokosaheksaenihapon osuudeksi 10,45 % kokonaisrasvahapoista. Koerehujen sisältämän öljyn kokonaismäärä oli noin 6,4 % (Morgan *et al.* 1992).

Palmitiini-, palmitoleiini- ja steariinihappojen määrät olivat suurimmat talia saaneiden sikojen ruhon rasvassa, kun taas soijaöljyä saaneilla sioilla linoli- ja linoleenihappojen määrät kasvoivat selvästi. Ylimääräinen gammalinoleenihappo ruokinnalla 3 ei lisännyt merkittävästi arakidonihapon tuotantoa, vaikka oletuksena oli, että se lisäisi sitä. Eikosapentaeni- ja dokosaheksaenihapon pitoisuudet sen sijaan lisääntyivät myös ruhon rasvassa, kun

niitä oli lisätty rehuun (ruokinta 4). Vaikka soijaöljyruokinnat lisäsivät etenkin linolihapon pitoisuutta rasvassa, ruhojen prosessointi ei vaikeutunut. Ruokinnoilla ei ollut myöskään mitään vaikutusta kypsennetyn kinkun ja ulkofileen makuun, rakenteeseen, väriin, hajuun tai kokonaisvaikutelmaan (Morgan *et al.* 1992).

Kun rehu sisälsi 14,3 % rypsi-, auringonkukka- ja kovetettua auringonkukkaöljyä sikojen silava pehmeni liikaa. Etenkin linolihappo varastoitui silavaan. Auringonkukkaöljyn kovettaminen paransi silavan kiinteyttä jonkin verran, muttei riittävästi (Suomi *et al.* 1993). Rypsiöljyllä ei ollut suurinakaan määrinä käytettynä (0, 10, 20 %) vaikutusta lihan maun voimakkuuteen, vaikka ulkofileen rasvahappokoostumus muuttui selvästi tyydyttymättömämpään suuntaan (St. John *et al.* 1987). Rypsiöljyn maksimipitoisuudeksi rehussa on MTT:n Sikatalouden koeesemalla määritetty 2 % (Valaja 1992). Soijaöljyn maksimipitoisuutena rehussa pidetään 1,5 prosenttia (Berschauer 1986).

8.4 Eläinrasva

Runsas eläinrasvan käyttö heikentää silavan laatua (Valaja 1992). Rehu saisi sisältää sitä enintään viisi prosenttia (Mortensen *et al.* 1983). Tanskalaisen lähteen mukaan paljon eläinrasvaa sisältävät dieetit tuottivat hyvin pehmeää selkäsilavaa, kun taas kovetettua rasvaa saaneiden sikojen silava oli kovaa ja lumimaista. Eläinrasva huononsi myös pekonin väriä, makua ja varastointikestävyyttä (Madsen *et al.* 1977). Talilla tai soijaöljyllä (5 % rehussa) ei ollut eroa sikojen ruokinassa lihan aistinvaraiseen arvostelun mukaan. Kypsennetyn kinkun ja ulkofileen maku, rakenne, väri, haju ja kokonaisvaikutelma arvosteltiin yhtä hyväksi rasvan rasvahappokoostumuksessa todetuista selvistä eroista huolimatta (Morgan *et al.* 1992).

Sianrasvan määrän lisääminen rehussa 0 prosentista 13 prosenttiin rehuannoksessa nosti selkäsilavan jodiluvun 57,4:stä 69,3:een. Sianrasvan määrät olivat rehussa

0, 4, 8 ja 13 %. Pekonin maku huononi selvästi jo 4 % sianrasvalisällä. Tätä suuremmalla rasvalisällä maku huononi enää vähän (Håndbog for Svinehold 1994). Voiöljyn (13,4 %) ja kerman (29,4 %) lisääminen sikojen rehuun ei vaikuttanut haitallisesti silavan kiinteyteen. Tyydyttyneiden rasvahappojen osuus oli voiöljyssä 67 % ja kermassa 71 % (Suomi *et al.* 1993). Kun siolle annettiin 4 % voita viisi viikkoa ennen teurastusta (Cannon *et al.* 1992) tai 4 % talia kolme tai kuusi viikkoa ennen teurastusta (Leszczynski *et al.* 1992a), eivät rasvalisäykset vaikuttaneet makupaneelin mielestä merkittävästi ulkofileen mehukuuteen, mureuteen, lihan makuun tai sivumakuihin. Perusrehut sikojen kasvatuksessa olivat maissi ja soijarouhe.

Kun dieetti sisälsi 5 % eläinrasvaa rehuhyksikköä kohti, ei karjujen silavan skatolipitoisuus lisääntynyt kokeessa, jossa selvitettiin rehun raaka-aineiden vaikutusta silavan skatolipitoisuuteen. Perusrehuina kokeessa olivat ohra ja soijarouhe (Pedersen *et al.* 1986). Toisessa tanskalaisessa kokeessa 5 % eläinrasvaa sisältävä ohra-tapioka-soijaruokinta ei vaikuttanut lihan laatuun eikä makuun (Madsen *et al.* 1990).

8.5 Rehun linolihappopitoisuus

Ohra-soijapohjaiseen rehuun lisättiin 6 % rasvaa, jonka rasvahappokoostumus vaihteli. Koerehut tehtiin siten, että 15 ja 31 prosentin linolihappopitoisuus yhdistettiin linoleenihapon pitoisuuksiin 1,5; 3,7 ja 6,0 % (% kokonaisrasvahapoista). Kaikkien koerehujen raakaraspitoisuudeksi tuli 8,6 % kuiva-aineessa. Ruokinnat vaikuttivat lähes kaikkien rasvahappojen pitoisuuksiin silavassa. Linoli- ja linoleenihappojen pitoisuuksien kasvu rehussa lisäsi monitydyttymättömien rasvahappojen osuutta ja vähensi tyydyttyneiden rasvahappojen osuutta selkäsilavassa. Tämän seurauksena myös jodiluku nousi. Kuitenkin vain ruokinnoilla, joissa linolihappopitoisuus oli suurempi (31 %), keskimääräinen jodiluku ylitti arvon 70. Ruokinnoilla, joissa linoli-

happopitoisuus oli pienempi yhdenkään sian silavasta mitattu jodiluku ei ylittänyt tätä arvoa (Østerballe *et al.* 1990).

Ruokinta ei vaikuttanut silavan skatolitaipigmenttipitoisuuksiin. Pekonin makutestissä ilmeni merkitsevä, mutta käytännön kannalta merkityksetön ero pekonin värissä ja suolatun pekonin maussa. Maku huononi linoli- ja linoleenihappojen osuuk-sien lisääntyessä. Pekonin oma maku, haju ja koostumus arvosteltiin kaikilla ryhmillä erittäin hyväksi. Tämän kokeen perusteella 8,6 % rasvaa sisältävässä rehussa saa olla enintään 15 % linolihappoa ja 6 % lino-leenihappoa kokonaisrasvahapoista ilman, että sillä on haitallista vaikutusta silavan laatuun (jodilukuun) (Østerballe *et al.* 1990).

8.6 Silavan linolihappopitoisuus

Linolihappopitoisuudeltaan vaihtelevan sianlihan ja siitä valmistettujen erilaisten tuotteiden maun testaamiseksi sioille annettiin kolmea erilaista rehua, joihin oli sekoitettu nautanrasvaa ja soijaöljyä. Rehuja annettiin siten, että selkäsilavan linolihappopitoisuudeksi saatiin 10 % (normaali), 20 % (keskinkertainen) tai 30 % (korkea). Makupaneelin 36 naisen mukaan pekoni maistui parhaimmalta, kun linolihappopitoisuus oli 10 % tai 30 %. Lihan (loin roll) maku oli paras linolihappopitoisuuden ollessa keskinkertainen (20 %). Ainoa tuote, jonka kohdalla paneelin jäsenet pitivät linolihapon normaalitasoa (10 %) parhaimpana oli ”Saxon”-maksamakkara. Tämän kokeen mukaan näyttää siltä, että joidenkin sianlihatuotteiden maku saattaa jopa parantua linolihappopitoisuuden noustessa (Theunissen *et al.* 1979).

Sveitsissä saa Prabuckin (1990) mukaan 103 kg painoisina teurastettavien sikojen silavan linoli- ja linoleenihappojen yhteis-pitoisuus olla enintään 12 %. Rajan alit-tamiseksi rehun linoli- ja linoleenihappojen määrä saa olla enintään 12 g/kg ilmakuivaa rehua (Schwörer *et al.* 1986). Pekonin tuo-tantoa varten kasvatettujen sikojen silavan yhteenlaskettu linoli- ja linoleenihappojen

pitoisuus saisi olla enintään 15 % (Enser *et al.* 1983). Myös raakamakkaroitten teossa tämä raja on hyvä säilyttää (Fischer *et al.* 1990).

8.7 E-vitamiini rasvaruokinnalla

Tehokas hapettumisen ehkäisijä raa’assa ja kypsennetyssä lihassa on α -tokoferoli, joka on E-vitamiinin esiaste. Erittäin vähärasvai- sessa lihassa α -tokoferoli stabiloi ensisijai- sesti membraanilipidejä. Näitä ovat lähinnä fosfolipidit, jotka ovat kaikkein herkimpiä hapettumiselle (Branscheid 1991). Dieetin rasvan määrä vaikuttaa sian E-vitamiinin tarpeeseen. Mitä enemmän rehussa on monitydyttymättömiä rasvahappoja, sitä suurempi on E-vitamiinin tarve (Bieber-Wlaschny 1988). Rasvakudoksiin varas-toitunut E-vitamiini säilyy aktiivisena kudosten lipidien antioksidanttina teuras-tuksen jälkeenkin, ja juuri tämän vuoksi lihan hapettuminen varastoinnin aikana vä- henee (Astrup 1973, Tsai *et al.* 1978).

Korkeaenergiset kaksoissidokset teke- vät tyydyttymättömät rasvahapot helposti hapettuviksi. Hapettuminen aiheuttaa li- haan sivumakua, joka voi muistuttaa härskiä makua. Tällaista maun huononemista voi esiintyä etenkin silloin, kun sianliha lämmitetään uudelleen (Branscheid 1991). E-vitamiini parantaa sekä raa’an että kyp- sennetyn lihan säilyvyyttä. α -Tokoferolin lisääminen lihakseen teurastuksen jälkeen ei ole yhtä tehokas tapa pidentää säilytys- aikaa kuin ruokinnan kautta aikaansaatu (Taylor 1993).

Kolme prosenttia talia tai kolme pro- senttia soijaöljyä koko kasvatuskauden ajan rehussaan saaneiden sikojen lihasten alttius hapettumisreaktioille väheni merkittävästi, kun rehuun oli lisätty E-vitamiinia 200 ky/kg verrattuna 10–50 ky/kg -lisäykseen (Taylor 1993). Seitsemän päivää ennen teurastusta annettu E-vitamiinilisä (80 mg/eläin/päivä) vähensi härskin maun esiintymistä +5 °C:ssa ja -20 °C:ssa va- rastoidussa sianlihassa (Buckley & Connolly 1980). Tutkimustulosten mukaan

rehussa oleva E-vitamiini (enintään 200 ky/kg) voi vaikuttaa positiivisesti myös kyljysten väriin ja värin kestävyys (Taylor 1993). Täysrasvaisen rypsirouhkan kanssa annetun E-vitamiinin todettiin myös uudemmassa kokeessa parantavan säilyvyyttä vähentämällä nesteen tiiksumista lihasta ja vähentämällä rasvan hapettumista (Onibi *et al.* 1995).

Branscheidin (1991) mukaan voisi olla perusteltua lisätä ylimääräistä E-vitamiinia rehuun etenkin silloin, kun dieetissä on paljon kasviöljyä. Valajan (1992) mukaan nykyiset tiivistet ja täysrehut sisältävät riittävästi E-vitamiinia, joten lisäkäyttöön ei ole tarvetta. Hän viittasi artikkeliin (Scherf & Bieber-Wlaschny 1990), jossa sanottiin, että 50 mg/kg rehua on riittävä määrä.

8.8 Rasvalähteen vaikutus tuoreen makkaran varastointikestävyys

Sianlihasta tehdyn tuoreen makkaran varastointikestävyys selvitettiin syötettiin viittä erilaista rehua. Vertailurehuna oli maissi-soijarouhe. Koerehut sisälsivät 10 % eläinrasvaa, safloriöljyä (*Carthamus tinctoris*), auringonkukkaöljyä tai rypsiöljyä. Valmistettujen makkaroitten rasvapitoisuudet olivat joko 25 tai 35 % ja lisätyn veden määrä 3 tai 11 %. Makkaroita säilytettiin 3 °C:ssa 10 viikon ajan. 10 viikon säilytyksen jälkeen kaikkien makkaroitten laatu oli vielä hyväksyttävällä tasolla. Mikrobien lukumäärä oli kuitenkin suurempi enemmän vettä sisältäneissä makkaroissa ja lisääntyi kolmeen viikkoon asti säilytysajan pidentyessä (Miller *et al.* 1993).

Makkaroitten väri mitattiin Minolta Model CR kolorimetrillä ja silmämääräisesti 0, 2, 6 ja 10 viikon kuluttua valmistuksesta. Kolorimetrillä mitattiin makkaran vaaleutta, punaisuutta ja keltaisuutta. Aistinvaraisen arvioinnin teki kahdeksan hengen koulutettu paneeli. Paneeli arvioi makkaran punaisuutta ja värin voi-

makkuutta. Vertailuryhmän makkara oli punaisinta ja voimakkaimman väristä. Haaleimman punaista ja vaaleinta makkaraa syntyi 10 % rypsiöljyä saaneiden sikojen lihasta. Eläinrasvalla saatiin hyvin samantaiset tulokset kuin rypsiöljyllä niiden samankaltaisesta rasvahappokoostumuksesta johtuen.

Kymmenen prosenttia rypsiöljyä saaneiden sikojen lihasta valmistetuissa makkaroissa lipidit hapettuivat enemmän kuin saflori- tai auringonkukkaöljyryhmien makkaroissa. 10 % saflori- tai auringonkukkaöljyä ei kontrolliin verrattuna vaikuttanut lipidien hapettumiseen eikä mikrobien määrään makkarassa. Kokeen perusteella 10 % saflori- tai auringonkukkaöljyä rehuissa ei vaikuttanut sianlihasta valmistetun tuoreen makkaran varastointikestävyys. Sama määrä eläinrasvaa tai rypsiöljyä huononsi varastointiominaisuuksia (Miller *et al.* 1993).

8.9 Rehussa olevat rikkaruohon siemenet

Öljykasvien öljyssä saattaa olla varsinaisesta öljykasvista puristetun öljyn lisäksi joistakin rikkakasveista peräisin olevaa öljyä. Yleisimmin esiintyvä haitallinen rikkakasvi on peltotaskuruoho (*Thlaspi arvense*), jota on usein rypsinsementien joukossa. Peltotaskuruohon rasvahappokoostumus muistuttaa runsaserukahapoiden rypsiöljyä: peltotaskuruohossa on erukahappoa noin 40 % ja lisäksi muita pitkäketjuisia tyydyttymättömiä rasvahappoja (Wiseman 1986). Wisemanin (1986) mukaan rehussa esiintyvien rikkakasveista tulleiden epätavallisten rasvahappojen metaboliasta ja yhdysvaikutuksista rehun muun rasvan kanssa ei tiedetä tarpeeksi. Tämä voi joskus aiheuttaa odotusten vastaisia koetuloksia. Hiirillä tehtyjen kokeiden perusteella (Rose *et al.* 1981, Rose & Bell 1982) rypsiöljyn joukossa esiintyvällä peltotaskuruoholla tuskin kuitenkaan on merkitystä käytännön olosuhteissa.

9 Valkuaisrehujen vaikutus sianlihan laatuun

9.1 Kalajauho

Kalan rasvassa on runsaasti pitkäketjuisia, yli 18 hiiliatomia sisältäviä rasvahappoja, joista huomattava osa on monityydyttymättömiä linoleenisukuun (*n*-3) kuuluvia. Näitä ovat muun muassa dokosapentaeenihappo (C22:5) ja dokosaheksaeenihappo (C22:6), joista kalajauhon aiheuttamien makuvirheidenvien arvellaan pääosin johtuvan. Nämä rasvahapot ovat peräisin meren phytoplanktonilevistä, joista ne kulkeutuvat ravintoketjua myöten kaloihin. Linoleenisukuun kuuluvia rasvahappoja tavataan lähes pelkästään kalanrasvassa. On kuitenkin arveltu, että niitä saattaisi olla myös teurastamoteollisuuden sivutuotteissa kuten liha- tai lihaluurehujauhossa (Valaja 1991).

Kalajauhon vaikutusta sianlihan makuun ja rasvahappokoostumukseen selvitettiin kahdessa kokeessa, joissa kalajauhon määrät rehuseoksessa olivat ensimmäisessä kokeessa 0 %, 2,7 %, 6,5 % ja 13,0 % ja toisessa 0 %, 2 %, 5 % ja 10 %. Osa koe-ryhmistä sai kalajauhopitoista rehua koko kokeen ajan ja osalla kalajauhon käyttö lopetettiin 7, 5 tai 3 viikkoa ennen teurastusta. Ensimmäisessä kokeessa kalarasvahappojen C22:5 ja C22:6 pitoisuus silavassa nousi suoraviivaisesti kalajauhon määrän noustessa ja toisessa kokeessa pitoisuus silavassa oli sitä pienempi mitä aikaisemmin kalajauhon käyttö lopetettiin. Tuoreissa lihanäytteissä ei esiintynyt varsinaista kalanmakua. Puolen vuoden tai 7–8 kuukauden pakastuksen jälkeen lihan makuvirheet lisääntyivät, kun rehu sisälsi yli 5 % kalajauhoa. Mitä pidemmän aikaa eläimet saivat kalajauhoa sitä selvemmin makuvirheet ilmenivät. Kahden prosentin kalajauhomäärä ei aiheuttanut kalanmakua lihaan pakastussäilytyksen jäl-

keen (Valaja *et al.* 1992). Eniten kalajauhoa saaneen ryhmän näytteistä (koe 1) valittiin muutamia, joissa todettiin vahva sivumaku. Näistä analysoitiin TMA-pitoisuus (trimeytyyliamiini). Sen määrä oli näytteissä häviävän pieni, eikä se voinut todennäköisesti olla haitallisen sivumaun aiheuttaja (Alaviuhkola *et al.* 1987).

Edellä kuvattujen kokeiden perusteella tuoreessa sianlihassa ei ilmene kalanmakua, vaikka dieetissä on kalajauhoa jopa 10 %. Pakastuksen jälkeen sen sijaan kalajauhon aiheuttamien makuvirheidenvien määrä lisääntyi selvästi. Kaikissa tilanteissa turvallista olisi käyttää kalajauhoa alle 2 % lihasikojen dieetissä. Alle 45 kiloisten lihasikojen rehu voi sisältää kalajauhoa 5 %, jos loppukasvatusrehu ei sisällä kalajauhoa (Valaja *et al.* 1992). Todennäköistä on, että ns. ykkösrehun kalajauhopitoisuuden ollessa 5 % ja loppukasvatusrehun 2 % riski makuhaittojen lisääntymisestä pakastetussa lihassa suurenee (Alaviuhkola *et al.* 1987). Sian silavassa saa Suomessa olla korkeintaan 0,5 % kalarasvahappoja 1.7.1990 voimaan tulleen määräyksen mukaan (Helander 1991). Makuvirheidenvien määrä lisääntyy selvästi, kun tämä raja ylittyy (Valaja 1992).

Munkkilan koelaitoksella tehtiin vuonna 1985 koe, jossa rehu sisälsi 4,5 % kalajauhoa painovälillä 25–50 kg ja loppukasvatusrehu oli kalajauhoton. Kalarasvahappojen pitoisuus silavassa ylitti 0,5 % rajan (Taulukko 3). Kokeessa kalarasvahappoja oli molemmissa kalajauhottomissa koerehuissa 0,007 %. Myös kalajauhottomassa rehussa voi siten esiintyä jonkin verran herkästi pilaantuvia rasvahappoja. Niitä saattaa tulla esimerkiksi lihajauhosta tai liha-luurehujauhosta (Helander 1991).

Valajan *et al.* (1992) kokeessa kalarasvahappojen pitoisuus silavassa jäi ensimmäisessä kokeessa alle 0,5 prosentin vain kalajauhottomasta koerehua saaneilla sioilla. 2,7 % kalajauhoa saaneiden sikojen silavan kalarasvahappopitoisuus oli jo 0,53 % (Taulukko 3). Kalarasvahappojen pitoisuus silavassa lisääntyi myös sitä enemmän mitä pitempään kalajauhoa sisältävää rehua syö-

Taulukko 3. Rehun kalajauhopeniteisuuden vaikutus silavan kalarasvahappojen osuuteen kokonaisrasvahapoista.

Koe ja ryhmä	Painoväli	Rehun kalajauho-%	Kalarasvahappojen %-osuus	
			Rehuista	Silavan kokonaisrasvahapoista
KOE 1.*				
A	30–100 kg	4	0,022	0,76
B	25–50	4,5	0,032	0,83
	50–100	3,5	0,029	
C	25–50	4,5	0,022	0,53
	50–100	0	0,007	
D	30–100	0	0,007	0,36
KOE 2.**				
A	25–100	13,0		1,46
B	25–100	6,5		0,88
C	25–100	2,7		0,53
D	25–100	0		0,23

* Helander 1991

** Valaja *et al.* 1992

tettiin sioille. Ruotsissa kalarasvahappojen määrä rehussa saa olla 0,0015 %. Mikäli rasvahappojen pitoisuutta ei ole etukäteen mahdollista mitata, kalajauhoa saa käyttää vain 0,7 % rehussa (Helander 1991).

Kasvaville sioille annettiin 11 % rasvaa sisältävää kalajauhoa 6 tai 12 % rehussa 4 viikon iästä 25 tai 40 kilon elopainoon. Tästä eteenpäin noin 100 kilon teuraspainoon sikojen valkuaisrehuna oli soija-maitojauheseos. Ruokinta ei vaikuttanut selkäsilavan jodilukuun, skatolipitoisuuteen, keskimääräiseen lihan laatuun, pigmenttipitoisuuteen eikä rasvan määrään. Lihan maussa oli hienoisia eroja kalajauhottoman ruokinnan eduksi, mutta kaikilla ruokinnolla makupisteet ylittivät arvon 7, joka vastasi ”erittäin hyvää”. Kontrolliryhmän sekä kalajauhoa 12 % rehussa 25 ja 40 kiloon saaneiden sikojen kyljyksistä tehtiin uusi makutesti 6 kk pakastuksen jälkeen. Liha oli pakattu vakuumpakkaukseen. Myös pakastuksen jälkeen kaikkien ryhmien makupisteet ylittivät rajan 7. Vakuumpakkaus esti todennäköisesti hapettumisprosessit. Siat punnittiin yksilöllisesti

ja kalajauhon syöttö lopetettiin, kun eläimet painoivat 40 kg. Käytännössä suurimpien sikojen lihassa voi esiintyä kalamakua, jos kalajauhon käyttö lopetetaan kun ryhmän keskimääräinen paino on 40 kg (Madsen *et al.* 1991b).

Pikkuporsasrehu, jossa oli 4 % silliöljyä tai 4 % eläinrasvaa, ja jota annettiin 3 viikon iästä 10 viikon ikään ei aiheuttanut kalamakua lihaan (Håndbog for Svinehold 1994). Kalaöljyä ei kuitenkaan tule käyttää yli 25–30 kg painoisten sikojen dieetissä (Madsen *et al.* 1991b). 0, 50, 100, 200 tai 400 g vähärasvaista (0,8 % raakarasvaa sisältävää) kalasäilörehua saaneiden sikojen pekonin maku- ja kokonaisvaikutelmapiestet huononivat kalasäilörehun määrän lisääntyessä. Tasoilla 0 ja 50 g maussa ei ollut kovin suurta eroa, mutta suurempi määrä huononsi makua jo selvästi. Käytännössä kalasäilörehun rasvapitoisuus voi kuitenkin olla kaksinkertainen koerehuun verrattuna. Tässä kokeessa kalasäilöhulla ei ollut aivan niin negatiivista vaikutusta, kuin joissakin aiemmissa kokeissa. Syynä saattoivat olla muun kalan kuin sillin käyt-

tö raaka-aineena ja rehun ylimääräinen E-vitamiinilisä (Hansen *et al.* 1980).

Alaviuhkolan *et al.* (1987) mukaan ma-kuhaittavaaran vähentämiseksi olisi siirryttävä kalajauhon käyttörajoituksista ruhon rasvan analysointiin, sillä kalanrasvan liikkäyttöön on nykyisten rajoitusten valitessa vielä monia mahdollisuuksia. Näitä ovat esim. tiivisteen liikkäyttö, sekä kotimaisen kalan, kalanperkuutähteiden tai säilökalan käyttö sikaloissa. Valajan *et al.* (1992) mukaan eräs ongelma kalajauhon käyttömääräsuositusten antamisessa ovat myös sikojen väliset suuret yksilölliset erot. Lisäksi ei tiedetä miten paljon kalarasvahappoja tulee rehuun lihajauhosta ja liha-luurehujauhosta ja miten paljon sika pystyy itse muodostamaan näitä pitkäketjuisia monityydyttymättömiä rasvahappoja muista välttämättömistä rasvahapoista.

Kalajauhon käytön rajoittaminen porsas- tai emakkorehussa ei näytä MTT:n sikatalouden tutkimusasemalla tehdyn kokeen perusteella tarpeelliselta. Rehujen kalajauhopitoisuudet olivat emakoiden joutilas- ja imetyshuonossa 4 % ja porsaiden rehussa 6,5 %. Ensimmäisen ryhmän porsaat ja niiden emät eivät saaneet missään vaiheessa kalajauhoa sisältävää rehua. Toisen ryhmän porsaiden emät sai 4 % kalajauhoa joutilas- ja imetyksena, mutta porsaat eivät saaneet kalajauhoa koko kasvatuskauteen. Kolmannen ryhmän emät sai myös 4 % kalajauhoa ja porsaat 6,5 % kalajauhoa sisältävää rehua vapaasti 5–7 viikon iässä. Lihaskivaiheessa porsaat eivät enää saaneet kalajauhopenoista rehua. Ruokinta ei vaikuttanut silavan kalarasvahappopitoisuuteen. Kalarasvahappojen pitoisuus oli kaikilla ryhmillä 0,1 % silavan kokonaisrasvahapoista (Valaja 1991).

9.2 Teurasjäte

Siipikarjan teurasjäte, joka koostui lintujen päistä, jaloista, sisäelimestä ja satunnaisista kokonaisista eläimistä, jauhettiin ja seokseen lisättiin säilöntäainetta. Valmis, hydrolysoitu teurasjäte ei vaadi enää kyl-

mäsäilytystä. Ohra-soijadieetistä korvattiin 0, 5, 10 tai 15 % teurasjätteellä. Monityydyttymättömien rasvahappojen määrä lisääntyi lihassa ruokinnan seurauksena. Säilytetty siipikarjan teurasjäte ei kuitenkaan vaikuttanut 15 tai 7 viikkoa pakkasäilytettyjen ulkofileestä otettujen lihanäytteiden makuun, mureuteen eikä mehukkuuteen. Tämän kokeen perusteella on siis mahdollista korvata jopa 15 % lihasikojen rehuannoksesta säilytyllä siipikarjan teurasjätteellä vaikuttamatta haitallisesti lihan aistinvaraiseen arvosteluun perustuvaan laatuun (Van Lunen *et al.* 1990). Myöskään aiemmassa kokeessa samanlainen teurasjäte ei vaikuttanut sianlihan makuun, mureuteen, mehukkuuteen eikä yleisarvosanaan laadusta, vaikka teurasjätteen määrä oli rehuannoksessa 20 %. Kokeessa ei mitattu rasvahappojen pitoisuuksia lihassa (Machin *et al.* 1985).

Kolmannessa kokeessa siipikarjan teurasjäte (pää, jalat, sisäelimet) jauhettiin ja sekoitettiin maissin, kuivatun melassin ja *Lactobacillus acidophilus* -viljelmän kanssa seokseksi. Teurasjätteen, maissin, melassin ja *L. acidophilus* -viljelmän suhteet seoksessa olivat 60:30:5:5. Käyminen eri kokoisissa siiloissa kesti enimmillään noin 72 tuntia. Valmista rehua annettiin sioille 0, 10, 20 tai 30 % maissiin ja soijaan perustuvalla ruokinnalla. 20 ja 30 % teurasjättesäilörehua saaneilla sioilla ulkofileen liha oli tummempaa ja kiinteämpää kuin kontrolliryhmän sioilla. Se oli myös marmoroituneempaa 30 % teurasjätettä saaneilla 0-ryhmään verrattuna. Teurasjätettä voi tämän kokeen perusteella olla 20 % rehuannoksessa alku- ja loppukasvatusvaiheissa (Tibbets *et al.* 1987). Kokeessa 10 % teurasjätettä ei siis vielä vaikuttanut lihan väriin eikä kiinteeyteen. Kokeessa ei arvosteltu lihan makua. Van Lunen kokeessa 15 % ja Machinin kokeessa 20 % teurasjätettä rehuannoksessa ei vielä vaikuttanut haitallisesti makuun.

Muurahaishapolla hydrolysoitu naudan teurasjäte valmistettiin jauhetuista naudan suolista, mahoista, keuhkoista ja verestä. Seosta säilytettiin 33 °C:ssa seitsemän päivän ajan. Valmista seosta annettiin sioille 0–21,2 % rehussa. Siat teurastettiin jo 75

kilon painoisina. Tulosten mukaan ruhojen rasvaisuus lisääntyi ja ruhojen laatuluokitelussa hajonta suureni teurasjätteen osuuden lisääntyessä dieetissä. Kokeessa ei tarkasteltu lihan laatua eikä makua (Machin *et al.* 1988).

9.3 Lihaluujauho

Lihaluujauhon vaikutuksista sianlihan laatuun ei löytynyt kirjoitushetkellä yhtään julkaisua. Sen sijaan Honkajoki Oy:n teettämän yhden rasvahappokoostumusmäärityksen mukaan tutkitussa lihaluujauhonäytteessä oli öljyhappoa (18:1 n-9) 35,9 %, palmitiinihappoa (16:0) 25,5 % ja steariinihappoa (18:0) 19,3 %. Nämä hapot muodostivat siis 80,7 % kokonaisrasvahapoista. Muita rasvahappoja oli hyvin vähän. Linolihapon (18:2 n-6) määrä oli 1,8 % ja linoleenihapon (18:3 n-3) määrä 0,3 %. Lihaluujauhosta ei määritetty kalarasvahappoja (Valtion maatalouskemian laitos 1991). Lihaluujauhon rasvahappokoostumus vaihtelee todennäköisesti jonkin verran riippuen siitä, minkä eläinlajin teurasjätteet ovat olleet raaka-aineessa vallitsevia. Sianlihan tuotanto -kirjaseen mukaan lihaluurehujauhon osuus rehuseoksessa on syytä rajoittaa viiteen prosenttiin. Syinä ovat tuotteen suuri tuhkapitoisuus sekä lihaluurehujauhon valkuaisen laadun heikko soveltuvuus sioille (Alaviuhkola 1988).

9.4 Soijapapu

Soijarouheen korvaaminen kokonaisilla keitettyillä soijapavuilla ei vaikuttanut lihan makuun (McConnell *et al.* 1975). Tätä tulosta tukevat myös kaksi aikaisempaa kypsennetyillä soijapavuilla tehtyä koetta (Wahlstrom *et al.* 1971, Olson *et al.* 1973). Myös uudemmissa kokeissa on havaittu, että täysrasvaiset lämpökäsitellyt soijapavut eivät ole vaikuttaneet aistinvaraisen arvostelun tuloksiin, vaikka ruhon rasva onkin pehmentynyt huomattavasti.

Kun rehua, joka sisälsi 10 tai 20 % täysrasvaisia lämpökäsiteltyjä soijapapuja, syötettiin sioille kolme tai kuusi viikkoa ennen teurastusta, pehmenivät ulkofileen rasva ja silava huomattavasti. Kuusi viikkoa rehusaan 20 % soijapapua saaneilla siolla lihan monityydyttymättömien rasvahappojen suhde tyydyttyneisiin oli 54 % suurempi ja vastaava suhde silavassa 100 % suurempi maissi-soijaruokintaan verrattuna. Lämpökäsiteltyjen rasvaisten soijapapujen syöttö lisäsi jonkin verran rasvojen hapettumista ulkofileessä ja pekonissa, kun soijalla ruokinta-aikaa ja lihan varastointiaikaa pidennettiin. Vaikka muutos oli tilastollisesti merkitsevä, se ei ollut niin suuri, että sillä olisi ollut vaikutusta ulkofileestä tehdyn aistinvaraisen arvostelun (mehukkuus, muureus, lihan maku, sivumaut, yleisarvosana) tuloksiin (Leszczynski *et al.* 1992a). Toisessa kokeessa 30 % kypsennettyjä täysrasvaisia soijapapuja 30–100 kilon painoisten sikojen rehussa ei vaikuttanut aistinvaraisen arvostelun tuloksiin, vaikka lihan ja selkäsilavan rasva pehmenikin huomattavasti. Etenkin linoli- ja linoleenihapon osuudet lisääntyivät. Perusrehu koostui ohrasta, maissista ja soijarouheesta (Zollitsch *et al.* 1993).

Raakojen soijapapujen on sen sijaan todettu heikentävän sianlihan makua. Yli 9 % raakoja soijapapuja rehussa lisäsi sivumakujen esiintymistä ohralla ruokittujen karjujen lihassa (Castell & Cliplef 1988b). Heidän mukaansa raakoja soijapapuja saattoi olla rehussa enintään 5 % ilman haitallista vaikutusta lihan makuun. Kahdessa muussa kokeessa, joissa ei tehty aistinvaraista arvostelua, raat soijapavut heikensivät ruhon laatua. Soijapapuruokinta pienensi ulkofileen poikkipinta-alaa ja ruhon painoa. Rasvan jodiluku nousi 61,6:sta 68,9:ään siirryttäessä puhtaasta soijarouheruokinnasta suurimmalle soijapaputasolle. Raakojen soijapapujen määrät olivat maisia ja soijarouhetta sisältäneissä koerehuissa 0; 6,4; 12,9 ja 19,7 %. Kokeet kestivät 7–8 viikkoa, minkä jälkeen sikojen ruhot painoivat hieman yli 80 kg (Pontif *et al.* 1987).

9.5 Auringonkukan siemenet

Ohra-soijarehun osittainen korvaaminen auringonkukan siemenillä ei vaikuttanut lihan laatuun, ainoastaan selkäsilavan rasvahappokoostumus muuttui merkittävästi. Auringonkukan siementen osuus oli 0, 4, 8 tai 12 % rehusta. Selkäsilavan keskimääräinen jodiluku nousi liian suureksi jo 4 prosentin siemenmäärällä. Jodilukua nosti lisääntynyt linolihapon määrä, sillä tyydyttymättömistä rasvahapoista juuri linolihapon osuus nousi eniten. Auringonkukan siemenet eivät vaikuttaneet silavan skatolipitoisuuteen. Auringonkukan siemenillä ei ollut myöskään vaikutusta pekonin makuun, hajuun, väriin, koostumukseen eikä yleisarvosanaan. Pekonin maku arvosteltiin kaikilla ruokinnoilla ”erittäin hyväksi” tai ”hienoksi” (Østerballe *et al.* 1990). Myöskään aiemmassa kokeessa auringonkukan siemenillä ei ollut vaikutusta kyljysten makuun, vaikka siementen osuus oli jopa 20 % rehuannoksessa (Hartman *et al.* 1985).

Itävaltalaisessa kokeessa (Wetscherek *et al.* 1993) saatiin aivan samansuuntaiset tulokset kuin edellä. Soijan osittainen korvaaminen kuorettomilla auringonkukan siemenillä (0, 9, 18 tai 27 % rouhetta rehussa) ei vaikuttanut lihan laatuun muuten kuin muuttamalla silavan rasvahappokoostumusta. Tässäkin kokeessa selkäsilavan linolihappopitoisuus nousi merkittävästi.

Auringonkukan siementen käyttöä sianrehuissa rajoittaa tämän perusteella ainoastaan jodiluvun nousu silavassa. Jo 4 % osuus rehussa lisää riskiä, että jodiluku nousee liikaa, joten näinkään suurta määrää ei voi suositella auringonkukan siementen käyttömääräksi (Østerballe *et al.* 1990).

9.6 Pellavansiemenet

Pellavan (*Linum usitatissimum*) siemenillä ja DL α -tokoferoliasetaatilla oli hyvin vähäinen vaikutus sianlihan pigmentin pysyvyyteen. Kokeessa sioille annettiin 1–6 ja/tai 7–10 viikkoa ennen teurastusta 400 g

pellavansiemeniä päivässä ja/tai 500 ky DL- α -tokoferolia päivässä. Vertailurehun koostumusta ei mainittu artikkelissa. Ulkofileestä tehtyjä näytepaloja ja kinkun keskiosasta tehtyjä viipaleita pidettiin kuusi päivää hyllyssä 4 °C:ssa fluorisoivan valon alla. Lihan heijastama valo sekä punaisuus ja keltaisuus mitattiin Gardner XL-23 Tristimus-kolorimetrillä. Välittömästi teurastuksen jälkeen ja 48 tunnin kuluttua 10 viikkoa vertailu- ja pellavansiemenruokinnoilla olleiden sikojen liha oli tummempaa kuin E-vitamiinia saaneiden sikojen liha. Kuuden päivän jälkeen kaikkien lihanäytteiden väri oli yhtä vaaleaa. Ruokinta tai säilytysaika eivät vaikuttaneet lihan punaisuuteen tai keltaisuuteen (Specht-Overholt *et al.* 1993).

Sianrehujen rasvalisäyksiä käsitelleessä artikkelissaan Astrup ja Lysø (1984) totesivat, että muutamissa muiden ja yhdessä heidän omassa kokeessaan on havaittu, että kuluttajat eivät aina reagoi negatiivisesti sioille syötettyyn tyydyttymättömään rasvaan. Poikkeuksena ovat kuitenkin heidän mukaansa kalajauhon ja pellavansiemenkukan rasvat.

9.7 Rypsi ja rapsi

Vuonna 1993 Suomessa viljeltävät kevät-rypsilajikkeet olivat Kulta, Kelta ja Kova, ja kevät-rapsilajikkeet Bounty, Kunto ja Topas (Pahkala & Simojoki 1993). Kevätöljykasvin viljelyala oli vuonna 1993 noin 70 000 hehtaaria, josta rapsin osuus oli noin 3000 hehtaaria. Rypsin viljelyalasta oli Kultaa noin 75 %, Kovaa 15 % ja Keltaa 10 %. Rapseista viljeltiin eniten Kunto- ja Topas-lajikkeita (Vuori 1994). Nykyiset Suomessa viljeltävät kevätöljykasvilajikkeet ovat 00-tyyppisiä. Niiden siemenistä puristetun öljyn erukahappopitoisuus on alle 0,5 % (Pahkala & Simojoki 1993). Rypsin siementen glukosinolaattipitoisuudet ovat kansainvälisesti verrattuna pieniä. Kulta-lajikkeen siementen glukosinolaattipitoisuus on 8–12 $\mu\text{mol/g}$, Kovan siementen 15–20 $\mu\text{mol/g}$ ja Kulta-lajikkeen on näiden kah-

den väliltä. Glukosinolaattipitoisuus vaihtelee hieman viljelypaikan ja vuoden mukaan (Vuori 1994).

Käsittelystä riippuen rouheiden glukosinolaattipitoisuus on suunnilleen sama tai usein selvästi pienempi kuin siementen. Osa glukosinolaateista haihtuu öljyn puristamisen aikana. Glukosinolaatteja vähentävät myös puristuksessa käytettävä lämpö ja kitkan aiheuttama lämpö, sekä rouheen mahdollinen Öpex-käsittely (Vuori 1994). Suomalaisten käsittelemättömien 00-rypsirouheiden glukosinolaattipitoisuus on nykyään 10–15 $\mu\text{mol/g}$. Tämä on vain 50–75 % esimerkiksi kanadalaisten 00-rouheiden glukosinolaattipitoisuudesta (Siljander-Rasi 1993b).

9.7.1 Rypsirouhe

Tärkein rypsirouheen käyttöä rajoittava tekijä on sen huono maittavuus sioille. Rypsirouheen runsaankaan käytön ei ole todettu aiheuttavan makuvirheitä sianlihaan (Salo 1984). Yhdessä kokeessa soijarouhetta korvattiin vähärasvaisella rypsirouheella ohraan perustuvalla ruokinnalla. Valkuaistasot olivat kokeessa 15, 17 ja 19 %. Rypsirouhe ei vaikuttanut lihan tai silavan maun voimakkuuteen eikä sivumakujen voimakkuuteen. Neljäntoista hengen paneelin tekemästä yhteensä 952 arvostelusta 61:ssä oli maininta sivumausta soijaa saaneiden sikojen ryhmässä ja 56:ssa rypsiä saaneiden sikojen ryhmässä (Dransfield *et al.* 1985).

Suomalaisessa kokeessa korvattiin 0, 33, 67 ja 100 % soijarouheesta Öpex-käsitellyllä rypsirouheella. Sulavan lysiinin saanti turvattiin lisäämällä kiteistä lysiiniä rehuun, kun rypsirouheen osuutta lisättiin. Kasvatuksen alkuvaiheessa rypsirouheen määrät olivat rehussa 7,6; 15,1 ja 22,6 % ja loppuvaiheessa 5,0; 9,9 ja 14,9 %. Kulta-lajikkeesta tehdyn rouheen glukosinolaattipitoisuus oli erittäin pieni, 2,7 $\mu\text{mol/g}$. Lihan aistinvaraisessa arvostelussa kaikkien ryhmien kyljysnäytteiden maku, mureus ja mehukkuus arvosteltiin yhtä hyväksi. Rypsirouhe-

ruokinnalla lihaksen sisäisen rasvan määrä väheni. Kokeessa ei määritetty rasvahappokoostumusta (Siljander-Rasi 1993a, 1994).

Maissintähkäsäilörehuun perustuvassa kokeessa 00-rypsirouheella ei voitu osoittaa olevan mitään negatiivista vaikutusta lihan tai silavan laatuun. Koeryhmän rehuseoksessa oli rypsirouhetta 19,9 %, ja rouheen glukosinolaattipitoisuus oli 6,5 $\mu\text{mol/g}$. Ryhmien välillä ei ollut eroa lihan kuiva-aine-, raakarasva- tai tuhkapitoisuudessa. Lihan raakavalkuaispitoisuus aleni rypsi-ruokinnalla hieman. Linolihapon osuus lisääntyi hieman koeryhmän ruhon rasvassa. Syyinä tähän oli ilmeisesti koeryhmän rehuannoksen suurempi rasvapitoisuus (3,4 vs. 1,8 % raakarasvaa), vaikka rypsirouheessa itsessään oli vähemmän rasvaa kuin soijarouheessa (1,0 vs. 2,4 % raakarasvaa). Neljän hengen makuraadin mukaan rypsi-rouheryhmän kyljysten mureus, mehukkuus, maku ja yleisvaikutelma olivat merkittävästi paremmat kuin soijaryhmän kyljysten (Wetscherek *et al.* 1992).

Ruotsalaisen kokeen mukaan 14 % 00-rapsirouhetta sisältävällä rehulla ei ollut negatiivista vaikutusta ruhon laatuun eikä lihan makuun. Riittävä turvallisuusmarginaali huomioon ottaen suositeltava vähäglukosinolaattisen (12,3–13,0 $\mu\text{mol/g}$) rapsirouheen käyttömäärä lihasikojen rehussa voisi olla noin 10 % (Thomke 1985).

9.7.2 Rypsipuriste

Lämpökäsitellyllä 00-lajikkeisella rypsipuristeella ei ollut vaikutusta pekonin makuun. Rypsipuristeessa oli glukosinolaatteja 10,0 $\mu\text{mol/g}$, raakarasvaa 6,25 % ja siihen oli lisätty antioksidantteja (Madsen *et al.* 1990a). Myöskään kahdessa aiemmassa kokeessa rypsipuriste ei vaikuttanut makuun (Anderssen & Hanssen 1978, Mikkelson 1981). Sen sijaan yhden useita aiempia kokeita käsittelevän artikkelin mukaan vähäglukosinolaattisella rypsipuristeella on lihan makua, rakennetta ja rasvahappokoostumusta huonontava vaikutus (Rundgren 1983).

Rypsipuriste lisäsi linoli- ja linoleenihiapon pitoisuutta silavassa sekä nosti silavan jodilukua soijarouheeseen, maitojauheeseen ja herneeseen verrattuna (Madsen *et al.* 1990a). Maissintähkäsäilörehuun perustuvalla ruokinnalla soijarouheen osittainen korvaaminen rypsipuristeella ei kahdessa itävaltalaisessa kokeessa vaikuttanut sianlihan laatuun aistinvaraisen arvostelun perusteella (Wetscherek *et al.* 1988, Lettner *et al.* 1989). Suomalaisen tutkimuksen mukaan rypsipuristeeseen voidaan jättää rasvaa aina 12 % kuiva-aineesta asti. Tällainen puriste ei vaikuttanut lihan väriin, mutta silavan tyydyttymättömien rasvahappojen määrä (57,4 vs. 63,7 % kokonaisrasvahapoista) lisääntyi jonkin verran soijarouheeseen verrattuna. Kokeessa ei arvosteltu makua (Suomi 1986).

9.7.3 Rypsin siemenet

Rypsinsementen syöttö sioille lisäsi silavan öljy-, linoli- ja linoleenihappojen osuutta ja vähensi tyydyttyneiden rasvahappojen osuutta selkäsilavassa. Rypsinseimiä oli rehuseoksessa 0, 4, 8 ja 12 %. Siementen raakarasvapitoisuus oli 41,4 %. Ennen syöttöä siemenet lämpökäsiteltiin, valssattiin ja jauhettuihin siemeniin lisättiin antioksidanttia. Lämpökäsittelyllä ei ollut mainittavaa vaikutusta 00-lajikkeen siementen glukosinolaattipitoisuuteen; käsittelyn rouheen pitoisuus oli 10,0 mol/g. Rehussaan 12 % rypsinseimiä saaneiden sikojen silavan jodiluku nousi 95 prosentilla sioista yli 70:een eli haitallisen korkeaksi. Myös 8 % rypsinseimiä tuotti liian pehmeää silavaa (jodiluku 71,3). Ainoastaan pienin rypsimäärä eli 4 % rypsinseimiä ei nostanut yhdenkään sian silavan jodilukua yli 70:n. Tämän kokeen perusteella rypsinseimiä rehussa voi siten olla lihasikojen rehussa enintään 4 % (Madsen *et al.* 1990a, 1990b).

Samassa kokeessa mitatuissa silavan skatolipitoisuuksissa ei ollut merkitseviä eroja ryhmien välillä. Skatolipitoisuus vaihteli 0,11 ja 0,13 ppm:n välillä. Ryhmien keskiarvot eivät poikenneet toisistaan myös

kään lihan laatua kuvaavien lukujen osalta (mm. pH, vedensidontakyky, pigmenttipitoisuus). Rehussaan 12 % rypsinseimiä saaneiden sikojen silava arvosteltiin huonomman makuiseksi ja yleisvaikutelmaltaan huonommaksi kuin muiden ryhmien silava. Myös kyljysten maku oli tällä ryhmällä huonompi 0-ryhmään verrattuna. Arvostelutaso oli kuitenkin niin korkealla, että eroilla ei ole käytännön merkitystä (Madsen *et al.* 1990a, 1990b).

Meltonin (1990) mukaan 40–45 % rasvaa sisältäviä rypsin seimiä voi olla rehussa jopa 15 % ilman, että sillä on vaikutusta lihan makuun. Näin suurella määrällä on kuitenkin hänenkin referoimissaan kokeissa silavan rasvahappokoostumus muuttunut huomattavan paljon tyydyttymättömämpään suuntaan. Matthews & Homerin (1995) mukaan kokonaisia rypsinseimiä voi olla rehussa enintään 5 %. Suuremmalla määrällä sianlihan rasva voi pehmetä niin paljon, että lihan käsittelyssä ja prosessoinnissa voi tulla ongelmia. MLC:n (1992) mukaan kokonaisten rypsinseimenten määrä tulisi rehussa olla enintään 4–5 %, jolloin dieetin kokonaisöljypitoisuus voidaan rajoittaa 3,5 prosenttiin.

9.8 Herne ja rypsi

Kanadalaisessa tutkimuksessa rypsirouhetta korvattiin asteittain lisääntyvällä määrällä herneen seulontajätettä, joka sisälsi pieniä, huonon värisiä ja rikkinäisiä herneitä. Suurin rypsirouheen määrä rehuseoksessa oli 18,5 % ja suurin herneen seulontajätteen määrä 42,3 %, jolloin nämä olivat ainoita valkuaisrehuja. Rypsirouheen glukosinolaattipitoisuus oli 8,9 mol/g. Vertailurehun valkuaisen lähteenä oli soijarouhe ja viljana ohra. Herneen seulontajätettä saaneiden sikojen liha oli selvästi marmoroituneempaa (raaka liha silmämääräisesti arvosteltuna) ja siinä oli enemmän tyydyttyneitä rasvahappoja kuin rypsirouhetta saaneilla sioilla. Raa'an lihan väris-

sä, kiinteydessä ja rakenteessa ei ollut eroa silmämääräisesti arvioituna. Kypsennetyn lihan aistinvaraisessa arvostelussa ei tullut esiin merkittäviä eroja joistakin raa'assa lihassa todetuista eroista huolimatta. Maku-raadin mukaan herneen osuuden lisääntyessä ja rypsirouheen osuuden vähentyessä lihan mureus huononi hieman, mutta maussa, mehukkuudessa tai ulkonäössä ei ollut eroa (Castell & Cliplef 1993).

Herneen, maitojauheen, rypsipuristeen ja soijarouheen vertailussa pekonin haju, maku ja kokonaisvaikutelma olivat selvästi huonoimmat hennettä saaneilla sioilla. Herne-ruokinnalla olleista sioista 20 prosentilla oli pekonissa virtsan hajua muistuttava haju. Outoa hajua esiintyi muilla ruokinnoilla vain 3–5 prosentilla eläimistä. Imisäporsailta outoa hajua oli enemmän kuin leikoilla (Madsen *et al.* 1990a, 1990b). Huonompaan hajuun saattoi olla syynä silavan lisääntynyt skatolipitoisuus, joka oli herneruokinnalla suurempi kuin muilla ruokinnoilla (Madsen *et al.* 1990a). Myös aiemmassa kokeessa havaittiin, että herne voi lisätä skatolien määrää enemmän kuin muut rehut (Lundström *et al.* 1988).

Kyljyslihaksen vedensidontakyky ja lihan laatua kuvaava luku olivat parhaat hennettä ja rypsipuristetta saaneilla sioilla. Vertailurehuna olleella soijarouheella kyljyslihaksen ja silavan pigmenttipitoisuus oli paras, mutta silavassa tämä ero ei ollut merkitsevä (Madsen *et al.* 1990a). Herneen osuus oli tässä kokeessa melko suuri; 60 % rehuseoksessa painovälillä 20–50 kg ja 45 % painovälillä 50–100 kg. Herneen lisäksi seoksessa oli ohraa (Madsen *et al.* 1990a). Näin suuri hennemäärä voi olla syynä lihan ja silavan huonompaan makuun ja hajuun. Kuitenkaan kokeessa käytetyn herneen lajiketta tai haitallisten aineiden pitoisuuksia ei mainittu.

Kotimaisia valkuisrehuja vertailevassa kokeessa rypsirouhe-herneseosta 11 % hennettä ja 22 % rypsirouhetta saaneiden eläinten kyljykset maistuivat makuraadin mukaan yhtä hyviltä kuin vertailuseosta (14 % soijarouhetta ja 2 % kalajauhoa) saanei-

den sikojen kyljykset. Herne oli valkokukkaista ja ruokaherneeksi kelpaamatonta. Rypsirouheen glukosinolaattipitoisuus oli noin 25 $\mu\text{mol/g}$. Kaikkein parhaimmilla maistuivat kaikkia kokeessa käytettyjä valkuisrehuja seoksena saaneiden eläinten kyljykset. Tämä seos sisälsi ohran lisäksi 7,7 % hennettä, 15,3 % rypsirouhetta, 3,0 % lihaluurehujauhoa, 2,0 % pekiloa ja 0,5 % rehumaitojauhetta (Suomi & Immonen 1989).

9.9 Herne

Vuonna 1991 Suomessa viljeltävät hernelajikkeet olivat Hovi, Panu, Pika, Proco, Solara, Sohvi, Tiina ja Vreta. Puolilehdettömien lajikkeiden viljely on yleistynyt nopeasti. Vuoden 1991 hernealasta oli Maatilahallituksen tilaston mukaan Pikaa 63 %, Solaraa 12 %, Panua 6 % ja Hovia 4 %, eli puolilehdettömien lajikkeiden osuus oli jo 85 %. Procon viljelystä oli luovuttu lähes kokonaan (Köylijärvi & Kontturi 1993).

Ruotsissa tehtiin lihasioilla kaksi koetta, joista toisessa korvattiin 10 tai 20 % ohra-soijarehusta Timo-rehunerneellä tai Lotta-ruokaherneellä ja toisessa 20 % Timolla tai Vreta-ruokaherneellä (Håkansson & Agerhem 1986). Rehuseosten koostumusta ei ole annettu artikkelissa, tekstissä mainitaan ainoastaan, että jälkimmäisessä kokeessa kalajauhon määrä pudotettiin rehussa kahteen prosenttiin samalla kun rehuun lisättiin hennettä. Herneellä ei ollut negatiivista vaikutusta ruhon lihaprocenttiin, lihan väriin eikä pH-arvoon. Herne ei vaikuttanut myöskään selkäsilavan rasvahappokoostumukseen eikä kyljyslihan sisäisen rasvan määrään. Hennettä saaneiden sikojen silava vaikutti kuitenkin hieman kiinteämmältä kuin vertailurehua (soijaa) saaneiden sikojen silava. Lotta-hennettä saaneiden sikojen silavan säilyvyys varastossa oli parempi kuin muilla hernelajikkeilla tai vertailurehulla ruokittujen sikojen silavan säilyvyys (12–12,5 vs. 10,5–10,9 vrk). Säilyvyys määritettiin kemiallisesti (snabbhärskningsme-

tod).

Yhdeksän kuukauden pakkassäilytyksen jälkeen hernetä saaneiden sikojen lihassa ja silavassa oli makuraadin mukaan vähemmän sivumakuja kuin herneettömällä dieetillä olleiden sikojen. Kuuden kuukauden säilytyksen jälkeen makueroja ei vielä havaittu (Håkansson & Agerhem 1986). Koska rehujen raaka-aineista ei ole annettu tarkempaa tietoa, muista makuun mahdollisesti vaikuttaneista tekijöistä ei myöskään voi tehdä johtopäätöksiä.

Toisessa ruotsalaisessa kokeessa Simo-hernetä korjattiin pellolta kolmessa eri kasvuvaiheessa: kolme ja neljä viikkoa kukinnan alkamisen jälkeen heinäkuun lopussa kokonaisena kasvina ja puimalla elokuun lopussa. Myös kokonaisena kasvina korjattu herne kuivattiin ja jauhettiin. Aikaisemmin korjatussa kokonaisessa herneessä oli enemmän raakavalkuaista ja vähemmän raakakuitua kuin myöhemmin korjatussa. Vertailurehun ohrasta ja soijarouheesta korvattiin 18 % näillä koerehuilla. Rehuja annettiin sioille kahdessa kokeessa, toisessa rehujen lysiiinipitoisuus oli 0,82 % ja toisessa 0,92 % kuiva-aineesta. Kokeessa, jossa lysiiinitaso oli matala, kaikkein aikaisemmin korjattua hernetä saaneiden sikojen lihaprosentti oli pienempi, silava selvästi paksumpi ja lihan väri hieman tummempi kuin muilla ruokinnoilla. Lihan värin mittaus perustui valon heijastumiseen. Korkeammalla lysiiinitasolla ruokinnoilla ei ollut vaikutusta ruhon tai lihan laatuun (Lund & Håkansson 1986).

Luomusianlihan tuotantokokeessa verrattiin luomulihaan tuotantoa varten suunniteltua tehdasvalmisteista tiivistettä sekä rehumaitojauhetta ja hernetä sikojen valkuaislähteenä. Tiiviste sisälsi ohravalkuaisrehua 52,5 %, kasviöljyä 2,5 %, pekiloa 20 %, rypsiipuristetta 15 %, rypsirouhetta 5 % ja rehumaitojauhetta 5 %, ja sen osuus rehuseoksessa oli 20 %. Ruokinnat olivat karkeasti ottaen ohra-tiiviste-, ohra-kauramaitojauhe- ja kaura-herne -ruokinta. Maitojauheen osuus seoksessa oli 16 % ja herneen noin 11,3 %. Arvostelupaneelin mukaan kyljyslihan maussa, hajussa tai ul-

konäössä ei ollut mainittavia eroja koeryhmien välillä (Immonen *et al.* 1989). Yhdessä kokeessa lihajauhon ja/tai kalajauhon korvaaminen herneellä ei vaikuttanut selkäsilavan paksuuteen (Davies 1984).

Keltaisissa herneissä on sokereita (raffinoosi), jotka eivät hajoa sian mahalaukussa tai ohutsuolessa. Sokeri saapuu tämän vuoksi sulamattomana paksusuoleen, jossa se lisää bakteerikäymistä (Lundström & Malmfors 1990). Suuret määrät hernetä (etenkin keltaista) nostavat lihan skatolipitoisuutta ja sen seurauksena heikentävät lihan makua (Alaviuhkola 1991). Suomessa tällä hetkellä viljelyssä olevista hernelajikkeista ainoastaan Hovin siemenet ovat keltaisia (Kontturi 1994). Ruotsalaisessa kokeessa kasvatettiin karjuporsaita joko paljon tai vähän valkuaista sisältävällä rehulla. Vähän valkuaista sisältävässä rehussa oli 10 % keltasiemenisiä herneitä. Teurastuksen jälkeen havaittiin, että herneryhmän karjuilla selkäsilavan skatolipitoisuus ylitti raja-arvon 0,24 ppm selvästi useammin kuin herneettömällä dieetillä kasvatetuilla. Tulokset ovat kuitenkin vasta suuntaa antavia, eikä varmoja johtopäätöksiä voi tämän perusteella tehdä (Lundström & Malmfors 1990).

9.10 Lupiini

Lupiinin siementen raakavalkuaispitoisuus on melko alhainen, mutta kuitenkin korkeampi kuin herneen. Aminohapoista etenkin lysiiiniä on niukasti, raakakuitua on runsaasti ja rasvaa on enemmän kuin herneen tai pavun siemenissä. Lupiinin sisältämät alkaloidit huonontavat rehun maittavuutta ja aiheuttavat mm. ripulia (Alaviuhkola 1986). Lupiininjauho on useissa kokeissa vähentänyt sianruhojen rasvaisuutta (Bourdon *et al.* 1980, Barnett & Batterham 1981, Santos Oliveira *et al.* 1991), vaikka selkäsilavan paksuus ei aina olekaan muuttunut. Näissä kokeissa ei arvosteltu lihan laatua.

Portugalilaisessa kokeessa osa soijarouheesta (ja maissista) korvattiin lupiinin

(*Lupinus luteus*) siemenistä tehdyllä jauhol- la, jota oli rehussa 0, 6, 9, 12 ja 15 %. Suurin lupiinijauhon määrä korvasi soijan kokonaan. Koerehut tasapainotetiin aminohappojen suhteen. Lupiinijauhon alkaloidipitoisuus oli pieni (0,002 %). Ruhojen rasvaisuuden vähene- misen lisäksi lavasta mitattu paksuin ras- vakerros oheni. Lupiini ei kuitenkaan vaikuttanut viimeisen kylkikuon kohdalta mitattuun silavan paksuuteen. Tässä ko- keessa ruhon laatu parani korkeimmalle lu- piinitasolle asti, mutta kasvu heikkeni jo yli 9 %:n käyttömäärällä (Santos Oliveira *et al.* 1991). Myös toisessa vastaavanlaisessa kokeessa *Lupinus albus* -lupiinia sisältäneillä ruokinnoilla ruhojen rasvaisuus väheni (Bourdon *et al.* 1980). Ruhojen rasvaisuu- den vähenemisen syynä pidettiin molem- missa kokeissa syönnin vähenemistä lupiiniruokinnoilla.

Suomalaisessa kokeessa ohrasta ja soi- jarouheesta korvattiin osa lupiininsiemen- jauholla (*Lupinus angustifolius*). Lupiinin osuudet dieetissä olivat 0, 7,5 ja 15 %. Lu- piinia sisältäviin koereluihin lisättiin ly- siiniä, ja lupiinin alkaloidipitoisuus oli 0,01 % kuiva-aineesta. Lupiinijauho ei tässä kokeessa vaikuttanut kylkiselavan paksuu- teen (Alaviuhkola 1986). Aiemmassa ko- keessa *Lupinus angustifolius* -lupiinin todettiin vähentäneen ulkofileen rasvan määrää kontrolliryhmään verrattuna (Bar- nett & Batterham 1981).

9.11 Linssi

Ihmisen ravinnoksi kelpaamattomia linssin (*Lens culinaris*) siemeniä verrattiin kanada- laisissa kokeissa soijaan vapaalla ohraan pe- rustuvalla ruokinnalla. Ensimmäisessä maatiais-yorkshire -leikoilla tehdyssä ko- keessa Laird-lajikkeen linssin määrät olivat rehuseoksessa 0, 5, 10 tai 15 %. Toisessa maatiais-hampshire -karjuporsailta tehdyssä kokeessa Eston-lajikkeen määrät olivat 0, 10, 20, 30 ja 40 %. Laird-lajikkeen raakaval- kuaispitoisuus oli 23 % ja Eston-lajikkeen 27 %. Teurastulosten mukaan 10 % Laird-

linssiä saaneiden sikojen ruhot olivat kaikkein vähärasvaisimpia, eli niissä oli vä- hemmän rasvaa kuin soijaa tai 5 tai 20 % linssiä rehussaan saaneiden sikojen ruhois- sa. Lihan värissä, kiinteydessä, marmoroi- tumisessa, rakenteessa tai pintarasvan irtautumisessa ei ollut eroa ryhmien välillä. Laboratorioarvostelun ja makuraadin anta- mien pisteiden perusteella rehussaan 10 % linssiä saaneiden sikojen liha oli parasta. Makuraati antoi pisteet lihan mureudesta, mehukkaudesta, mausta ja yleisvaikutel- masta. Myös 5 ja 20 % linssiä saaneiden sikojen lihasta raati antoi paremmat pisteet kuin soijaruokinnalla olleiden sikojen lihas- ta (Castell & Cliplef 1988a).

Eston-lajikkeella tehdyssä kokeessa teu- rastulos oli useimpien kriteereiden mukaan paras 20 % linssiä rehussaan saaneilla sioilla. Laboratorioarvostelun mukaan rasvan erottuminen oli suurinta eikä liha ollut niin kiinteää 20 % linssiä saaneiden sikojen ryh- mässä kuin muissa ryhmissä. Lihan kypsennyksen jälkeen tämän ryhmän liha arvosteltiin mureimmaksi. Linssitasoilla 0, 10 ja 20 % ei ollut eroa lihan maussa eikä yleisvaikutelmassa, mutta suurempi määrä linssiä huononsi lihan makua ja yleisarvos- telussa. Eston-linssi ei vaikuttanut lihan me- hukkuuteen (Castell & Cliplef 1988a). Näitä kahta koetta ei voi suoraan verrata toisiinsa eläinaineserojen ja linssilajike-ero- jen vuoksi. Näyttää kuitenkin siltä, että linssiä voitaisiin lisätä aina 20 prosenttiin asti lihasikojen rehuun.

9.12 Maitojauhe

Makutestin mukaan korvattaessa rehuseok- sen soijarouhe maitojauheella ei saatu pa- remman makuista pekonia (Madsen *et al.* 1990a). Tulos poikkesi aiempien kokeiden tuloksista. Yhtenä syynä saattoi olla se, että siat ovat aiemmissa kokeissa olleet lihavam- pia ja lihan sisäisen rasvan määrä on ollut suurempi.

9.13 Hiiva

Hiivan lisäämisen sikojen dieettiin on osoitettu nostavan selkäsilavan skatolipitoisuutta yli 0,25 ppm:n, jolloin useimpien ihmisten mielestä lihassa on jo liian voimakas sivumaku (Ambler & Wood 1990). Tanskassa skatolin korkein sallittu pitoisuus silavassa on 0,24 ppm (Madsen *et al.* 1990a).

Hiivaliemen anto sioille lisäsi silavan skatolipitoisuutta kontrolliryhmän silavaan verrattuna kasvatettaessa sikojia reiluun 90 kilon elopainoon. Imisillä skatolipitoisuudet nousivat 0,08:sta 0,17:ään ja karjuilla 0,14:sta 0,56:een. Selkäsilavan jodilukuun hiivaliemellä sen sijaan oli edullinen vaikutus soijarouheeseen verrattuna (soijarouhe 58,6, hiivaliemi 55,4). Rasvaliisan kanssa syötettynä hiivaliemi nosti kuitenkin jodiluvun kontrollin yläpuolelle (Håndbog for Svinehold 1994). Tanskassa silavan jodiluvun hyväksyttävänä ylärajana pidetään arvoa 70 (Valaja 1992).

Karjuporsailta tehdyissä kokeissa hiivaliemi (5 tai 20 % rehuyksiköistä) nosti silavan skatolipitoisuutta. Hiivan normaalisti sisältämien aineiden, B-vitamiinin ja alkoholin, ei kuitenkaan todettu nostavan skatolipitoisuutta. Näyttääkin siltä, että hiivaliemen skatolipitoisuutta nostava vaikutus perustuu itse tuotteeseen, mahdollisesti sen sisältämiin hiivasoluihin (Pedersen *et al.* 1986). Sokerijuurikasleikkeen lisääminen hiivaliemidieettiin lisäsi ohutsuolen mikrobien aktiivisuutta. Tämän seurauksena skatolin tuotanto väheni ja paksusuolen sekä selkäsilavan skatolipitoisuudet pienenevät (Jensen & Jensen 1995).

10 Muiden rehukomponenttien vaikutus sianlihan laatuun

10.1 Hera

MTT:n Sikatalouskoeasemalla tehdyssä kokeessa verrattiin hydrolysoitua heraa eli herasiirappia (maitosokereista pilkottu 70–80 %) ja herajauhetta herattomaan ruokintaan. Hydrolysoitua heraa oli rehuyksikössä 30 ja 40 % ja herajauhetta 30 %. Vertailurehussa ja myös kaikissa koerehussa oli soijaa ja kalajauhoa. Selkäsilavan kiinteytys oli heraa saaneilla sioilla yhtä hyvä kuin vertailuryhmän eläimillä. Punaisen lihan väri oli kaikilla eläimillä normaali, ja keskiarvojen erot olivat pieniä ryhmien välillä. Lihan väri arvosteltiin sekä EEL-asteikolla että aistinvaraisesti (Harju *et al.* 1979).

Ruotsissa tehdyssä kokeessa sioille annettiin heraa 0, 8, 16 tai 24 % muun tokelpoisen energian kokonaisuudesta. Normien mukaan liemiruokinnalla ruokittujen sikojen hera-annokset nousivat 20 elopainokilosta 60 kiloon ja pysyivät tämän jälkeen samana. Hera-annokset olivat kiloina 8 % heratasolla 1,22 → 2,92 kg, 16 % tasolla 2,44 → 5,84 kg ja 24 % tasolla 3,66 → 8,76 kg heraa eläintä kohti päivässä. Heraruokinta ei vaikuttanut sianlihan syöntilaatuun eikä varastointikelpoisuuteen. Syöntilaatua kuvasivat lihan mehukkuus, mureus ja maun voimakkuus. Yhdessäkään liha- tai silavanäytteessä ei voitu osoittaa olevan mitään sivumakua heti teurastuksen eikä kuuden kuukauden säilytyksen jälkeen. Yhdeksän kuukauden varastoinnin jälkeen lievää sivumakua esiintyi noin puolessa näytteistä, lähinnä lihanäytteistä (Andersson *et al.* 1986).

10.2 Viherjauho

Saksassa, lähinnä Pohjois-Hessenin alueella, kestromakkaran valmistusta varten käytetään jopa 160 kilon painoon kasvatettavien sikojen ruokinnassa perinteisesti paljon viherjauhoa. Viherjauho tehdään yleensä nuoresta ruohosta tai apilasta. Tällaisessa nuoressa ruohossa on rasvaa noin 4 % kuiva-aineesta, ja rasvassa on runsaasti linoli- ja linoleenihappoja. 100 tai 160 kilon painoon kasvatettaville sioille annettiin nuoresta ruohosta tehtyä viherjauhoa 18 % rehussa koko kasvatuskauden ajan. Viherjauhossa oli linoleenihappoa (C18:3) 68,8 %, palmiitiinihappoa (C16:0) 12,8 % ja linolihappoa (C18:2) 10,1 % kokonaisrasvahapoista. Vertailuryhmä ei saanut viherjauhoa. Puolet sioista oli rajoitetulla ja puolet vapaalla ruokinnalla. Menetettyjen sikojen vuoksi vain rajoitetulla ruokinnalla saatiin kaikista tuloksista vertailukelpoisia (Burgstaller & Jatsch 1991).

Viherjauhoa saaneiden sikojen sisärasvan ja silavan linoli- ja linoleenihappopitoisuudet olivat selvästi suuremmat kuin vertailuryhmällä. 100 kg painoisina teurastetuilla sioilla näiden rasvahappojen pitoisuudet rasvassa olivat suuremmat kuin myöhemmin teurastetuilla, vaikka viherjauhon määrä pysyi koko ajan samana (Burgstaller & Jatsch 1991). Yhtenä selityksenä saattaa olla yli 100 kilon painoisille sioille tarjotun loppukasvatusrehun erilainen koostumus. Rajoitetulla ruokinnalla olleiden sikojen rehuseoksessa oli tällöin ohraa 55,5 %, vehnää 12 % ja vehnänlesettä 9,2 %. Alle 100-kiloisille tarkoitetuissa rehuissa viljaseos koostui pääosin vehnästä (45–70 %) ja vehnänleseestä (14–19 %). Loppukasvatusrehussa oli lisäksi hieman melassia (Burgstaller *et al.* 1991).

Rajoitetulla ruokinnalla olleiden sikojen silavan linoli- ja linoleenihappojen yhteismäärä oli 14,4 % (Burgstaller & Jatsch 1991), mikä jää niukasti kestromakkaran valmistuksessa suositeltavan enimmäismäärän eli 15 prosentin alapuolelle (Fischer *et al.* 1990). Vertailuryhmällä vastaava pitoisuus vaihteli 10–11 % välillä silavassa. Kokeen

perusteella viherjauhoa tulisi käyttää enintään 10 % jauhettua viljaa ja soijarouhetta sisältävässä rehussa sen rasvaa pehmentävän ja hapettumisherkkyttä lisäävien ominaisuuksien takia. Suositeltava enin käyttömäärä koskee sekä tavallista että edellä kuvattua sianlihan tuotantomuotoa (Burgstaller & Jatsch 1991).

10.3 Sokeri ja kuitu

Suomalaisessa kokeessa kylkisilavan pakkaus oheni ja ruhon arvo-osien lihaprosentti suureni, kun rehuun lisättiin sokeria. Kokeissa testattiin tärkkelysteollisuuden sivutuotetta vehnämelassia, sokerijuurikasteollisuuden sivutuotetta juurikasmelassia ja puuteollisuuden sivutuotetta puumelassia. Vain vehnämelassilla oli edullinen vaikutus kasvuun, muilla ruokinnoilla kasvu heikkeni (Suomi 1985). Orgaanisilla hapoilla säilöttyä sokeriruokomelassia ja siipikarjan verta ja teurasjätteitä sisältävä liemirehu ei vaikuttanut lihasikojen ruhon rasvan ja lihan määrään. Lihaksen kemiallisessa koostumuksessa ei myöskään todettu eroja. Monityydyttymättömien rasvahappojen pitoisuus oli pintarasvassa hieman suurempi koerehua saaneilla kuin kontrolliryhmän sioilla (Baricco 1993, Mazzocco & Baricco 1993).

Niukasti kaliumia (1/3 normaalista) sisältävää melassia annettiin 20–30 kilon painoisille sioille 10 % rehuyksiköstä ja 30–100 kilon painoisille sioille 10, 20 tai 30 % rehuyksiköstä. Kontrolliryhmä ei saanut melassia. Ensimmäisessä kokeessa, jossa melassiruokintaa ei täydennetty puuttuvilla aminohapoilla, lihan laatu, erityisesti vedensidontakyky, huononi hieman. Toisessa kokeessa, jossa melassia saaneiden eläinten ruokintaa täydennettiin puuttuvilla aminohapoilla, lihan laadussa ei ollut eroa kontrolliryhmän lihaan verrattuna. Joissakin aiemmissa kokeissa, joissa lihan väri on vaalentunut sokeripitoisilla rehuilla, valkuaistäydennystä ei ole aina tehty. Tässä kokeessa lihan pigmenttipitoisuus oli kuitenkin selvästi suurempi melassia ilman val-

kuaistäydennystä saaneiden sikojen kyljyslihassa ja reiden biceps femoris-lihaksessa kontrolliarvoihin verrattuna (Madsen *et al.* 1991a).

Ensimmäisessä kokeessa biceps femoris-lihaksen valkuais-, vesi- ja rasvapitoisuudet pienenivät, kun melassimäärää ruokinnassa lisättiin. Lihaksen vedensidontakyky heikkeni hieman, mutta oli kaikilla kuitenkin keskimäärin yli 0,150, jota pidetään rajana PSE-lihan muodostumiselle. Lihaksen sisäisen rasvan määrä biceps femoriksessa ja kyljyslihassa lisääntyi merkitsevästi melassimäärän lisääntyessä ja lysiinin määrän vähentyessä rehussa. Kokeessa, jossa ei tehty aminohapotäydennystä, ei pekonin hajusa eikä maussa havaittu eroja, mutta eniten melassia saaneen ryhmän pekonin koostumus (konsistenssi) arvosteltiin hieman huonommaksi kuin muiden ryhmien. Taso oli kuitenkin niin hyvä tälläkin ruokinnalla, ettei erolla ole mitään käytännön merkitystä. Toisessa kokeessa, jossa rehuun lisättiin puuttuvia aminohappoja, lihan aistinvaraisessa arvostelussa ei ilmennyt mitään eroja (Madsen *et al.* 1991a).

Ohran osittainen korvaaminen sokeri-juurikasleikkeellä paransi lihan laatua hieman (Longland *et al.* 1991). Kasvavien lihasikojen rehussa oli 0, 150, 300 tai 450 grammaa sokeri-juurikasleikettä rehukiloa kohden. Siat saivat rehua 20–77,5 kg:n painovälillä, minkä jälkeen ne teurastettiin. Koulutettu 10 hengen makupaneeli testasi paistetut ulkofilepihvit. Pihvien epänormaalit maut vähenivät hieman leikkeen osuuden lisääntyessä rehussa, mutta erot ruokintojen välillä eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Sokeri-juurikasleikkeen osuuden lisääntyessä rehussa myös kylkisilava (P₂) oheni 13,7 mm:stä 9,7 mm:iin siirryttäessä kontrolliruokinnalta suurimpaan leikeannokseen. Juurikasleikeruokinta lisäsi rasvan kosteusprosenttia ja lihan osuutta ruhossa. Lihan mureus lisääntyi leiketasaolle 300 g/kg asti, mutta laski tämän jälkeen. Leikkeellä oli vain vähäinen vaikutus rasvan rasvahappokoostumukseen. Ainoastaan palmitoleiinihapon (C16:1) osuus lisääntyi hieman ja linoli- ja linoleenihap-

pojen (C18:2 ja C18:3) osuudet pienenivät. Paljon sokeri-juurikasleikettä (kuitua) sisältävällä rehulla näyttää tämän perusteella olevan positiivinen vaikutus lihan syönteilaatuun.

Toisessa (Stekar *et al.* 1993) kokeessa sokeri-juurikasleike ei vaikuttanut lihan määrään ruhossa, mutta ruhojen rasvapitoisuus väheni leikelisäyksen myötä. Leikkeen osuus maissi-soijajauho-kalajauho-rehussa vaihteli 0 ja 20 prosentin välillä. Kuivalla tai tuoreena säilötyllä sokeri-juurikasleikkeellä ei ollut merkitsevää vaikutusta elävän eläimen selkäsilavan paksuuteen, teurastulokseen, lihan koostumukseen tai laatuun (Parisini *et al.* 1993). Siat olivat liemiruokinnalla ja leikkeen osuus oli koeryhmällä 17 % seoksesta. Leike ei vaikuttanut keskimääräiseen kasvunopeuteen. Sokeri-juurikasleikettä saaneiden sikojen kylkisilava oli ohuempi kuin pelkkää väkirehua saaneiden sikojen (Scipioni *et al.* 1993). Käsitteilyllä ei ollut vaikutusta lihan laatuun eikä makuun. Rehut annettiin nestemäisessä muodossa, koerehussa oli puolet väkirehua ja puolet säilörehua.

Suuri määrä kuitupitoisia rehuja lisää skatolien tuotantoa sian suolessa ja skatolipitoisuutta kudoksissa (Ambler & Wood 1990, Lundström & Malmfors 1990). Rehun sisältämä kuitu, laktoosi tai antibiootti eivät vaikuttaneet merkittävästi silavan skatoli- tai indolipitoisuuteen. Tämä havainto tukee Mortensin (1989) tuloksia, mutta on ristiriidassa Lundströmin *et al.* (1988) tulosten kanssa, joiden mukaan vähän energiaa (11,7 MJ/kg) ja paljon kuitua sisältävä rehu lisäsi silavan skatolipitoisuutta energiapitoiseen rehuun verrattuna (13,7 MJ/kg). Lundströmin työryhmän kokeesta on kuitenkin vaikea sanoa, mikä tekijä itse asiassa aiheutti skatolipitoisuuden nousun, sillä koerehut koostuivat hyvin monista eri raaka-aineista eri ruokinnoilla. Vähäenergisessä rehussa oli mm. 6 % vehnälesettä, 4 % kauranlesettä, 5 % heinäjauhoa ja 10 % keltaisia herneitä.

10.4 Aflatoksiini B1

Bonomi *et al.* (1993) tekivät kokeen, jossa 40–140 kilon painoisille sioille annettiin aflatoksiini B1:tä 500, 650 ja 800 mg rehukiloa kohti. Aflatoksiini ei aiheuttanut sairauden oireita. Kasvun hidastumisen ja kinkun ja lavan koon pienemisen lisäksi kahdella suurimmalla aflatoksiinimäärällä lihan raaka-alkuaispitoisuus pieneni 3,4 ja 3,7 prosenttia. Lisäksi lihan mureus kärsi aflatoksiinin lisäämisestä rehuun.

10.5 Kupari

Hon tutkimusryhmän kokeessa 250 ppm kuparia perusrehuun lisättyä nosti tyydyttymättömien ja tyydyttyneiden rasvahappojen suhteen 1,55:stä 2,36:een. Kahdeksan hengen kokenut makuraati pystyi erottamaan kuparia saaneiden sikojen lihan kontrolliryhmän sikojen lihasta melko hyvin. Kuitenkin vain 53 % lihojen eron tunnistaneista testaajista piti kontrolliryhmän lihaa parempana (Ho *et al.* 1976). Artikkelin kirjoittajat päättelivät, että huolimatta makuerosta, kuparia saaneiden sikojen liha ei ollut kovin paljon huonompaa kuin kontrolliryhmän liha. Heidän oletuksensa mukaan kupariryhmän lihan lisääntynyt tyydyttymättömien rasvahappojen määrä oli syynä makueroon näiden rasvahappojen suuremmasta hapettumisherkkyydestä johtuen.

Toisen kokeen mukaan kuparilisa rehussa ei vaikuttanut sivumakujen esiintymiseen lihassa. Kuparia lisättiin maissi-ohraphajaiseen rehuun 0, 125 tai 200 ppm. Liha arvosteltiin kaikilla ruokinnoilla välille 5 ja 6 asteikolla, jossa 1 merkitsi selvää sivumakua ja 6 merkitsi, että sivumakua ei esiintynyt (Castell *et al.* 1975). Karju- ja imisäporsailta tehdyssä kokeessa 100 ppm ylimääräistä kuparia rehussa ei vaikuttanut silavan skatolipitoisuuteen (Pedersen *et al.* 1986).

10.6 Rauta

Karju- ja imisäporsailta tehdyssä kokeessa 250 ppm rehuun lisättyä ylimääräistä rautaa ei vaikuttanut selkäsilavan skatolipitoisuuteen (Pedersen *et al.* 1986).

10.7 Maustetut rehuseokset

Sikatalouden tutkimusasemalla kokeiltiin monenlaisten luonnontuotteiden syöttämistä sioille lihan maun parantamiseksi. Luonnontuotetta annettiin sioille kuuden viikon ajan ennen teurastusta. Kyljyksille annettiin makupisteet sekä tuoreina että kolmen kuukauden pakastevarastoinnin jälkeen. Keskimäärin parhaat makupisteet annettiin kyljyksille, kun sioille oli tavanomaisen rehun ohessa syötetty koivun- ja sellerinlehtiä, punajuurta ja paprikajauhetta (Taulukko 4). Sen sijaan havupuiden uusia vuosikasvaimia syöneiden sikojen kyljykset maistuivat varsin hyviltä tuoreina, mutta menettivät makuaan pakastuksessa. Katajan kerkät huononsivat sekä tuoreiden että pakastettujen kyljysten makupisteitä. Lisäksi ulkotarhassa kasvatettiin sikoja, joiden rehuseos pyrittiin saamaan vanhan ajan rehuseoksen kaltaiseksi. Vanhan ajan rehuseoksella kuten myös sisällä tavanomaisella sianrehulla (vertailuryhmä) kasvatettujen sikojen kyljykset saivat hyvän arvostelun molemmilta makuraadeilta (Immonen & Suomi 1988).

11 Yhteenveto ja johtopäätökset

Ruokinnan mahdollisuudet vaikuttaa lihan laatuun riippuvat tarkasteltavasta laatutekijästä. Esimerkiksi lihan rakenteeseen kuten mehukkuuteen tai mureuteen voidaan ruokinnalla vaikuttaa vain vähän, kun taas esim. lihan rasvapitoisuuteen tai rasvahappokoostumukseen ruokinta vaikuttaa pal-

Taulukko 4. Kyljysten makupisteitä makukokeissa (Immonen ja Suomi 1988, Alaviuhkola *et al.* 1991)

	Luonnontuotteen määrä (g/kaksi sikkaa/pv)	Makupisteet		
		Tuoreet	Pakastetut	Pakastetut
		kyljykset SIK	kyljykset SIK	kyljykset LTK
Kurrijauhepitoinen tarhaseos		2.8	2.4	5.2
Sisäseos (vertailu)		2.7	2.5	5.1
+ männyn kerkkiä	50	2.9	2.3	5.0
kuusen kerkkiä	50	2.7	1.8	5.3
katajan kerkkiä	50	2.3	1.2	5.3
kanervaa	50	2.4	2.1	5.0
koivunlehtiä	50	2.7	2.6	5.1
voikukan lehtiä	200	2.5	2.2	5.0
sellerin lehtiä	50	2.9	2.6	5.0
salaattifenkolia	25	2.9	1.7	5.0
kuminaa	50	2.6	2.6	5.0
tilliä (kuivattu)	10	2.9	2.3	5.0
ruohosipulia	50	2.6	2.5	5.0
raparperia	100	2.7	2.2	5.0
punajuurta	100	2.8	2.6	5.3
mustapippurijauhetta	20	2.6	1.8	5.3
paprikajauhetta	20	2.9	2.7	5.3
valkosipulijauhetta	10	2.8	2.2	5.0
sinappijauhetta	10	2.7	2.0	5.0

SIK = Sikatalouden tutkimusaseman henkilökunta, arvosteluasteikko 1–3

LTK = Lihateollisuuden tutkimusaseman makupaneeli, arvosteluasteikko 0–7

Molemmissa suurempi pistemäärä = parempi maku

jon. Useat yksittäiset rehut voivat vaikuttaa voimakkaasti sianlihan laatuun ja tämän vuoksi laatua heikentävien rehujen käyttöä on syytä rajoittaa ruokinnassa. Laadun heikkeneminen voidaan liittää usein silavan liialliseen pehmenemiseen tai karjunhajun muodostumiseen lihassa.

Karjunhajuun vaikuttavia aineita ovat ainakin androstenoni, skatoli ja indoli. Androstenoni on miehen sukuhormonin testosteronin sukulainen. Skatolia ja indolia muodostuu bakteerien avulla sian suolessa tryptofaani-aminohapon hajoamistuotteista. Skatoli ja indoli voivat varastoitua kudoksiin tai erityyä sontaan. Skatolilla on suurempi vaikutus karjunhajun syntyyn kuin indolilla. Sonnan ja silavan skatoli- ja indolipitoisuuksien mittauksilla pyritään

selvittämään erilaisten rehujen ja ruokintojen vaikutusta näiden aineiden muodostumiseen ja siirtymiseen sian kudoksiin. Toisaalta androstenonin ja skatolin pitoisuusmittausten ja hajutestien korrelaatioiden perusteella yritetään ennustaa karjunhajun muodostumista.

Silavan pehmenemisen vuoksi joidenkin viljojen, öljyjen ja rasvojen käyttöä olisi syytä rajoittaa lihasikojen ruokinnassa. Tanskalaisten kokeiden perusteella ohrasta voidaan korvata korkeintaan 2/3 kauralla, 1/2 kuoretomalla kauralla tai 1/3 maissilla. Öljyjen ja rasvojen käyttäminen rehuanoksessa tulisi rajoittaa muutama prosenttiin. Tutkimusten mukaan soijaöljyä saisi olla enintään 1,5 %, rypsiöljyä enintään 2 % ja eläinrasvaa enintään 5 % rehussa.

Kalajauhon käyttö tulee rajoittaa lihasikojen rehussa 2 %:iin tai alle 45 kilon painoisille sioille 5 %:iin, jos loppukasvatuserhussa ei ole kalajauhoa. Kalajauho aiheuttaa kalanmakua ja -hajua lihaan ja silavaan.

Monet rehuina käytettävät rasvaa sisältävät kasvinsiemenet pehmentävät sian silavaa, mutta silavan pehmeneminen ei kuitenkaan välttämättä vaikuta lihan makuun. Tällaisia ovat muun muassa soijapavut, auringonkukan siemenet ja rypsin siemenet. Auringonkukan siemeniä tulisi olla rehussa enintään 4 % ja rypsin siemeniä 4–5 %. Raakojen soijapapujen määrä rehussa tulisi rajoittaa 5 %:iin, sillä suuremman määrän on todettu lisäävän sivumakujen esiintymistä lihassa.

Suuret määrät hernettä lisäävät silavan skatolipitoisuutta ja huonontavat lihan makua ja hajua. Etenkin keltaisten herneiden on todettu lisäävän lihan skatolipitoisuutta. Jo 10 % keltaisia herneitä rehuseoksessa lisäsi silavan skatolipitoisuutta karjuporsaila tehdyssä kokeessa. Useiden suomalaisten ja ruotsalaisten kokeiden mukaan 10–20 % hernenmäärä rehussa ei heikennä lihan laatua.

Lupiinsiemenjauho on useissa ulkomaisissa kokeissa vähentänyt sianruhojen rasvaisuutta. Linssin käyttö tulisi kanadalaisten Laird- ja Eston-lajikkeilla tehtyjen kokeiden perusteella rajoittaa 20 prosenttiin rehuanoksessa. Silavan pehmenemisen takia myös viherruohon käyttö tulisi rajoittaa 10 %:iin rehussa. Tanskalaisen kokeen mukaan maitojauhe ei parantanut pekonin makua soijarouheeseen verrattuna vastoin useiden aiempien kokeiden tuloksia. Myöskään heran ei ole todettu vaikuttavan sianlihan laatuun. Hiivan ja kuitupitoisten rehujen on sen sijaan todettu useissa kokeissa lisäävän silavan skatolipitoisuutta. Aflatoksiini B1:n lisääminen rehuun huononsi myös lihan laatua.

Säilöttyä siipikarjan teurasjätettä voi tutkimusten mukaan olla sikojen rehuseoksessa 15–20 % ilman, että se vaikuttaa haitallisesti lihan laatuun. Sokeri- ja kui-

tulisäyksillä on ollut vaihteleva vaikutus lihan laatuun. Rehuun lisätyn ylimääräisen kuparin tai raudan ei ole havaittu vaikuttavan silavan skatolipitoisuuteen.

Tiettyjen rehujen käyttöä ruokinnassa on siis tarpeen rajoittaa, jotta teknologinen (silavan kiinteys) ja aistinvarainen (ulkonäkö, rakenne, maku ja haju) laatu säilyvät hyvinä. Tämä on ainakin osittain ristiriidassa ravitsemuksellisen laadun parantamisen (tyyydyttämättömien rasvahappojen osuuden lisäämisen) kanssa. Sianlihan rasva sisältää tällä hetkellä kuitenkin jo ihmisravitsemuksen kannalta riittävästi tyydyttämättömiä rasvahappoja. Toisaalta on esitetty, että myös öljyhapolla on edullinen vaikutus ihmisravitsemuksessa, ja sen saanti vähenee, kun tyydyttämättömien rasvahappojen osuus lisääntyy.

Voidaankin sanoa, että korkealaatuisen lihan tuottaminen tiettyjä rehuja rajoittamalla on helppoa. Lihan laadun parantaminen jollakin rehukomponentilla tai muulla ruokinnallisella keinolla ei ole yhtä yksinkertaista. Suomalaisessa kokeessa koi-vun- tai sellerinlehtien, punajuuren tai paprikajauheen antaminen tavanomaisen rehun lisäksi tuotti parhaimman makuista lihaa kokeessa, jossa monenlaisia luonnontuotteita syötettiin sioille lihan maun parantamiseksi. Ylimääräistä E-vitamiinia voidaan tarvittaessa lisätä rehuun rasvan haptumisen ehkäisemiseksi. Nykyisillä täysrehuilla ja tiivisteillä ruokittaessa siat saavat kuitenkin riittävästi E-vitamiinia. Vaikuttaminen ruokinnalla lihaksen sisäisen rasvan määrään on nykyisten tietojen perusteella melko monimutkaista.

Edellä mainitussa luonnontuotteita vertailevassa suomalaisessa kokeessa todettiin, että hyvälaatuisia sianlihaa voidaan tuottaa sisäruokinnalla tavanomaisella rehulla. Tämän lisäksi laatua mahdollisesti heikentävien rehujen käyttömääriin on syytä kiinnittää huomiota. Sianlihan kulutuksen ennallaan pitämiseksi on tärkeää, että liha vastaa laadultaan kuluttajien toiveita. Tämän vuoksi on tärkeää estää laatuvirheiden syntyminen ja mahdollisuuksien mukaan parantaa lihan laatua entisestäänkin.

- Alaviuhkola, T.** 1982. Rypsi ja sikatalous. Tuot-
toisa kotieläintalous 1/82: 9–10.
- Alaviuhkola, T.** 1986. Lupiinin siemenet liha-
sikojen rehuna. Koetoiminta ja Käytäntö 43
(26.8.1986): 46.
- Alaviuhkola, T.** 1988. Rehut. Sianlihan tuotanto.
Tieto tuottamaan 51: 19–27.
- Alaviuhkola, T.** 1991. Sikatilan herne on Pika.
Koetoiminta ja Käytäntö 48 (23.4.1991): 46.
- Alaviuhkola, T., Immonen, I. & Suomi, K.** 1987.
Kalajauho on riskialtis rehu. Lihantuottaja 8/1987:
11.
- Alaviuhkola, T., Suomi, K. & Friman, T.** 1991.
Uusimmat tutkimustulokset sikatalouden tut-
kimusasemalta. Maatalouden tutkimuskeskus,
Tiedote 19/91: 66–67.
- Ambler, A.S. & Wood, J.D.** 1990. Changes in
consumer perceptions of meat quality. In:
Haresign, W. & Cole, D.J.A. Recent Advances in
Animal Nutrition. Butterworths. p. 7–17.
- Andersen, I.E. & Hansen, V.** 1978. Indflydelse af
fodring med Erglu rapsskrå på spækkets fedtsyre-
sammensætning, smag i bacon samt kødets
kvalitet. Arbejde nr. 01.555. Rapport (20 Sept.),
Slagteriernes Forskningsinstitut, Roskilde.
- Andersson, K., Fjelkner-Modig, S. & Agerhem,
H.** 1986. Vassle till slaktsvin. Fakta 6/1986: 1–4.
- Andresen, O.** 1975. A radioimmunoassay for 5
-androst-16-en-3-one in porcine adipose tissue.
Acta Endocrinology 76: 619–624.
- Astrup, H.N.** 1973. Vitamin E and quality of pork.
Acta Agriculturae Scandinavica, Suppl. 19: 153–
157.
- Astrup, H.N. & Lysø, A.** 1984. Vurdering av fett
som tilskudd til svin. Husdyforsøksmøtet 1984,
Norges landbrukshøgskole, 7.-8. februar. p. 270–
275.
- Baricco, G.** 1993. Byproduct feeding and meat
quality. An unresolvable problem? Pig News Infor-
mation 14: 169.
- Barnett, C.N. & Batterham, E.S.** 1981. *Lupinus
angustifolius* cv. Unicrop as a protein and energy
source for weaner pigs. Animal Feed Science and
Technology 6: 27–34.
- Beattie, V. E., Walker, N., Farmer, L. J. & Sned-
don, I. A.** 1995. The effects of enrichment on
welfare, production and meat quality of the pig.
British Society of Animal Science (BSAS), Winter
Meeting 1995. Paper 193.
- Bejerholm, A.C.** 1984. Proceedings of 30th Euro-
pean Meeting Meat Research Workers. p. 196–
197.
- Bejerholm, C. & Barton-Gade, P.A.** 1986. Effect
of intramuscular fat level on eating quality of pig
meat. 32nd European Meeting of Meat Research
Workers. 24–29 Aug. 1986. Proceedings II, p. 389–
391.
- Berger, L.L.** 1982. Nutritional evaluation of grain
by-products. Proceedings of the US Feed Grains
Council/Society Feed Technologists Conference,
London. p. 7–15.
- Berschauer, F.** 1986. Fats in diets for growing
pigs. Pigs News and Information 7: 153–157.
- Bieber-Wiaschny, M.** 1988. Vitamin E in Swine
Nutrition. Technical Conference on Vitamins and
Nutritional Management in Swine Production. Des
Moines, January, 1988. Roche.
- Bonneau, M. & Desmoulin, B.** 1981. Influence de
l'excès de tryptophane et des conditions d'élevage
sur la fréquence des odeurs sexuelles des jeune
porcs mâles entières: relation avec le développe-
ment de l'appareil genital. Journ. Rech. Porc. Fr.
13: 329–334.
- Bonneau, M., Le Denmat, M., Vaudelet, J.C.,
Veloso Nunes, J.R., Mortensen, A.B. & Morten-
sen, H.P.** 1992a. Contributions of fat androstenone
and skatole to boar taint: I. Sensory attributes of fat
and pork meat. Livestock Production Science 32:
63–80.
- Bonneau, M., Le Denmat, M., Vaudelet, J.C.,
Veloso Nunes, J.R., Mortensen, A.B. & Morten-
sen, H.P.** 1992a. Contributions of fat androstenone
and skatole to boar taint: II. Eating quality of cooked
hams. Livestock Production Science 32: 81–88.
- Bonomi, A., Quarantelli, B.A., Mazzali, A., Luc-
chelli, L., Anghinetti, A., Cabassi, E., Corradi, A,
Ubaldi, A., Fusari, A. & Chizzolini, R.** 1993. Ef-
fects of diets contaminated with aflatoxin B1 on
productive efficiency and quantitative and qualita-
tive characteristics of meat of fattening pigs. Ex-
perimental combination. Nutrition Abstracts and
Reviews (Series B) 63: 704.

- Bourdon, D., Perez, J.M. & Calmes, R.** 1980. Lupin (*Lupinus albus*) in the feeding of pigs. Energy and protein value and mode of utilization. Journées de la Recherche Porcine en France, Paris, I.N.R.A. vol: 245–263.
- Branscheid, W.** 1991. Quality of Livestock Products. Roche Symposium on Animal Nutrition and Health. Basel/Village-Neuf. 23–24 May 1991. Livestock Production towards the 21st Century. p. 73–87.
- Braude, R.** 1990. Forty years of research on pig nutrition at the N.I.R.D. Pig News and Information 11: 185–192.
- Buckley, J. & Connolly, J.F.** 1980. Influence of alpha tocopherol on storage stability of raw pork and bacon. Journal of Food Production 34: 265–267.
- Burgstaller, G. & Jatsch, C.** 1991. Zur Mast schwerer Schweine - bis 160 kg LM - für die Dauerwurstherstellung auf wirtschaftseigener Futtergrundlage 2. Mitteilung: Einflu von Grasgrünmehl auf das Fettsäurenmuster des Innen- und Rücken-fettes. Das Wirtschaftseigene Futter 37: 308–317.
- Burgstaller, G., Rübesam, K. & Beesten, L.** 1991. Zur Mast schwerer Schweine - bis 160 kg LM - für die Dauerwurstherstellung auf wirtschaftteigener Futtergrundlage 1. Mitteilung: Einflu von Energiekonzentration im Mastfutter und Fütterungsintensität auf Mastleistung und Schlachtkörperzusammensetzung. Das Wirtschaftseigene Futter 37: 294–307.
- Cannon, J.E., Bechtel, P.J., Easter, R.A., Cook, H., McKeith, F.K. & Leszczynski, D.E.** 1992. Effects of diet containing extruded full-fat soybeans or butter on the growth, composition and sensory characteristics of pork. Journal of Animal Science 70: 3651–3656.
- Castell, A.G. & Cliplef, R.L.** 1988a. Live performance, carcass and meat quality characteristics of market pigs self-fed diets containing cull-grade lentils. Canadian Journal of Animal Science 68: 265–273.
- Castell, A.G. & Cliplef, R.L.** 1988b. Performance and carcass responses to dietary inclusion of raw soybeans (cv. maple amber) by boars fed *ad libitum* from 30 to 90 kilograms liveweight. Canadian Journal of Animal Science 68: 275.
- Castell, A.G. & Cliplef, R.L.** 1993. Evaluation of pea screenings and canola meal as a supplementary protein source in barley-based diets fed to growing-finishing pigs. Canadian Journal of Animal Science 73: 129–139.
- Castell, A.G., Allen, R.D., Beames, R.M., Bell, J.M., Belzile, R., Bowland, J.P., Elliot, J.E., Ihnat, M., Larmont, E., Mallard, T.M., Spurr, D.T., Stothers, S.C., Wilton, S.B. & Young, L.G.** 1975. Copper supplementation of Canadian diets for growing-finishing pigs. Canadian Journal of Animal Science 55: 112.
- Cole, D.J.A., Brooks, P.H., English, P.R., Livingstone, R.M. & Luscombe, J.R.** 1975. Propionic acid-treated barley in the diets of bacon pigs. Animal Production 21: 295–302.
- Cranwell, P.D.** 1968. Microbial fermentation in the alimentary tract of the pig. Nutrition Abstracts and Reviews 38: 721–730.
- Cromwell, G.L., Hays, V.W., Trukillo-Figueroa, V. & Kemp, J.D.** 1978. Effects of dietary protein and energy levels for growing-finishing swine on performance, muscle composition and eating quality of pork. Journal of Animal Science 47: 505.
- Davey, R.J.** 1976. Growth and carcass characteristics of high- and lowfat swine fed diets varying in protein and lysine content. Journal of Animal Science 43: 598.
- Davies, R.L.** 1984. Field peas as a feed for growing and finishing pigs. 2. Effects of substituting peas for meat meal or fish meal in conventional diets. Australian Journal of Experimental Agricultural Animal Husbandry 24: 507–511.
- Dransfield, E., Nute, G.R., Mottram, D.S., Rowan, T.G. & Lawrence, T.L.J.** 1985. Pork quality from pigs fed on low glucosinolate rapeseed meal: influence of level in the diet, sex and ultimate pH. Journal of the Science of Food and Agriculture 36: 546.
- Edwards, S.A., Prescott, N.J. & MacDougall, D.B.** 1985. The effects of level of maize gluten feed in the diet on pig performance and carcass quality. Animal Production 41: 363–368.
- Enser, M., Fisher, A.V. & Wood, J.D.** 1983. The effect of fatty acid composition on the suitability of pig backfat for the production of bacon. 29. Europ. Fleischforscherkongress. Salsomaggiore (Parma), Session D, p. 479.
- Fischer, K., Freudenfeich, P., Hoppenbrock, K.H. & Sommer, W.** 1990. Einflüsse von Fütterung, Mastengewicht und Geschlecht auf die Fettqualität beim Schwein. Mitteilungsblatt der BAFF 29: 130–139.
- Friend, D.W., Fortin, A., Poste, L.M., Butler, G., Kramer, J.K.G. & Burrows, V.D.** 1988. Feeding and metabolism trials, and assessment of carcass and meat quality for growing-finishing pigs fed

- naked oats (*Avena nuda*). Canadian Journal of Animal Science 68: 511–521.
- Hammond, A.C., Slyter, L.L., Carlson, J.R., Wong, L.P. & Breeze, R.G.** 1984. Effect of pH on *in vitro* ruminal conversion of L-tryptophan to 3-methylindole and indole. American Journal of Veterinary Research 45: 2247–2250.
- Hansen, L.L., Larsen, A.E., Jensen, B.B., Hansen-Møller, J. & Barton-GADE, P.** 1992. Influence of stocking rate and temperature on faeces deposition in the pen and its consequences on skatole concentration (boar taint) in subcutaneous fat. Proceedings of the 43rd Annual Meeting of the EAAP. Madrid, Spain, 14–17 Sept. 1992, 24 p.
- Hansen, V., Jensen, A. & Andersen, E.-L.E.** 1980. Fiskeensilage med et lavt fedtindhold som en del af proteintilskudsforeret til slaktesvin. Statens Husdyrbrugsforsøg. Meddelelse 305/1980.
- Harju, M., Heikonen, M., Kreula, M. & Alaviuhkola, T.** 1979. Maitosokerin pilkkominen ja sen vaikutus heran ravintoarvoon lihasioilla. Karjalainen 55: 20–22.
- Hartman, A.D., Costello, W.J., Libal, G.W. & Wahlstrom, R.C.** 1985. Effect of sunflower seeds on performance, carcass quality, fatty acids and acceptability of pork. Journal of Animal Science 60: 212–219.
- Hawe, S.M. & Walker, N.** 1991. Effect of diet on skatole concentrations in the intestine and adipose tissue of growing pigs. Animal Production 50: 551 (abstr.).
- Hawe, S.M., Walker, N. & Moss, B.W.** 1992. The effects of dietary fibre, lactose and antibiotic on the levels of skatole and indole in faeces and subcutaneous fat in growing pigs. Animal Production 54: 413–419.
- Helander, E.** 1991. Kalajauho sikojen ruokinnassa. In: Niemelä, M. & Teppo, A.-M. (eds). Rehuopas neuvonnalle ja kaupalle. Nautakarja, siat, siipikarja. Suomen Rehu. p. 107–108.
- Ho, S.K., Elliot J.I., Farmer, F.A. & Fergusson, C.L.** 1976. Organoleptic evaluation of pork from copper-supplemented pigs. Journal of Inst. Can. Sci. Technol. Aliment. 9: 171.
- Homb, T. & Matre, T.** 1986. Oat meal for growing-finishing pigs. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition 55: 82–93.
- Homb, T., Matre, T. & Sundstøl, F.** 1988. The energy value of oat meal for growing pigs. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition 59: 38–44.
- Honkavaara, M.** 1993. Sikojen ruokinta ja lihan laatu. Kotieläin 5/93: 5.
- Håkansson, J. & Agerhem, H.** 1986. Foder- och matärter till slaktsvin. Köttkvalitetsstudier. Fakta - husdjur 13/1986: 4.
- Håndbog for Svinehold** 1994. Landsudvalget for svin. Århus, Tanska: Landbrugets informationskontor. 150 p.
- Immonen, I. & Suomi, K.** 1988. Voidaanko sianlihan makua parantaa. Maustettuja rehuseoksia kokeiltu. Koetoiminta ja käytäntö 45 (21.6.1988): 38–39.
- Immonen, I., Riihikoski, U. & Suomi, K.** 1989. Luomu-sianlihan tuotantokoe. Koetoiminta ja Käytäntö 46 (19.12.1989): 82–83.
- Jensen, B. B. & Jensen, M. T.** 1995. Effect of diet composition on microbial production of skatole in the hind gut of pigs and its relation to skatole in backfat. Proceedings of the VII Symposium on Protein Metabolism and Nutrition, Vale de Santarem, Portugal, 1995. p. 161.
- Judge, M.D., Mills, E.W., Orcutt, M.W., Forrest, J.C., Diekman, M.A., Harmon, B.G., Lin, R.S. & Nicholls, L.L.** 1990. Utilization of boar meat: composition, quality and odor incidence in relation to androstenone and skatole. Journal of Animal Science 68: 1030–1033.
- Kim, K.I., Jewell, D.E., Benevenga, N.J. & Gummer, R.H.** 1978. The fraction of dietary lactose available for fermentation in the cecum and colon of pigs. Journal of Animal Science 46: 1658–1665.
- Kinsella, J.E.** 1988. Food lipids and fatty acids: importance in food quality, nutrition and health. Food Technology 42: 124–145.
- Kirchgessner, M. & Roth, F.X.** 1983. Qualitätsfleischerzeugung beim Schwein - Fütterung. Züchtungskunde 55: 457–471.
- Kontturi, M.** 1994. Suullinen tiedonanto 25.4.1994. Jokioinen.
- Köylijärvi, J. & Kontturi, M.** 1993. Herne. In: Peltokasvilajikkeet 1993–94. Tieto tuottamaan 65. Maaseutukeskusten liitto. p. 52–57.
- Leszczynski, D.E., Pikul, J., Easter, R.A., McKeith, F.K., McLaren, D.G., Novakofski, J., Bechtel, P.J. & Jewell, D.E.** 1992a. Effect of feeding finishing pigs extruded full-fat soybeans on performance and pork quality. Journal of Animal Science 70: 2167–2174.

- Leszczynski, D.E., Pikul, J., Easter, R.A., McKeith, F.K., McLaren, D.G., Novakofski, J., Bechtel, P.J. & Jewell, D.E.** 1992b. Characterization of lipid in loin and bacon from finishing pigs fed full-fat soybeans or tallow. *Journal of Animal Science* 70: 2175–2181.
- Lettner, F., Wetscherek, W. & Wetscherek-Seipelt, G.I.** 1989. Einsatz von Rapsexpeller im Ergänzungskraftfutter für die Schweinemast mit Maiskornsilage. *Die Bodenkultur* 40: 355–362.
- Longland, A.C., Wood, J.D., Enser, M.B., Caruthers, J.C. & Keal, H.D.** 1991. Effects of growing pig diets containing 0, 150, 300 or 450 g molassed sugar beet feed per kg on carcass and meat eating quality. *Animal Production* 52: 559–560.
- Lund, S. & Håkansson, J.** 1986. Nutritional and growth studies with pea-crop meals and peas for growing-finishing pigs. *Animal Feed Science and Technology* 16: 119–128.
- Lundström, K. & Malmfors, B.** 1990. Ornar - framtidens slaktsvin? *Fakta* 2/1990.
- Lundström, K., Malmfors, B., Malmfors, G., Stern, S., Petersson, H., Mortensen, A.B. & Sørensen, S.E.** 1988. Skatole, androsterone and taint in boars fed two different diets. *Livestock Production Science* 18: 55–67.
- Maa- ja metsätalousministeriö.** 1994. Naudanlihantuotannon kehittäminen. Naudanlihantuotannon edistämiprojekti. Helsinki. Yliopistopaino, 1994. 108 p.
- Machin, D.H., Hector, D.A., Swann, G. & Parr, W.H.** 1985. The use of formic acid prepared poultry offal hydrolysate made from poultry slaughterhouse waste in the diets of fattening pigs. *Tropical Science* 25: 41–49.
- Machin, D.H., Silverside, D.E., Hector, D.A. & Parr, W.H.** 1988. The utilization by growing pigs of ruminant offal hydrolysed in formic acid. *Animal Feed Science and Technology* 15: 273–284.
- Madsen, A., Eggum, B., Mortensen, H.P. & Larsen, A.E.** 1970. Protein and amino acid supplementation to all-barley diets for pigs with special reference to the amino acid composition of the meat. *Kgl. Vet.- og Landbohøjsk. Årskr.* 1–10.
- Madsen, A., Christensen, K., Christensen, K.D. & Mortensen, H.P.** 1977. Dietary fats for growing pigs. In: *Proceedings of NRA/KRMIVA. International Symposium of Animal Fats in Pig Feeding.* Dubrovnik. p. 85–100.
- Madsen, A., Mortensen, H.P., Jensen, P. & Barton, P.** 1983. Selv fodring sammenlignet med tre fodernormer til D(YL), H(YL) og Y(YL). *Statens Husdyrbrugsforsøg. Beretning* 547. 38 p.
- Madsen, A., Østerballe, R., Mortensen, H.P., Bejerholm, C. & Barton, P.** 1990a. Råvarekvalitet. Foderets indflydelse på råvarekvaliteten hos slagtesvin 1. *Statens Husdyrbrugsforsøg. Beretning* 673. 73 p.
- Madsen, A., Østerballe, R., Mortensen, H.P., Bejerholm, C. & Barton, P.** 1990b. The influence of feeds on pig performance and meat quality. *Proceedings of the EAAP 41st Annual Meeting, Toulouse France. 8–12 July 1990,* 8 p.
- Madsen, A., Mortensen, H.P., Bejerholm, C. & Barton, P.** 1991a. Kalium-fattig melasse. Stigende mængder til slagtesvin. *Statens Husdyrbrugsforsøg. Meddelelse.* 788.
- Madsen, A., Østerballe, R., Mortensen, H.P., Bejerholm, C. & Barton, P.** 1991b. Fiskehølmel til svin fra 4 uger til 25 eller 40 kg. *Statens Husdyrbrugsforsøg. Meddelelse.* 789.
- Madsen, A., Mortensen, H.P. & Jakobsen, K.** 1991c. Dietary influence on carcass fat in pigs. *Proceedings of the EAAP 42nd Annual Meeting, Berlin 8-12 Germany. September 1991.*
- Madsen, A., Jakobsen, K. & Mortensen, H.P.** 1992a. Influence of dietary fat on carcass fat quality in pigs. A review. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A, Animal Science* 42: 220–225.
- Madsen, A., Petersen, J., Mortensen, H.P., Bejerholm, C. & Barton-Gade, P.** 1992b. Majs til han- og sogrise. *Statens Husdyrbrugsforsøg. Meddelelse* 816.
- Matthews, K. R. & Homer, D. B.** 1995. Whole rapeseed in pig finishing diets - effects on carcass and meat quality. *British Society of Animal Science (BSAS), Winter Meeting 1995. Paper* 174.
- Mazzocco, P. & Baricco, G.** 1993. MEBS: a liquid feed containing molasses, broth and blood. Trial on fattening pigs. *Pig News and Information* 14: 169.
- McConnell, J.C., Skelley, G.C., Handlin, D.L. & Johnston, W.E.** 1975. Corn, wheat, milo and barley with soybean meal or roasted soybeans and their effect on feedhog performance, carcass traits and pork acceptability. *Journal of Animal Science* 41: 1021–1030.
- Meat and Livestock Commission** 1989. *Stofhold Pig Development Unit. First Trial.* Milton Keynes.
- Melton, S. L.** 1990. Effects of feeds on flavor of red meat: a review. *Journal of Animal Science* 68: 4421–4435.

- Mikkelsen, C.** 1981. Indflydelse af fodring med Line Rapsskrå på smag i bacon samt jodtal i rygspæk. Arbejde nr. 01.585. Rapport (13 juli), Slagteriernes Forskningsinstitut, Roskilde.
- Miller, M.F., Shackelford, S.D., Hayden, K.D. & Reagan, J.O.** 1991. Determination of the alteration in fatty acid profiles, sensory characteristics and carcass traits of swine fed elevated levels of monounsaturated fats in the diet. *Journal of Animal Science* 68: 1624–1631.
- Miller, M.F., Ahmed, P.O., Shackelford, S.D., Haydon, K.D. & Reagan, J.O.** 1993. Effects of feeding diets containing different fat supplements to swine on the visual properties and storage stability of low-fat sausage. *Meat Science* 3: 231–244.
- MLC** 1992. A Blueprint for Lean and Tender Pork.
- Moran, E.T., Jr.** 1986. Manipulation of fat characteristics in animal products. In: *Recent Advances in Animal Nutrition 1986*. Haresign, W. & Cole, D.J.A. (eds). Butterworths. p. 31–45.
- Morgan, C.A., Noble, R.C., Cocchi, M. & McCartney, R.** 1992. Manipulation of the fatty acid composition of pig meat lipids by dietary means. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 58: 357–368.
- Morris, J.R. & Burrows, V.D.** 1986. Naked oats in grower-finisher pig diet. *Canadian Journal of Animal Science* 66: 833–836.
- Mortensen, A.B. & Sørensen, S.E.** 1984. Relationship between boar taint and skatole determined with a new analysis method. *Proceedings of the 30th European Meeting of Meat Research Workers, Bristol*. p. 394–396.
- Mortensen, H.P., Madsen, A., Bejerholm, C. & Barton, P.** 1983. Fedt og fedtsyrer til slagtesvin. *Statens Husdyrbrugsforsøg. Beretning* 540. 48 p.
- Myer, R.O., Johnson, D.D., Knauff, D.A., Gorbet, D.W., Brendemuhl, J.H. & Walker, W.R.** 1992. Effect of feeding high-oleic-acid peanuts to growing-finishing swine on resulting carcass fatty acid profile and on carcass and meat quality characteristics. *Journal of Animal Science* 70: 3734–3741.
- Nishimuta, J.F., Sunki, G.R. & Rao, D.R.** 1980. Performance of pigs given diets containing different levels of triticale. *Animal Production* 31: 177.
- Olson, D.G., Parrish, R.C.J., Rust, R.E. & Miner, B.E.** 1973. Effect of feeding roasted soybeans on cured pork palatability. *Journal of Animal Science* 37: 49.
- Onibi, G. E., Scaife, J. R. & Fowler, V. R.** 1995. Influence of full-fat rapeseed and supplementary vitamin E on growth, carcass characteristics and meat storage quality of pigs. *British Society of Animal Science (BSAS), Winter Meeting 1995. Paper* 176.
- Pahkala, K. & Simojoki, P.** 1993. Öljykasvit. In: *Peltokasvilajikkeet 1993–94. Tieto tuottamaan* 65. Maaseutukeskusten liitto. p. 58–61.
- Parisini, P., Sardi, L., Mordenti, A., Martelli, G. & Panciroli, A.** 1993. Dried beet pulp and pressed beet pulp silage in the feeding of heavy pigs. Growth and slaughter performance. *Pig News and Information* 14: 170.
- Partanen, J.** 1975. Kaura sikojen rehuviljana. *Pel-lervo* 76: 8–9, 12.
- Pedersen, J.K., Mortensen, A.B., Madsen, A., Mortensen, H.P. & Hyldgaard-Jensen, J.** 1986. Foderets indflydelse på ornelugt i svinekød. *Statens Husdyrbrugsforsøg. Meddelelse* 638.
- Peleran, J.C. & Bories, G.F.** 1985. Gas chromatographic determination and mass spectrometric confirmation of traces of indole and 3-methylindole (skatole) in pig back fat. *Journal of Chromatography* 324: 469.
- Perez-Aleman, S., Dempster, D.G., English, P.R. & Topps, J.H.** 1971. Moist barley preserved with acid in the diet of the growing pig. *Animal Production* 13: 271–277.
- Pontif, J.E., Southern, L.L., Coombs, D.F., McMillin, K.W., Bidner, T.D. & Watkins, K.L.** 1987. Gain, feed efficiency and carcass quality of finishing swine fed raw soybeans. *Journal of Animal Science* 64: 177–181.
- Prabucki, A.** 1990. Fütterung, Leistungsförderer und Fleischqualität in der Schweinemast. *Hülsenberger Gespräche 1990: 172–176*. VTN, Hamburg.
- Rajamäki, H.** 1992. Entsyymikäsitelly murskesäilötty ohra lihasikojen ruokinnassa. Pro gradu -työ. Helsingin yliopisto, kotieläintieteen laitos. 75+3 p.
- Rose, S.P. & Bell, J.M.** 1982. Reproduction of mice fed low erucic acid rapeseed oil contaminated with weed seed oils. *Canadian Journal of Animal Science* 62: 617–624.
- Rose, S.P., Bell, J.M., Wilkie, I.W. & Shiefer, H.B.** 1981. *Journal of Nutrition* 111: 355–364.
- Rundgren, M.** 1983. Low-glukosinolate rapeseed products for pigs - A review. *Animal Feed Science and Technology* 9: 239–262.

- Rundgren, M.** 1986. Rågvete till svin. Husdjur 10/1986.
- Salo, M-L.** 1984. Rypsirouhe ja rypsin siemenet lihasikojen rehuna. Suom. Maat. tiet. Seur. Tied. no 4. Rypsin käyttö kotieläinten valkuaisen lähteenä. p. 52–58.
- Salo, M-L. & Alaviuhkola, T.** 1980. Normal and light weight oats as feed for growing pigs. Journal of Scientifical Agricultural Society of Finland 52: 435–440.
- Santos Oliveira, A., Oliveira, O.E.R. & Pires Da Costa, J.S.** 1991. *Lupinus luteus* L. as a partial substitute for soyabean meal for growing-fattening pigs. World Rev. Animal Production 26: 1: 81–86.
- Savell, J.W. & Cross, H.R.** 1987. The role of fat in the palatability of beef, pork and lamb. National Academy of Sciences, Washington, D.C.
- Scherf, H. & Bieber-Wlaschny, M.** 1990. How nutrition influences fat quality. Pig International 20 (2): 14–20.
- Schwörer, D., Jost, M. & Kohler, W.** 1986. Einfluss der Abfallfütterung auf die Fleisch- und Fettbeschaffenheit beim Schwein. Schweiz. Landw. Mh. 64: 273–287.
- Scipioni, R., Sardi, L., Barchi, D., Accorsi, P.A. & Pacchioli, M.T.** 1993. High levels of silage in the feeding of heavy pigs: effect on growth and slaughter performances. Pig News and Information 14: 171.
- Siljander-Rasi, H.** 1993a. Rypsirouheesta arvokasta valkuaista lihasioille. Koetoiminta ja Käytäntö 50 (28.9.1993): 25 .
- Siljander-Rasi, H.** 1993b. Rypsirouhe sopii sialle. Sika 4/93: 14–15.
- Siljander-Rasi, H.** 1994. Suullinen tiedonanto 12.4.1994. Sikatalouden tutkimuskeskus, Hyvinkää.
- Skelley, G.C., Handlin, D.L. & Bonnett, T.E.** 1973. Pork acceptability and its relationship to carcass quality. Journal of Animal Science 36: 488–492.
- Smith, G.C. & Carpenter, Z.L.** 1976. In: Fat Content and Composition of Animal Products. National Research Council, National Academy of Sciences, Washington, DC. p. 147–182.
- Specht-Overholt, S.M., Romans, J.R., Costello, W.J. & Libal, G.W.** 1993. Effect of flaxseed and DL- -tokopherol acetate in swine diets on pigment stability and other pork quality characteristics. Journal of Animal Science 71: 149.
- St. John, L.C., Young, C.R., Knabe, D.A., Thompson, L.D., Shelling, G.T., Grundy, S.M. & Smith, S.B.** 1987. Fatty acid profiles and sensory and carcass traits of tissues from steers and swine fed an elevated monounsaturated fat diet. Journal of Animal Science 64: 1441–1447.
- Stekar, J.M.A., Cahuk, A., Zagozen, F., & Stibilj, V.** 1993. The effect of different amounts of dry sugarbeet pulp in diets for fattening pigs. 2. Carcass quality. Pigs News and Information 14: 272.
- Suomi, K.** 1985. Sokerilisäykset sikojen rehussa. Koetoiminta ja käytäntö 42 (26.11.1985): 59–60.
- Suomi, K.** 1986. Onko rasva poistettava sioille syötettävästä rypsisistä. Koetoiminta ja Käytäntö 43: (24.6.1986) 40.
- Suomi, K. & Immonen, I.** 1989. Kotimaiset valkuaisrehut puntarissa. Sika 19: 28–29.
- Suomi, K., Alaviuhkola, T., Valaja, J., Kankare, V. & Kemppinen, A.** 1993. Effects of milk fat, unhydrogenated and partially hydrogenated vegetable oils on fat metabolism of growing pigs. I. Growth, feed utilization and carcass quality in pigs fed different fats and oils. Agricultural Science in Finland 2: 7–13.
- Theunissen, T.J.J.M., Kouwenhoven, T. & Blauw, Y.H.** 1979. Consumer's responses to food products with increased levels of polyunsaturated fatty acids. Journal of Food Science 44: 1483.
- Thomke, S.** 1985. Rapsmjöl - en ökande proteinresurs till svin. Fakta 15/1985.
- Thomke, S. & Tiden, A.** 1973. Moist barley treated with propionic, acetic or formic acid in rations to growing pigs. Swedish Journal of Agricultural Research 3: 145–151.
- Tibbets, G.W., Seerley, R.W. & McCampbell, H.C.** 1987. Poultry offal ensiled with *Lactobacillus acidophilus* for growing and finishing swine diets. Journal of Animal Science 64: 182–190.
- Tsai, T.C., Wellington, G.H., Pond, W.G.** 1978. Improvement in the oxidative stability of pork by dietary supplementation of swine ration. Journal of Food Science 43: 193–196.
- Uzu, G. & Bonneau, M.** 1980. Relations entre la production spermatique et la teneur en androsténone dans les graisses du jeune verrat. Annales Zootechnica 29: 23–30.

- Valaja, J.** 1991. Kalajauho porsasrehussa ei nosta kalanrasvahappopitoisuutta. *Lihantuottaja* 3/1991: 28.
- Valaja, J.** 1992. Ruokinta ja jalostus sianlihan laadun parantajina. Esitelmämoniste kotieläintuotteiden laatuun vaikuttavat tekijät -kurssille 12.2.1992, Saitia. 7 p.
- Valaja, J., Suomi, K., Alaviuhkola, T. & Immonen, I.** 1992. Effects of dietary fish meal on the palatability and fatty acid composition of pork. *Agricultural Science in Finland* 1: 21–29.
- Valtion Maatalouskemian laitos** 1991. Lihaluujauhon tutkimustodistus. Tutkimuksen tilaaja: Honkajoki Oy.
- Van Lunen, T.A., Wilson, R.L., Poste, L.M. & Butler, G.** 1990. The effect of dietary poultry offal hydrolysate on the fatty acid composition and meat quality of pork. *Canadian Journal of Animal Science* 70: 1041–1051.
- Vuori, T.** 1994. Suullinen tiedonanto 18. ja 20.4.1994. Mildola Oy.
- Wahlstrom, R.C., Libal, G.W. & Berns, R.J.** 1971. Effect of cooked soybeans on performance, fatty acid composition and pork carcass characteristics. *Journal of Animal Science* 32: 891.
- Walker, N.** 1983. Cereal replacers as alternative sources of energy for pigs. In: Haresign, W. (ed.). *Recent Advances in Animal Nutrition*. Butterworths. p. 43–57.
- Warkup, C.C. & Kempster, A.J.** 1991. A possible explanation of the variation in tenderness and juiciness of pig meat. *Animal Production* 52: 559.
- West, R.L. & Myer, R.O.** 1987. Carcass and meat quality characteristics and backfat fatty acid composition of swine as affected by the consumption of peanuts remaining in the field after harvest. *Journal of Animal Science* 65: 475–480.
- Wetscherek, W., Lettner, F. & Würzner, H.** 1988. Rapsexpeller im Schweinemastergänzungsfuttermittel für die Maiskornsilage. *Der Förderungsdienst* 36: 260–261.
- Wetscherek, W., Zollitsch, W. & Lettner, F.** 1992. Einsatz von Rapsextraktionsschrot im Ergänzungskraftfutter für die Schweinemast mit Maiskornsilage. *Die Bodenkultur* 43 (4): 363–370.
- Wetscherek, W., Lettner, F. & Knaus, W.** 1993. Einsatzmöglichkeit von entschältem Sonnenblumenextraktionsschrot in der Schweinemast. *Die Bodenkultur* 44 (1): 89–97.
- Wiseman, J.** 1986. Antinutritional factors associated with dietary fats and oils. In: Haresign, W. & Cole, D.J.A. (eds). *Recent Advances in Animal Nutrition*. Butterworths p. 47–75.
- Wood, J.D.** 1984. Fat deposition and the quality of fat tissue in meat animals. In: Wiseman, J. (ed.). *Fats in Animal Nutrition*, Butterworths, London. p. 407–435.
- Wood, J.D.** 1985. Consequences of changes in carcass composition on meat quality. In: *Recent Advances in Animal Nutrition*. Haresign, W. & Cole, D.J.A.S. (eds). Butterworths, London. p. 157–166.
- Wood, J.D., Enser, M. & Warriss, P.D.** 1993. Reducing fat quantity: implications for meat quality and health. *Pig News and Information* 14 (2): 117.
- Wood, J.D., Brown, S. N., Whittington, F. M., Perry, A. M. & Johnson, S. P.** 1995. Comparison of factors affecting the tenderness of pigmeat. *British Society of Animal Science (BSAS), Winter Meeting 1995*. Paper 186.
- Zollitsch, W., Wetscherek, W. & Lettner, F.** 1993. Use of differently processed full-fat soybeans in a diet for pig fattening. *Animal Feed Science and Technology* 41: 237–246.
- Østerballe, R., Madsen, A., Mortensen, H.P., Bejerholm, C. & Barton, P.** 1990. Råvarekvalitet. Foderets indflydelse på råvarekvaliteten hos slagtesvin 2. Linolsyre/linolensyre og solsikkefrø. *Statens Husdyrbrugsforsøg*. Beretning 685. 58 p.
- Øverland, M., Taugbøl, O., Haug, A. & Sundstøl, F.** 1994. Omega-3 fedtsyrer i fôr til svin. *Husdyrforsøksmøtet, Norges landbrukshøgskole, Norge*, 1. og 2. mars. p. 303–307.

II. Ruokinnan vaikutus naudanlihan laatuun

Marketta Rinne

1 Johdanto

Tämän kirjallisuusselvityksen tarkoituksena on kartoittaa mahdollisuuksia vaikuttaa ruokinnalla naudanlihan laatuun. Märehtijöiden pötsissä mikrobit hajottavat ja muokkaavat rehuperäisiä yhdisteitä. Rehun sisältämät aineet muuttuvat märehtijän ruoansulatuskanavassa huomattavasti enemmän kuin yksimahaisten eläinten ruoansulatuskanavassa. Rehujen suora vaikutus lihan laatuun on märehtijöillä tämän takia vähäisempi kuin yksimahaisilla eläimillä kuten sialla. Lihan laatuun vaikuttavat huomattavasti eläimen ikä ja paino teurastettaessa, sukupuoli sekä lihan käsittely teurastuksen ja ruoanvalmistuksen yhteydessä (tervalihaisuus, jäädytys, raakakypsytytys). Myös nautojen rotu voi vaikuttaa lihan, mutta ennen kaikkea ruhon, laatuun.

Ruokintakin kuitenkin vaikuttaa omalta osaltaan naudanlihan laatuun ja nämä vaikutukset on hyvä tuntea. Lihan nykyiset hyvät ominaisuudet on säilytettävä, syöntilaatua mahdollisuuksien mukaan parannettava ja laatuvirheiden syntyminen estettävä. Naudanlihan laatuominaisuuksia ei Suomessa oteta huomioon lihantuottajan teuraista saamassa hinnassa eikä juuri lihan tukku- ja vähittäiskaupassakaan. Lihan laadun ottaminen hinnoitteluperusteeksi on perusteltua, mutta käytännössä hyvin vaikeaa. Naudanlihan laatua parantavien mutta kustannuksia lisäävien ruokintamenetelmien käyttöä voidaan perustella naudanlihan markkinaosuuden säilyttämisellä.

Tämä työ keskittyy naudanlihantuotantoon nuorilla naudoilla. Aineisto pyrittiin kokoamaan siten, että johtopäätökset olisivat mahdollisimman suoraan sovellettavissa Suomen olosuhteisiin. Tämä oli vaikeaa, sillä naudanlihaa tuotetaan hyvin vaihtelevissa olosuhteissa ja eri tyyppisellä eläinaineksella ympäri maailmaa. Suomessa on tehty vain muutamia tutkimuksia, joissa on selvitetty ruokinnan vaikutusta naudanlihan laatuun.

2 Naudanlihan laatu

2.1 Laadun määrittely ja tutkiminen

Ruhon laatu on kaupallinen käsite, joka kuvaa ruhon taloudellista arvoa teurastamoteollisuudelle. Ruhon laatu määritetään luokittelemalla ruho lihakkuuden ja rasvaisuuden mukaan. Ruhon laadulla ei ole suurta merkitystä lihasta valmistettua ateriaa nauttivalle ihmiselle. Lihantuottajan ja teurastamon taloudelliseen tulokseen se kuitenkin vaikuttaa merkittävästi, joten tässä kirjallisuusselvityksessä on käsitelty myös ruhon laatua.

Liha laatu voidaan jakaa aistinvaraiseen, kemialliseen, fysikaaliseen, ravitsemukselliseen, teknologiseen, hygieeniseen ja eettiseen laatuun. Aistinvarainen laatu muodostuu pääasiassa lihan ulkonäöstä, hajusta, mausta, suutuntumasta ja rakenteesta. Myös mielikuvat vaikuttavat kuluttajan kokemukseen lihasta. Suutuntuma on keskeinen syöntilaadun komponentti. Siihen vaikuttaa pääasiassa lihan mureus, mutta myös mehukkuus. Maun merkitys lihan syöntikokemukseen on pieni, jos selviä makuvirheitä ei esiinny (Risvik 1994).

Liha laatua voidaan tutkia objektiivisesti erilaisten kemiallisten ja fysikaalisten analyysien avulla subjektiivisten arviointien yhteydessä tai itsenäisesti. Eurooppalaisena yhteistyönä laaditut ohjeet analyyseistä, jotka olisi syytä liittää naudanlihantuotantokokeisiin, suosittavat vähintään lihan värin, mureuden, lihaksensisäisen rasvan, kosteuden ja lopullisen pH:n määrittystä (Boccard *et al.* 1981). Liha laadun tutkimisessa käytetään paljon ihmisten subjektiivista arviointia. Koulutetun makuraadin käyttö on kallista, mutta oikein käytettynä se pystyy tehokkaasti arvioimaan lihan syöntilaatua (Cross *et al.* 1986, Miller 1994a, Risvik 1994). Lähi-infrapunaspektroskopia (NIR) saattaa tarjota uusia mahdollisuuksia liha laadun tutkimiseen (Risvik 1994).

2.2 Laadun osatekijät

2.2.1 Väri

Lihan väri ja ulkonäkö vaikuttavat ostopäätöstä tehtäessä eniten kuluttajaan. Tärkein lihan väriin vaikuttava tekijä on lihassoluisa oleva pigmentti, myoglobiini, mutta myös muut kemialliset ja fysikaaliset tekijät, mm. pH, vaikuttavat väriin. Myoglobiini toimii lihassolussa happimolekyylin varastoijana ja se muistuttaa rakenteeltaan veren hemoglobiinia. Myoglobiinissa on yksi rautaa sisältävän ”hemiosan” ja globuliiniproteiinin käsittävä yksikkö. Hemoglobiinissa vastaavia yksiköitä on neljä (Cross *et al.* 1986).

Lihan väri on sitä tummempi, mitä enemmän myoglobiinia siinä on. Myoglobiinipitoisuus lihaksissa suurenee eläimen vanhetessa. Lihaksissa, joissa on paljon punaisia lihassyitä, on runsaasti myoglobiinia (Lawrie 1985). Jos naudat kärsivät raudanpuuteanemiasta, lihasten väri on vaalea. Juottovasikoiden erittäin vaalea lihan väri johtuu pääasiassa siitä, että maitopohjaisissa rehuissa on hyvin vähän rautaa ja eläimet ovat siten anemisia.

Pelkkä myoglobiinin määrä ei ratkaise lihan väriä, vaan siihen vaikuttaa myös myoglobiinimolekyylin kemiallinen tila. Liha saa toivotun kirkkaanpunaisen värinsä, kun purppuranpunainen pelkistynyt deoksimyoglobiini hapettuu oksimyoglobiiniksi. Näissä yhdisteissä rauta on Fe^{2+} -muodossa. Jos rauta hapettuu Fe^{3+} -muotoon, muodostuu metmyoglobiinia, joka aiheuttaa lihaan ei-toivotun ruskean värin. Metmyoglobiinin rauta voi pelkistyä takaisin Fe^{2+} -muotoon, jolloin värivirhettä ei synny. Lihasten metmyoglobiinin pelkistymiskyky vaihtelee johtaen eroihin eri lihasten tummumisajassa. Metmyoglobiinin pelkistymiskykyyn vaikuttavat glukosin sekä pelkistävien entsyymien määrät lihaksessa (Cross *et al.* 1986). Deoksimyoglobiinin, oksimyoglobiinin ja metmyoglobiinin pitoisuudet lihan pinnassa voidaan määrittää spektrofotometrisesti. Rehuperäiset antioksidantit kuten E-vita-

miini ja seleeni (Se) auttavat myös säilyttämään lihan värin kelvollisena. Joskus lihassa havaitaan vihertävää väriä. Lihassa kasvavat bakteerit voivat tuottaa yhdisteitä, jotka aiheuttavat vihreän värin reagoidessaan myoglobiinin kanssa (Faustman & Cassens 1990).

Pigmenttien määrä voidaan määrittää uuttamalla ne lihasta ja määrittämällä niiden pitoisuus spektrofotometrisesti. Enemmän käytetään kuitenkin kolorimetristä menetelmää, jossa mitataan lihapalan pinnalle heijastetun tietyn aallonpituisten valon heijastumista. Hunterin L, *a* ja *b*-arvoja käytetään yleisesti lihan värin kuvaamiseen. L kuvaa lihan värin tummuutta, *a* punaisuutta ja *b* keltaisuutta (Miller 1994b).

Myös rasvan väri vaihtelee. Väkihuvaltaisesti ruokittujen eläinten rasva on hyvin valkoista, kuluttajan toiveita vastaavaa. Runsas ja pitkäaikainen nurmikasvien syöttö aiheuttaa rasvaan kellertävää sävyä. Nurmikasvit sisältävät runsaasti A-vitamiinin esiasteita, karotenoideja, jotka kertyvät rasvakudokseen ja antavat sille kellertävän sävyn (Allen & Kilkenny 1980). Eläinten kyky muuttaa karotenoideja A-vitamiiniksi vaihtelee geneettisesti määräytyen (McDowell 1989). Friisiläisrotuiset naudat ovat tässä varsin tehokkaita, joten niiden rasvakudos ja maito ovat hyvin valkoisia. Sen sijaan esimerkiksi jerseynautojen teuraslaatia voi rasvan keltaisuus alentaa (Barton *et al.* 1994).

Suomessa rasvan voimakasta keltaisuutta ei juuri esiinny lihanaudoilla, mutta toisinaan vanhoilla lehmillä. Lisäksi näkyvä rasva poistetaan palalihan ympäriltä leikkuun yhteydessä, joten rasvan keltaisuudella ei yleensä ole oleellista merkitystä.

2.2.2 Maku ja haju

Lihan maku aistitaan, kun lihan sisältämät kemialliset yhdisteet ärsyttävät kielen makusilmuissa makureseptorisoluja ja nenäontelon limakalvoilla hajuepiteelissä hajureseptorisoluja. Hajuaistin merkitys maun aistimisessa on erittäin suuri. Maku-

Taulukko 1. Tärkeitä kypsennetyn lihan makuaineita (Farmer 1994).

Yhdiste	Tuoksu	Lähtöaineet	Mekanismi
Trans-2-nonenaali	Talinen, rasvainen	<i>n</i> -6 Rasvahapot	Terminen oksidaatio
Trans, trans-2,4-dekadienaali	Rasvainen, paistettu peruna	<i>n</i> -6 Rasvahapot	Terminen oksidaatio
1-Okten-3-oni	Sienet	<i>n</i> -6 Rasvahapot	Terminen oksidaatio
2-Asetyyli-1-pyrroliini	Paistettu, makea	Proliini	Maillard-reaktio
Metionaali	Keitetty peruna	Metioniini	Strecker-hajoaminen
Fenyylasetaldehydi	Hunajainen, makea	Fenylalaniini	Strecker-hajoaminen
2-Metyyli-3-furantioli	Liha, makea, rikki	Kysteiini ja riboosi	Maillard-reaktio
Bis-2-metyyli-3-furyyldisulfidi	Liha, okso	tai tiamiini	Terminen oksidaatio
2-Metyyli-3-furyyl 2-furfuryyli-disulfidi	Paistettu, liha		
β -Iononi	Orvokki	β -Karoteeni	Oksidatiivinen hajoaminen

aistimukseen vaikuttavat myös lihan rakenne, lämpötila ja pH (Cross *et al.* 1986).

Lihan vesiliukoisessa osassa on kaikilla eläinlajeilla samoja makua aiheuttavia aineita. Ne ovat heterosyklisiä yhdisteitä, jotka sisältävät happea, typpeä ja rikkiä. Kunkin eläinlajin lihassa on myös lajille tyypillisiä makuaineita. Nämä aineet ovat lihan lipidiosassa. Raa'an lihan maku on mieto ja makuaineet muodostuvat lihan sisältämien yhdisteiden muokkautuessa (mm. Maillard-reaktio) lihaa kuumennettaessa. Rikkiyhdisteet lienevät tärkeitä makuaineita (Pearson & Young 1990). Maruri & Larick (1992) havaitsivat rasvakudoksen merkityksen naudanlihan maun kannalta, kun heidän makuraatinsa ei pystynyt erottamaan kolmitestissä kolmea eri väkirehustrategiaa noudattaen ruokittujen nautojen punaista lihaa. Sen sijaan 20 % rasvaa sisältävää jauhelihaa ja pintarasvaa maistettaessa pystyttiin erottamaan eri lailla ruokittujen nautojen liha. Tärkeitä kypsennetyn lihan makuaineita on esitetty taulukossa 1.

Naudanlihan maku- ja hajuaaineiden pitoisuuksia voidaan määrittää kaasukromatografisesti tai kaasukromatografisesti yhdistettynä massaspektrometriin, infrapuna- tai ydinmagneettisella resonanssilla ja nestekromatografisesti (Miller 1994b). Naudanlihasta on löydetty yli 800 haih-

tuvaa yhdistettä (Farmer 1994). Yhdisteiden suuren määrän vuoksi tulosten tulkinta on vaikeaa. Objektiviset määritykset eivät ole korreloineet kovin hyvin aistinvaraisen arviointien kanssa (Cross *et al.* 1986). Yleisesti tunnettujen makujen, makean, happaman, suolaisen ja kitkerän lisäksi erityisesti Japanissa tunnetaan viides perusmaku umami, jonka aiheuttavat mononatrium-L-glutamaatti, inosiini-5'-monofosfaatti ja guanosiini-5'-monofosfaatti. Maku muistuttaa kypsän naudanlihan miellyttävää makua. Wassenaar *et al.* (1995) valmistivat oktapeptidin, jolla aiempien kirjallisuusviitteiden perusteella piti olla miellyttävä naudanlihan maku, mutta kokeneet maistajat eivät sitä havainneet.

Eläinten ruokinta voi vaikuttaa makuaineiden pitoisuuksiin ja sitä kautta lihan makuun. Larick & Turner (1990) havaitsivat lihasta haihtuvien alkanaalien ja alk-2-enaalien pitoisuuden lisääntyvän, kun hiehoja ruokittiin laidunkasvatuksen jälkeen väkirehuvaltaisesti. Härkien kypsennyssä rasvassa olleiden diterpenoidien pitoisuus korreloi makuraadin havaitsemisen virhemakujen (riistainen, väljähtynyt) kanssa. Molempia makuvirheitä havaittiin enemmän hirsilaidunta syöneiden kuin väkirehua saaneiden nautojen rasvakudoksessa (Maruri & Larick 1992).

Maun miellyttävyys liittyy voimakkaasti kulttuuriin ja tottumuksiin. Esimerkiksi Currie *et al.* (1986) havaitsivat eron kahden eri ihmisryhmän, kaupungissa ja maalla asuvien, laittaessa viljalla ruokittujen tai laitumella kasvatettujen lampaiden lihan maun perusteella paremmuusjärjestykseen. Tavallisista kuluttajista muodostetut makuraadit eivät usein ole pystyneet erottamaan eri lailla kasvatettujen nautojen lihassa olevia makueroja, jotka testatut ja koulutetut makuraadit ovat erottaneet (Maruri & Larrick 1992).

Jos lihan mikrobiologinen laatu on hyvin huono, paljastaa lihan voimakas haju asian. Kun mikrobit hajottavat lihan valkuaisaineita, vapautuu pahanhajuisia ammonium- ja rikkiyhdisteitä.

2.2.3 Mureus

Kanadassa tehdyn kuluttajatutkimuksen mukaan nautanlihan laatu on huonontunut viimeaikoina. Pahin puute on lihan vaihteleva mureus (McDonell 1988). Lihan mureuteen vaikuttavat kollageenin rakenne, valkuaisaineita hajottavien entsyymien aktiivisuus lihassa raakakypsytyksen aikana ja lihaksen supistumistila.

Lihan sidekudoksen pääkomponentti on kollageeni. Kollageenin määrä ei vaikuta suoraan lihan mureuteen, sillä vasikoiden lihan kollageenipitoisuus on suurempi kuin vanhempien nautojen, mutta niiden liha on mureampaa. Eläimen vanhetessa kollageenimolekyylien väliset sidokset vahvistuvat eivätkä enää katkea yhtä helposti lihaa kuumennettaessa ruoanvalmistuksen aikana, joten liha tuntuu sitkeämmältä (Marsh 1977). Marsh (1977) spekuloi, että lihan mureutta voitaisiin parantaa rehulisäaineita käyttämällä tai sellaisten ravintoaineiden hallitulla puutostilalla, jotka heikentäisivät kollageenimolekyylien välisiä sidoksia tai vähentäisivät niiden muodostumista.

Raakakypsytyksen eli riiputuksen aikana lihassyitä hajottavat entsyymit mureuttavat lihaa. Eniten tutkitut lihaa mureuttavat entsyymit ovat lysosomaaliset

entsyymit, katepsiinit D, B, H ja L sekä kalsiumriippuvaiset proteinaasit (käytössä useita rinnakkaisnimityksiä: CDP I ja CDP II tai kalpaiini I ja kalpaiini II tai mM-kalpaiini ja μ M-kalpaiini). Ruhojen nopea jäädytys teurastuksen jälkeen ja raakakypsytyksaikojen lyhentymisen jättävät entsyymeille vähemmän mahdollisuuksia mureuttaa lihaa. Myös jotkin kasvunestäjät voivat heikentää lihan entsyymiaktiivisuuksia. Lihassa voi olla mureuttavien entsyymien inhibiittoreita. Esimerkiksi kalpaiineja inhiboiva kalpastatiini on löydetty useiden eläinlajien lihasta. Entsyymien toiminnan lisäksi lihan fysiokemialliset muutokset (mm. osmoottisen paineen kaksinkertaistuminen) voivat vaikuttaa lihasfyysien hajoamiseen ja siten lihan mureutumiseen (Ouali 1990).

Mureuden mittaukseen yleisimminkin käytetty objektiivinen menetelmä on Warner-Bratzlerin leikkausvoiman mittaava laite ja sen muunnokset (Miller 1994b). Laitteella mitataan sylinterin muotoista lihapalaa leikkattaessa tarvittava voima. Tulos ilmoitetaan kg:na ja liha on sitä mureampaa, mitä pienempi leikkausvoiman arvo saadaan. Mittaustulokset korreloivat yleensä kohtalaisesti makuraatien määrittämien mureuspisteiden kanssa (Cross *et al.* 1986).

2.2.4 Mehukkuus

Kypsennettyä lihaa syödessä havaittava lihan mehukkuus johtuu kahdesta tekijästä. Ensimmäisten puraisujen aikana lihapalasta vapautuu kudostetta, mutta tämä vaikutus on lyhytaikainen. Pitkäaikaisempi mehukkuuden tuntu muodostuu lihan sisältämän rasvan stimuloimalla syljen erityistä. Nuorten eläinten liha vaikuttaa usein aluksi mehukkaalta, mutta koska se sisältää suhteellisen vähän rasvaa, se tuntuu lopulta kuivalta. Lihaksen sisältämän rasvan positiivinen vaikutus syöntilaatuun perustuu osittain tähän (Lawrie 1985).

Jotkut lihan aromiaineet voivat lisätä syljen eritystä ja lisätä siten mehukkuuden tuntua lihassa. Lihan sisältämä rasva voi toimia voiteluaineena. Lihan rakenne vai-

Taulukko 2. Risteytysnautojen ulkofileen marmoroituminen, LR = rasvapitoisuus ja MMA = makuraadin mureusarvio (Koch *et al.* 1988).

Marmoroituminen	LR, %	n	MMA	SD	MMP<5, %
Puuttuu lähes täysin (p. devoid)	2,1	3	5,1 ^e	1,2	66,7
Aavistus (traces)	2,7	68	6,7 ^d	1,1	10,3
Hieman (slight)	3,7	362	7,0 ^{cd}	0,9	3,0
Vähän (small)	5,0	389	7,3 ^{bcd}	0,8	1,3
Kohtalainen (modest)	6,6	161	7,4 ^{bcd}	0,8	1,9
Kohtuullinen (moderate)	8,0	59	7,7 ^{abc}	0,6	0
Aika runsas (sl. abundant)	9,0	24	7,8 ^{ab}	0,5	0
Melko runsas (md. abundant)	11,1	8	7,4 ^{abc}	0,8	0
Runsas (abundant)	13,6	5	8,1 ^a	0,5	0

n = havaintojen lukumäärä

MMA:n arvosteluasteikko: 9 = erittäin murea, 5 = hyväksyttävä, 1 = erittäin sitkeä
a,b,c,jä^a EYLaindekseihin erotetut keskiarvot ovat tilastollisesti merkitsevästi erilaisia

SD = keskiarvoero

MMP<5 = makuraadin arvostelussa vähemmän kuin 5 pistettä saaneiden havaintojen osuus

kuuttaa kudosnesteen vapautumiseen. Mehukkuutta voidaan mitata objektiivisesti määrittämällä lihan kosteus ja vedensidontakyky (Cross *et al.* 1986).

2.2.5 Lihaksensisäinen rasva ja marmoroituminen

Lihan rasvaisuuden lisääntymistä pidetään lihan syöntilataua parantavana ominaisuutena. Lihaksensisäinen rasva määritetään objektiivisesti analysoimalla kemiallisesti lihasnäytteen rasvapitoisuus. Marmoroituminen sen sijaan määritetään subjektiivisesti, silmämääräisesti arvioimalla. Mitattu rasvapitoisuus ja marmoroitumisaste korreloivat varsin hyvin keskenään. USA:ssa lihaksensisäisen rasvan vähimmäispitoisuutena pidetään 3 % tuorepainosta, ja lihan marmoroituminen vaikuttaa lihantuottajalle lihasta maksettavaan hintaan. Aass (1991) arvioi lihaksensisäisen rasvan optimipitoisuudeksi 2,5–4 %. Kun lihassa on rasvaa 2,5 % ei marmoroitumista ole juuri silmin havaittavissa. Kun rasvaa on 4 %, marmoroituminen on nähtävissä, mutta liha ei syötäessä tunnu liian rasvaiselta. Suomessa erityisesti korkeatasoiset ravintolat haluavat

sivat ostaa voimakkaasti marmoroituneita fileitä. Suomalaisten nuorten nautojen lihaksensisäisen rasvan pitoisuus vaikuttaa melko korkealta ulkomaisiin nautoihin verrattuna (ks. Taulukot 4 ja 8).

Koch *et al.* (1988) tutkivat ulkofileen (*Musculus longissimus*) marmoroitumisen, rasvapitoisuuden ja makuraadin arvioiman mureuden välistä yhteyttä (Taulukko 2). Lihaksensisäisen rasvan pitoisuuden ja marmoroitumisen lisääntyminen paransivat lihan saamia mureusarvioita erittäin selvästi, kun rasvaa oli suhteellisen vähän. Vaikutus jatkui korkeimmillakin rasvapitoisuuksilla, mutta huomattavasti vähäisempänä. Myös Dolezalin *et al.* (1982) tutkimuksessa marmoroitumisella oli selvä positiivinen yhteys makuraadin arvioimaan lihan mehukkuuteen, mureuteen, miellyttävään makuun ja kokonaisuuttavuuteen sekä leikkausvoimalla arvioituun mureuteen. May *et al.* (1992) ja Van Koeving *et al.* (1995) totesivat väkirehuvaltaisen loppukasvatuksen paksuntavan nautojen pintarasvaa, lisäävän marmoroitumista ja parantavan lihan mureutta. Eläinten vanhetessa lisääntyvän marmoroitumisen lihan laatua parantava vaikutus kompensoitui vanhenemisen aihe-

uttamalla negatiivisilla vaikutuksilla lihan laatuun (Koch *et al.* 1976). Crousen *et al.* (1984) aineistossa marmoroituminen selitti vain 6 % lihan maittavuudesta.

Nautojen pintarasvan paksuuntuessa myös marmoroitumisella on taipumusta lisääntyä (Lawrie 1985, Micol *et al.* 1991). Dolezalín *et al.* (1982) aineistossa marmoroitumisen ja pintarasvan paksuuden välinen korrelaatio oli melko korkea ($r = 0,63$). Kanadalaisten lihanautojen (Jones *et al.* 1994) lihasten marmoroituminen sen sijaan ei korreloinut voimakkaasti pintarasvan paksuuden kanssa ($r = 0,28$). Tässä kokeessa vähäinen muuttujien välinen riippuvuus saattoi osittain johtua vähäisestä pintarasvan paksuuden vaihtelusta.

Dieetin energiapitoisuus vaikuttanee marmoroitumiseen. Crousen *et al.* (1984) kokeessa hereford-angushiehoja kasvatettiin kahdella eri ruokinnalla saman ikäisiksi (650 pv) ja lähes samaan pintarasvan paksuuteen. Maissia + maissisäilörehua saaneiden eläinten lihan marmoroituminen oli merkittävästi voimakkaampaa kuin kattaralaitumella kasvaneiden (3,60 vs 4,31; arvosteluasteikko: 3 = hieman, 5 = kohdalainen).

Rasvakudosta kerääntyy eläimen kasvaessa ensiksi sisäelinten ympärille, seuraavaksi lihasten väliin, sitten nahan alle pintarasvaksi ja viimeksi lihaksensisäiseksi rasvaksi (Allen & Kilkenny 1980). Rasvakudoksen määrää lisää sekä rasvasolujen lukumäärän lisääntyminen että niiden koon kasvu. Naudat saavuttavat pinta- ja sisämyrsravakudoksen rasvasolujen lopullisen lukumäärän n. 8 kk iässä, jonka jälkeen rasvakudoksen kasvu johtuu yksittäisten rasvasolujen koon suurenemisesta. Lihaksensisäisessä rasvakudoksessa rasvasolujen lukumäärän lisääntyminen jatkuu kuitenkin ainakin 14 kk ikään asti. Pintarasvassa ei ole pieniä rasvasoluja ($\emptyset < 70 \mu\text{m}$) mutta lihaksensisäisessä rasvassa niitä on. Näiden rasvatyyppien kasvutapa on siis erilainen. Pintarasvan määrään vaikuttaa erityisesti rasvasolujen koko, lihaksensisäisen rasvan pitoisuuteen taas solujen lukumäärä. Sioilla rajoitettu ruokinta ensimmäisen elinkuu-

kauden aikana vähensi lihaksensisäisten rasvasolujen määrää, mutta muiden rasvavarastojen solumäärä ei muuttunut. Ei ole tutkittu, onko nautojen ruokinnalla samanlainen vaikutus (Leat & Cox 1980).

2.2.6 Ravitsemuksellinen arvo

Lihassa on runsaasti välttämättömiä aminohappoja ja niiden sulavuus on hyvä. Liha sisältää myös välttämättömiä rasvahappoja, runsaasti useita B-vitamiineja (tiamiini, riboflaviini, niasiini, B₆-vitamiini, B₁₂-vitamiini) ja mineraaleja (sinkki, rauta, kupari, fosfori, kali, magnesium, seleeni, kromi). Ihminen pystyy käyttämään lihan ravintoaineet tehokkaasti hyväkseen, sillä liha ei sisällä ravintoaineiden sulatusta ja imeytymistä haittaavia aineita kuten tanniineja, kofeiinia tai fytaatteja (Bodwell & Anderson 1986).

Nautojen ruokinta voi jonkin verran vaikuttaa niiden lihan ravitsemukselliseen arvoon. Ruokintataso ja ravintoaineiden keskinäiset suhteet vaikuttavat rasvan ja valkuaisaineiden suhteeseen lihassa. Myös lihan rasvaosan rasvahappokoostumukseen voidaan jossakin määrin vaikuttaa ruokinnalla (Taulukko 3). Karkearehualtainen ruokinta suurentaa tyydyttyneiden ja pienentää tyydyttymättömien rasvahappojen osuutta lihaksensisäisen rasvan rasvahappojen kokonaismäärästä väkirehualtaiseen ruokintaan verrattuna (Westerling & Hedrick 1979, Melton 1983). Rasvojen ja öljyjen syöttö heijastuu myös jossain määrin kudosrasvan koostumukseen (Tesfa *et al.* 1992, Patil *et al.* 1993). Tesfan *et al.* (1992) kokeessa 18:1 *trans*-rasvahapon pitoisuus suureni rypsiöljyä syötettäessä noin kaksinkertaiseksi muihin ruokintoihin verrattuna (Taulukko 3). *Trans*-hapoilla saatetaan joidenkin tutkijoiden mukaan olla haitallisia vaikutuksia ihmisten terveyteen. Rasvaruokinnan vaikutus kudosrasvan koostumukseen voimistuu, jos rasvahapot suojataan pötsimikrobien muokkaukselta (Van Soest 1982).

Taulukko 3. Naudan ulkofileen rasvahappokoostumus (%).

Rasvahappo	Kaava	Vanhatalo (1987) ¹⁾	Melton (1983)		Tesfa <i>et al.</i> (1992) ²⁾		
			Laidun	Väkirehu	Ohra+heinä	Rypsiöljy	Tali
Lauriinihappo	C12:0	0,10	0,08	0,11			
Myristiinihappo	C14:0	3,05	1,94 ^a	3,03 ^b			
Tetradekaanihappo	C14:1		0,30 ^a	0,58 ^b			
	BrC15:0 ³⁾		0,48 ^a	0,15 ^b			
Pentadekaanihappo	C15:0		0,57 ^a	0,82 ^b			
Palmitiinihappo	C16:0	26,75	22,93 ^a	25,88 ^b	28,10	22,10	23,66
Palmitolihappo	C16:1	2,25	4,61	4,41	2,50	2,00	2,38
Heptadekaanihappo	C17:0		1,07 ^a	1,75 ^b	2,50	2,09	2,16
Heptadekaanihappo	C17:1		1,08	1,16	0,56	0,42	0,55
Steariinihappo	C18:0	27,28	18,72 ^a	13,00 ^b	23,09	25,13	26,50
Öljyhappo	C18:1	33,35	36,27 ^a	43,42 ^b			
Cis-öljyhappo	C18:1cis				31,43	33,56	35,54
Trans-öljyhappo	C18:1trans				2,77	6,22	3,22
Linolihappo	C18:2	3,75	3,93 ^a	2,78 ^b	2,25	2,53	1,63
Linoleenihihappo	C18:3	2,35	1,55 ^a	0,29 ^b	0,49	0,35	0,26
Arakidiinihappo	C20:0	0,66	0,22 ^a	0,12 ^b	0,22	0,33	0,32
Eikoseenihihappo	C20:1		0,41	0,47			
Eikosatrienihihappo	C20:3		0,90 ^a	0,21 ^b			
Arakidonihappo	C20:4	0,23	2,62 ^a	0,54 ^b			
Dokosapentaenihihappo	C22:5	0,19	1,37 ^a	0,49 ^b			
Dokosaheksaenihihappo	C22:6	0,04					

¹⁾Dieetin kuiva-aineesta 63 % nurmisäilörehua ja 37 % ohraa (+ kalajauhoa)

²⁾Kontrollidieetin kuiva-aineesta 55 % heinää ja 45 % ohrapohjaista väkirehua, koeruookinoilla ohrasta 5 % korvattu rypsiöljyllä (Rypsiöljy) tai taliilla (Tali)

³⁾Haaraketjuinen

^a ja ^bYläindekseihin erotetut keskiarvot eroavat toisistaan tilastollisesti merkitsevästi.

Liha sisältää kolesterolia solujen kalvorakenteiden välttämättömänä rakenneosana. Varastorasva ei sisällä kolesterolia, joten lihan rasvapitoisuuden pienentäminen ei vähennä sen kolesterolipitoisuutta. Kolesterolin keskeisen biologisen tehtävän takia eläinten jalostuksella tai ruokinnalla ei voida juuri vaikuttaa lihan kolesterolipitoisuuteen (German 1990). Naudanliha sisältää n. 80 mg kolesterolia 100 grammassa ruoaksi valmistettua lihaa (Bodwell & Andersson 1986). Ihmisten veren kolesterolipitoisuuteen vaikuttavat ravinnon ko-

lesterolipitoisuuden lisäksi monet muut tekijät (German 1990).

Kun eläimet kärsivät jonkun ravintoaineen puutteesta, voi sen pitoisuus myös lihassa jäädä normaalia pienemmäksi. Ravintoaineen puute voi johtua sen suoranaisesta riittämättömyydestä tai biologisiin prosesseihin soveltumattomasta kemiallisesta muodosta. Suomen maaperässä on hyvin vähän seleeniä, joten sekä ihmiset että eläimet ovat aikaisemmin voineet kärsiä seleenin puutteesta. Rehujen seleenipitoisuutta suurentamalla on voitu suurentaa myös

lihan seleenipitoisuutta (Ekholm *et al.* 1991). Suomessa saadaan nykyään ravinnon mukana riittävästi seleeniä.

2.2.7 Eettinen laatu

Perimmäinen eettinen kysymys lihan laadusta puhuttaessa on, onko lihan syöminen ylipäätään oikein (Webster 1994). Jokainen ihminen määrittelee eettisen laadun oman näkemyksensä mukaan. Yleisesti voidaan lihan eettistä laatua pitää hyvänä, kun sen tuottaminen ei ole kohtuuttomasti aiheuttanut haittaa eläimille, ihmisille eikä ympäristölle. Eläinten pitää pystyä käyttäytymään lajinmukaisesti, niiden ruokinnan pitää olla tasapainoinen ja niiden terveydestä on huolehdittava. Eläinten pitää elää sopusoinnussa ihmisten kanssa. Kotieläintuotannon ravinnevirrat pitäisi hallita mahdollisimman hyvin, jotta ympäristöön joutuisi mahdollisimman vähän ravinteita. Lopputuotteen ja sen tuottamiseksi käytettyjen panosten kotimaisuus voidaan myös kokea eettisesti tärkeäksi tekijäksi. Luonnonmukainen kotieläintuotanto painottaa tuotteiden hyvää ekologista, eettistä ja poliittista laatua, mutta myös tavanomaisen tuotannon piirissä voidaan tuottaa nämä laatuvaatimukset täyttävää lihaa.

2.3 Laatuun vaikuttavia ruokinnasta riippumattomia tekijöitä

2.3.1 Rotu

Naudanlihan laatua tutkivat kokeet on yleensä tehty liharotuisilla eläimillä, mutta Suomessa naudanlihantuotanto perustuu pääosin maitorotuisiin (ayrshire ja friisiläinen) sonnivasikoihin. Eläinten rodulla ja ruokinnalla voi olla yhdysvaikutuksia lihan laatuun, sillä maitorotuisten nautojen kasvukyky voi olla huonompi kuin liharotuisten. Eri rotuisten nautojen lihan laatuominaisuuksien vertailua vaikeuttavat rotujen väliset erot mm. kasvutaipumuksis-

sa. Eläimet saavuttavat teuraskypsyyden eri ikäisinä ja rasvoittuvat eri tavalla. On vaikea erottaa, mistä tekijästä erot kussakin tutkimuksessa johtuvat.

Liharotuisilla eläimillä ruhon laatu on parempi kuin maitorotuisilla, mutta lihan laadussa ei ole havaittu yhtä selviä eroja. Puntilan *et al.* (1985) kotimaisen aineiston perusteella ayrshire-sonnien lihan syöntilaatu vaikutti jopa paremmalta kuin limousin- ja herefordristeityssonien (Taulukko 4). Myös liharotujen välillä on eroja erityisesti lihakuudessa ja rasvaisuudessa (Andersen 1991, Jones *et al.* 1994, Lowe *et al.* 1994). Jonesin *et al.* (1994) aineistossa eurooppalaisten liharotujen (simmental, charolais, limousin; suurikokoisia myöhään teuraskypsyyden saavuttavia rotuja) edustajat olivat huomattavasti lihakkaampia kuin brittiläisistä roduista (angus, hereford, shorthorn; pienikokoisia aikaisin teuraskypsyyden saavuttavia rotuja) polveutuvat eläimet. Lihan marmoroitumisessa rotujen väliset erot eivät olleet selviä, mutta vaihtelu yksittäisten eläinten välillä oli suurta. Jos eläimet ovat ns. kaksoislihaksellisia (esim. Belgian sininen -rotu), on niiden liha erityisen mureaa, sillä lihasten kollageenipitoisuus on normaalia pienempi (Touraille 1991). Japanin musta nauta tuottaa ainutlaatuisen marmoroitunutta lihaa (Parker *et al.* 1995).

Taulukon 4 perusteella vaikuttaa siltä, että naudanlihan makuun rodulla ei yleensä ole suurta vaikutusta (Puntila *et al.* 1985, Andersen 1991, Lowe *et al.* 1994). Tosin Hankey *et al.* (1988) havaitsivat charolais-hiehojen lihan maun olevan merkitsevästi voimakkaamman kuin angushiehojen. Lihaksensisäisen rasvan pitoisuus on anguksilla varsin suuri kuten myös rasvoitumistaipumus (Andersen 1991, Lowe 1994). Maitorotuisten eläinten (tutkimuksessa jersey-rotu) lihaksensisäisen rasvan pitoisuus on Kochin *et al.* (1976) mukaan suurempi kuin liharotuisten eläinten, mitä tukevat myös Puntilan *et al.* (1985) tulokset. Myös rotujen sisällä esiintyy geneettistä vaihtelua lihan laatuominaisuuksissa. Useiden ruhon ja lihan laatua kuvaavien omi-

Taulukko 4. Rodun vaikutus nautojen ruhon ja lihan laatuun.

Lähde Eläinten rotu	n	Ikä, pv	Teuras- paino, kg	Lihak- kuus	Rasvai- suus	Lihaksen rasva-%	Makuraadin arvio ¹⁾		
							Mureus	Mehukkuus	Maku
Puntila <i>et al.</i> (1985)									
Sonnit									
Limousinristeytykset	28	429	310	14,9 ²⁾	7,2 ³⁾	4,9	4,2	3,9	4,5
Herefordristeytykset	33	383	226	13,6 ²⁾	7,1 ³⁾	3,3	4,6	4,4	5,1
Ayrshire	32	418	239	13,1 ²⁾	6,7 ³⁾	4,8	4,8	4,4	4,9
Hiehot (kaikki rodut)	25	373	213	14,0 ²⁾	8,7 ³⁾	6,8	5,2	4,2	4,9
Hankey <i>et al.</i> (1988), risteytyshiehot									
Charolais	596	489 ⁴⁾					4,2	2,4	5,5a
Angus	596	403 ⁴⁾					4,5	2,8	4,7b
Andersen (1991), risteytseläimet									
Charolais	596	403		8,5 ⁵⁾	11,5 ⁶⁾	1,2	6,9 ⁷⁾		2,3 ⁸⁾
Belgian sininen				8,9 ⁵⁾	10,8 ⁶⁾	1,1	7,2 ⁷⁾		2,1 ⁸⁾
Piemontese				8,2 ⁵⁾	9,7 ⁶⁾	1,1	6,3 ⁷⁾		2,2 ⁸⁾
Angus				7,9 ⁵⁾	19,5 ⁶⁾	2,6	6,7 ⁷⁾		2,2 ⁸⁾
Lowe <i>et al.</i> (1994), kaikkien eläinten emät holsteinfriisiläisiä, hiehot ja härät									
Limousin	48	540	262	6,0 ⁸⁾	6,8 ⁶⁾		3,8	4,3	4,7
Charolais	54	540	274	5,9 ⁸⁾	7,2 ⁶⁾	2,0	4,0	4,4	4,7
Belgian sininen	53	540	272	6,8 ⁸⁾	6,8 ⁶⁾	1,4	4,5	4,2	4,6
Piemontese	50	540	284	5,1 ⁸⁾	6,6 ⁶⁾		3,8	4,5	4,7
Angus	52	540	244	3,3 ⁸⁾	8,4 ⁶⁾	2,4	3,8	4,5	4,8
Hereford	51	540	228	3,4 ⁸⁾	8,4 ⁶⁾		3,9	4,5	4,6

¹⁾Arvosteluasteikko: 1 = erittäin huono ja 8 = erittäin hyvä

²⁾15 = erittäin lihakas; 14 = hyvin lihakas; 13 = lihakas; 12 = kohtalaisen lihakas

³⁾6 = rasvaton; 7 = ohutrasvainen; 8 = keskirasvainen; 9 = yllirasvainen; 10 = erittäin yllirasvainen

⁴⁾Elopaino

⁵⁾1 = erittäin huono ja 15 = erittäin hyvä

⁶⁾Arvioitu pintarasvan pitoisuus ruhosta (%)

⁷⁾Määritetty leikkuumittarilla (kg)

⁸⁾Asteikkoa ei määritetty

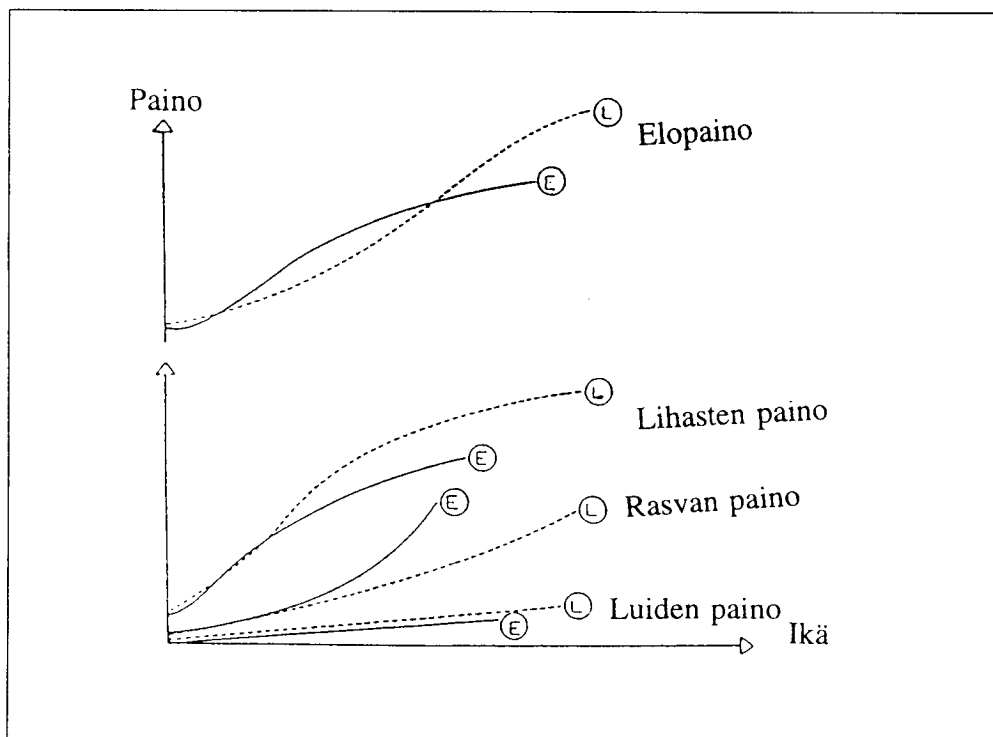
a ja b Yläindekseihin erotetut keskiarvot eroavat toisistaan tilastollisesti merkitsevästi

naisuuksien fenotyypinen vaihtelu ja pe-riytyvyysaste (h^2) ovat varsin korkeita (Taulukko 5; Andersen 1991, Renand 1991).

Suomen friisiläiskannan maidontuotan-to-ominaisuuksia parannetaan käyttämällä siemennyksiin USA:sta tuotua holsteinson-nien siementä. Holsteinrotuisten nautojen lihakkuus on huonompi kuin friisiläisten, joten keskimääräinen ruhon laatu tullee Suomessa entisestään huononemaan. Li-hantuotantoon soveltuvan eläinaineksen

määrää voitaisiin lisätä, jos lypsylehmien kestävyyttä saataisiin parannettua eli niiden keski-ikä piteneisi. Tällöin kaikkia lehmä-vasikoita ei tarvittaisi uudistukseen ja pe-rinnölliseltä laadultaan maidontuotantoon huonosti sopivat lehmät voitaisiin siemen-tää liharotusonneilla.

Comerford *et al.* (1992) tutkivat hols-teinrotuisten ja liharoturistey-tyshärkien kasvua eri tyyppisillä dieeteillä (maissisäilörehu/sinimailasheinä, kala-jauho/soijarouhe). Eläimet teurastettiin,



Kuva 1. Aikaisin (E) ja myöhään (L) teuraskypsyyden saavuttavien nautojen tyypilliset kasvukäyrät (Andersen 1991).

kun pintarasvan paksuus liharotueläimillä oli 10 mm ja holsteineilla 5 mm. Ulkofileen marmoroituminen arvioitiin molemmilla roduilla yhtä suureksi, mutta liharotusteytseläimet olivat teurastettaessa keskimäärin nuorempia kuin holsteinit. Tämän takia rotujen välistä eroa rehuenergian hyväksikäytössäkään ei voida suoraan verrata. Holsteineläinten 20 % suurempi ylläpidon ylittävän energian kulutus ja 27 % pienempi päiväkasvu antavat kuitenkin viitteitä niiden huonommasta rehuenergian hyväksikäytöstä lisäkasvuun liharotuisiin eläimiin verrattuna. Holsteineläinten (ja yleensä maitorotuisten nautojen) ylläpitoenergian tarve voi olla suurempi ja/tai energian hyväksikäyttö kasvuun huonompi kuin liharotuisilla eläimillä, mikä heikentää kasvatuksen taloudellista kannattavuutta.

2.3.2 Ikä teurastettaessa

Naudoille tyypillisen kasvutavan mukaisesti luiden suhteellinen osuus pienenee ja rasvan suurenee eläimen vanhetessa (Kuva 1). Vapaasti ruokittujen sonnien teuras-% suurenee 1,0–1,2 %-yksikköä eläinten elopainon sadan kg:n nousua kohti (Andersen 1991). Jos teuras-%:n suureneminen johtuu pääasiassa rasvan kertymisestä ruhoon, ei taloudellista hyötyä saavuteta. Rasvan arvo jatkojalostuksessa on heikko ja sen muodostuminen kuluttaa runsaasti rehuenergiaa.

Naudan vanhetessa lihaksen rasva- ja myoglobiinipitoisuudet suurenevät reilusti, mutta valkuaispitoisuus vain vähän. Suurempi myoglobiinipitoisuus aiheuttaa vanhempien eläinten lihan tummemman värin (Lawrie 1985, Andersen 1991, Touraille 1991). Lihan maku voimistuu niin-

Taulukko 5. Ruhon- ja lihan laatuominaisuuksien fenotyyppinen vaihtelu ja periytyvyysaste (h^2).

Ominaisuus	Fenotyyppinen vaihtelu, % ¹⁾	Periytyvyysaste (h^2)	
		Andersen 1991	Renand 1991
Teuras-%	2,7	0,60	0,49
Lihakkuus (luokitus)	15,7	0,26	0,33
Liha-%	2,5	0,52	0,46
Lihan ja luiden suhde	6,3	0,53	
Lihasten suhteelliset osuudet	2,2	0,24	
Pintarasvan paksuus			0,45
Mureus (leikkausvoima)	35,8	0,36	0,33
Mureus (makuraati)			0,26
Longissimuslihaksen rasva-%	32,4	0,20	0,26
Väri-indeksi	32,4	0,20	0,26
Lihassyiden läpimitta	9,7	0,39	
Punaisten lihassolujen osuus, %	18,7	0,24	
Lihan lopullinen pH			0,26

¹⁾Andersen 1991

ikään eläinten vanhetessa (Lawrie 1985, Hankey *et al.* 1988). Nautojen vanhetessa liha sitkistyi leikkausvoimamittarilla arvioituna (Andersen 1991) ilmeisesti kollageenin rakenteen lujittumisen vuoksi. Kollageenin liukoisuus vähenee eläinten vanhetessa (Touraille 1991, Gerhardy 1995).

2.3.3 Sukupuoli

Sonnit kasvavat nopeammin ja rasvoittuvat vähemmän kuin hiehot. Härät eli kastroidut sonnit ovat kasvukyvyltään ja rasvoitumistaipumukseltaan sonnien ja hiehojen välissä (Micol *et al.* 1991). Jones *et al.* (1991) määrittivät Kanadassa normaalisti teurastamolle tulleen nauta-aineksen lihan marmoroitumisen. Sonnien lihan marmoroituminen sai arvon 8,5 ($n = 215$), härkien 7,9 ($n = 14\ 076$) ja hiehojen 7,7 ($n = 6\ 146$). Marmoroitumisen arvosteluasteikko oli 1 = erittäin runsas ja 10 = puuttuu täysin. Erot sukupuolten välillä olivat merkitseviä. Sukupuolen vaikutus tuntuu myös lihan mureudessa. Kun eläimet on teurastet-

tu saman ikäisinä, hiehojen liha on mureinta, härkien keskimääräistä ja sonnien sitkeintä (Touraille 1991; ks. myös Taulukko 4, Puntila *et al.* 1985).

Hiehojen lihan laatu on yleensä parempi (lihaksensisäisen rasvan pitoisuus suurempi, liha mureampaa ja mehukkaampaa) kuin sonnien. Sonnien kasvukyky on kuitenkin parempi, joten samaan taloudelliseen tulokseen pääsemiseksi hiehojen lihasta pitäisi saada parempi hinta. Jos sonnit kasvatetaan voimaperäisesti ja teurastetaan suhteellisen nuorina, niiden lihan pitäisi ongelmitta täyttää naudanlihan syöntiladulle asetetut vaatimukset (Kalm *et al.* 1991). Suomessa lehmävasikat ovat halvempia kuin sonnit, mikä tasoittaa eroja eri sukupuolten kasvatuksen kannattavuudessa. Saksassa teurastamoista kerätyn aineiston (Gerhardy 1995) perusteella lihaksensisäisen rasvan pitoisuus oli pieni intensiivisesti kasvatetuilla hiehoilla (2,23 %) ja nuorilla sonneilla (3,36 %) ja suurin lypsylehmillä (5,59 %). Sonneilla ulkofileen kollageenipitoisuus oli suurempi kuin muilla tutkituilla ryhmillä (edellä mainittujen lisäksi härät, hiehot ja hieholehmät). Intensiivisesti kasvatetut hie-

hot (teurasikä 390 pv, ruhokasvu 508 g/pv) tuottivat laatuanalyysien perusteella parhaimmanlaatuista lihaa.

2.3.4 Eläinten ja ruhojen käsittely

Teuraskuljetus aiheuttaa naudoille stressiä. Juomaveden ja rehujen tarjoaminen kuljetuksen aikana on vaikea järjestää. Seurauksena on ruhojen kutistuminen, kun eläimet käyttävät kudoksiin varastoitunutta energiaa ja haihduttavat nestettä. Kirjallisuudessa on todettu ruhojen kutistumisen teuraskuljetuksen aikana vaihtelevan olosuhteista riippuen alle 1 %:sta 8 %:iin. Voimakas altistuminen stressille ja mahdollisesti alunperin alhainen lihasten glykokeenipitoisuus voivat johtaa tervalihan syntymiseen. Tervalihaa syntyy, jos lihassa ei teurastuksen jälkeen ole riittävästi glykokeeniä maitohapon raaka-aineeksi ja lihan pH ei laske riittävän alas (Warris 1990).

Ruhojen nopea jäähdytys lihan hyvän hygieenisen laadun varmistamiseksi aiheuttaa mureutta vähentävän kylmäsupistumisilmion. Kun lihas jäähtyy alle 10 °C lämpötilaan ennenkuin sen pH on laskenut alle 6:n, jäävät lihassäikeen aktiini ja myosiini toistensa lomaan kuten lihaksen supistuessa (Touraille 1991). Seurauksena on lihaksen lyhentymisen ja sitkistyminen jopa 4–5 kertaiseksi (Marsh 1977).

Paksu rasvakerros ruhon pinnalla hidastaa lihan jäähtymistä lisäten proteolyytisten entsyymien aktiivisuutta lihassa ja vähentäen kylmäsupistumista teurastuksen jälkeen. Seurauksena on lihan mureuden paraneminen (Smith *et al.* 1976). Dolezal *et al.* (1982) totesivat useisiin tutkimuksiin viitaten 6–10 mm paksun pintarasvakerroksen riittävän takaamaan nuorten nautojen lihan mureuden. Fisherin *et al.* (1994) kokeessa ruhojen jäähtymisen hidastaminen paransi sekä makuraadin arvioimaa että leikkauvoimalla mitattua lihan mureutta.

Ruhojen sähköstimulointi on useissa tutkimuksissa (mm. Berry *et al.* 1988, Fisher *et al.* 1994) parantanut naudanlihan mureutta. Se nopeuttaa lihan pH:n laskua

vähentäen siten ruhon nopean jäähdytyksen haitallista vaikutusta. Suomessa ruhojen sähköstimulointia käytetään säännöllisesti.

Lihan riittävän pitkä säilytys eli raakakypsytyksen ennen ruoanvalmistusta parantaa lihan syöntilaatua (mm. Younie *et al.* 1988, Fisher *et al.* 1994). Raakakypsytyksen aikana proteolyytiset entsyymit pilkkovat lihan valkuaisaineita ja liha mureutuu. Lihan säilyttäminen pakkauksessa, joka sisältää runsaasti happea ja hiilidioksidia (esim. 0,7 osaa O₂ + 0,3-osaa CO₂), pidentää lihan säilytysaikaa. Happi vähentää metmyoglobiinin muodostumista ja hiilidioksidi ehkäisee bakteerien kasvua (Vega *et al.* 1994). Fisher *et al.* (1994) raportoivat ruhon riipputtamisen lantiosta parantavan mureutta perinteiseen akillesjänteestä riipputtamiseen verrattuna. Lihan leikkaaminen irti luista alle 1,5 vrk:n kuluttua teurastuksesta huonontaa lihan mureutta.

3 Ruokintastrategian vaikutus naudanlihan laatuun

3.1 Fysiologinen perusta

Lihaskasvu ja rasvakudosten kasvu perustuu niissä olevien solujen koon suurenemiseen ja/tai lukumäärän lisääntymiseen. Kudosten kasvupotentiaaliin ja valkuaisainevaihduntaan vaikuttavat lukuisat kasvutekijät ja hormonit. Toisaalta soluilla on oltava käytettävissään riittävästi energiaa ja aminohappoja kasvuun tarvittavien makromolekyylien muodostamiseksi (Buttery *et al.* 1990). Gillin *et al.* (1987) tulokset kasvavien nautojen hormonikäsittelyn ja valkuaislisän vaikutuksista osoittavat sekä kasvupotentiaalin että riittävän ravintoainesten saannin tärkeyden kasvuun.

Elimistössä metaboloituvien ravintoainesten määrä ja laatu voivat vaikuttaa nautojen kasvuun aiheuttamalla muutoksia

hormonien ja kasvutekijöiden pitoisuuksissa. Kasvuhormoni ja insuliininkaltaiset kasvutekijät (IGF) ovat välttämättömiä nisäkkäiden normaalille kasvulle ja ruokinta vaikuttaa niiden pitoisuuksiin elimistössä (Breier & Gluckman 1991). Aliravittujen nautojen plasman kasvuhormonin pitoisuus suurenee, mutta samanaikaisesti kudosten vastustuskyvyn lisääntyminen kasvuhormonin vaikutukselle johtaa IGF:n pitoisuuden pienemiseen. Fiems *et al.* (1995) havaitsivat valkuaisruokinnan vaikuttavan sonnien kilpirauhashormonien pitoisuuksiin. Hayden *et al.* (1993) puolestaan havaitsivat rajoitetun ruokinnan jälkeen seuranneen voimakkaan ruokinnan vaikuttavan härkien kasvuhormonin, IGF 1:n, insuliinin ja kilpirauhashormonien pitoisuuksiin. Ruokinnan vaikutukset kasvutekijöihin tunnetaan melko huonosti eikä niitä osata suunnitelmallisesti hyödyntää naudanlihantuotannossa.

Boekholt & Schreurs (1995) esittivät broilereilla tehtyihin tutkimuksiinsa perustuen mallin eläinten kasvun koostumuksen muutoksista energiansaannin vaihdellessa. Valkuaisen saanti ei koesarjassa muodostunut kasvua rajoittavaksi tekijäksi. Alhaisella energiansaannilla eläinten lisäkasvu muodostui pelkästään valkuaisesta. Kun energian saantia lisättiin, valkuaisen ja rasvan osuus lisäkasvusta oli vakio (1 g valkuaista ja 3,2 g rasvaa). Täten energian saannin ja kasvunopeuden lisääntyessä rasvakudoksen suhteellinen osuus kasvusta lisääntyi.

3.2 Ruokintataso

Eläinten käyttöön tulevan energian ja/tai ravintoaineiden määrää voidaan säädellä rajoittamalla eläinten kuiva-aineen syöntiä tai antamalla eläimille erilaatuisia rehuja ruokahalun mukaan. Näiden menetelmien vaikutukset lihan laatuun voivat olla erilaisia. Väki- ja karkearehun suhteen muuttaminen voi rehujen laadusta riippuen vaikuttaa huomattavasti eläinten käytettäväksi tulevan energian ja ravintoaineiden määriin.

3.2.1 Kasvunopeus

Kasvunopeudella on todennäköisesti suuri merkitys naudanlihan laatuun, sillä nopeasti kasvaneet naudat voidaan teurastaa nuorempina, millä on myönteinen vaikutus lihan syöntilaatuun. Muutokset nautojen kasvunopeudessa johtuvat pääasiassa energiansaannista. Nopeaan kasvuun liittyy yleensä myös rasvoittuminen (Boekholt & Schreurs 1995), joka niinkään yleensä parantaa lihan syöntilaatua.

Fishell *et al.* (1985) säätelivät herefordangushärkien kasvua syöttämällä niille maissisäilörehua + säilömaissia, heinää + säilömaissia tai pelkää heinää. Härät kasvoivat vastaavasti 1,42; 0,77 ja 0,34 kg/pv näillä ruokinnoilla. Kaikki härät teurastettiin 120 päivää koeruokinnoilla oltuaan 485 päivän iässä, jolloin kasvunopeudella oli merkitsevä vaikutus teuraspainoon (242, 158 ja 134 kg) ja ruhojen rasvaisuuteen. Ruhojen jäähdytyslämpötiloja säädeltiin siten, että erilaisten ruhojen jäähtymisnopeus pysyi samana eikä siten oletettavasti aiheuttanut eroja lihan mureuteen. Makuraati arvioi nopeimmin kasvaneiden härkien lihan mureimmaksi ja se oli myös voimakaimmin marmoroitunutta (Taulukko 6). Johtopäätösten mukaan nopeasti kasvaneiden eläinten lihaskudoksen nopea uusiutuminen johti kollageenimolekyyliden välisten kuumuutta kestävien sidosten vähäisempään määrään.

Crouse *et al.* (1986) kontrolloivat angussonnien kasvua syöttämällä maissia + maissisäilörehua kolmella eri tasolla. Eläimiä kasvatettiin koeruokinnoilla 30 tai 60 pv ajan (ikä teurastettaessa 540/570 pv), jolloin päivittäinen elopainonmuutos oli +1,00, -0,16 tai -0,57 kg. Sonnien elopainonmuutos ei vaikuttanut lihassolutyypin jakaumaan, kollageenipitoisuuteen, kollageenin liukoisuuteen tai makuraadin arvioimaan lihan mureuteen. Myöhemmässä samaan materiaaliin perustuvassa artikkelissa Calkins *et al.* (1987) raportoivat, että ulkofileestä määritetyt katepsiini B ja H sekä β -glukuronidaasipitoisuudet eivät olleet yhteydessä sonnien kasvunopeuteen.

Taulukko 6. Väki- ja kärkearehun suhteen ja/tai väkirehuvälitaisen loppukasvatuksen vaikutus nautojen kasvuun ja lihan laatuun.

Lahde	Ika, pv	Teuras-paino, kg	Teuras-%	Kasvu, g/pv	Pintaras-val, mm	Marmoroituminen ¹⁾	Lihän rakenne ²⁾	Lihän väri ³⁾	Rasvan väri ³⁾	Mureus	Makuradiin arvio ⁷⁾	Mehukkaus	Maku	Miellyttävyys
Bowling <i>et al.</i> (1978), Santa Gertrudis -härät (teuraspaanon, teuras-%:n, pintarasvan paksuuden ja marmoroitumisen tilastollisessa testuksessa verrattu keskenään saman segmentin tuloksia, muissa ominaisuuksissa kaikkia tuloksia)														
Emän kanssa laitumella	270	152	60,8	-	9,3	1,0 ⁵⁾	0,25 ^{6(a)}	6,1 ^b	6,3 ^a	6,1 ^b	6,3 ^a	4,3 ^d	4,3 ^d	
Väkirehuvälit., 125 pv	439	234 ^a	62,3 ^a	770	7,9 ^a	1,9 ^b	0,34 ^{a,b}	6,3 ^b	5,6 ^a	6,3 ^b	5,6 ^a	5,8 ^b	5,8 ^b	
---, 255 pv	569	308 ^b	64,4 ^b	780	14,6 ^b	3,2 ^a	0,44 ^a	5,9 ^b	6,5 ^b	5,9 ^b	6,5 ^b	6,2 ^{b,b}	6,2 ^{b,b}	
Laidun	511	187 ^a	56,6 ^a	470	1,5 ^a	1,4 ^{b,c}	0,28 ^b	4,9 ^c	4,0 ^b	4,9 ^c	4,0 ^b	4,4 ^d	4,4 ^d	
--- + vr laitumelle 60 pv	511	222 ^b	58,9 ^a	580	5,3 ^b	0,7 ^c	0,30 ^b	4,4 ^c	4,2 ^c	4,4 ^c	4,2 ^c	4,9 ^c	4,9 ^c	
Laitumen jälk., vr 130 pv	581	315 ^c	64,5 ^b	860	13,5 ^c	2,8 ^a	0,35 ^{a,b}	5,8 ^b	5,8 ^b	5,8 ^b	5,8 ^b	5,8 ^b	5,8 ^b	
Laidun	875	317 ^a	60,7 ^a	430	13,5 ^a	2,0 ^b	0,41 ^a	6,9 ^a	6,2 ^a	6,9 ^a	6,2 ^a	4,6 ^{d,d}	4,6 ^{d,d}	
--- + vr laitumelle 60 pv	875	335 ^a	61,7 ^b	470	14,9 ^b	3,4 ^a	0,40 ^a	7,4 ^a	6,6 ^a	7,4 ^a	6,6 ^a	5,0 ^c	5,0 ^c	
Laitumen jälk., vr 98 pv	973	385 ^b	63,0 ^b	510	18,2 ^b	3,9 ^a	0,44 ^b	5,7 ^b	5,9 ^a	5,7 ^b	5,9 ^a	6,8 ^a	6,8 ^a	
Harrison <i>et al.</i> (1978), risteytyshärät, väkirehuvälitainen ruokinta: maisssia 75 ja sinimattilashainää 20 %, kärkearehuvälitainen ruokinta: maisssiäilörehua 40, maisssia 36 ja sinimattilashainää 20 %.														
Kattara-bluestemlaidun	522	254 ^a			5,3 ^a	1,83 ^a	5,0 ⁷⁾	2,0 ⁸⁾	4,8 ^a	4,8 ^a	5,8 ^a	5,9 ^a	5,9 ^a	
Väkirehuvälit., 49 pv	571	279 ^b			5,1 ^a	2,56 ^b	4,8	1,5 ^b	5,3 ^{a,b}	6,2 ^a	6,2 ^a	6,2 ^a	6,2 ^a	
---, 98 pv	620	324 ^c			11,2 ^b	3,75 ^c	3,5	1,2 ^a	6,5 ^c	6,4 ^b	6,4 ^b	6,9 ^b	7,0 ^c	
Kärkearehuvälit., 98 pv	620	323 ^c			12,2 ^b	3,49 ^b	3,9	1,3 ^{a,b}	5,9 ^{b,c}	5,9 ^{b,c}	6,9 ^b	6,9 ^b	6,9 ^b	
McCarter & Smith (1978), brabant-herefordhärät, laidunkasvit vehniä, kaura ja raiheiniä, molemmat koeryhmiä kävivät samalla laitumella, laidumryhmän teurasuksen jälkeen toista ryhmää kasvatettiin 56 pv ruokinnalla, jonka koostumus oli durraa 54, pellavansiemenrouhetta 8, melassia 3 ja bermudahainää 33 %.														
Laidun	510	249	58,1		5,6	5,33		3,00	3,5	3,5	4,4	4,3	4,3	3,8
Durra+hainää	586	302	62,1 ^{**}	920	9,4 [*]	6,18		3,13	4,9 ^{**}	4,9 ^{**}	4,5	4,5	4,5	4,3
Westerling & Hedrick (1979), herefordhärät ja -hiehot														
Näätäladun	643	282 ^{b)}			2,5	3,8		4,33	4,33	4,33	4,53	3,86 ^a	3,86 ^a	
Laitumen jälk., vr 56 pv	690	344			4,5	8,6		4,19	4,19	4,19	4,25	4,33 ^b	4,33 ^b	
--- vr 112 pv	754	420			8,1	12,2		4,79	4,79	4,79	4,81	4,85 ^c	4,85 ^c	
Crouse <i>et al.</i> (1984), hereford-angushiehot koeruokinoilla 18-22 kk ikäisinä														
Kattaralaidun	653	248,2			7,9	3,60		5,67	4,07	5,4	5,4	5,8	5,8	
Maisssi+maisssiilö-rehu+sojjarouhe	646	265,0 [*]			11,3	4,31 [*]		6,67 ^{**}	6,71 ^{**}	6,48 ^{**}	5,4	5,3	5,7	

Jatkuu seuraavalla sivulla

Taulukko 6. Jatkoa edelliseltä sivulta.

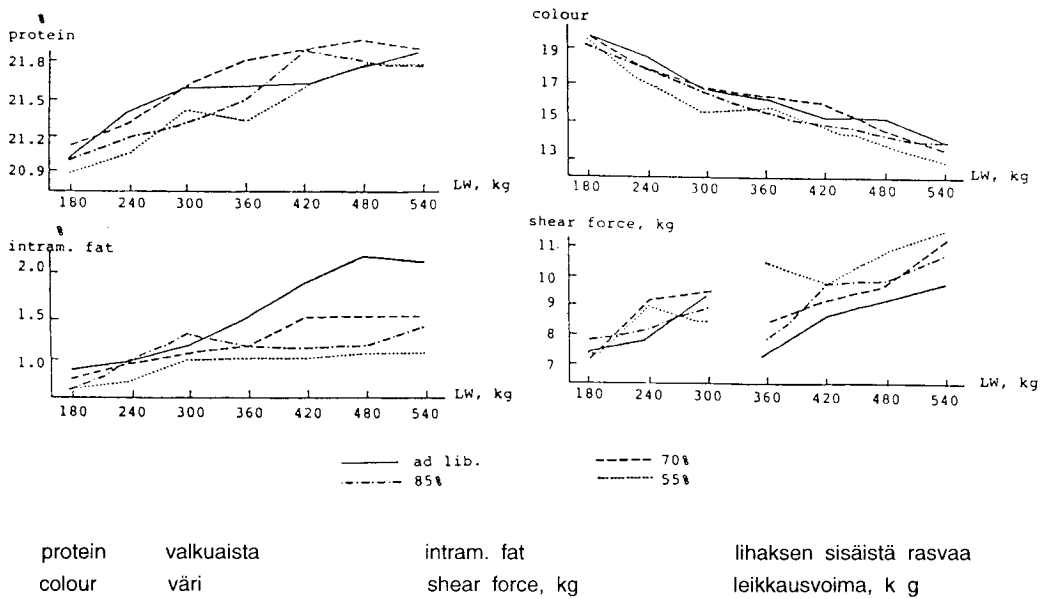
Lähde	Ika, pv	Teuras- paino, kg	Teuras- % ¹⁾	Kasvu, g/pv	Pintaras- va, mm	Marmoroi- tuminen ²⁾	Lihan rakenne ³⁾	Lihan väri ³⁾	Rasvan väri ³⁾	Makuraadin arvio ⁴⁾	Mureus	Mehukkaus	Maku	Mitellisyys
Fishell <i>et al.</i> (1985), hereford-angushärät, joiden alkupaino 247 kg, kokeen kesto 120 pv, rehuja vapaasti tarjolla.														
Maisisälöhöru+säilömaissit	485	158 ^b	48	770 ^b	2,0 ^b	2,0 ^b								
Heinä	485	134 ^c	46	340 ^c	0,4 ^c	1,6 ^b								
Patil <i>et al.</i> (1993), angus-herefordhärät, joiden elopaino kokeen alussa 270 kg, eläimet koeruoikoilla 84 pv, laidunkasvit ruokonata, puna- ja valkoopila sekä raiheina.														
Laidun	192			1010	4,3	5,28					5,5	4,6	5,4	
--- + 3,1 kg maisisiv.	220*			1340*	5,5*	5,83*					5,6	5,0 ^a	5,4	
Schaake <i>et al.</i> (1993), risteytyshärät (käsitteily peräkkäisiä, isoimmat eläimet poistettiin ensimmäisenä kuten toimitaan myös käytännön kasvatuksessa)														
Nata-apilalaidun	540	282 ^a			5,0 ^a	4,3 ^a	2,9 ^{ab}	3,2 ^b	2,0 ^a		5,2 ^b	5,0 ^b	5,3 ^c	5,7
Ed. jälk. kesälaidun	620	291 ^a			5,0 ^a	4,3 ^a	2,8 ^a	3,5 ^c	2,3 ^b		5,6 ^{cd}	5,4 ^c	5,3 ^c	5,7
Ed. jälk. vr (45 pv)	665	323 ^b			7,0 ^{ab}	4,8 ^b	2,9 ^{ab}	3,1 ^b	2,8 ^c		5,2 ^b	5,4 ^c	5,8 ^d	5,6
--- (75 pv)	695	341 ^c			8,0 ^b	5,2 ^c	3,0 ^b	2,9 ^a	2,8 ^c		5,2 ^b	5,2 ^{bc}	5,7 ^d	5,7
Vr vieroituksesta lähtien	665	349 ^c			13,0 ^c	6,1 ^d	3,3 ^c	3,1 ^b	3,3 ^d		5,4 ^{bc}	5,2 ^{bc}	5,8 ^d	5,7

Välirehuvält = vökirrehuvaltainen ruokinta

Vr = Väkirrehu

Karkearehuvält = karkearehuvaltainen ruokinta

¹⁾Mitä suurempi arvo, sitä voimakkaampi marmoroituminen²⁾Mitä suurempi arvo, sitä hienompi rakenne³⁾Mitä suurempi arvo, sitä vaaleampi väri⁴⁾1 = erittäin huono ja 8 = erittäin hyvä⁵⁾Ulkofileen rasva-%⁶⁾Ulkofileen myoglobiini-%⁷⁾Mitä suurempi arvo, sitä tummempi väri⁸⁾Mitä suurempi arvo, sitä karkeampi rakenne⁹⁾ElopainoTilastollinen merkitsevyys: * P < 0,05, ** P < 0,01, ^{a,b,c,ab,abc} eri yläindekseihin erotetut keskiarvot erilaisia.



Kuva 2. Ruokintatason ja teuraspainon vaikutus lihan valkuais- ja rasvapitoisuuteen, väriin sekä leikkausvoimalla määritettyyn mureuteen (Andersen 1991).

Nämä lihasten proteolyttistä aktiiviteettia kuvaavat entsyymipitoisuudet korreloivat sen sijaan kohtalaisesti makuraadin määrittämän mureuden kanssa.

Andersenin (1991) mukaan vapaasti ruokittujen nautojen lihaksensisäisen rasvan pitoisuus on suurempi ja liha mureampaa (leikkausvoima) kuin rajoitetusti ruokittujen nautojen (Kuva 2). Käytännössä nopeasti kasvaneet eläimet teurastetaan nuorempina kuin hitaasti kasvaneet, joten niiden liha voisi tästä syystä olla mureampaa ja vaalempaa. Nopeasti kasvaneet eläimet ovat yleensä myös rasvaisempia kuin hitaasti kasvaneet eläimet (mm. Fishell *et al.* 1985, Martinsson & Olsson 1993, Jurie *et al.* 1995). Rasvaisuudella voi olla myönteinen vaikutus lihan laatuun vaikka se huonontaakin ruhon laatua. Lawrien (1985) mukaan ruokintatasolla ei yleensä ole vaikutusta lihan makuun.

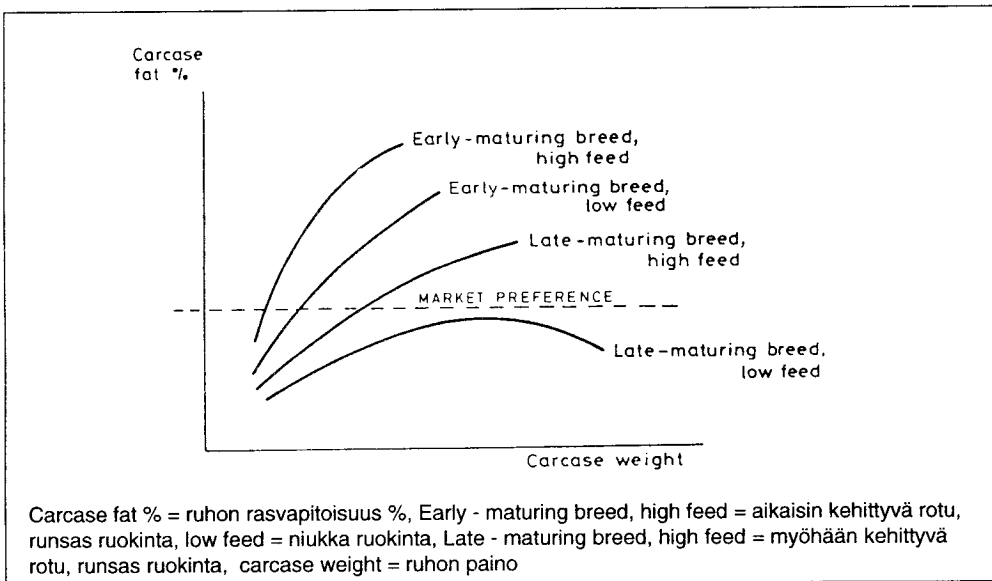
Gerhardy (1995) tarkasteli hiehojen lihan laatua, kun ne oli kasvatettu intensiivisesti (teurasikä 390 pv, ruhokasvu 508 g/pv), tavanomaisesti (teurasikä 700 pv, ruhokasvu 400 g/pv) tai ne olivat kerran poikineita (teurasikä 1012 pv, ruhokasvu 316 g/pv). Intensiivisesti kasvatettujen hiehojen

liha oli vaaleinta ja mureinta, vaikka sen lihaksensisäisen rasvan pitoisuus oli pienin. Liukoisen kollageenin osuus pieni merkittävästi eläinten kasvuintensiteetin pienessä ja iän lisääntyessä (18,99; 10,81 ja 8,07 %).

Jurie *et al.* (1995) tutkivat samalla ruokinnalla olleiden limousinnautojen kasvunopeuden korrelaatiota ruhon ja lihan laatuun. Mitä nopeammin naudat kasvoivat, sitä rasvaisempia niiden ruhot olivat (korrelaatio +0,23), mutta lihakkuus huononi (-0,18). Nopeasti kasvaneiden nautojen lihan glykolyttinen aktiivisuus oli suurempi kuin hitaasti kasvaneiden, joten niiden liha mureutuu nopeammin säilytyksen aikana.

3.2.2 Rasvoittuminen

Ruhon rasvaisuus vaikuttaa huomattavasti ruhon taloudelliseen arvoon, sillä naudanasvan arvo on vain murto-osa punaisen lihan arvosta. Yleisesti eläinten rasvoittuminen lisääntyy niiden energiansaannin lisääntyessä. Oltjenin *et al.* (1985) aineistossa härkien energian saannin lisääntyessä eläin-



Kuva 3. Ruokintatason ja rodun (geneettisen kasvutaipumuksen) vaikutus ruhon rasvaisuuden ja elopainon suhteeseen (Allen & Kilkenny 1980).

ten rasvaisuus lisääntyi. Jos dieetin energiapitoisuus oli suuri, olivat eläimet saman painoisina yhtä rasvaisia riippumatta rehuannoksen suuruudesta. Jos dieetin energiapitoisuus sen sijaan oli pieni, olivat rajoitetusti ruokitut eläimet saman painoisina vähärasvaisempia kuin rehua vapaasti saaneet eläimet. Teurastusvaiheessa pieni- ja keskikokoisten härkien ruhojen koostumus oli lähes samanlainen ruokinnasta riippumatta. Sen sijaan suurikokoiset härät, joiden rehujen energiapitoisuus oli pieni, olivat huomattavasti vähärasvaisempia kuin runsaasti energiaa sisältäviä rehuja saaneet härät. Kuvassa 3 on havainnollistettu nautojen geneettisen kasvutaipumuksen ja ruokintaintensiteetin yhdysvaikutusta ruhon laatuun (Allen & Kilkenny 1980). Myös suomalaisessa lihanauta-aineistossa voimakas ruokinta on lisännyt ruhojen rasvoittumista (Manninen *et al.* 1994).

Kun nautojen energiansaanti on runsasta ja ne lihoivat, tyydyttymättömien rasvahappojen osuus kudostasvan rasvahapoista lisääntyy. Tämä johtuu siitä, että etikkahaposta syntetisoidut rasvahapot ovat tyydyttymättömpiä kuin ruoansulatuskanavasta imeytyvät ras-

vahapot (Leat & Cox 1980). Väkirehuvaltainen ruokinta lisää yleensä pötsin propionihapon osuutta. Lampailla ja vuohilla tästä voi aiheutua haitallinen pintarasvan pieneneminen, mutta naudoilla vastaavaa ongelmaa ei ole ilmennyt (Van Soest 1982, pp. 268–269). Nälkiintyneiden nautojen kudoksissa linolihapon osuus rasvahapoista suurenee ja palmitiinihapon osuus pienenee. Myös lihasten kokonaisrasvapitoisuus pienenee ja kosteus lisääntyy (Lawrie 1985).

Van Koeving *et al.* (1995) jatkoivat kokeen alkaessa 329 kg painaneiden liharoturiesteytyshärkien väkirehuvallista lopukasvatusruokintaa 105, 119, 133 tai 147 pv ajan. Mitä pidempään sonneja kasvatettiin, sitä paksumpi oli pintarasva. Myös marmoroituminen ja lihaksensisäisen rasvan pitoisuus suurenevät ja liha oli leikkauksvoimalla arvioituna mureampaa. Kirjoittajat arvelivat rasvaisuuden lisääntymisen vaikuttaneen myönteisesti lihan mureuteen. Jos eläinten kasvatus kuitenkin jatketaan kovin pitkään, ikääntymisen negatiivinen vaikutus kompensoi jossakin vaiheessa rasvaisuuden positiivisen vaikutuksen. Samantyyppisessä kokeessa (May

et al. 1992) angusherefordsonnien väkirehuvaltaisen ruokinnan jatkaminen 28, 56, 84, 112, 140, 168 ja 196 pv ajan lisäsi lineaarisesti eläinten pintarasvan paksuutta. Vaikutukset lihanlaatuun olivat käyräviivaisia, sekä marmoroitumisen että mureuden lisääntyminen taittuivat 84 pv jälkeen.

3.2.3 Kompensatorinen kasvu

Kun nautojen kasvu on suhteellisen hidasta kasvatuskauden alussa riittämättömän energian ja/tai ravintoaineiden saannin takia, mutta myöhemmässä vaiheessa ravinnon saanti lisääntyy, havaitaan usein kompensatorista kasvua. Tällöin rajoitetusti kasvaneet eläimet kasvavat nopeammin kuin alkukasvatusvaiheessa runsaammin rehua saaneet naudat. Rehun muuntosuhde (rehuenergian kulutus/lisäkasvu-kg) saattaa kompensatorisesti kasvaneilla eläimillä olla parempi, sillä niiden ylläpitoenergian tarve on kasvatuskauden aikaisesta pienemmästä keskielopainosta ja runsaasti energiaa kuluttavien sisäelinten pienemmästä koosta johtuen pienempi. Toisaalta osa loppukasvatusvaiheen suuremmasta elopainon kasvusta saattaa aiheutua suuremmasta ruoansulatuskanavan kasvusta ja sen sisällön määrästä, jolloin ruhotuotoksessa havaittu hyöty jää vähäisemmäksi kuin elopainon perusteella arvioitu.

Kokeelliset tulokset kompensatorisesta kasvusta eivät ole yksiselitteisiä kuten Coleman *et al.* (1993) artikkelinsa kirjallisuusosassa toteavat. Rajoitetun ruokintajakson pituus, rajoituksen voimakkuus, käytettyjen rehujen laatu, eläinten koko ruokintaa lisättäessä ja eläinten biologinen tyyppi vaikuttavat tulokseen. Colemanin *et al.* (1993) tulosten perusteella härät rasvoituivat sitä enemmän, mitä pienempikokoisina ne siirrettiin runsaasti energiaa sisältävälle loppukasvatusruokinnalle. Haydenin *et al.* (1993) tutkimuksessa härkien voimakas kasvu rajoittuneen ruokinnan jälkeen heijastui eläinten hormonaalisessa statuksessa. Sisälmysrasvaa oli vähemmän alussa rajoitetusti kasvaneissa härissä, mutta muut erot ru-

hojen koostumuksessa olivat vähäisiä. Loppukasvatuskaudella molemmat ryhmät kasvoivat yhtä paljon, mutta rajoitetusti kasvaneet eläimet söivät vähemmän, joten rehun muuntosuhde oli parempi. Tämä johtui osittain siitä, että alussa rajoitetusti kasvaneet härät teurastettiin pienempikokoisina kuin kontrollieläimet. Martinsson & Olsson (1993) havaitsivat hieman paremman rehun muuntosuhteen kompensatorisesti kasvaneilla friisiläislonneilla.

Krishnanin *et al.* (1991) kokeessa kompensatorisesti kasvaneiden angushärkien lihaksensisäisen rasvan pitoisuus oli pienempi mutta valkuaispitoisuudessa ei ollut eroa vapaasti ruokittuihin härkiin verrattuna. Jatkuvasti rajoitetulla ruokinnalla olleiden eläinten lihaksen rasvapitoisuus oli pienin ja valkuaispitoisuus suurin. Warrenin *et al.* (1992) samantyyppisessä kokeessa rajoitetusti ruokittujen risteytyshärkien liha oli marmoroituneinta ja vapaasti ruokittujen härkien liha vähiten marmoroitunutta. Kompensatorisesti kasvaneiden eläinten lihan marmoroituminen oli tässäkin kokeessa keskimääräistä. Pintarasvaa kompensatorisesti kasvaneissa ja vapaasti ruokituissa eläimissä oli yhtä paljon ja rajoitetusti ruokituissa vähiten.

Edellä mainittujen (Warren *et al.* 1992) risteytyshärkien lihassolutyypin yleisyyden kompensatorinen kasvutapa vaikutti siten, että rajoitetusti ruokittaessa useat ominaisuudet saivat pienimmät arvot, vapaasti ruokittaessa keskimääräiset arvot ja ensin rajoitetusti mutta sitten vapaasti ruokittaessa suurimmat arvot (Payne *et al.* 1992). Katepsiinientsyymien aktiivisuus oli matalin vapaasti ruokittujen eläinten lihaksissa, mutta leikkausvoimalla tai lihassolujen hajoamista tutkimalla määritettyyn lihan mureuteen ruokintajärjestelyt eivät vaikuttaneet (Warren *et al.* 1992).

Brandstetter *et al.* (1995) havaitsivat montbéliardrotuisten sonnien lihasten muuttuvan glykolyttisemmiksi, kun niiden kasvua oli ensin rajoitettu ja myöhemmin lisätty verrattuna tasaisesti kasvaneisiin sonneihin. Muutoksella voi olla myönteinen vaikutus lihan mureuteen.

Picard *et al.* (1995) vertasivat koko ajan rajoitetusti ruokittujen (R), koko ajan vapaasti ruokittujen (V) ja alussa rajoitetusti mutta myöhemmin vapaasti ruokittujen (K) charolaissonnien lihasten ominaisuuksia. R-sonnien lihakset olivat oksidatiivisempia kuin V- ja K-ryhmien eläinten. K-sonnien lihasten kuumassa liukenevan kollageenin pitoisuus oli suurin, joten kollageenia muodostui runsaasti kompensatorisen kasvun aikana.

Parker *et al.* (1995) tutkivat tasaisen (T) kasvun sekä alussa rajoitetun ja lopussa nopean (K) kasvun vaikutusta liharoturiestetyshärkien ja -hiehojen (osa koe-eläimistä japanilaista rotua, jonka liha runsaasti marmoroituvaa) lihan laatuun. Päiväkasvu 454 pv:n ajalta ja elopaino teurastettaessa olivat molemmilla ryhmillä samat, mutta K-ryhmän pienemmästä teuras-%:sta johtuen T-ryhmän ruhotuotos oli parempi. T-ryhmä oli K-ryhmää parempi myös lihan laatuominaisuuksissa eli sen liha oli marmoroituneempaa, vaaleampaa, rakenteeltaan ja rasvan laadultaan parempaa. Rasvan väriin ruokintamenetelmä ei vaikuttanut. Rehunkulutusta ei artikkelissa raportoitu, joten ruokintojen taloudellisuutta ei voi arvioida.

Ay-sonnien runsas, pitkään jatkunut maitojuotto vasikkakaudella nopeutti niiden kasvua verrattuna rajoitetusti ja lyhyemmän ajanjakson juotettuihin vasikkoihin verrattuna. Kasvatuskaudella erot kuitenkin tasoittuivat, joten teuraspainoissa ryhmien välillä ei ollut eroa. Rajoitetusti juotettujen, myöhemmin kompensatorisesti kasvaneiden sonnien pintarasva oli ohuempi kuin runsaasti juotettujen (Rinne *et al.* 1995). Maatalouden tutkimuskeskuksessa Jokioisissa on parhailaan käynnissä kaksi tutkimusta, joissa selvitetään kasvunopeuden ja kompensatorisen kasvun vaikutusta ay-sonnien ruokinnan taloudellisuuteen ja ruhon laatuun.

3.3 Rehuannoksen valkuaispitoisuus

Rehuannoksen valkuaispitoisuuden vaikutuksia nautojen kasvuun on tutkittu runsaasti, mutta lihan laadusta löytyi niukasti tutkimustuloksia. Mitä paremmin perusruokinnasta saatava energia ja ravintoaineet riittävät tyydyttämään nautojen geneettisesti määräytyvästä kasvutaipumuksesta johtuvan tarpeen, sitä pienempi on lisävalkuaisella saatu kasvun lisä. Valkuaisen syötöstä on siis odotettavissa runsaasti hyötyä silloin, kun naudat ovat perusdieetillä kasvaneet huonosti. Jos perusrehut ovat hyvälaatuisia, kasvun parantumista ei aina tapahdu. Jos eläimet saavat karkearehua vapaasti, lisävalkuainen voi lisätä karkearehun syöntiä, ja nopeuttaa sitä kautta nautojen kasvua (Aronen 1992).

Rehuannoksen valkuaispitoisuuden suurentaminen on useissa kokeissa nopeuttanut nuorten nautojen kasvua (Gill *et al.* 1987, Bailey 1989, Solomon & Elasser 1991, Berge *et al.* 1993, McKinnon *et al.* 1993, Aronen & Toivonen 1995). Valkuaislisän vaikutukset ruhon koostumukseen ovat olleet vähäisiä (Gill *et al.* 1987, Bailey 1989, Solomon & Elasser 1991, McKinnon *et al.* 1993). Bergen *et al.* (1993) tutkimuksessa runsaimmin valkuaista saaneiden härkien ruhot sisälsivät vähemmän rasvaa ja enemmän punaista lihaa kuin muiden ryhmien. Arosen & Toivosen (1995) kokeessa lisävalkuaista saaneet sonnit taas olivat rasvaisempia kuin ilman valkuaista kasvaneet. Bailey (1989) havaitsi holsteinhärkien lihaksensisäisen rasvan määrän pienenevän, kun dieetin valkuaispitoisuutta lisättiin 12:sta 13 %:iin. Ero ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitsevää.

Berge *et al.* (1993) syöttivät charolaissonneille soija- ja rypsirouheen seosta (1:1) kolmella eri tasolla. Eläinten raakavalkuaisen saanti eri ruokinnoilla oli 1425, 1914 ja 2424 g/pv. Härät tulivat kokeeseen 600 pv ikäisinä ja ne teurastettiin 709 kg:n elopainossa, jonka saavuttamiseen kului ruokinnasta riippuen 104–122 pv. Härkien päiväkasvu nopeutui dieetin valkuaispitoisuutta suurennettaessa (817 vs 1103 g/pv).

Eniten valkuaista saaneiden sonnien ruhot sisälsivät enemmän punaista lihaa ja vähemmän rasvaa kuin muiden ryhmien. Lihan laatuominaisuuksissa ruokintojen järjestys oli päinvastainen ruhon laatuominaisuuksiin verrattuna. Vähiten valkuaista saaneiden härkien liha oli murempaa ja sen maku oli parempi kuin eniten valkuaista saaneiden. Kaikista lihanäytteistä 13 %:ssa havaittiin makuvirheitä, mikä on suhteellisen suuri osuus. Koejärjestelyistä johtuen ei voida päätellä, johtuiko se valkuaisrehuna käytetystä rypysistä (ks. luku 5.1).

Fiemsin *et al.* (1995) kokeessa valkuaispitoisuudella (10,3; 11,8 ja 14,2 % kuiva-aineesta) ei ollut vaikutusta kaksoislihaksellisten Belgian sinisten sonnien kasvuun eikä ruhon laatuun elopainon lisääntyessä 375:stä 718 kg:aan. Tutkituista lihanlaatuominaisuuksista (kemiallinen koostumus, pH, väri, valuma, leikkausvoimalla arvioitu mureus) ruokinnan valkuaispitoisuuden suurenemisella oli merkitsevä vaikutus ainoastaan lihaksensisäisen rasvan pitoisuuteen, joka pieneni 0,7:stä 0,5 %:iin. Vähiten valkuaista saaneiden sonnien rehun rasvapitoisuus oli suurin. Artikkelissa arvelaan suurentuneen lihaksensisäisen rasvan pitoisuuden mahdolliseksi selittäjiksi tällä ruokinnalla rehujen suurempaa rasvapitoisuutta, aminohappojen puutteesta johtuvaa lihaksen valkuaisyynteesin korvautumista rasvasynteisillä tai molempia yhdessä.

3.4 Väkirehun ja karkearehun suhde

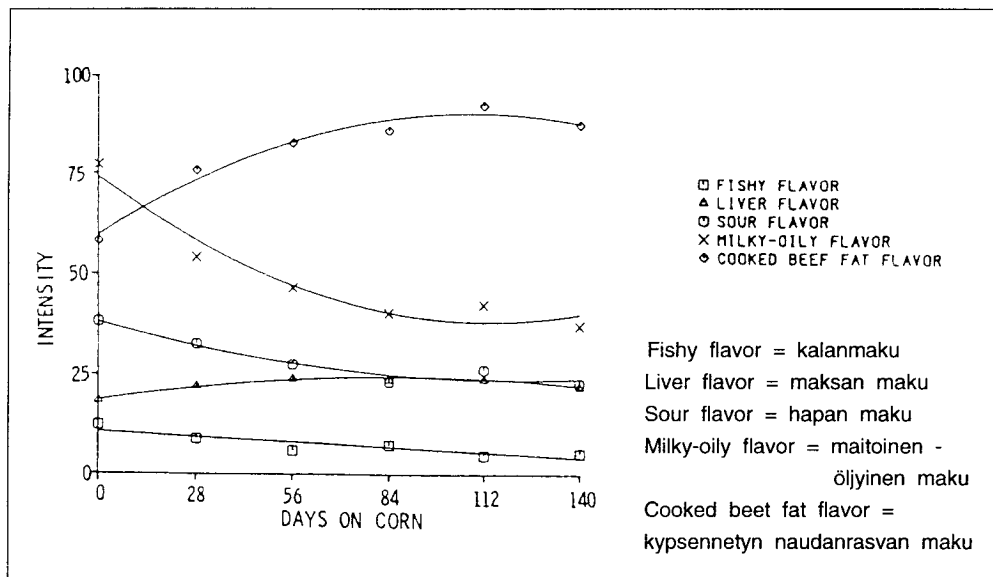
Dieetin energiapitoisuuden pienentäminen karkearehun osuutta kasvattamalla vähentää selkeästi ruhojen rasvoittumista (Taulukko 6). Rasvoittumisen väheneminen parantaa sekä lihantuottajan että teurastamon taloudellista tulosta, mutta vaikutukset lihan laatuun eivät ole yhtä myönteisiä. Lisäksi kasvatusaika yleensä pitenee, mikä lisää kustannuksia.

Meltonin (1983) mukaan nautojen loppukasvatus laitumella on johdonmukaisesti johtanut lihan maun huononemiseen vä-

kirehuvaltaiseen ruokintaan verrattuna. Väkirehulla kasvatetut naudat ovat yleensä rasvaisempia ja/tai nuorempia kuin laitumella kasvaneet naudat, mikä tekee vaikeaksi hahmottaa ne tekijät, jotka aiheuttavat eroja lihan makuun. Ilmeisesti lihan suurempi rasvapitoisuus ei yksinään aiheuta väkirehuvaltaisesti ruokittujen nautojen lihan saamia parempia makuarvioita. Vaikka lihanäytteiden rasvapitoisuus vakiointiin, väkirehulla ruokittujen nautojen liha sai paremman makuarvion (Melton 1983).

USA:ssa on tehty useita tutkimuksia, joissa alkukasvatusvaiheen laitumella olleita nautoja on ruokittu väkirehuvaltaisesti eri pituisia aikoja ennen teurastusta. Lihan makua on arviolta aistinvaraisesti ja haihtuvien aineiden pitoisuuksia määritetty. Väkirehuvaltainen loppukasvatus paransi lihan makua (Kuva 4). Useissa tutkimuksissa havaittiin eroja myös haihtuvien aineiden pitoisuuksissa. Meltonin (1990) kirjallisuusyhteenvedon mukaan laiduntavien eläinten lihassa oli vähemmän glukoosia ja γ -tokoferolia, mutta enemmän karotenoideja ja α -tokoferolia, kuin viljalla ruokittujen eläinten lihassa. Selvimmin ruokintamenetelmien erot näkyivät lihan rasvahappokoostumuksessa. Laitumella kasvatettujen nautojen lihassa oli enemmän tyydyttyneitä ja Ω -3-monityydyttymättömiä rasvahappoja ja vähemmän monityydyttymättömiä ja Ω -6-moni- tyydyttymättömiä rasvahappoja kuin viljalla ruokittujen nautojen lihassa. Myös Westerlingin & Hedrickin (1979) kokeessa väkirehuvaltainen ruokinta laidunkasvatuksen jälkeen pienensi tyydyttyneiden ja suurensi tyydyttymättömien rasvahappojen osuutta lihaksensisäisessä rasvassa.

Herefordsonnien lihan ”ruohoinen” maku väheni väkirehuruokinnan myötä ja myös lihan mureus parani (Larick *et al.* 1987). Larickin & Turnerin (1990) kokeessa hiehojen 52 päivän väkirehuvaltainen kasvatus laidunkasvatuksen jälkeen riitti aiheuttamaan alkanaalien ja alk-2-enaalien pitoisuuden lisääntymisen 20 % rasvaa sisältävässä jauhelihassa. Väkirehuruokinnan



Kuva 4. Makuvihteiden voimakkuuden muutokset lihassa, kun nautoja on laidunkasvatuksen jälkeen ruokittu maissilla (Meltonin *et al.* 1982 aineiston perusteella Melton 1983).

pidentäminen 82 päivään ei aiheuttanut lisämuutoksia. Kuuden aldehydin pitoisuuksien muutos korreloi aistinvaraisten arvioiden kanssa. Härille laitumella annettu lisäväkirehu ja laidunkasvatuksen jälkeinen väkirehuvaltainen loppukasvatus lisäsivät pelkkään laidunkasvatukseen verrattuna 20 % rasvaa sisältävän jauhelihan ja pintarasvan laktonien pitoisuutta (Maruri & Larick 1990). Laktonit korreloivat positiivisesti paistetun naudanlihan maun kanssa ja negatiivisesti riistamaisen/väljähtyneen virhemaun kanssa. Diterpenoidien pitoisuudet olivat korkeimpia pelkällä laidunruoholla kasvaneiden eläinten pintarasvassa. Samanlaisen tuloksen saivat myös Larick *et al.* (1987).

Taulukkoon 6 kootut sekä Berryn *et al.* (1988), McMillinin *et al.* (1991), Schaaken *et al.* (1993) ja Fisherin *et al.* (1994) tulokset tukevat Meltonin (1983, 1990) johtopäätöksiä: voimaperäinen väkirehuvoimakkuus näyttää vaikuttavan positiivisesti naudanlihan syöntilaadun keskeisimpiin komponentteihin eli lihan marmoroitumiseen, mureuteen ja makuun. Näissä ulkomaisissa tutkimuksissa erittäin väkirehuvaltaisen loppukasvatusruokinnan verrokkina on

yleensä ollut huonolaatuinen laidun, joten tulosten soveltaminen suoraan Suomen olosuhteisiin ei ole mahdollista. Karkearehun laadulla on suuri merkitys. Jos maissia nautojen loppukasvatuksessa korvattiin hyvälaatuisella karkearehulla kuten maissisäilöhullalla, makuraatien arvioima lihan maku pysyi hyvänä (Melton 1983, Berry *et al.* 1988, Krelowska-Kulas *et al.* 1989, Nour *et al.* 1994).

4 Rehujen laadun vaikutus naudanlihan laatuun

4.1 Väki-rehun laatu

Tärkkelyspitoinen (esim. ohra) väkirehu fermentoituu pötsissä nopeammin kuin runsaasti kuitua sisältävä väkirehu (esim. sokerijuurikasleike, ohrarehu). Kuitupi-toisten väkirehujen sulavuus ja siten energia-arvo ovat yleensä vähän huonom-

mat kuin tarkkelyspitoisten rehujen. Lihanautojen kasvussa ei ole aina kuitenkaan havaittu rehusta johtuvia eroja (Jaakkola & Huhtanen 1990). Kuitupitoista väkirehua syötettäessä propionihapon osuus pötsin haihtuvista rasvahapoista kasvaa, ja alkueläinten määrä pötsissä pienenee ohra-ruokintaan verrattuna. Pötsin käymistyyppin vaikutuksia naudanlihan tuotantoon ei tunneta kovin hyvin. Propionihappo on märehtijän aineenvaihdunnassa glukogeeninen kuten eräät aminohapot. Jos aminohapoista on pulaa, voi runsaalla propionihapon tuotannolla olla nautojen kasvua parantava vaikutus.

Jaakkolan & Huhtasen (1990) kokeessa ohran ja sokerijuurikasleikkeen syöttäminen yhdessä kasvatti nautoja paremmin kuin kummankaan väkirehun syöttö yksin. Rehujen erilainen hajoamisnopeus pötsissä on voinut tarjota mikrobeille energiaa tasaaisesti, ja siten tehostaa mikrobisynteesiä. Sokerijuurikasleikkeen osuuden kasvattaminen väkirehuannoksessa laski merkittävästi välittömästi teurastuksen jälkeen mitattua lihan pH:ta (5,80 → 5,63). Mahdollisesti pötsin runsaasta propionihapon tuotannosta johtuen lihasten glykogeenipitoisuus oli suurempi leikettä saaneilla sonneilla.

Schwarz *et al.* (1991) vertasivat vehnää ja maissia simmentalsonnien väkirehuina, kun maissisäilörehua käytettiin karkearehuna. Maissin energia-arvo on suurempi kuin vehnän. Maissia saaneet sonnit kasvoivat nopeammin ja olivat rasvaisempia ja myös marmoroituminen niiden lihassa oli voimakkaampaa kuin vehnällä ruokituilla sonneilla. Väki-rehulla ei kuitenkaan ollut merkittävää vaikutusta muihin lihan laatutekijöihin (lihaksensisäinen rasva, väri, mureus, mehukkuus, maku).

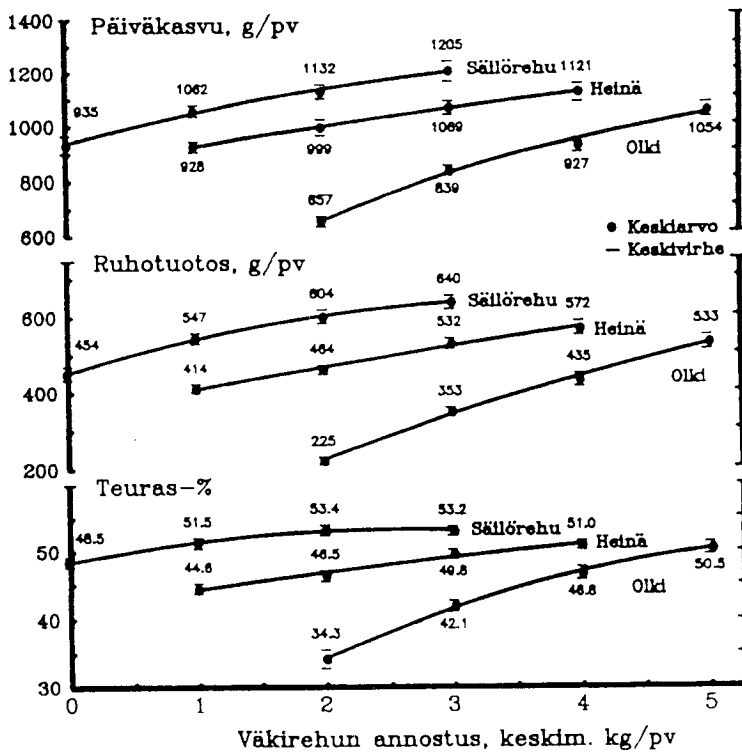
Kaura sisältää keskimäärin 6 % rasvaa, jonka rasvahapoista noin 40 % on öljyhappoa. Norjassa käynnistetään tutkimusta, jossa selvitetään kauran syötön vaikutuksia sonnien lihan laatuun. Kauran odotetaan mahdollisesti parantavan naudanlihan syöntilaatua (Berg 1994).

4.2 Karkearehun laatu

Karkearehujen laatu vaihtelee huomattavasti mm. rehulajista (laidun, säilörehu, heinä, olki), kasvilajista ja -lajikkeesta, kasvuolosuhteista (sää, maaperä, lannoitus), kasvien kehitystasesta, korjuutappioista ja rehun säilönnällisestä laadusta (hygieeninen laatu, säilörehun käymislaatu) johtuen. Karkearehun sulavuus vaikuttaa pääasiassa siihen, kuinka paljon eläin saa rehusta energiaa ja kuinka paljon eläin pystyy rehua syömään, joten sen vaikutus nautojen kasvuun on suuri.

Kappaleessa 3.4 käsiteltiin tutkimuksia, joissa väki- ja karkearehun suhteen lisäksi karkearehun laatu vaihteli. Kun naudoille syötettiin hyvin energiapitoista karkearehua (esim. maissisäilörehu) ei lihan laatu huonontunut väkirehuvaltaiseen ruokintaan verrattuna. Karkearehun laadun huonotessa pääsääntöisesti myös lihan laatu huononi (Taulukko 6, Melton 1983, Berry *et al.* 1988). Suomessa lihanautojen ruokinnassa käytetään yleisesti hyvälaatuista nurmisäilörehua, jonka energia-arvo on korkea. Käytettävissä ei ole kotimaisia tutkimustuloksia, joiden perusteella voisi arvioida väki- ja karkearehun suhteen vaikutusta meillä käytetyillä rehuilla. Niukallakaan väkirehu-ruokinnalla lihan laadun huononeminen ei meillä liene uhkana.

Aronen *et al.* (1994) vertasivat ayrshire-sonnien kasvua, kun ne saivat vapaasti tuoretta muurahaishapolla säilöttyä säilörehua, heinää tai kauranolkea. Rehujen orgaanisen aineen sulavuudet olivat 73,3; 65,8 ja 52,8 %. Säilörehua saaneet eläimet kasvoivat parhaiten ja olkea saaneet huonoiten. Tämä kuvastaa eroja rehujen sulavuudessa ja sitä kautta eläimen käyttöön tulevan energian määrässä. Väki-ruokinnoksen suurentaminen paransi kasvua eniten olkea eli huonolaatuisinta karkearehua syötettäessä. Säilörehua saaneiden eläinten teuras-% oli paras ja olkea saaneiden huonoin. Täten erot ruhotuotoksessa olivat suhteellisesti suurempia kuin erot päiväkasvussa (Kuva 5). Lihan laatuun liittyviä analyysejä ei tehty.



Kuva 5. Karkearehulajin ja väkirehun annostuksen vaikutus ayrshiresonnien päiväkasvuun, ruhotuokseen ja teuras-%:in (Lampila 1988).

Suomalaisten liharoturistetyyhiehojen kasvatuskokeessa (Suvitie & Manninen 1992) säilörehua ja rehuviljaa saaneet hiehot kasvoivat nopeammin ja rasvoittuivat enemmän kuin heinää ja rehuviljaa saaneet hiehot. Säilörehua saaneiden hiehojen teurastililyshinta oli pienempi kuin heinää saaneiden rasvaisuusvähennyksestä johtuen. Säilörehua saaneiden hiehojen kokonaiskannattavuus oli kuitenkin hieman parempi, koska niiden kasvatusaika oli lyhyempi ja rehukustannukset pienemmät kuin heinäryhmällä. Rasvoittumista säilörehuruokinnalla olisi todennäköisesti voitu vähentää pienentämällä väkirehuannosta.

Naudat ovat kasvaneet nopeammin syödessään varhaisella kehitystasolla olevasta nurmesta tehtyä säilörehua, koska sen energia- ja ravintoainesisältö on suurempi, ja

eläimet syövät sitä enemmän (mm. Thomas *et al.* 1980, Steen 1984). Tosin aina erot eivät ole olleet merkitseviä varsinkaan jos eri aikaan korjattujen rehujen koostumuksessa ei ole ollut suuria eroja (Rinne 1995). Nautojen ruhon koostumus on usein ollut erilainen eri kasvuasteilla korjattuja rehuja syötettäessä, samaan tapaan kuin edellä käsitellyssä Arosen *et al.* (1994) tutkimuksessa. Parhaiten sulavaa säilörehua syöneet (=eniten energiaa saaneet) naudat ovat rasvaisimpia ja niiden teuras-% on suurin.

Runsaasti hyvin sulavaa säilörehua saavien nautojen kasvua rajoittava tekijä kudostasolla voi olla riittämätön aminohappojen saanti, minkä takia eläinten rasvoittuminen on voimakasta. Ohutsuolet imeytyvien aminohappojen määrän lisäämiseksi pitäisi tehostaa pötsin

mikrobisynteesiä (Thomas *et al.* 1988). Säilörehun käymistyyppi voi vaikuttaa suuresti naudan valkuaisainenvaihduntaan. Suomessa säilörehu on tyypillisesti rajoitetusti käynyttä [säilöntäaineena muura-haishappo kohtalaisen runsaasti (3–4 l/t) annosteltuna], jolloin rehun valkuaisen hajoaminen on vähäistä ja pötsissä muodostuu runsaasti mikrobivalkuaista. Tällöin eläinten kudosten käytettäväksi tulee enemmän aminohappoja eikä esim. lisävalkuaisen syöttö välttämättä paranna eläinten kasvua.

Naudat syövät esikuivattua säilörehua yleensä enemmän kuin tuoreena korjattua. Kasvua esikuivattu rehu ei kuitenkaan paranna, joten rehun muuntosuhde huononee (Flynn 1988). Muutoksia ruhon ja lihan laatuun esikuivatun rehun käyttäminen ei aiheuttane.

Younie *et al.* (1988) tutkivat nurmen typpilannoituksen (270 vs 38 kg typpeä/ha/vuosi) vaikutusta nautojen lihan laatuun. Runsaasti typpeä saanut englantainraiheinä-valkoapilanurmi sisälsi vähemmän apilaa kuin niukasti lannoitettu (7 vs 37 % laidunruohossa ja 2 vs 14 % säilörehussa). Eläimet teurastettiin 17 kk ikäisinä. Niukasti typpilannoitettua nurmirehua syöneet naudat kasvoivat hiukan nopeammin ja söivät vähemmän väkirehua kuin runsaasti lannoitetulla nurmella kasvatetut. Niukasti lannoitettua nurmirehua saaneiden eläinten lihan maku oli makuraadin mukaan voimakkaampi 10 pv raakakypsytyksen jälkeen kuin runsaasti lannoitettua rehua saaneiden (Taulukko 7). Raakakypsytyksajan vaikutus sekä raakakypsytyksajan ja nurmen typpilannoituksen yhdysvaikutus olivat merkitseviä. Muihin lihan aistinvaraisesti tutkittuihin ominaisuuksiin (väri, mureus, mehukkuus, naudanlihan maun voimakkuus) rehun laatu ei vaikuttanut. Muutokset kasvussa ja lihan laadussa johtuivat todennäköisesti niukasti lannoitetun nurmen suuremmasta apilapitoisuudesta. Apilan oli aikaisemmissa tutkimuksissa todettu vaikuttaneen lampaanlihan makuun.

Larick *et al.* (1987) laidunsivat herefordhärkiä kolmella eri laitumella: nata (*Festuca*

Taulukko 7. Nurmirehun typpilannoituksen ja lihan raakakypsytyksajan vaikutus makuraadin arvioimaan lihan maun voimakkuuteen (Younie *et al.* 1988).

Rehun typpilannoitus	Raakakypsytyksaika, pv		Keskiarvo
	3	10	
Niukka (38 kg N/ha/vuosi)	4,50	5,30	4,90
Runsas (270 kg N/ha /vuosi)	4,72	4,81	4,77
Keskiarvo	4,61	5,06	

Arvosteluasteikko 1 = erittäin heikko ja 8 = erittäin voimakas

arundinacea), kattara (*Bromus inermis*) + puna-apila (*Trifolium pratense*) ja koiranheinä (*Dactylis glomerata*) + puna-apila. Natalaitumella olleet härät kasvoivat hiukan huonommin kuin muut ryhmät mahdollisesti apilan hyvästä ravitsemuksellisesta laadusta johtuen. Ryhmien välillä ei ollut eroa lihan mureudessa, aistinvaraisessa arvostelussa eikä haihtuvien aineiden pitoisuudessa. Myöhemmässä kokeessa herefordangushiehot laidunsivat 84 pv voimakkaasti ylläpidetyillä laitumilla, joilla kasvoi hirssiä (*Pennisetum glaucum*), durraa (*Sorghum vulgare* var. *sudanense*) tai nadan ja apilan seosta (Larick & Turner 1990). Laitumen kasvilaji ei vaikuttanut hiehojen kasvuun eikä ulkofileestä ja pintarasvasta valmistetun jauhelihan haihtuvien yhdisteiden pitoisuuksiin. Makuraati löysi vähäisiä eroja eri laitumilla käyneiden nautojen lihan maussa. Molemmissa kokeissa laidunruohon laatu ja eläinten kasvu oli huonosti dokumentoitu. Ensimmäinen koe jakaantui kahdelle vuodelle, ja eläinten kasvu sekä lihan laatu olivat parempia ensimmäisenä vuonna. Kirjoittajat mainitsivat laidunruohon laadun olleen ympäristötekijöistä johtuen paremman ensimmäisenä vuonna, mikä omalta osaltaan kertoo perusrehun laadun merkityksestä.

Jaakkola *et al.* (1990) sekä Jaakkola & Huhtanen (1990) tutkivat säilörehun rajoituneen käymisen (säilöntäaineena muuraishappo 3,2 l/t) ja voimakkaan käymisen (säilöntäaineena entsyymivalmiste) vaikutusta ayrshire- ja fräisiläissonnien kasvuun. Voimakkaasti käynyt säilörehu sisälsi enemmän maitohappoa ja etikkahappoa ja sen valkuainen oli hajonnut enemmän kuin rajoitetusti käyneen rehun. Naudat kasvoivat hieman paremmin (29 ja 49 g/pv) muuraishapolla säilöttyä rehua syötettäessä, mutta ero ei kummassakaan kokeessa ollut merkitsevä. Säilörehun käymistyyppi ei myöskään vaikuttanut teuras-%:in eikä ruhojen laatuoluokitukseseen.

Ensimmäisessä kokeessa (Jaakkola *et al.* 1990) selvitettiin säilörehun käymistyyppin vaikutusta makuraadin arvioon lihan mausta. Etuselän maku arvesteltiin merkitsevästi huonommaksi entsyymivalmisteella säilöttyä rehua syöneillä eläimillä kuin muuraishapporehua saaneilla (makupisteet 5,0 vs 5,6; arvosteluasteikko: 1 = erittäin huono ja 7 = erittäin hyvä). Ulkofileen ja -paistin makuun säilörehun käymistyyppillä ei ollut vaikutusta. Väkirehuna oli ohra tai ohra + kalajauho (ks. kohta 5.1). Kalajauhon syöttö paransi etuselän saamia makupisteitä erityisesti pitkälle käyntyä rehua saaneilla eläimillä. Kalajauhon ja säilörehun säilöntäaineen välinen yhdysvaikutus oli merkitsevä.

5 Yksittäisten rehuosien vaikutuksia naudanlihan laatuun

5.1 Rypsi tuotteet

Andersen & Sørensen (1985) tutkivat 00-rypsirouheen (alhainen glukosinolaatti- ja erukahappopitoisuus) vaikutusta väkirehu-

valtaisesti ruokittujen sonnien lihan laatuun kahdessa kokeessa. Kun väkirehu sisälsi 20 % rypsirohetta, lihan ja rasvan maku arvesteltiin ensimmäisessä kokeessa merkitsevästi huonommaksi kuin soijarouheella ruokittaessa. Molemmissa kokeissa sivumakuja havaittiin merkitsevästi useammin rypsilä ruokittujen eläinten lihassa. Makuvirheet aiheutuivat todennäköisesti rehun sisältämistä fenyylkoliiniestereistä, sillä rehujen glukosinolaattipitoisuudet olivat hyvin alhaisia ja lisäksi alhaisempia ensimmäisessä kokeessa, jossa makuvirheet olivat voimakkaampia. Fenyylkoliiniestereiden oli aikaisemmissa kokeissa havaittu hajoavan eläinten ruoansulatuskanavassa.

Melton (1990) referoi koetta, jossa härilille annettiin 10 tai 20 % rypsiöljyä tai runsaasti monotyydyttymättömiä rasvahappoja sisältävää rasvaa. Eläinten lihaksensisäiseen rasvaan ei siirtynyt juurikaan öljyhappoa. Rypsiöljyä saaneiden eläinten lihan maku sai makuraadilta alhaisemman arvion maun voimakkuudesta kuin kontrollieläimet (durra + kaura + soijarouheruokinta). Tesfan *et al.* (1992) kokeessa ohra + heinäruokinnalla 5 % rypsiöljyä rehuannoksen kuiva-aineesta ei vaikuttanut makuraadin arvioimaan lihan syöntilaatuun (mureus, mehukkuus, maku). Ulkofileen rasvahapoista sekä öljyettä linolihapon pitoisuudet lisääntyivät kontrolliin verrattuna (Taulukko 3). Runsa linolihapon määrä voi aiheuttaa lihaan makuvirheitä säilytyksen aikana, sillä linolihappo on herkkä hapettumaan. Lisäksi *trans*-öljyhapon pitoisuus lisääntyi rypsirohokinnalla yli kaksinkertaiseksi kontrolliin verrattuna.

0- ja 00-rypsirouheiden syöttö ja niiden ÖPEX[®]-käsittely aiheuttivat pieniä mutta merkitseviä eroja ay-sonnien rasvakudosten rasvahappokoostumukseen. Lihaa ei arvesteltu aistinvaraisesti (Aronen & Vanhatalo 1992). Maissipohjaisella ruokinnalla 20 % rehuannoksen kuiva-aineesta kokonaisia rypsiäsiemeniä ei vaikuttanut angus herefordhärkien rasvakudoksen rasvahappokoostumukseen eikä ulkofileen marmoroitumiseen tai aistinvaraiseen laa-

tuun. Vaikutukset jäivät vähäisiksi, sillä kokonaisten rypsinsementen sulavuus oli huono (St. John *et al.* 1987).

Muutamissa edellä mainituissa tutkimuksissa saadut kielteiset vaikutukset lihan laatuun nostavat esiin kysymyksen, pitäisikö kotimaisten rypsiuotteiden vaikutusta meille tyyppillisessä ruokintamallissa tutkia. Normaalin käytännön mukainen ruokinta, jossa rypsiuotteita käytetään valkuaisrehuna, tuskin aiheuttaa lihan laadulle merkittävää uhkaa.

5.2 Kalajauho

Yksimahaisilla kotieläimillä kalajauhon syöttö on aiheuttanut makuvirheitä eläintuotteisiin. Märehtijöillä ongelma on vähäisempi, sillä pötsin mikrobit hajottavat rehuperäisiä yhdisteitä. Ruotsissa eläinperäisiä rehuraaka-aineita (liha- ja kalajauho) ei käytetä märehtijöiden ruokinnassa eettisistä syistä ja Suomen luonnonmukaisen kotieläintuotannon säännökset kieltävät niiden käytön.

Kalajauhon syötön on havaittu parantaneen nautojen kasvua ja rehuhyötysuhdetta (Gill *et al.* 1987, Jaakkola *et al.* 1990, Veira *et al.* 1994). Vaikutuksia ruhon laatuun ja teuras-%:in ei juuri ole havaittu (Gill *et al.* 1987, Jaakkola *et al.* 1990, Comerford *et al.* 1992, Veira *et al.* 1994).

Jaakkola *et al.* (1990) syöttivät ayrshire- ja friisiläisnauhoille kalajauhoa 0 tai 0,25 kg päivässä (raakaravua 12,8 %). Kalajauhon syöttö lisäsi kalanrasvahappojen (C22:5 ja C22:6) määrän 1,5:stä 2,1 %:in lihan rasvahappojen kokonaismäärästä. Tästä aineistosta määritetty ulkofileen rasvahappokoostumus (Vanhatalo 1987) on esitetty taulukossa 3. Kalanrasvahappojen pitoisuus ei korreloinut lihasta annettujen makupisteiden kanssa, jotka eivät eronneet eri käsittelyjen välillä. Karkearehuina koeksessa käytettiin rajoitetusti tai pitkälle käynnyttä säilörehua ja väkirehua ohraa. Kalajauholla oli positiivinen vaikutus erityisesti entsyymivalmisteella säilötyä rehua syöneiden nautojen lihan makuun.

Ulkomaisissakaan tutkimuksissa kalajauho ei ole vaikuttanut haitallisesti naudanlihan syöntilaatuun (Comerford *et al.* 1992, Veira *et al.* 1994). Comerford *et al.* (1992) vertasivat kalajauhoa soijarouheeseen holstein- ja liaroturisteytyshärkien ruokinnassa. Lihaa ei arvosteltu aistinvaraisesti, mutta muihin lihan laatua kuvaaviin ominaisuuksiin (marmoroituminen, lihan rakenne, kiinteys ja väri sekä rasvan väri) valkuaisrehulla ei ollut vaikutusta. Veiran *et al.* (1994) makuraati havaitsi risteityshärkien lihan maun voimakkuuden merkitsevästi lisääntyvän (8,4 *vs* 9,2; arvosteluasteikko: 1,5 = mieto ja 13,5 = voimakas), kun kalajauhon määrää lisättiin asteittain 0:sta 500 g:aan/pv. Lihan mehukkuus sen sijaan huononi selvästi (9,1 *vs* 6,5; arvosteluasteikko: 1,5 = erittäin kuiva ja 13,5 = erittäin mehukas). Lihan mureuteen kalajauholla ei ollut merkitsevää vaikutusta, vaikka sekä makuraadin määrittämät että leikkuumittarilla saadut arvot huononivat numeerisesti kalajauhon annostusta lisättäessä. Härät teurastettiin yli 410 pv iässä sitä mukaa, kun ne saavuttivat 8 mm pintarasvan paksuuden ultraäänimittauksella todettuna.

5.3 Maitotuotteet

Täysmaitoa ja maitopohjaisia tuotteita (rasvatonta maitoa, heraa) käytetään menestyksellisesti vasikoiden ja nuorten nautojen rehuina joko tuoreena tai kuivattuna. Juottovasikkakasvatus on erikoistunutta naudanlihantuotantoa, jossa lihanauta kasvatetaan teurastukseen saakka pääasiassa maitopohjaisilla rehuilla. Juottovasikat teurastetaan suhteellisen nuorina. Niiden liha on mureaa ja vaaleaa, ja sitä käytetään Keski- ja Etelä-Euroopassa. Suomessa juottovasikkakasvatusta ei harjoiteta.

Gauthier *et al.* (1994) tutkivat rasvatonta ja täysmaitoa väkirehuvaltaisesti kasvatettujen lihasonnien rehuina. Maidon rasvapitoisuus ei vaikuttanut tuloksiin, joten seuraavassa on esitetty molempien maitoryhmien keskiarvot. Sonnit saivat joko so-

kerijuurikasleikepohjaista väkirehua tai vähemmän valkuaisista sisältävää väkirehua ja 11 litraa maitoa/pv. Sonnit tulivat kokeeseen 330 kg:n elopainossa ja niitä kasvatettiin koerehuilla keskimäärin 160 pv. Maitoa saaneiden sonnien teuras-% oli merkittävästi parempi kuin pelkällä väkirehulla kasvatettujen (65,4 vs 63,7 %). Niiden ruhot olivat myös lihakkaampia ja vähärasvaisempia. Maitoa saaneiden sonnien lihan pH laski merkittävästi nopeammin teurastuksen jälkeen, liha oli hieman tummempaa ja tappiot ruoanvalmistuksen aikana pienempiä kuin väkirehulla kasvatettujen sonnien lihassa. Ruokintojen taloudellisuusvertailussa maidolla kasvatetut sonnit olivat selvästi tuottoisampia (kate 6362 vs 2929 Belgian frangia), kun maitoa pidettiin laskelmassa ilmaisena sivutuotteena lypsykarjatilalla (esim. kiintiön ylittävä osa, vointuotantotilalla markkinaton sivutuote).

5.4 Rasvat ja öljyt

Rehukasvien lipidit sisältävät runsaasti tyydyttymättömiä rasvahappoja, mutta pötsissä mikrobit hydrolysoivat lipidejä ja hydrogenoivat rasvahappoja (lisäävät vetyä kaksoissidoksiin, jolloin tyydyttymättömät sidokset muuttuvat tyydyttyneiksi). Rehuperäisten linoli-, linoleeni- ja öljyhappojen hydrogenointi johtaa siihen, että ohutsuoleen virtaa runsaasti steariinihappoa. Rasvahappojen imeytyessä ohutsuolessin läpi jonkin verran steariinihappoa dehydrogenoituu öljyhapoksi (Annison 1976). Rasvojen syöttämisellä voidaan jonkin verran vaikuttaa kudosrasvan rasvahappokoostumukseen (Tesfa *et al.* 1992; Taulukko 2, Patil *et al.* 1993). Linoli-hapon pitoisuuden suureneminen lihassa voi lisätä makuvirheiden esiintymisriskiä varsinkin pakastetussa lihassa, sillä linoli-happo on herkkä hapettumaan (Reineccius 1979).

Rasvojen ja öljyjen käyttö intensiivisessä märehittäjätuotannossa on houkuttelevaa, sillä niiden energia-arvo on korkea ja hinta

kilpailukykyinen moniin muihin energiarehuihin verrattuna. Rasvojen vaikutukset pötsifermentaatioon (kuidun sulatuksen huononeminen ja mikrobisynteessin vähentyminen) voivat kuitenkin vaikuttaa haitallisesti tuotantoon. Tyydyttyneet rasvahapot eivät ole pötsimikrobeille yhtä haitallisia kuin tyydyttymättömät, joten rasvahappojen hydrogenointi tai alunperin tyydyttyneempiä rasvahappoja sisältävän rasvan syöttö voi olla hyödyllistä. Tyydyttymättömät rasvahapot inhiboivat pötsissä metaania tuottavien bakteerien toimintaa ja lisäävät propionihapon suhteellista osuutta pötsin haihtuvista rasvahapoista. Rasva voidaan suojata pötsimikrobeilta esim. ympäröimällä rasvapalloset formaldehydillä käsitellyllä valkuaisella. Rasvahappojen suojaamisen avulla pystytään tehokkaammin muuttamaan kudosrasvan rasvahappokoostumusta (Van Soest 1982, pp. 264–267). Jos märehittäjien rehuannos sisältää runsaasti tyydyttymättömiä rasvahappoja, kasvaa eläinten riski sairastua lihasrappeumaan (ks. luku 5.5).

Runsaasti rasvaa sisältävä rehu maittaa usein huonosti naudoille. Yleensä märehittäjien rehuannoksen rasvapitoisuuden ylärajana pidetään 5 %:a. Taulukkoon 8 kootuissa tutkimuksissa suuremmatkaan dieetin rasvapitoisuudet eivät kuitenkaan merkittävästi huonontaneet nuorten nautojen kasvua. Jos märehittäjien dieetti perustuu väkirehuun, ei kuidun sulatuksen huononemisella ole kovin suurta merkitystä. Energian hyväksikäyttö kasvuun näyttää paranevan, kun dieetin rasvapitoisuus suurenee (McCortor & Smith 1978, Zinn 1989, Fiems *et al.* 1990; Taulukko 8). Rasvaruokinta saattaa vaikuttaa myös lihassolujen metaboliaan. Vovkin & Yanovychin (1995) nuoret sonnit kasvoivat talia, aurin-gonkukkaöljyä tai rypsiöljyä saadessaan paremmin kuin ilman rasvalisää (909 vs. 777 g/pv). Rasvaruokinta vähensi aminohappojen hajotusta ja lisäsi valkuaisynteesiä lihaskudoksissa.

Rasvaruokinta on yleensä lisännyt lihan marmoroitumista (McCortor & Smith 1978, Zinn 1989, Patil *et al.* 1993; Taulukko

Taulukko 8. Rehuihin lisätyn rasvan vaikutus nautojen kasvuun ja lihan laatuun.

Lahde	Dieetin rasva-%	Teuraspari- no, kg	Teuras-%	Kasvu, g/pv	Hyötyosuhte, MJ, NE/kg, min	Pintarassa, tummen ¹⁾	Marmoroi- Mareus	Määrädiini arvio ²⁾ Mehukkuus	Miellyttäisyys
McCartor & Smith (1978), brahmanherefordhärät, perusruokinnan koostumus soijhumia 54, pellavansiemenrouhetta 8, melassia 3 ja bermudagrass-heiniä 33 % alkukasvatusta laittumella 510 pv ikaan asti, jonka jälkeen koeruoikinnat 56 pv.									
Durra + heinä		302	62,1	920	47,7	6,18 ^a	4,9	4,5	4,3
--- + 8 % suoj. talia		299	62,0	1100	36,1	7,94 ^b	4,9	4,7	4,2
Zinn (1989), brahmanisteyshärät ohravaltaisella (ohraa 59, ruokomelassia 8, sinimallilasheniä 8, maisssia 5-18 ja puuvillansiemenrouhetta 1-6 %) koeruoikinnalla 125 pv (alkupaino 333 kg). Rasvaseos sisälsi erilaisia kasvi- ja eläinrasvoja.									
Ohravaltainen vt-ruokinta	2,04	274		830	39,2	11,7	4,09		
--- + 4 % rasvaseosta	5,56	280		920	35,3	12,3	4,21		
--- + 8 % rasvaseosta	8,90	291		1020*	34,7	13,3	4,35 ^c		
Fiems <i>et al.</i> (1990), Belgian siniset kaksoislihakselliset sonnit, perusruokinta sokerijuurikasleikettä 50, tapiokkaa 10, mallastuja 10, vehniä 15 ja juurikasmelassia 8 % sonnien elopaino kokeen alussa oli 398 kg ja ne olivat koeruoikinnalla 244 pv.									
Perusruokinta	1,6	491	68,4 ^a	1260	51,2	12,6 ^b			
--- + 2,5 % hydroi. rasvaa	3,9	498	69,3 ^b	1320	48,0	12,9			
--- + 5 % hydroi. rasvaa	6,3	495	69,2 ^b	1330	48,3	13,0			
--- + 5 % talia	6,6	495	69,3 ^b	1320	46,5	12,6			
Tesfa <i>et al.</i> (1992), ayrshire- ja friisiläissonnit, perusruokinta ohravaltainen seos ja timoteihinä (45:55 kuiva-aineesa), eläinten alkupaino oli 123 kg ja koe kesti 256 pv.									
Ohra + heinä	3,37	211	48,8	1200 ^a	56,0 ^b	7,2 ^b	5,6	3,8	5,3
--- + 2,25 % rypsiöljyä	5,77	193	49,1	1050 ^b	58,6	4,7	6,0	4,3	5,5
--- + 2,25 % suoj. rasvaa	5,37	193	49,0	1050 ^b	61,3	6,7	6,0	4,7	5,7
--- + 2,25 % talia	6,23	192	48,0	1080 ^b	57,1	5,6	5,7	5,7	6,0
Patil <i>et al.</i> (1993), laiduntavat angusherefordhärät, väkirehun koostumus maisssia 85, maissigluteenijauhoa 3, verijauhoa 2,5, höyhenjauhoa 2 ja soijarouhetta 2 %, eläinten elopaino kokeen alussa 270 kg ja ne olivat koeruoikinnalla 84 pv.									
Laidun + 3,1 kg maissiväkirehua		220		1340	5,5	2,53 ^b	5,6	5,0	5,4
--- + 1,1 kg talivalmistetta		220		1410	7,0	3,05 ^b	5,5	4,8	5,3
--- + 2,2 kg talivalmistetta		219		1300	6,2	3,03 ^b	5,2	5,1	5,4

¹⁾Mitä suurempi arvo, sitä voimakkaampi marmoroituminen

²⁾1 = erittäin huono ja 8 = erittäin hyvä

³⁾Ruuhon rasva-%

⁴⁾Muutokelpoinen energia (ME)

⁵⁾Ulkofiecen rasva-%

vt = väkirehu

Tilastollinen merkittävyys: rasvaisäyksen vaikutus: * P < 0,10, * P < 0,05, ** P < 0,01, ^{a,b,c} eri yläindekseihin erotetut keskiarvot erilaisia.

8). Tesfan *et al.* (1992) kotimaisessa tutkimuksessa lihaksensisäisen rasvan pitoisuus kuitenkin pienei rasvalisän vaikutuksesta. Pieneneminen oli selvintä rypsiöljyä syötettäessä. Kaikkien lihanäytteiden rasvapitoisuus oli varsin suuri. Taulukkoon 8 kootuissa tutkimuksissa rasvan alkuperällä ei yleensä ollut suurta vaikutusta nautojen kasvuun ja lihan laatuun.

Loesche *et al.* (1991) spekuloiivat rypsin rasvassa esiintyvän erukahapon (C22:1) lisäävän lihaksensisäisen rasvan määrää, kun sitä lisätään nautojen väkirehuvaltaiseen loppukasvatusruokintaan. Kokeellisesti he eivät kuitenkaan pystyneet sitä osoittamaan. Erukahappoa ei siirtynyt risteytyshärkien rasvakudokseen, mutta erukahapon syöttö vähensi merkittävästi öljy-, linoli- ja linoleenihappojen pitoisuutta pintarasvassa. Yksi koeryhmä sai runsaasti glukosinolaatteja sisältävää rypsirouhetta ja sen syönti, kasvu ja rehun muuntosuhde jäivät merkittävästi huonommiksi kuin muiden ryhmien.

5.5 E-vitamiini

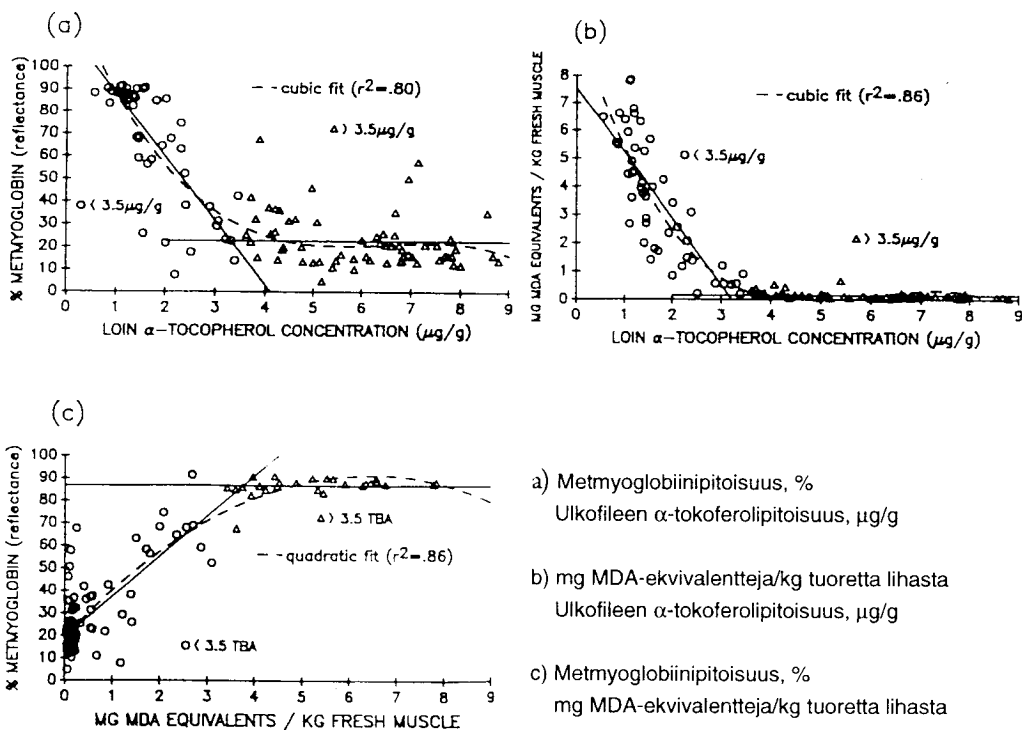
E-vitamiini (α -tokoferoli) on epäspesifi biologinen antioksidantti. E-vitamiinin ja/tai seleenin (Se) puute voi aiheuttaa naudoille lihasrappeumaa. Erityisesti vasikat ovat alttiita sairastumaan, ja puutostauti voi johtaa eläimen kuolemaan. Lihasrappeumasta kärsivän eläimen lihakset ovat kehittymättömiä ja hyvin vaaleita. Lihasten valkuaisaineet hajoavat helposti, hengityskapasiteetti on alentunut, sidekudoksen, rasvan ja veden pitoisuudet ovat normaalia suuremmat ja kokonaistypen pitoisuus pienempi. Jos eläinten rehut sisältävät runsaasti tyydyttymättömiä rasvahappoja ja erityisesti linoli-happoa, kasvaa eläinten riski sairastua lihasrappeumaan (Lawrie 1985).

Rasvojen hapettuminen on keskeinen lihan laatua säilytyksen aikana huonontava reaktio. Hapettumisen seurauksena lihaan muodostuu epämiellyttäviä makuja ja hajua, monitydyttymättömien rasvahappojen ja rasvaliukoisten vitamiinien laatu

kärsii ja lihaan muodostuu peroksiedeja ja aldehydejä, jotka voivat olla myrkyllisiä. Myoglobiini, hemoglobiini, sytokromit ja vapaa rauta katalysoivat eli nopeuttavat rasvojen hapettumista lihassa. Nitriitti, metalleja kelatoivat yhdisteet, synteettiset antioksidantit ja E-vitamiini puolestaan estävät rasvojen hapettumista. Näistä E-vitamiini on lihassa luonnostaan esiintyvä ja ihmisravitsemuksessakin hyödyllinen aine. Myös karotenoidit, C-vitamiini, jotkut peptidit (karnosiini, anseriini, homokarnosiini), sinkki, kupari, mangaani ja seleeni lisäävät lihan hapettumisen vastustuskykyä (Morissey *et al.* 1994).

E-vitamiinin vaikutusta myoglobiinin ja rasvojen hapettumiseen säilytyksen aikana on tutkittu paljon. Lihasten ja muiden kudosten E-vitamiinipitoisuutta voidaan suurentaa syöttämällä eläimille E-vitamiinia eli α -tokoferolia. Lihan kohonnut α -tokoferolipitoisuus vähentää oksimyoglobiinin hapettumista metmyoglobiiniksi ja rasvojen hapettumista, mikä pidentää useilla päivillä lihan säilymistä myyntikelpoisena (Arnold *et al.* 1993a ja 1993b, Garber *et al.* 1993, Liu *et al.* 1993, Mitsumoto *et al.* 1993, Vega *et al.* 1994). Myös seleeni toimii E-vitamiinin tavoin antioksidanttina lihassoluissa, mutta E-vitamiinin merkitys lihan värin säilymiseen kelvollisena on suurempi (Liu *et al.* 1993). Tuoresäilötyn rehuviljan E-vitamiinipitoisuus on pieni, joten sitä syötettäessä vitamiinitäydennys on tarpeen lihan säilyvyydenkin parantamiseksi.

Arnold *et al.* (1993a) selvittivät E-vitamiinin annostustavan (vakioitu annos päivää tai elopaino-kg:a kohti, annostuksen ajoittuminen koekauden alku- tai loppuosalle tai koko ajalle) ja määrän vaikutusta lihan laatuun 10 eri yhdistelmänä. Lihan laatu pysyi hyvänä, kun se sisälsi 3,3 μ g α -tokoferolia/g (kuva 6a ja 6b). Tämä pitoisuus saavutettiin esimerkiksi syöttämällä α -tokoferolia 3 kk ajan 1840 mg/pv tai 6 kk ajan 400 mg/pv. Kudosten α -tokoferolivarastojen pienentyminen tapahtuu hitaasti, joten lihan laatu ei kärsi, vaikka naudat eivät saisikaan E-vitamiinia



- a) Metmyoglobiinipitoisuus, %
Ulkofileen α -tokoferolipitoisuus, $\mu\text{g/g}$
- b) mg MDA-ekvivalenteja/kg tuoretta lihasta
Ulkofileen α -tokoferolipitoisuus, $\mu\text{g/g}$
- c) Metmyoglobiinipitoisuus, %
mg MDA-ekvivalenteja/kg tuoretta lihasta

Kuva 6. Naudan ulkofileen α -tokoferolipitoisuuden ja metmyoglobiinin (a) sekä rasvojen hapettumistuotteiden ilmaistuna malonaldehydi- (MDA) ekvivalenteina (b) pitoisuuksien suhde, ja 12 pv säilytyksen jälkeen määritettyjen metmyoglobiinin ja rasvojen hapettumistuotteiden pitoisuuksien suhde (c) (Arnold *et al.* 1993a).

välittömästi teurastuksen alla. Metmyoglobiinin muodostuminen ja rasvojen hapettuminen korreloivat keskenään. Metmyoglobiinin muodostuminen saavuttaa ylärajan nopeammin kuin rasvojen hapettuminen, joten reaktiot ovat jossakin suhteessa erilaisia (Kuva 6c).

Lihaan voidaan lisätä E-vitamiinia tai muita antioksidantteja myös teurastuksen jälkeen. Mitsumoto *et al.* (1993) lisäsivät jauhelihaan E-vitamiinipitoisuutta syöttämällä holsteinhärille eri määriä α -tokoferolia ja lisäämällä jauhelihaan α -tokoferolia. Lihaan kasvatuskauden aikana kertynyt α -tokoferoli vähensi huomattavasti enemmän myoglobiinin ja rasvojen hapettumista kuin jauhelihaan lisätty α -tokoferoli. Antioksidanttien lisääminen lihaan on monissa maissa kielletty.

Eri suuruisten E-vitamiinimäärien syötämisellä ei ole havaittu merkittävää vaikutusta eläinten kasvuun tai ruhon laatuun (Arnold *et al.* 1993a ja 1993b, Garber *et al.* 1993). Garberin *et al.* (1993) kokeessa lihan marmoroituminen lisääntyi merkittävästi E-vitamiinin annostusta lisättäessä, mutta leikkausvoimalla arvioituun mureuteen käsittelyillä ei ollut vaikutusta.

5.6 Etanoli

Kreul kollegoineen tutki etanolin vaikutuksia väkirehuvaltaisesti ruokittujen risteityshärkien lihan mureuteen (1992a) ja kasvuun (1992b) kahdessa kokeessa. Ensimmäisessä kokeessa härille annettiin etanolia 0, 2, 4 ja 6 % dietin kuiva-aineesta 42 pv

ajan ennen teurastusta. Etanolin syöttö paransi lihan mureutta (leikkausvoima) 4 ja 6 % annostustasoilla, kun lihaa oli raakakypsytetty 14 pv. Veren alkoholi- ja seerumin kreatiinifosfokinaasipitoisuudet olivat korkeimmillaan 14 pv annostuksen aloittamisen jälkeen, ja pienenivät sitten vähitellen, kun eläimet tottuivat etanoliin. Elektronimikroskooppisessa tarkastelussa lihaksissa ei havaittu morfologisia muutoksia. Etanoli ei vaikuttanut haitallisesti rehujen maittavuuteen tai eläinten kasvuun. Eläinten käyttäytymistä ei kokeellisesti tutkittu, mutta etanolia saaneet eläimet vaikuttivat rauhallisemmilta ja niitä oli helpompi käsitellä.

Toisessa kokeessa tutkittiin etanolin annostusajan vaikutusta lihan mureuteen. Härät saivat etanolia 4 % dieetin kuiva-aineesta 0, 17, 24, 38, 66 ja 122 pv ajan ennen teurastusta. Lihan mureus parani eniten härrillä, jotka olivat saaneet etanolia 24 pv ajan. Eläimille syötetty etanoli ilmeisesti nopeutti lihan mureutumista raakakypsytyksen aikana. Etanolia saaneiden eläinten kasvu ei eronnut kontrolliryhmän kasvusta. Pitkäaikainenkaan etanolin syöttö ei aiheuttanut eläimille maksavaurioita.

Säilörehu, erityisesti muurahaishapolla säilötty, saattaa sisältää muutamia prosentteja etanolia. Etanolia syntyy hieman myös pötsikäymisessä.

5.7 β -Hydroksi- β -metyylivoihappo

β -Hydroksi- β -metyylivoihappo (HBM) on eläinten aineenvaihdunnassa luonnostaan esiintyvä leusiiniaminohapon hajotusaine. Van Koeving *et al.* (1994) syöttivät väkirehuvaltaisesti ruokituille härrille HBM:a 0,03 % dieetistä 82 päivän ajan. Vaikutukset härkien kasvuun olivat vähäisiä. HBM:n syöttäminen paransi ulkofileen mureutta (leikkausvoima). Myös lihaksen rasvapitoisuus suureni, mutta pintarasva oheni. Kolesterolin pitoisuus härkien plasmassa pieneni, mutta lihan kolesterolipitoisuuteen HBM:lla ei ollut vaikutusta.

HBM:n ainutlaatuisista vaikutuksista rasva-aineenvaihduntaan kirjoittajat eivät pystyneet selittämään, mutta näkivät sen käyttökelpoisena lisäaineena kasvavien nautojen ruokinnassa. Kirjoittajat viittasivat myös aikaisempiin tutkimuksiinsa, joissa α -ketoisokaproaatti (HBM:n esiaine) oli niinikään lisännyt lihasten marmoroitumista, mutta vähentänyt pintarasvaisuutta.

6 Kasvunedistäjät

Lihanautojen kasvun edistämiseen voidaan käyttää antibioottisia aineita [rehuantibiootit (mm. kloortetrasykliini, oksitetrasykliini ja penisilliini) ja ionoforit (monensiini ja lasalocid)] sekä hormoneja ja niiden kaltaisia aineita [luonnolliset sukupuolihormonit (estrogeeni, progesteroni ja testosteroni) ja niiden kaltaiset keinotekoiset aineet (zeranoli, trenboliini), katelkolamiinin johdannaiset β -agonistit ja kasvuhormoni]. Rehuantibioottien vaikutus perustuu ruoansulatuskanavan haitallisten mikro-organismien määrän vähenemiseen. Ionoforit vaikuttavat pötsin mikrobistoon lisäten propionihapon tuotantoa ja vähentäen rehuvalkuaisen hajoavuutta. Hormonit ja niiden kaltaiset aineet vaikuttavat naudan omaan aineenvaihduntaan lisäten lihaskudoksen nettokasvua rasvan kustannuksella (Church & Pond 1988, luku 16).

Valkuaiskudus uusiutuu jatkuvasti ja noin yhden kg:n päivässä kasvava sonni muodostaa joka päivä 2680 g valkuaista ja hajottaa vastaavasti 2519 g. Tämän takia hyvin pienetkin muutokset joko muodostumis- tai hajotusnopeudessa voivat vaikuttaa merkittävästi nettokasvuun (MacRae & Lobley 1991). Antibioottiset aineet lisäävät kasvua lisäämällä kudosten käytettäväksi tulevien aineiden määrää ja lisäten siten valkuais- (ja rasva-) synteesiä. β -Agonistit vähentävät valkuaiskudoksen hajotusta, mutta kasvuhormoni lisää valkuaiskudoksen muodostumista. Tämän eron takia kasvuhormonikäsittelyn vaikutukset riippuvat perusrasvasta, sillä eläimen on

rehujen mukana saatava riittävästi lähtöaineita lisääntyneen valkuais synteesin raaka-aineiksi.

Suomessa lihanautojen kasvunedistämiseen on hyväksytty antibioottisesti vaikuttavat avoparsiini ja monensiini. Hormonivalmisteita ei saa käyttää lihantuotannon tehostamiseen. Kasvunedistäjäaineita voi teoriassa siirtyä eläintuotteisiin. Kohutuullisilla annostelutasoilla ja annettuja varoikoja noudatettaessa jäämäongelma on mitätön. Sanoutuminen irti lisääaineiden käytöstä ja sitä kautta parantunut kotieläintuotteiden eettinen laatu saattaisivat antaa parhaan kokonaistuloksen koko elinkeinon kannalta. Luonnollisten ja keinotekoisien sukupuolihormonien ja β -agonistien käyttö nautojen kasvun edistämiseen on USA:ssa yleistä, mutta Euroopan Unionin alueella kiellettyä. Tästä on muodostunut kauppapoliittinen ongelma.

6.1 Ionoforit

Lacalocidin syöttö (30 mg/kg dieetin k:ta) paransi nuorten sonnien kasvua sekä maissi (995 vs 1025 g/pv) että maissisäilörehupohjaisella (872 vs 989 g/pv) ruokinnalla (Krelowska-Kulas *et al.* 1989). Lihaksensisäisen rasvan pitoisuus, lihaksen vedensidontakyky ja valuma pienenevät. Vaikutukset lihan väriin olivat vähäisiä, ja aistinvaraiseen arvosteluun olemattomia. Munuaisrasvan jodiluku pieneni ja sulamislämpötila nousi, mikä kuvastaa suurempaa tyydyttyneiden rasvahappojen pitoisuutta lacalocidia saaneiden sonnien rasvakudoksessa.

6.2 β -Agonistit

Kokeessa, jossa sonnien elopaino kokeen alkaessa oli 290 kg ja kokeen kesto 91 pv, cimaterolin syöttö (0,06 mg/elopaino-kg/pv) lisäsi samaksi rajoitetulla ruokinnalla päiväkasvua 1276 g:sta 1514 g:aan ja paransi rehun muuntosuhdetta. Cimaterolia saaneiden sonnien lihan laatu oli

huomattavasti huonompi kuin kontrollieläinten. Lihaksensisäisen rasvan pitoisuus pieneni (1,26 vs 0,80 %) ja leikkuuvoima kasvoi merkitsevästi (6,2 vs 18,4 kg). Harvinaisen suuri leikkuuvoimatulos cimaterolia saaneiden eläinten lihaa tutkittaessa saattoi johtua cimaterolin suhteellisen korkeasta annostustasosta. Cimaterol vaikutti myös lihassolutyypijakaumaan ja lihan entsyymiaktiivisuuksiin. Lihaksen aineenvaihdunta näytti muuttuvan enemmän glykolyttiseksi oksidatiivisuuden kustannuksella (Vestergaard *et al.* 1991).

Geesink *et al.* (1993) tekivät holsteinjuottovasikoilla kokeen, joka vahvisti β -agonistien (clenbuterolin) haitallisen vaikutuksen lihan mureuteen. Aiempien julkaistujen tutkimusten ja omien tulostensa perusteella kirjoittajat kyseenalaistivat β -agonistien käytön taloudellisuuden. Vaikka eläinten kasvu nopeutuu ja ruhon rasvaisuus vähenee, lisääntynyt lihan sitkeys ja valumatappiot huonontavat lopputulosta. Lihan lisääntynyt sitkeys johtuu vähentyneestä valkuaisaineiden hajoamisesta teurastuksen jälkeen. Vaikutukset muihin lihan laatuominaisuuksiin eivät ole yhtä selviä. β -Agonistien kasvua lisäävä vaikutus perustuu valkuaisen hajotuksen vähentymiseen lihaskudoksissa (ks. MacRae & Lobley 1991). Tutkimuksissa ei ole käsitelty sitä, voisiko kyseessä olla sama vaikutus, kun lihan alhainen proteolyttinen aktiivisuus huonontaa mureutta teurastuksen jälkeen. Lihassolujen lukumäärä on lihaksissa vakio ja kasvun paraneminen johtuu solujen koon suurenemista. Myös se voi vaikuttaa kielteisesti lihan laatuun.

6.3 Kasvuhormoni

Kokeessa, jossa friisiläishiehojen elopaino kokeen alkaessa oli 147 kg ja kokeen kesto 105 pv, päiväkasvu parani samaksi rajoitetulla ruokinnalla 664 g:sta 840 g:aan/pv, kun eläimiin pistettiin päivittäin 15 mg nautan kasvuhormonia. Lihaksensisäisen ras-

van pitoisuus pienei merkittävästi (0,97 vs 0,77 %) ja leikkausvoimalla mitattu mureus sai hieman suuremmat arvot (5,8 vs 6,5, ero ei merkittävä) kasvuhormonia saaneilla eläimillä. Mitattuihin lihassoluominaisuuksiin hormonikäsittely ei vaikuttanut (Vestergaard *et al.* 1991).

Vestergaard *et al.* (1993) tekivät kokeen, jossa maitorotuisten kaksoshiehoparien toettiin vastaavan 20 IU:n (15–20 mg) päivittäiseen kasvuhormoniruiskeeseen samaan tapaan kuin edellä kuvatussa kokeessa. Kasvuhormonin annostelu aloitettiin, kun hiehot painoivat keskimäärin 179 kg ja käsittelyä jatkettiin 109 pv. Päiväkasvu parani samaksi rajoitetulla ruokinnalla 877:stä 948 g:aan/pv ja ruhosta leikattavan rasvan määrä pienei 12 % kasvuhormoniannostelun myötä. Tässäkin kokeessa ulkofileen lihaksensisäisen rasvan pitoisuus pienei merkittävästi (1,82 vs 1,45 %), mutta muihin lihan laatua kuvaaviin parametreihin (kollageenipitoisuus, pH, väri, leikkausvoimalla arvioitu mureus, aistinvarainen laatu) käsittely ei vaikuttanut. Tulostensa tarkastelussa kirjoittajat mainitsivat, että pelkkä päiväkasvun tarkastelu voi antaa liian hyvän kuvan kasvuhormonin vaikutuksista, sillä monet ruhoon kuulumattomat osat suurenevät suhteellisesti enemmän kuin itse ruho.

Eläimen oman kasvuhormonin pitoisuus plasmassa lisääntyy aliruokinnan seurauksena. Kudostasolla kasvuhormonin vaikutuksia välittävän insuliininkaltaisen kasvutekijä 1:n (IGF 1) pitoisuus pienenee solujen tullessa immuuniksi kasvuhormonin vaikutukselle. Somatostatiini on neuropeptidi, joka ehkäisee kasvuhormonin eritystä. Somatostatiinin vaikutuksen vähentämistä immunoneutraloinnilla on jonkin verran selvitetty kasvunestämistarkoituksessa (MacRae & Lobley 1991). Ingvarsten *et al.* (1995) onnistuivat jonkin verran lisäämään IGF 1:n pitoisuutta nuorten friisiläisnoinien plasmassa somatostatiini-immunisaatiolla, vaikka kasvuhormonin ja insuliinin pitoisuudet eivät muuttuneet. Immunisoitujen eläimet kuluttivat rehua enemmän kuin immunisoimat-

tomat, mutta ero päiväkasvussa ei ryhmien välillä ollut merkittävä. Immunisoitujen eläinten ruhot olivat rasvaisempia, mutta lihan laatuun (lihaksensisäinen rasva, lihan pH, leikkausvoimalla arvioitu mureus ja väri) käsittely ei vaikuttanut.

7 Lihan laatuvirheet

7.1 Makuvirheitä aiheuttavat rehukasvit

Jos naudat saavat dieldriiniä (maataloudessa käytetty hyönteismyrkky) sisältäviä rehuja juuri ennen teurastusta, voi dieldriinin maku siirtyä lihaan. Tietty laimulla kasvat rikkaruohot, esimerkiksi krassi (*Lepidium virginicum*) ja tuoksukki (*Ambrosia artemisifolia*), sisältävät tryptofaaniaminohapon hajoamistuotteita indolia ja skatolia. Näiden kasvien syöminen voi aiheuttaa skatolin hajua lihaan. Skatoli aiheuttaa myös sianlihassa toisinaan esiintyvän epämiellyttävän karjunhajun (Lawrie 1985).

Lund *et al.* (1991) raportoivat teurastamolla havaitusta hajuvirheestä nuoren (14–16 kk) sonnien ruhoissa. Sonnia oli viimeisten 42 pv ajan ruokittu rehulla, josta 60 % oli vihannesjätettä, joka sisälsi 1–2 % sipulia. Epämiellyttävä haju lihassa saattoi johtua eläimen syömästä sipulista.

7.2 Haitallisten aineiden jäämät

Lihassa havaitaan vain satunnaisesti patogeenisia mikrobeja ja niiden tuottamia myrkyjä, lääkejäämiä, radionuklideja, hormonijäämiä tai kasvialkaloideja. Luonnossa vaikeasti hajoavien tai ravintoketjussa rikastuvien ympäristömyrkyjen [esim. orgaaniset klooriyhdisteet, polysykliset aromaattiset hiilivedyt (PAH) ja raskasmetallit kuten lyijy, kadmium, elohopea ja arseeni] poistuminen ravintoketjusta on erittäin hi-

dasta, joten ne muodostavat potentiaalisesti suuremman uhan lihan puhtaudelle. Näitä aineita kertyy lihaan, jos eläimet saavat niitä rehujen mukana. Viljojen kadmium- ja lyijypitoisuuksissa on alueellisia eroja. Pitoisuudet ovat yleensä sitä suuremmat, mitä eteläisemmässä Suomessa vilja on tuotettu. Raskasmetallipitoisuudet Suomessa ovat kansainvälisen vertailun perusteella hyvin pieniä. Homemyrkyt voivat myös aiheuttaa ongelmia, sillä yli 90 % kotimaisista vilja- ja rehunäytteistä sisälsi niitä. Kauraan muodostuu erityisen herkästi *Fusarium*-toksiinia. Vierasaineiden pitkäaikaisvaikutuksia ja useiden tekijöiden yhdysvaikutuksia ei ole paljon tutkittu, joten vierasaineiden sallitut rajat alittaviinkin pitoisuuksiin on suhtauduttava vakavasti ja aineiden pitoisuuksia seurattava (Kumpulainen *et al.* 1993).

Tahvosen & Kumpulaisen (1994) mukaan lyijyä oli suomalaisessa naudan sisäfileessä keskimäärin 10, jauhelihaassa 8 ja maksassa 37 µg/kg. Kadmiumin pitoisuus naudanlihassa oli niin pieni, että sitä ei pystytty määrittämään. Lehmän maksassa kadmiumia oli keskimäärin 66 ja hiehon maksassa 36 µg/kg. Pitoisuudet olivat pienempiä kuin keski-eurooppalaisessa lihassa. PAH-yhdisteitä voi muodostua lihaa savustettaessa ja grillattaessa, mutta myös liha- raaka-aine voi sisältää näitä yhdisteitä. Koti- ja ulkomaisen naudan sisäfileen PAH-pitoisuudet olivat alhaisia (13–15 g/kg; Hietaniemi 1996).

7.3 Tervaliha

7.3.1 Tervalihaisuus ja lihan jäännösglykokeenin pitoisuus

Tervalihasta käytetään lyhennettä DFD, joka tulee englanninkielisistä sanoista Dark (kiinteä), Firm (kova) ja Dry (kuiva). Nämä laatusanat kuvaavat tervalihan olemusta. Tervalihaa syntyy, kun lihaskudoksessa ei ole teurastushetkellä riittävästi glykokeeniä maitohapon muodostumisen lähtöaineksi, jolloin lihan pH ei teurastuksen jälkeen las-

ke riittävän alas. Tervalihan syöntilaatu (väri, rakenne, maku) ja säilyvyys ovat huonompia kuin normaalin lihan (Pearson & Young 1990).

Lihaskudos sisältää yleensä 0,3–1 % glykokeeniä lihastyypistä, ruokinnasta ja lihaksen aktiivisuudesta riippuen (Bechtel 1986). Crousen *et al.* (1984) tutkimuksessa n. 1 vuoden ikäisten sonnien lihasten glykokeenipitoisuus oli 1,4 %. Tervalihaisuuden vähentämiseksi on pyrittävä pitämään lihasten glykokeenipitoisuus riittävänä teurastushetkellä. Keskeisin tekijä on nautojen stressin vähentäminen ennen teurastusta. Stressitilanteessa eläimet erittävät adrenaliinihormonia, joka saa lihaksissa aikaan glykokeeniä hajottavien entsyymien aktivoitumisen (Bechtel 1986). Useissa tutkimuksissa on todettu stressiä vähentävien tekijöiden eli lyhyen kuljetusmatkan, eläinten pitämisen yksittäiskarsinoissa tai tutuis- sa ryhmissä ja lyhyen odotusajan ennen teurastusta vähentävän tervalihaisuutta (mm. Schaefer *et al.* 1990).

Veden ja rehun epääminen liharoturi- teytyssonneilta 12, 24, 38 tai 48 h ajan ennen teurastusta aiheutti ruhojen kutistumista verrattuna paastoamattomiin sonneihin. Ulkofileen pH oli korkeampi, lihas tummempi ja sen mureus leikkausvoimalla mitattuna sitä huonompi, mitä pidempään eläimiä oli pidetty paastolla. Varsinaista tervalihaa ei havaittu. Todennäköisesti paastosta ja eläinryhmien sekoituksesta johtuva stressi oli kuluttanut lihaksen glykokeenivarastoja.

Eläinten kasvatusolosuhteiden on havaittu vaikuttavan tervalihan syntyyn. Jos eläimet on kasvatettu parsiin kytkettyinä hämärässä navetassa, stressaantuvat ne kuljetettaessa ja teurastamalla vietettynä aikana erittäin voimakkaasti, mikä edistää tervalihan syntymistä. Yksittäisten tilojen välillä on suuria eroja tervalihan esiintymisessä. Yleensä tervalihatiloiilla ruokintaintensiteetti on alhainen, ruokinta on karkearehuvaltainen ja karkearehun laatu huono. Myös mm. säät stressaavat nautoja, erityisesti lypsylehmät kärsivät helteistä ja pakkasista (Vahva 1994).

Tervalihaisuuteen vaikuttaa myös eläimen perimä. Zeroualan & Sticklandin (1991) tutkimuksessa friisiläissonnien tervalihaisiksi todetuissa ulkofileissä oli merkitsevästi enemmän oksidatiivista aineenvaihduntaa kuin normaaleissa lihaksissa. Shackelfordin *et al.* (1994) laajassa aineistossa (n = 3641) tervalihaisuuden suhteen esiintyi perinnöllistä vaihtelua, mutta se oli pientä ympäristötekijöiden aiheuttamaan vaihteluun verrattuna. Isokokoisien, melko rasvaisten ja nopeasti kasvaneiden eläinten ruhoissa havaitaan harvemmin tervalihaa kuin vähärasvaisempien ja pienempien eläinten ruhoissa. Ruokinnan lisäksi stressiherkkyys voi vaikuttaa tähän. Isommat eläimet kärsivät teurastamolla stressistä yleensä vähemmän kuin pienemmät, koska ne kokonsa puolesta dominoivat pienempiä eläimiä. Mahdollisesti myös parempi stressinsietokyky on kasvatuskauden aikana auttanut niitä kasvamaan isommiksi (Puolanne & Aalto 1981).

Runsaalla lihan jäännösglykogeenipitoisuudella on myönteinen vaikutus lihan syöntilaatuun senkin jälkeen, kun alhainen lihan pH (5,5) on saavutettu. Lihan säilyvyys paranee, kun mikrobit käyttävät ravintonaan glykogeeniä eikä aminohappoja, joiden hajoamistuotteet ovat epämiellyttäviä. Glykogeenin vedensidontakyky on hyvä (3–4 g vettä/g glykogeeniä), mikä tekee lihasta mehukasta. Lisäksi glykogeenin oletetaan vaikuttavan lihan ruskistumiseen ja makuaineiden muodostumiseen kypsennyksen aikana (Pethick *et al.* 1995).

7.3.2 Ruokinnan vaikutus tervalihan syntyyn

Glukoosi fermentoituu pötsissä nopeasti haihtuviksi rasvahapoiksi, tyypillisesti voihapoksi, joka ei ole glukoosin esiaine aineenvaihduntareaktioissa. Glukoosia syöttämällä ei siten pystytä kartuttamaan lihasten glykogeenivarastoja. Glukoosin hajoamista pötsissä on pyritty estämään lisäämällä väkirehuihin natriumpropionaat-

tia, juottamalla eläimille maitopohjaisia tuotteita (märekkourun odotetaan sulkeutuvan ja glukoosin joutuvan suoraan juoksumahaan) ja ympäröimällä glukoosijollakin pötsissä hajoamattomalla, mutta alemmassa ruoansulatuskanavassa hajoavalla aineella (Kousgaard 1981).

Paremmat mahdollisuudet vaikuttaa märehitjän glukoosin saantiin perustuvat maksan glukoneogeneesiin lähtöaineiden määrän lisäämiseen. Näistä aineista tärkein on pötsikäymisessä muodostuva propionihappo. Myös glykogeeneisten aminohappojen (tärkeimpinä alaniini ja glutamiini) hiilirungot toimivat märehitjällä glukoosin lähteenä. Propionihapon osuutta pötsikäymisessä lisäävät yleensä hyvin sulavaa kuitua sisältävät väkirehut (esim. sokerijuurikasleike, ohrarehu) ja maitohappoa sisältävät rehut (esim. rankki, runsaasti maitohappokäynyt säilörehu).

Hyvin sulavan väkirehun syöttö teurastuksen alla ei Kousgaardin (1981) tutkimuksessa vähentänyt tervalihaisuutta. Tämä saattaa johtua siitä, että glykogeenivarastojen karttumisen kestää melko kauan. Melassin syöttö (2 kg/pv) 5 pv ajan ennen teurastusta laski merkitsevästi lihan pH:ta (5,75 vs 5,86), kun naudat altistettiin stressille pitämällä niitä ryhmissä karsinoissa. Jos naudat olivat yksittäiskarsinoissa, joissa stressialtistus oli vähäisempi, melassitankkauksella ei ollut vaikutusta lihan happamuuteen (Morisse *et al.* 1985). Suomessa runsaasti tervalihaa tuottavilla tiloilla 3 pv ajan ennen teurastusta annettu melassileike (2 kg/pv) vähensi tervalihan esiintymistä 60–70%:sta jopa yhteen prosenttiin (Vahva 1994). Tervalihaisuuden rajana pidettiin lihan loppu-pH:ta 6,1. Kotimaisessa naudanlihantuotantokokeessa melassiomattoman sokerijuurikasleikkeen sisällyttäminen sonnien rehuannokseen koko kasvatuskauden ajan laski lihan pH:ta (Jaakkola & Huhtanen 1990).

Ruokintaintensiteetti näyttää myös vaikuttavan lihan happamuuden laskuun. Voimaperäisesti ruokitut lihanaudat, joiden väkirehuannos on yli 4 kg/pv, tuottavat erittäin harvoin tervalihaa (Vahva 1994).

Taulukko 9. Ruokintaintensiteetin vaikutus naudanlihan happamuuteen (%-osuus näytteistä, joiden pH ei 48 h aikana laskenut alle 5.8; Kalm *et al.* 1991)

Ruokintastrategia	Nautojen sukupuoli		
	Sonnit	Härät	Hiehot
Voimaperäinen ruokinta sisäkasvattamossa	19,9	24,3	
Maltillinen ruokinta sisäkasvattamossa	29,1		
Kasvatus laitumella	33,1	24,8	
Sisä- ja laidunkasvatus			16,1

Kalmin *et al.* (1991) kokeessa ruokintaintensiteetin heikkenemisen seurauksena sonnien lihan pH jäi korkeammaksi, mutta härillä ilmiötä ei havaittu mahdollisesti niiden vähäisemmän stressaantumistaipumuksen takia (Taulukko 9). Crousen *et al.* (1984) tutkimuksessa sonnien paastottaminen pienensi ulkofileen glykogeenipitoisuutta. Pethick & Rowe (1995) raportoivat lampailla tehdystä tutkimuksesta, jossa väkirehuvallaisen dieetin syöttäminen 1; 1,3; 1,5 ja 2,2 kertaa ylläpitoetasolla lisäsi suoraviivaisesti glykogeenin pitoisuutta lihassa. Härkien väkirehuvallainen loppukasvatus johti huomattavasti korkeampaan lihan glykogeenipitoisuuteen kuin kasvatus kuivalla luonnonlaitumella (Pethick *et al.* 1995). Näiden tulosten perusteella lihan jäännösglykogeenin pitoisuuden suurentaminen märehittäjöiden ravintoaineiden saantia muuttamalla näyttää mahdolliselta.

Suomalaisissa tutkimuksissa ei ole yleensä määritetty elävän lihaksen glykogeenipitoisuutta vaan ainoastaan lihan pH. Vaikuttaa siltä, että lihan pH ei kuvaa kovin tarkasti lihaksen glykogeenipitoisuutta ennen teurastusta, eikä etenään ennen teuraskuljetuksen alkamista. Suomessa on käynnistetty tutkimushanke, jossa selvitetään ay-sonnien lihasten lepoglykogeenipitoisuutta ennen teurastusta, mahdollisuuksia vaikuttaa siihen ruokinnalla ja jäännösglykogeenin pitoisuuden vaikutusta lihan laatuun (Immonen 1996).

8 Luonnonmukaisen naudanlihantuotannon vaikutuksia lihan laatuun

Luonnonmukaiset menetelmät (rehujen tuotantotapa, luonnonlääkintä) voivat vaikuttaa eläinten tuotantoon verrattuna vastaavasti hoidettujen mutta tavanomaisen tuotannon piirissä olevien eläinten tuotantoon. Toisaalta luonnonmukaisessa, ns. luomuviljelyssä, kotieläintuotannon lähtökohdat ovat erilaiset. Ruokinta on karkearehuvallista, rehukasveina suositaan palkokasveja, tiettyjä rehuraaka-aineita ei käytetä (esimerkiksi urea, liha- ja kalajauho) ja karjasuojat voivat poiketa tavanomaisen kotieläintuotannon ratkaisusta (Luonnonmukaisen Viljelyn Liitto ry 1993).

Luonnonmukaisesti kasvatettujen ja muuten samalla lailla hoidettujen, mutta tavanomaisesti kasvatettujen eläinten lihan laatua vertailevia tutkimuksia ei kirjallisuudesta löytynyt. Merkittäviä eroja lihan laadussa tai muissa lihantuotanto-ominaisuuksissa ei ole odotettavissa.

Neilson *et al.* (1988) vertasivat tavanomaisesti ja luonnonmukaisesti kasvatettujen hereford-friisiläissonnivasikoiden kasvua ja terveyttä. Tavoitteena oli yllä-

pitää molemmilla ryhmillä sama kasvunopeus. Luomuväkirehu maittoi kuitenkin vasikoille niin huonosti, että tavanomaisesti kasvatetut vasikat kasvoivat vasikkakaudella nopeammin. Luomuvasikat sairastivat enemmän kuin tavanomaisesti kasvatetut. Luomuvasikoiden lääkinnässä käytettiin ensisijaisesti homeopaattisia hoitoja, mutta jos ne eivät tehonneet, turvaututtiin antibiootteihin. Kaksitoista viikkoa kestäneen vasikkakauden aikana luomuvasikat kasvoivat 490 ja tavanomaisesti kasvatetut vasikat 730 g/pv. Vasikkakauden jälkeen eläimet siirrettiin laitumelle. Luomunaudat saivat laitumelle 1 kg luomuohraa/pv, mutta tavanomaisesti kasvatettavat naudot väkirehua ei annettu. Laidunkaudella molemmat ryhmät kasvoivat 500 g/pv.

Luonnonmukaisessa nautojen ruokinnassa karkearehun on tyydytettävä vähintään 60 % eläinten päivittäisestä energiantarpeesta (Luonnonmukaisen Viljelyn Liitto ry 1993). Karkearehuvaltaisella ruokinnalla voi olla vaikutuksia lihan laatuun. Luonnonmukaisessa nurmirehuntuotannossa käytetään nurmiseoksissa heinä- ja palkokasvien lisäksi yrttejä (Boehncke 1993). Laidunkasvit voivat sisältää makuaineita, jotka siirtyvät lihaan (Lawrie 1985). Eri yrttikasveista peräisin olevien yhdisteiden siirtymisestä lihaan ja näiden aineiden mahdollisesta positiivisesta tai negatiivisesta vaikutuksesta lihan laatuun ei löytynyt tutkimustuloksia.

Luonnonmukaisesti ja tavanomaisesti tuotettujen kotieläintuotteiden kemiallisessa, fysikaalisessa tai hygieenisessä laadussa ei yleensä ole eroja. Biofotonianalyysi (erittäin heikon elävien organismien elektromagneettisen säteilyn mittaaminen) saattaisi palvella luonnonmukaisesti tuotettujen elintarvikkeiden laadun tutkimusmenetelmänä, mutta toistaiseksi sen käytöstä ei ole riittävästi kokemuksia (Heinonen 1995). Jos elintarvikkeiden laatukäsite laajennetaan sisältämään ekologinen, eettinen ja poliittinen laatu, on luonnonmukaisesti tuotetun lihan laatu parempi kuin tavanomaisin menetelmin tuotetun.

Toisaalta tuotantoresurssien mahdollisimman tehokas hyväksikäyttö, mikä ei luomusäännösten mukaan ole aina mahdollista, voi olla ekologisesti, eettisesti ja poliittisesti tärkeää.

9 Yhteenveto ja johtopäätökset

Märehtijöiden ruokinta vaikuttaa ruhon ja myös lihan laatuun. Lihan laadussa havaitut muutokset ovat kuitenkin pötsimikrobien rehujen aineosia muokkaavan toiminnan takia vähäisempiä kuin yksimahaisilla eläimillä. Ruokintatason nostaminen, rehujen energiapitoisuuden suurentaminen ja kasvatusajan pidentäminen lisäävät ruhojen rasvaisuutta. Ruhon rasvaisuuden ja muiden tekijöiden (mm. kasvatusaika, ruhojen paino ja lihakuus) taloudelliset painoarvot ratkaisevat kasvatusstrategian valinnan.

Ruokintastrategian ja yksittäisten rehujen vaikutuksia nautojen lihan laatuun on tutkittu jonkin verran, kotimaisia tutkimuksia tosin löytyi vain muutamia. Ulkomaisissa tutkimuksissa voimaperäisesti väkirehulla ruokitut naudat näyttivät johdonmukaisesti tuottavan mureampaa ja paremmanmakuista lihaa kuin karkearehulla, yleensä laitumella, kasvatetut naudat. Voimaperäisesti kasvatetut naudat tuottavat myös vähemmän tervalihaa. Kotimaisten väki- ja karkearehujen laadun ja rehulajien keskinäisten suhteiden vaikutuksen selvittäminen naudanlihan laatuun olisi hyödyllistä, sillä erityisesti suomalainen säilörehu poikkeaa laadultaan edukseen monissa muissa maissa käytetystä karkearehusta. Väkirehuvaltaisen loppukasvatusvaiheen vaikutus lihan laatuun ja kasvatuksen taloudellisuuteen voisi myös ansaita huomiota. Kotimaisiin nautojen kasvatuskokeisiin liitetyt tarkemmat lihan laadun tutkimukset olisivat hyödyllisiä.

Yksittäisten rehujen vaikutukset naudanlihan laatuun olivat suhteellisen vähäisiä. Yksimahaisilla eläimillä lihan makuun

haitallisesti vaikuttava kalajauho ei huonontanut naudanlihan laatua. Suomessa yleisesti käytetty lihanautojen valkuaisrehu, rypsirouhe, on joissain tapauksissa vaikuttanut haitallisesti lihan laatuun, joten sen vaikutusta voisi olla syytä selvittää tarkemmin. Rasvojen ja öljyjen syöttö lisäsi joissain tapauksissa lihaksensisäisen rasvan määrää.

Naudanlihan sisältämien haitallisten aineiden pitoisuudet ovat yleensä kohtuullisen pieniä. Pitoisuuksia on kuitenkin seurattava ja Suomessa käytettyjen rehujen vaikutukset vierasaineiden pitoisuuteen lihassa odottavat selvitystä. Luonnonmukai-

sesti tuotetun lihan laatu ei todennäköisesti eroa tavanomaisesti tuotetusta, mutta tutkimustuloksia aiheesta ei löytynyt.

Maa- ja karjatalouden nykyisessä toimintaympäristössä on tuotteiden suuren määrän sijaan kiinnitettävä huomiota niiden laatuun. Nautojen ruokinnan vaikutus lihan laatuun ei todennäköisesti ole kovin suuri, mutta tämäkin mahdollisuus on käytettävä hyväksi. Muita naudanlihan laatuun keskeisesti vaikuttavia tekijöitä ovat eläinten sukupuoli, rotu ja ikä teurastettaessa. Myös lihan käsittely teurastuksen ja ruoanvalmistuksen yhteydessä vaikuttaa huomattavasti lihan syöntilaatuun.

Kirjallisuus

Aass, L. 1991. Avlsarbeid for kjøttkvalitet. Buskap og avdrått 1991(1): 50–53.

Allen, D. & Kilkenny, B. 1980. Planned beef production. Granada, London. 229 p.

Andersen, B.B. 1991. Effects of genotype and environment on carcass composition and meat quality in beef. In: Ender, K. (ed.). Proceedings of the 42nd Annual Meeting of EAAP Satellite Symposium "Beef carcass and meat quality evaluation". Rostock, Germany. p. 5–13.

Andersen, H.R. & Sørensen, H. 1985. Double low rapeseed meal in diets to young bulls. In: Sørensen, H. (ed.). Advances in production and utilization of cruciferous crops. Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk Publishers. Boston, USA. p. 208–217.

Annison, E.F. 1976. Energy utilization in the body. In: Swan, H. & Broster, W.H. (eds). Principles of cattle production. Butterworths, London. p. 169–199.

Arnold, R.N., Arp, S.C., Scheller, K.K., Williams, S.N. & Schaefer, D.M. 1993a. Tissue equilibration and subcellular distribution of vitamin E relative to myoglobin and lipid oxidation in displayed beef. Journal of Animal Science 71: 105–108.

Arnold, R.N., Scheller, K.K., Arp, S.C., Williams, S.N. & Schaefer, D.M. 1993b. Dietary -tocopheryl acetate enhances beef quality in holstein and beef breed steers. Journal of Food Science 58: 28–33.

Aronen, I. 1992. Quality of supplementary feed protein for growing cattle. Väitöskirja. Helsingin yliopisto, kotieläintieteen laitos. 46 p. ISBN 952-90-4209-4.

Aronen, I. & Vanhatalo, A. 1992. Heat-moisture treatment of rapeseed meal: Effect on digestibility of the diet, voluntary grass silage intake and growth rate of Ayrshire bulls. Acta Agriculturae Scandinavica, Section A, Animal Science 42: 157–166.

Aronen, I. & Toivonen, V. 1995. Säilörehun korjuuasteen ja väkirehutäydennyksen vaikutukset tuotannon tehokkuuteen naudalla. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus, Tiedote 12/95: 33–45. (ISSN 0359-7652).

Aronen, I., Lampila, M. & Hepola, H. 1994. Comparison of diets based on grass silage, hay or oat straw supplemented with four levels of concentrates in the feeding of growing Ayrshire bulls. Agricultural Science in Finland 3: 15–26.

Bailey, C.B. 1989. Carcass composition of steers given hay, hay supplemented with ruminal undegradable protein, or concentrate. Canadian Journal of Animal Science 69: 905–909.

Barton, R.A., Donaldson, J.L., Barnes, F.R., Jones, C.F. & Clifford, H.J. 1994. Comparison of Friesian, Friesian-Jersey-cross, and Jersey steers in beef production. New Zealand Journal of Agricultural Research 37: 51–58.

- Bechtel, P.J.** 1986. Muscle development and contractile proteins. In: Bechtel, P.J. (ed.). Muscle as food. Academic Press, Orlando. p. 1–35.
- Berg, J.** 1994. Produksjonsformer og kjøttets spisekvalitet. *Faginfo* 6, 1994. Husdyrforsøksmøtet. p. 63–67.
- Berge, P., Culioli, J., Renerre, M., Touraille, C., Micol, D. & Geay, Y.** 1993. Effect of feed protein on carcass composition and meat quality in steers. *Meat Science* 35: 79–92.
- Berry, B.W., Leddy, K.F., Bond, J., Rumsey, T.S. & Hammond, A.C.** 1988. Effects of silage diets and electrical stimulation on the palatability, cooking and pH characteristics of beef loin steaks. *Journal of Animal Science* 66: 892–900.
- Boccard, R., Buchter, L., Casteels, E., Cosentino, E., Dransfield, E., Hood, D.E., Joseph, R.L., MacDougall, D.B., Rhodes, D.N., Schön, I., Tinbergen, B.J. & Touraille, C.** 1981. Procedures for measuring meat quality characteristics in beef production experiments. Report of a Working Group in the Commission of the European Communities' (CEC) Beef Production Research Programme. *Livestock Production Science* 8: 385–397.
- Bodwell, C.E. & Andersson, B.A.** 1986. Nutritional composition and value of meat and meat products. In: Bechtel, P.J. (ed.). Muscle as food. Academic Press, Orlando. p. 321–369.
- Boehncke, E.** 1993. Luonnonmukainen kotiläin-tuotanto. Peruskurssi III, kurssimonisteet. Helsingin yliopisto, Maaseuden tutkimus- ja koulutuskeskus, Mikkeli.
- Boekholt, H.A. & Schreurs, V.V.A.M.** 1995. Protein content in the body of growing animals is higher when fed at a lower feeding level: A new explanation. Proceedings of the VII Symposium on protein metabolism and nutrition, 24–27 May 1995. Portugal. p. 25.
- Bowling, R.A., Riggs, J.K., Smith, G.C., Carpenter, Z.L., Reddish, R.L. & Butler, O.D.** 1978. Production, carcass and palatability characteristics of steers produced by different management systems. *Journal of Animal Science* 46: 333–340.
- Brandstetter, A., Picard, B. & Geay, Y.** 1995. The influence of dietary energy restriction and compensatory growth on metabolic and contractile muscle characteristics in bovine. *Annales Zootechnica* 44 (Suppl.): 296.
- Breier, B.H. & Gluckman, P.D.** 1991. The regulation of postnatal growth: nutritional influences on endocrine pathways and function of the somatotrophic axis. *Livestock Production Science* 27: 77–94.
- Buttery, P.J., Dawson, J.M. & Harper, J.M.M.** 1990. Exploiting the physiology of growth. Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production 50: 59–72.
- Calkins, C.R., Seidemann, S.C. & Crouse, J.D.** 1987. Relationships between rate of growth, catheptic enzymes and meat palatability in young bulls. *Journal of Animal Science* 64: 1448–1457.
- Church, D.G. & Pond, W.G.** 1988. Basic animal nutrition and feeding (3rd ed.). John Wiley & Sons, New York. 472 p. ISBN 0-471-85246-5.
- Coleman, S.W., Evans, B.C. & Guenther, J.J.** 1993. Body and carcass composition of Angus and Charolais steers as affected by age and nutrition. *Journal of Animal Science* 71: 86–95.
- Comerford, J.W., House, R.B., Harpster, H.W., Henning, W.R. & Cooper, J.B.** 1992. Effects of forage and protein source on feedlot performance and carcass traits of Holstein and crossbred beef steers. *Journal of Animal Science* 70: 1022–1031.
- Cross, H.R., Durland, P.R. & Seideman, S.C.** 1986. Sensory qualities of meat. In: Bechtel, P.J. (ed.). Muscle as food. Academic Press, Orlando. p. 279–320.
- Crouse, J.D., Smith, S.B. & Prior, R.L.** 1984. Bovine muscle glycogen as affected by fasting and refeeding. *Journal of Animal Science* 59: 384–387.
- Crouse, J.D., Calkins, C.R. & Seidemann, S.C.** 1986. The effects of rate of change in body weight on tissue development and meat quality of youthful bulls. *Journal of Animal Science* 63: 1824–1829.
- Crouse, J.D., Cross, H.R. & Seidemann, S.C.** 1984. Effects of a grass or grain diet on the quality of three beef muscles. *Journal of Animal Science* 58: 619–625.
- Currie, J.R., Thatcher, L.P. & Gaunt, G.M.** 1986. Consumer appreciation of meat from lambs grown on grain diets containing lupins. Proceedings of Australian Society of Animal Production 16: 407. Ref. Melton (1990).
- Dolezal, H.G., Smith, G.C., Savell, J.W. & Carpenter, Z.L.** 1982. Comparison of subcutaneous fat thickness, marbling and quality grade for predicting palatability of beef. *Journal of Food Science* 47: 397–401.
- Ekholm, P., Varo, P., Aspila, P., Koivistoinen, P. & Syrjälä-Qvist, L.** 1991. Transport of feed sele-

nium to different tissues of bulls. *British Journal of Nutrition* 66: 49–55.

Farmer, L.J. 1994. The role of nutrients in meat flavour formation. *Proceedings of Nutrition Society* 53: 327–333.

Faustman, C. & Cassens, R.G. 1990. The biochemical basis for discoloration in fresh meat. *Journal of Muscle Foods* 1: 217–243.

Fiems, L.O., Boucque, Ch.V., Cottyn, B.G. & Buysse, F.X. 1990. Effect of energy density by dietary incorporation of fats on the performance of double-muscled bulls. *Animal Feed Science and Technology* 30: 267–274.

Fiems, L.O., Bogaerts, D.F., Cottyn, B.G., Decuypere, E. & Boucqué, Ch.V. 1995. Effect of protein level on performance, carcass and meat quality, hormone levels and nitrogen balance of finishing Belgian white-blue double-muscled bulls. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 73: 213–223.

Fishell, V.K., Aberle, E.D., Judge, M.D. & Perry, T.W. 1985. Palatability and muscle properties of beef as influenced by preslaughter growth rate. *Journal of Animal Science* 61: 151–157.

Fisher, A.V., Cook, G., Fursey, G.A.J. & Nute, G.R. 1994. Beef tenderness variation due to animal production factors and the effects of electrical stimulation, carcass suspension method, chill rate and aging duration. *Proceedings of the 50th Winter Meeting of British Society of Animal Production*. Scarborough, GB. Paper No. 181.

Flynn, A.V. 1988. Factors affecting the feeding value of silage. In: Haresign, W. & Cole, D.J.A. (eds). *Recent developments in ruminant nutrition* 2. Butterworths, London. p. 265–273.

Garber, M.J., Roeder, R.A., Miller, J.C., Richard, R.P. & Schelling, G.T. 1993. Dose-response effects of vitamin E supplementation on carcass characteristics and storage properties of beef on dairy steers. *Journal of Animal Science* 71 (Suppl. 1): 152.

Gauthier, S., Hornick, J.L., Clinquart, A., Eenaeme, C. van & Istasse, L. 1994. Milk in diet for growing fattening bulls: Effects on animal performance and on meat characteristics. *Proceedings of the 44th Annual Meeting of EAAP*. Edinburgh, UK. p. 171.

Geesink, G.H., Smulders, F.J.M., Laack, H.L.J.M. van, Kolk, J.H. van der, Wensing, Th. & Breukink, H.J. 1993. Effects on meat quality of the use of Clenbuterol in veal calves. *Journal of Animal Science* 71: 1161–1170.

Gerhardy, H. 1995. Quality of beef from commercial fattening systems in Northern Germany. *Meat Science* 40: 103–120.

German, J.B. 1990. Muscle lipids. *Journal of Muscle Foods* 1: 339–361.

Gill, M., Beever, D.E., Buttery, P.J., England, P., Gibb, M.J. & Baker, R.D. 1987. The effect of oestradiol-17 implantation on the response in voluntary intake, live-weight gain and body composition, to fishmeal supplementation of silage offered to growing calves. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 108: 9–16.

Hankey, C., Kay, M. & Hamilton, M. 1988. The effect of breed and fatness on the efficiency and meat quality of beef cattle. In: Frame, J. (ed.). *Efficient beef production from grass*. British Grassland Society. Occasional Symposium No. 22. p. 278–289.

Harrison, A.R., Smith, M.E., Allen, D.M., Hunt, M.C., Kastner, C.L. & Kropf, D.H. 1978. Nutritional regime effects on quality and yield characteristics of beef. *Journal of Animal Science* 47: 383–388.

Hayden, J.M., Williams, J.E. & Collier, R.J. 1993. Plasma growth hormone, insuline-like growth factor, insulin, and thyroid hormone association with body protein and fat accretion in steers undergoing compensatory gain after dietary energy restriction. *Journal of Animal Science* 71: 3327–3338.

Heinonen, S. 1995. Biofotonianalyysi on uusi elintarvikkeiden laaduntutkimusmenetelmä. *Koeltoiminta ja käytäntö* 52 (19.9.1995): 40.

Hietaniemi, V. 1996. Levels and trends of PCBs, organochlorine pesticide residues and carcinogenic or mutagenic PAH compounds in Finnish and imported foods and diets. To be published in the *Proceedings of Natural Antioxidants & Food Quality in Atherosclerosis & Cancer Prevention*, Royal Society of Chemistry, Helsinki, Finland.

Immonen, K. 1996. Henkilökohtainen tiedonanto. Helsingin yliopisto, Elintarviketeknologian laitos, lihateknologia.

Ingvartsen, K.L., Sejrsen, K., Klastrup, S. & Foldager, J. 1995. Effect of immunization against somatostatin on antibody binding capacity and affinity, hormone concentrations, performance and carcass and meat quality in young Friesian bulls. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A., Animal Science* 45: 116–123.

Jaakkola, S. & Huhtanen, P. 1990. Response to cellulase treatment of silage and replacement of barley by unmolassed sugar beet pulp in the diets

of growing cattle. *Acta Agriculturae Scandinavica* 40: 415–426.

Jaakkola, S., Huhtanen, P. & Vanhatalo, A. 1990. Fermentation quality of grass silage treated with enzymes or formic acid and nutritive value in growing cattle fed with or without fish meal. *Acta Agriculturae Scandinavica* 40: 403–414.

Jones, S.D.M., Schaefer, A.L., Robertson, W.M. & Vincent, B.C. 1990. The effects of withholding feed and water on carcass shrinkage and meat quality in beef cattle. *Meat Science* 28: 131–139.

Jones, S.D.M., Tong, A.K.W. & Talbot, S. 1991. A survey of marbling fat in Canadian beef carcasses. *Canadian Journal of Animal Science* 71: 987–991.

Jones, S.D.M., Thorlakson, B. & Robertson, W.M. 1994. The effect of breed type on beef carcass characteristics and Canadian carcass grade. *Canadian Journal of Animal Science* 74: 149–151.

Jurie, C., Robelin, J., Picard, B., Renand, G. & Geay, Y. 1995. Inter-animal variation in the biological characteristics of muscle tissue in male Limousin cattle. *Meat Science* 39: 415–425.

Kalm, E., Preisinger, R., Guhe, M., Schmidt, G., Augustini, Chr. & Henning, M. 1991. Carcass composition and meat quality of bulls, steers and heifers in different fattening systems. In: Ender, K. (ed.) Proceedings of the 42nd Annual Meeting of EAAP Satellite Symposium "Beef carcass and meat quality evaluation". Rostock, Germany. p. 33–43.

Koch, R.M., Crouse, J.D., Dikeman, M.E., Cundiff, L.V. & Gregory, K.E. 1988. Effects of marbling on sensory panel tenderness in *Bos taurus* and *Bos indicus* crosses. *Journal of Animal Science* 66 (Suppl. 1): 305.

Koch, R.M., Dikeman, M.E., Allen, D.M., May, M., Crouse, J.D. & Champion, D.R. 1976. Characterization of biological types of cattle. III. Carcass composition, quality and palatability. *Journal of Animal Science* 43: 48–62.

Koevering, M.T. van, Dolezal, H.G., Gill, D.R., Owens, F.N., Strasia, C.A., Buchanan, D.S., Lake, R. & Nissen, S. 1994. Effects of β -hydroxy β -methyl butyrate on performance and carcass quality of feedlot steers. *Journal of Animal Science* 72: 1927–1935.

Koevering, M.T. van, Gill, D.R., Owens, F.N., Dolezal, H.G. & Strasia, C.A. 1995. Effect of time on feed on performance of feedlot steers, carcass characteristics, and tenderness and composition of

longissimus muscles. *Journal of Animal Science* 73: 21–28.

Kousgaard, K. 1981. Development of special feeds for young bulls kept in overnight lairages. In: Hood, D.E. & Tarrant, P.V. (eds). The problem of dark-cutting in beef. Martinus Nijhoff, The Hague. p. 410–416.

Krelowska-Kulas, M., Kedzior, W. & Strzetelski, J. 1989. Qualität von Fleisch und Fett von Jungbullen nach Fütterung von Trockenfutter oder Maissilage bei Lasalocid-Zusatz (Summary: The quality of the meat and fat of young bulls after receiving dried feed or maize silage with a Lasalocid supplement). *Archives of Animal Nutrition, Berlin* 39: 1091–1100.

Kreul, M.L., Yates, L.D., Gill, D.R. & Dolezal, H.G. 1992a. Effects of ethanol on meat tenderness of feedlot steers. *Journal of Animal Science* 70 (Suppl. 1): 220.

Kreul, M.L., Yates, L.D., Gill, D.R. & Dolezal, H.G. 1992b. Effects of ethanol on animal performance and carcass characteristics of feedlot steers. *Journal of Animal Science* 70 (Suppl. 1): 220.

Krishnan, C.S., Henricks, D.M. & Jenkins, T.C. 1991. The effect of realimentation on carcass composition and plasma hormones in beef steers. *Journal of Animal Science* 69 (Suppl. 1): 328.

Kumpulainen, J., Hietaniemi, V. & Tahvonon, R. 1993. Elintarvikkeiden ja ravinnon vierasainepitoisuudet - kansainvälistä vertailua. *Kemia-Kemi* 20: 840–846.

Lampila, M. 1988. Säilörehuruokinta edullisinta. *Karjalalous* 1988(5): 28–29.

Larick, D.K., Hedrick, H.B., Bailey, M.E., Williams, J.E., Hancock, D.L., Garner, G.B. & Morrow, R.E. 1987. Flavor constituents of beef as influenced by forage- and grain-feeding. *Journal of Food Science* 52: 245–251.

Larick, D.K. & Turner, B.E. 1990. Headspace volatiles and sensory characteristics of ground beef from forage- and grain-fed heifers. *Journal of Food Science* 54: 649–654.

Lawrie, R.A. 1985. *Meat Science*. Pergamon Press, Oxford (4th ed.). 267 p.

Leat, W.M.F. & Cox, R.W. 1980. Fundamental aspects of adipose tissue growth. In: Lawrence, T.L.J. (ed.) Growth in animals. Butterworths, London. p. 137–174. ISBN 0-408-10638-7.

Liu, Q., Scheller, K.K., Arp, S.C., Schaefer, D.M. & Williams, S.N. 1993. Dietary vitamin E and

- selenium effects on color stability of Holstein beef measured by tristimulus color coordinates. *Journal of Animal Science* 71 (Suppl. 1): 148.
- Loesche, J.A., Hunt, C.W., Auld, D.L. & Pearce, P.E.** 1991. Effect of type of rapeseed meal and oil on growth performance and carcass characteristics in finishing beef steers. *Journal of Animal Science* 69 (Suppl. 1): 145.
- Lowe, D.B., Cuthbertson, A., Homer, D.L.M. & McMenamin, P.** 1994. Eating quality of beef from different breeds. Proceedings of the 50th Winter Meeting of British Society of Animal Production. Scarborough, GB. Paper No. 179.
- Lund, L.J., Gibson, G.M. & Turner, R.G.** 1991. Leek taint in beef carcasses. *Veterinary Record* 128(11): 263-264. Ref. CAB Abstracts.
- Luonnonmukaisen Viljelyn Liitto ry.** 1993. Luonnonmukaisen tuotannon ohjeet. 59 p.
- MacRae, J.C. & Lobley, G.E.** 1991. Physiological and metabolic implications of conventional and novel methods for the manipulation of growth and production. *Livestock Production Science* 27: 43-59.
- Manninen, M., Huhta, H., Virkajärvi, P., Joki-Tokola, E., Suvitie, M., Punttila, M.-L. & Röpelinen, A.** 1994. Risteytyseläinten ruokinta- ja kasvatuskokeet sekä ruhon ja lihan laatu. In: Korhonen, T. & Toivonen, M. (eds). Naudanlihan-tuotannon kehittäminen. Maa- ja metsätalousministeriö, Helsinki. p. 35-72. ISBN 951-47-8945-8.
- Marsh, B.B.** 1977. The basis of tenderness in muscle foods. *Journal of Food Science* 42: 295-297.
- Martinsson, K. & Olsson, I.** 1993. The influence of level of feeding and live weight on feed conversion and carcass composition in Friesian bulls. *Livestock Production Science* 37: 53-67.
- Maruri, J.L. & Larick, D.K.** 1992. Volatile concentration and flavor of beef as influenced by diet. *Journal of Food Science* 57: 1275-1281.
- May, S.G., Dolezal, H.G., Gill, D.R., Ray, F.K. & Buchanan, D.S.** 1992. Effects of days fed, carcass grade traits, and subcutaneous fat removal on postmortem muscle characteristics and beef palatability. *Journal of Animal Science* 70: 444-453.
- McCarty, M.M. & Smith, G.C.** 1978. Effect of protected lipids on feedlot performance and carcass characteristics of short-fed steers. *Journal of Animal Science* 47: 270-275.
- McDonnell, C.** 1988. Consumer perceptions of quality. Proceedings of the Canadian Meat Council Annual Conference. Quebec City, Canada. p.14.1-14.4. Ref. Jones *et al.* (1991).
- McDowell.** 1989. Vitamins in animal nutrition. Academic Press. San Diego, CA. 486 p.
- McKinnon, J.J., Cohen, R.D.H., Jones, S.D.M., Laarveld, B. & Christensen, D.A.** 1993. The effects of dietary energy and crude protein concentration on growth and serum insulin-like growth factor-I levels of cattle that differ in mature body size. *Canadian Journal of Animal Science* 73: 303-313.
- McMillin, K.W., Bidner, T.D., Felchle, S.M., Dugas, S.M. & Koh, K.C.** 1991. Flavor and oxidative stability of ground beef patties as affected by source and storage. *Journal of Food Science* 56: 899-902.
- Melton, S.L.** 1983. Effect of forage feeding on beef flavor. *Food Technology* 37(5): 239-248.
- Melton, S.L.** 1990. Effects of feeds on flavor of red meat: A review. *Journal of Animal Science* 68: 4421-4435.
- Melton, S.L., Amiri, M., Davis, G.W. & Backus, W.R.** 1982. Flavor and selected chemical characteristics of ground beef from steers backgrounded on pasture and fed corn up to 149 days. *Journal of Food Science* 47: 699-704.
- Micol, D., Robelin, J. & Geay, Y.** 1991. Growth and development of tissues and biological characteristics of muscle: Influence of zootechnical factors. In: Ender, K. (ed.). Proceedings of the 42nd Annual Meeting of EAAP Satellite Symposium "Beef carcass and meat quality evaluation". Ros-tock, Germany. p. 54-68.
- Miller, R.K.** 1994a. Sensory methods to evaluate muscle foods. In: Kinsman, D.M, Kotula, A.W. & Breidenstein, B.C. (eds). Muscle foods. Chapman & Hall, New York. p. 333-360.
- Miller, R.K.** 1994b. Quality characteristics. In: Kinsman, D.M, Kotula, A.W. & Breidenstein, B.C. (eds). Muscle foods. Chapman & Hall, New York. p. 269-332.
- Mitsumoto, M., Arnold, R.N., Schaefer, D.M. & Cassens, R.G.** 1993. Dietary versus postmortem supplementation of vitamin E on pigment and lipid stability in ground beef. *Journal of Animal Science* 71: 1812-1816.
- Morisse, J.P., Cotte, J.P. & Huonnic, D.** 1985. Beef with high pH. Feeding extra sugar before

slaughter. *Revue Technique Veterinaire de l'Alimentation* 211: 27–31. Ref. CAB Abstracts.

Morrissey, P.A., Buckley, D.J., Sheehy, P.J.A. & Monahan, F.J. 1994. Vitamin E and meat quality. *Proceedings of Nutrition Society* 53: 289–295.

Neilson, D.R., Peebles, K., Scott, N.A. & Lowman, B.G. 1988. Organic beef production. In: Frame, J. (ed.). *Efficient beef production from grass*. British Grassland Society. Occasional Symposium No. 22. p. 273–277.

Nour, A.Y.M., Gomide, L.A., Mills, E.W., Lemenager, R.P. & Judge, M.D. 1994. Influence of production and postmortem technologies on composition and palatability of USDA select grade beef. *Journal of Animal Science* 72: 1224–1231.

Oltjen, J.W., Bywater, A.C. & Baldwin, R.L. 1985. Evaluation of a model of beef cattle growth and composition. *Journal of Animal Science* 62: 98–108.

Ouali, A. 1990. Meat tenderization: Possible causes and mechanisms. A review. *Journal of Muscle Foods* 1: 129–165.

Parker, B.P., Mies, W.L., Turner, J.W., Lunt, D.K. & Smith, S.B. 1995. Influence of production system on carcass characteristics of F₁ Wagyu x Angus steers and heifers. *Meat Science* 41: 1–5.

Patil, A.R., Goetsch, A.L., Lewis, Jr., P.K. & Heird, C.E. 1993. Effects of supplementing growing steers with high levels of partially hydrogenated tallow on feed intake, digestibility, live weight gain, and carcass characteristics. *Journal of Animal Science* 71: 2284–2292.

Payne, C.A., Hunt, M.C., Warren, K.E., Hayden, J.M., Williams, J.E. & Hedrick, H.B. 1992. Effects of nutrition on biochemical characteristics of four bovine muscles differing in growth impetus. *Journal of Animal Science* 70 (Suppl. 1): 221.

Pearson, A.M. & Young, R.B. 1990. *Muscle and meat biochemistry*. Academic Press, San Diego. 457 p.

Pethick, D.W. & Rowe, J.B. 1995. The effect of nutrition and exercise on the level of glycogen in skeletal muscle of sheep. *Annales Zootechnica* 44 (Suppl.): 298.

Pethick, D.W., Rowe, J.B. & Tudor, G. 1995. Glycogen metabolism and meat quality. *Recent Advances in Animal Nutrition in Australia*, July 1995. Univ. of New England, Armidale. p. 97–103.

Picard, B., Micol, D., Dozias, D. & Geay, Y. 1995. Effects of compensatory growth on muscle charac-

teristics in 2 year-old beef steers. *Annales Zootechnica* (Suppl): 297.

Puntila, M-L., Poutiainen, E., Myllylä, M. & Heikkilä, T. 1985. Itseuudistuva naudanlihantuotanto kotoisin rehuin. Tuloksia Kivirannan koetilalla 1974–83 tehdyistä tutkimuksista. Kotieläintieteen laitoksen tiedote N:o 5. Helsingin Yliopisto, Kotieläintieteen laitos. 53 p.

Puolanne, E. & Aalto, H. 1981. The incidence of dark-cutting beef in young bulls in Finland. In: Hood, D.E & Tarrant, P.V. (eds). *The problem of dark-cutting in beef*. Martinus Nijhoff, The Hague. p. 462–475.

Reineccius, G.A. 1979. Off-flavors in meat and fish - A review. *Journal of Food Science* 44: 12–21.

Renand, G. 1991. Genetic aspects of selection for meat production. In: Ender, K. (ed.). *Proceedings of the 42nd Annual Meeting of EAAP Satellite Symposium "Beef carcass and meat quality evaluation"*. Rostock, Germany. p. 14–25.

Rinne, M. 1995. Säilörehun laadun ja väkirehutyäennyksen vaikutukset naudanlihantuotantoon. Yhteenveto. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus, Tiedote 12/95: 7–12. (ISSN 0359-7652).

Rinne, M., Aspila, P. & Aronen, I. 1995. Vapaa-juotto ei parantanut sonnien kasvua. Koetointa ja käytäntö 52 (19.12.1995): 51.

Risvik, E. 1994. Sensory properties and preferences. *Meat Science* 36: 67–77.

Schaake, S.L., Skelley, G.C., Halpin, E., Grimes, L.W., Brown, R.B., Cross, D.L. & Thompson, C.E. 1993. Carcass and meat sensory traits of steers finished on fescue and clover, summer forage, or for different periods in drylot. *Journal of Animal Science* 71: 3199–3205.

Schaefer, A.L., Jones, S.D.M., Tong, A.K.W. & Young, B.A. 1990. Effects of transport and electrolyte supplementation on ion concentrations, carcass yield and quality in bulls. *Canadian Journal of Animal Science* 70: 107–119.

Schwarz, F.J., Kirchgessner, M., Augustini, Ch. & Temisan, V. 1991. Mastleistung, Schlachtkörper- und Fleischqualität von Jungbullen der Rasse Fleckvieh nach unterschiedlicher Weizen- oder Körnermaiszulage in der Endmast (Summary: Fattening characteristics, carcass and meat quality after feeding different amounts of wheat or maize to finishing Simmental bulls). *Züchtungskunde* 63: 317–327.

Shackelford, S.D., Koohmaraie, M., Wheeler, T.L., Cundiff, L.V. & Dikeman, M.E. 1994. Effect

of biological type of cattle on the incidence of the dark, firm and dry condition in the longissimus muscle. *Journal of Animal Science* 72: 337–343.

Sherbeck, J.A., Smith, G.C., Aaronson, M.J., Sofos, J.N. & Morgan, J.B. 1993. Analysis of beef tissues for chemical residues. *Journal of Animal Science* 71 (Suppl. 1): 152.

Smith, G.C., Dutson, T.R., Hostetler, R.L. & Carpenter, Z.L. 1976. Fatness, rate of chilling and tenderness of lamb. *Journal of Food Science* 41: 748–756.

Soest, P.J. van 1982. Nutritional ecology of the ruminant. Cornell University Press. Ithaca, NY. 373

Solomon, M.B. & Elsasser, T.H. 1991. Dietary energy and protein effects on partitioning of carcass components in beef cattle. *Meat Science* 29: 365–373.

St. John, L.C., Young, C.R., Knabe, D.A., Thompson, L.D., Schelling, G.T., Grundy, S.M. & Smith, S.B. 1987. Fatty acid profiles and sensory and carcass traits of tissues from steers and swine fed an elevated monounsaturated fat diet. *Journal of Animal Science* 64: 1441–1447.

Steen, R.W.J. 1984. A comparison of two-cut and three-cut systems of silage making for beef cattle using two cultivars of perennial ryegrass. *Animal Production* 38:171–179.

Suvitie, M. & Manninen, M. 1992. Risteytyshiehot lihantuottajina. *Koetointo ja käytäntö* 49: 19.

Tahvonen, R. & Kumpulainen, J. 1994. Lead and cadmium contents in pork, beef and chicken, and in pig and cow liver in Finland during 1991. *Food Additives and Contaminants* 11: 415–426.

Tesfa, A.T., Tuori, M. & Syrjälä-Qvist, L. 1992. The influence of partial replacement of barley with dietary fat sources on growth and feed conversion efficiency of growing bulls. *Agricultural Science in Finland* 1: 267–278.

Thomas, C., Gibbs, B.G., Aston, K. & Taylor, J.C. 1980. Some factors influencing the performance of beef cattle given silage. In: Thomas, C. (ed.). *Forage conservation in the 80's*. Occasional Symposium No. 11. British Grassland Society. p. 383–387.

Thomas, C., Gibbs, B.G., Beever, D.E. & Thurnham, B.R. 1988. The effect of date of cut and barley substitution on gain and on efficiency of utilization of grass silage by growing cattle. 1. Gains in live weight and its components. *British Journal of Nutrition* 60: 297–306.

Touraille, C. 1991. Organoleptic qualities of beef meat, influence of biological and technological factors. In: Ender, K. (ed.). *Proceedings of the 42nd Annual Meeting of EAAP Satellite Symposium "Beef carcass and meat quality evaluation"*. Rostock, Germany. p. 44–53.

Vanhatalo, A. 1987. Kalajauho kahden eri tavoin säilötyn nurmirehun valkuaislisänä lihanautojen ruokinnassa. Pro gradu -työ. Helsingin yliopisto, kotieläintieteen laitos. 94 s.

Vahva, M. 1994. Henkilökohtainen tiedonanto. LSO-Food, Forssa.

Warren, K.E., Payne, C.A., Hunt, M.C., Whipple, G., Koohmaraie, M., Hayden, J., Williams, J. & Hedrick, H.B. 1992. Carcass composition, protease activity, shear force, and myofibrillar fragmentation index of longissimus thoracis muscle from crossbred steers as influenced by dry-matter intake. *Journal of Animal Science* 70 (Suppl. 1): 221.

Warris, P.D. 1990. The handling of cattle pre-slaughter and its effects on carcass and meat quality. *Applied Animal Behaviour Science* 28: 171–186.

Wassenaar, P.D. van, Oord, A.H.A. van den & Schaaper, W.M.M. 1995. Taste of "delicious" beefy meaty peptide. Revised. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 43: 2828–2832.

Webster, A.J.F. 1994. Meat and right: the ethical dilemma. *Proceedings of Nutrition Society* 53: 263–270.

Vega, L., Taylor, A.A., Wood, J.D. & Angold, M. 1994. Effects of short-term high-level feeding of vitamin E on colour shelf life in beef. *Proceedings of the 50th Winter Meeting of British Society of Animal Production*. Scarborough, GB. Paper No. 177.

Veira, D.M., Butler, G., Proulx, J.G. & Poste, L.M. 1994. Utilization of grass silage by cattle: Effect of supplementation with different sources and amounts of protein. *Journal of Animal Science* 72: 1403–1408.

Vestergaard, M., Purup, S., Henckell, P., Klstrup, S. & Sejrsen, K. 1991. Effects of growth hormone and cimaterol on meat quality and muscle fibre characteristics. In: Ender, K. (ed.). *Proceedings of the 42nd Annual Meeting of EAAP Satellite Symposium "Beef carcass and meat quality evaluation"*. Rostock, Germany. p. 69–77.

Vestergaard, M., Sejrsen, K., Foldager, J., Klstrup, S. & Bauman, D.E. 1993. The effect of bovine growth hormone on growth, carcass composition

and meat quality of dairy heifers. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A, Animal Science* 43: 165–172.

Westerling, D.B. & Hedrick, H.B. 1979. Fatty acid composition of bovine lipids as influenced by diet, sex and anatomical location and relationship to sensory characteristics. *Journal of Animal Science* 48: 1343–1348.

Vovk, S. & Yanovych, V. 1995. Influence of fat supplementation in diets for bull-calves on growth rate and skeletal muscle metabolism. *Annales Zootechnica (Suppl.)* 44: 295.

Younie, D., Hamilton, M. & Heath, S.B. 1988. A comparison of sensory attributes in beef from high and low-input grassland systems. In: Frame, J. (ed.). *Efficient beef production from grass*. British Grassland Society. Occasional Symposium No. 22. p. 282–284.

Zerouala, A.C. & Stickland, N.C. 1991. Cattle at risk for dark-cutting beef have a higher proportion of oxidative muscle fibres. *Meat Science* 29: 263–270.

Zinn, R.A. 1989. Influence of level and source of dietary fat on its comparative feeding value in finishing diets for steers: Feedlot cattle growth and performance. *Journal of Animal Science* 67: 1029–1037.

31600 JOKIOINEN

Julkaisun sarja ja numero
Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja.
Sarja A 7

Julkaisuaika (kk ja vuosi)
Heinäkuu 1996

Tekijä(t)

Marjatta Jokela
Marketta Rinne

Tutkimushankkeen nimi

Toimeksiantaja(t)
Maatalouden tutkimuskeskus

Nimike

Sian ja naudan ruokinnan vaikutus lihan laatuun

Tiivistelmä

Jokela, M.: Ruokinnan vaikutus sianlihan laatuun. Kirjallisuusselvityksen perusteella ruokinnalla on selvä vaikutus sianlihan laatuun vaikka muutkin tekijät kuten esimerkiksi rotu vaikuttavat siihen. Tietyt rehut voivat liian suurina määrinä käytettynä heikentää lihan laatua. Laatuvirheitä voivat olla esimerkiksi silavan liiallinen pehmeneminen, lihan maun ja hajun huononeminen tai karjunhajun muodostuminen lihaan.

Tutkimuksen avulla on pyritty selvittämään, miten lihan laatua heikentävien rehujen käyttöä tulee rajoittaa sikojen ruokinnassa, jotta voidaan varmistaa lihan korkea laatu. Erityisesti on syytä rajoittaa paljon rasvaa tai öljyä sisältävien rehujen sekä karjunhajua aiheuttavien rehujen käyttöä lihasikojen ruokinnassa.

Rinne, M.: Ruokinnan vaikutus naudanlihan laatuun. Naudanlihan laatu muodostuu mm. lihan väristä, mausta ja hajusta, mureudesta, mehukkuudesta ja rasvapitoisuudesta. Ruokinnan lisäksi nautojen rotu, ikä teurastettaessa, sukupuoli, eläinten käsittely ennen teurastusta ja lihan käsittely teurastuksen jälkeen vaikuttavat lihan laatuun. Rehujen vaikutus lihan laatuun on naudoilla vähäisempi kuin sioilla, sillä naudan pötsin mikrobit hajottavat tehokkaasti rehuperäisiä yhdisteitä.

Ruokinnallisten tekijöiden erottaminen muista lihan laatuun vaikuttavista tekijöistä on vaikeaa. Nautojen energian saannin lisääminen (väkirehun osuutta lisäämällä tai karkearehun sulavuutta parantamalla) nopeuttaa eläinten kasvua, lisää ruhon rasvaisuutta ja eläimet saavuttavat teuraskypsyyden nuorempina. Kirjallisuusselvityksen perusteella nämä tekijät näyttävät vaikuttavan positiivisesti lihan syöntilaatuun.

Avainsanat

sika, nauta, lihan laatu, ruokinta

Toimintayksikkö

Kotieläintuotannon tutkimuslaitos, 31600 JOKIOINEN

ISSN

1238-9935

ISBN

951-729-470-0



Tuloksia voi soveltaa luomuviljelyssä

Myynti: MTT tietopalveluyksikkö, 31600 JOKIOINEN

Puh. (916) 41 881

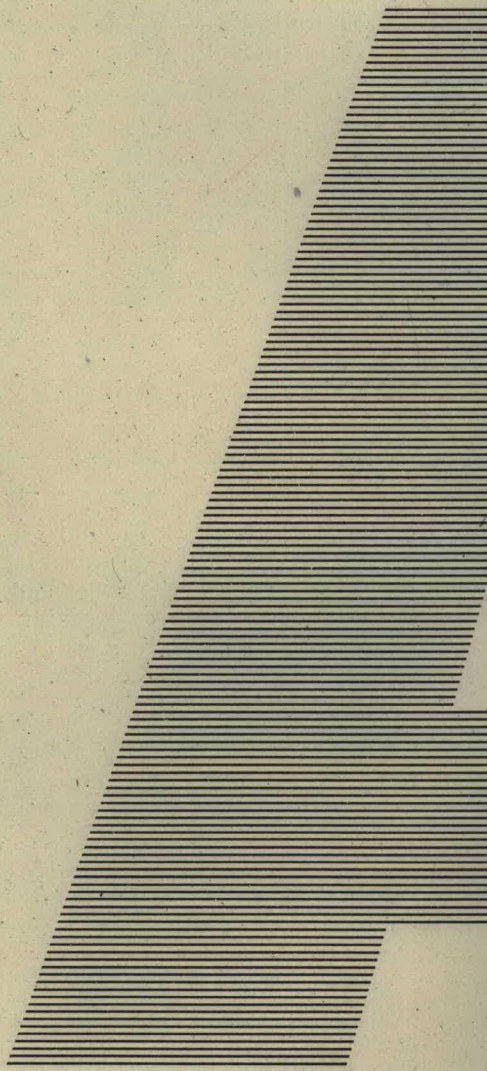
Telekopio (916) 4188 339

Sivuja

99 s.

Hinta

55 mk + alv



Jokioinen 1996
ISBN 951-729-470-0
ISSN 1238-9935