

Maidon rasvahappokoostumukseen vaikuttavista tekijöistä

Maija Mäntyaho
Kotieläinten jalostustieteen laitos

Helsinki 1988

Julkaisijat:

Kotieläinten jalostustieteen laitos, Helsingin Yliopisto, Viikki
Kotieläinjalostuslaitos, Maatalouden Tutkimuskeskus, Jokioinen

MAIDON RASVAHAPPOKOOSTUMUKSEEN
VAIKUTTAVISTA TEKIJÖISTÄ

Maija Mäntyaho
Kotieläinten jalostustieteen
pro gradu-työ 1987

T I I V I S T E L M Ä

Työn tarkoituksena on olla esitutkimuksena laajemmalle tutkimukselle maidon rasvahappojen muuttamismahdollisuudesta jalostuksen avulla ja alustavasti selvittää ympäristön vaikutusta maidon rasvahappokoostumukseen, laskea korrelaatioita ja toistuvuuksia sekä tehdä alustavia laskelmia rasvahappokoostumuksen muuttamismahdollisuudesta.

Tutkimusaineisto on peräisin kahdesta Helsingin Yliopiston kotieläintieteen laitoksen ruokintakokeesta. Ne suoritettiin Viikin opetus- ja koetilalla 1978-79 ja 1981-82. Aineistossa I oli 24 lehmää. Ne oli jaettu kolmeen ruokintaryhmään: 1.Soija- 2.Soija-herne- 3.Herneryhmä. Jokaisessa ryhmässä oli yksi fr-eläin, muut olivat ay-rotuisia. Aineistossa II oli 16 ay-rotuista lehmää. Ruokintaryhmät olivat: 1. Lipeöolkiryhmä (NaOH) 2. Ammoniakkioolki- (NH₃) 3. Ureafosfaattiryhmä (UUF). Kultakin lehmältä otettiin kolme maitonäytettä, Aineisto I:ssä kuukauden välein, Aineisto II:ssä kahden viikon välein.

Maitorasvan rasvahappokoostumus on selvitetty kaasukromatografian avulla. Rasvahapot on ilmaistu painoprosentteina rasvahappojen summasta.

Ympäristötekijöiden vaikutusta maidon rasvahappokoostumukseen tutkittiin yksinkertaisten keskiarvojen ja pienimmän neliösumman varianssianalyysin avulla. Perinnöllistä edistymistä laskettiin kaavasta Falconer, 1982.

Ympäristötekijöistä tutkittiin lypsykauden ajankohdan, ruokinnan ja poikimakerran vaikutusta maidon rasvahappokoostumukseen.

Lypsykauden alussa lyhytketjuiset rasvahapot lisääntyvät, pitkäketjuiset vähenevät.

Kerran poikineiden lehmien maidossa on vähemmän lyhytketjuisia ja enemmän pitkäketjuisia rasvahappoja kuin kolme kertaa poikineilla.

Vähemmän energiaa saaneiden lehmien maidossa oli enemmän pitkäketjuisia ja vähemmän lyhytketjuisia rasvahappoja kuin normien mukaisen ruokinnan saaneilla lehmillä.

Friisiläislehmillä oli vähemmän palmitiinihappoa ja enemmän linoli- ja linoleenihappoa kuin ayrshire-rotuisilla lehmillä

Lyhytketjuinen voi happo on negatiivisessa korrelaatiossa muiden lyhytketjuisten ja positiivisessa korrelaatiossa pitkäketjuisten rasvahappojen kanssa.

Rasva- ja valkuaisprosentin korrelaatiot lyhytketjuisten rasvahappojen kanssa ovat positiiviset, pitkäketjuisten kanssa negatiiviset.

Maitomäärän ja pitkäketjuisten rasvahappojen, paitsi linoli-
hapon korrelaatiot olivat negatiiviset ja alhaiset,
-0,07 - -0,25.

Maitomäärän ja linoli-
hapon väliset korrelaatiot olivat
selvästi positiiviset, 0,45 ja 0,46.

Toistuvuudet olivat korkeita molemmissa aineistoissa, 0,50
- 0,80 luokkaa.

Laskelmissa rasvahappokoostumuksen muuttamismahdollisuuk-
sista, jossa pyrittiin muuttamaan maidon rasvahappokoostu-
musta edullisempaan suuntaan lisäämällä joko linoli-
happoa tai öljyhappoa, tai vähentämällä lauriini- myristiini- ja
palmitiinihapon summaa tai palmitiinihappoa, näytti pal-
mitiinihapon vähentäminen johtavan nopeimmin toivottuun
tulokseen.

Jos sekä sonneista että lehmistä karsittaisiin 20 %, voi-
taisiin linoli-
happoa nostaa 0,08 - 0,13 %-yksikköä, pal-
mitiinihappoa vähentää 2,39 - 3,04 %-yksikköä 20 vuodessa.
Jalostuksen seurannaisvaikutuksia tarkasteltaessa havait-
tiin, että jos karsitaan rasvaprosentin perusteella 20%
lehmistä ja sonneista, linoli-
happo vähenee 0,05 %-yksikköä,
öljyhappo 1,44 %-yksikköä 20 vuodessa.

Linoli-
hapon lisäämiseksi tehtävä valinta lisää maidontuo-
tanta 117,2 - 192,2 kg, palmitiinihapon vähentäminen 63,5
- 104,4 kg 20 vuodessa. Samalla rasva- sekä valkuaispro-
sentissa tapahtuisi alenemista, edellisessä 0,1 % ja jäl-
kimmäisessä 0,05 %.

Jodiluvun nostamiseksi tapahtuva valinta vähentäisi palmi-
tiinihappoa 2,4 - 3,9 %-yksikköä 20 vuodessa.

Näyttää siltä, että maidon rasvapitoisuuden arvostamista
hinnoittelussa ei voida enää jatkaa, jos aiotaan pitää
huolta maitorasvan laadusta. Sen sijaan maitomäärän lisää-
misen kanssa rasvan laadun parantaminen on sopusoinnussa.
Olisi luovuttava kokonaan neliprosenttisen maitomäärän
käsitteestä ja keskityttävä valkuaiskilojen lisäämiseen
ja maitorasvan laadun parantamiseen.

S I S Ä L L Y S L U E T T E L O

JOHDANTO

KIRJALLISUUSOSA

| | | |
|------|--|----|
| 1 | Maidon rasvahappokoostumus | 3 |
| 2 | Rasvahappokoostumukseen vaikuttavia ympäristötekijöitä..... | 6 |
| 2.1 | Aamu- ja iltalypsy..... | 6 |
| 2.2 | Lypsykausi..... | 8 |
| 2.3 | Ruokinta..... | 11 |
| 2.31 | Ruokinnan voimakkuus..... | 11 |
| 2.32 | Rehuannoksen karkeusaste..... | 14 |
| 2.33 | Rehun rasva..... | 15 |
| 2.4 | Poikimakerta..... | 19 |
| 2.5 | Vuodenaika..... | 19 |
| 3 | Rasvahappokoostumuksen jalostettavuus..... | 22 |
| 3.1 | Rotujen väliset erot..... | 22 |
| 3.2 | Rasvahappojen suhteellisten osuuksien periytymisasteet..... | 23 |
| 3.3 | Korrelaatiot eri rasvahappojen suhteellisten määrien välillä..... | 25 |
| 3.4 | Eri rasvahappojen suhteellisten osuuksien ja maidontuotannon tunnuslukujen väliset korrelaatiot..... | 27 |

KOKEELLINEN OSA

| | | |
|-----|-------------------------------------|----|
| 1 | Aineisto ja tutkimusmenetelmät..... | 29 |
| 1.1 | Koejärjestelyt..... | 29 |

| | | |
|------|--|----|
| 1.2 | Koe-eläimet, niiden ruokinta ja tuotokset | 30 |
| 1.3 | Näytteiden otto..... | 32 |
| 1.4 | Näytteiden analysointi..... | 32 |
| 1.41 | Maitorasvan eristäminen..... | 33 |
| 1.42 | Rasvan esteröinti..... | 33 |
| 1.43 | Kaasukromatografia..... | 33 |
| 1.5 | Tilastolliset menetelmät..... | 34 |
| 2 | Tulokset ja niiden tarkastelu..... | 36 |
| 2.1 | Maidon rasvahappokoostumus koeaineistossa | 36 |
| 2.2 | Rasvahappokoostumukseen vaikuttavia ympäristötekijöitä..... | 38 |
| 2.21 | Analyysitekniikan luotettavuus..... | 38 |
| 2.22 | Lypsykauden ajankohta..... | 38 |
| 2.23 | Poikimakerran vaikutus..... | 45 |
| 2.24 | Ruokinta..... | 47 |
| 2.3 | Havaintoja rasvahappojen periytyvyydestä. | 51 |
| 2.31 | Rodun vaikutus maidon rasvahappokoostumukseen..... | 51 |
| 2.32 | Korrelaatiot eri rasvahappojen suhteellisten määrien välillä..... | 53 |
| 2.33 | Eri rasvahappojen suhteellisten määrien ja maidontuotannon tunnuslukujen väliset korrelaatiot..... | 56 |
| 2.34 | Toistuvuudet..... | 59 |

LASKELMIA RASVAHAPPOKOOSTUMUKSEN MUUTTAMISMAHDOLLISUUKSISTA

| | | |
|-----|---|----|
| 1 | Menetelmät ja käytetyt tunnusluvut..... | 62 |
| 1.1 | Jalostuksellisen edistymisen arvioiminen. | 62 |
| 1.2 | Valinnan seurannaisvaikutukset..... | 65 |
| 2 | Tulokset ja niiden tarkastelu..... | 67 |
| 2.1 | Rasvahappokoostumuksen muuttaminen..... | 67 |
| 2.2 | Seurannaisvaikutukset..... | 68 |

JOHTOPÄÄTÖKSET

KIRJALLISUUS

J O H D A N T O

Vaikka maidon valkuainen on tärkein maidon ravintoarvoon vaikuttavista tekijöistä, on keskustelua viime aikoina käyty yksinomaan maidon rasvasta ja sen rasvahappokoostumuksen mahdollisesta yhteydestä sydän- ja verisuonisairauksiin. Yksimielisyyksiin rasvakysymyksissä ei ole päästy. Karjanjalostajilla tulee kuitenkin olla valmiudet, jos tarpeen on, muuttaa maidon rasvahappokoostumusta haluttuun suuntaan.

Tähän tarvitaan tietoja eri perinnöllisten- ja ympäristötekijöiden vaikutuksista rasvahappokoostumukseen, sekä korrelaatioista maidontuotannontunnuksien ja maidon eri rasvahappojen välillä.

Lehmien maidontuotannon jalostus on perustunut meillä maitomäärän ja rasvapitoisuuden, sekä viimeaikoina myös valkuaispitoisuuden mittaamiseen. Karjanjalostajien on tarpeellista tietää, mikä vaikutus tällaisella jalostuksella on maidon rasvahappokoostumukseen.

Kaikki tähänastiset kotimaiset, sekä useimmat ulkomaiset tutkimukset käsittelevät maitorasvan rasvahappokoostumusta meijeriteknologiselta kannalta. Niinpä meijerin sekamaidon rasvahappokoostumus ja ympäristötekijöiden vaikutus siihen tunnetaan tarkkaan, mutta ei jalostussuunnittelun kannalta tärkeitä ympäristön eläinyksilöön vaikuttavia tekijöitä, eikä rasvahappokoostumuksen perinnöllisyyttä.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on pienen, noin kaksisataa näytettä käsittävän aineiston avulla alustavasti selvittää ympäristön vaikutusta rasvahappokoostumukseen, laskea korrelaatioita ja toistuvuuksia sekä tehdä laskelmia maidon rasvahappokoostumuksen muuttamismahdollisuuksista.

K I R J A L L I S U U S O S A

1 MAIDON RASVAHAPPOKOOSTUMUS

Maidolla on monipuolinen rasvahappokoostumus. Lehmän maidosta on löydetty yli kaksisataa eri rasvahappoa. Useimmilla niistä ei kuitenkaan ole käytännön merkitystä niiden vähäisyyden vuoksi (Antila, 1966). Määrällisesti tärkeimpiä (määrät yli 1 %:n) on toistakymmentä.

Maitorasvan rasvahappokoostumukselle on ominaista lyhyt- ketjuisten, C 4:0 - C 10:0 rasvahappojen suhteellisen suuri osuus, noin 10 %, samoin parittomien (hiiliatomeja pariton määrä) ja haaraketjuisten rasvahappojen suhteellisen runsas esiintyminen. Tyydyttyneitä rasvahappoja on suunnilleen 2/3 ja tyydyttymättömiä 1/3. Tyydyttyneistä on eniten palmitiinihappoa (C 16:0), myristiinihappoa (C 14:0) ja steariinihappoa (C 18:0). Tyydyttymättömistä suurimman ryhmän muodostavat monotyydyttymättömät rasvahapot, joista tärkein on öljyhappo (C 18:1). Näistä neljästä koostuu n. 70 % kaikista maidon rasvahapoista. Monityydyttymättömiä, ihmisille ja eläimille välttämättömiä, etupäässä linoli- ja linoleenihappoa on n. 3 %.

Veren kolesterolitasoa nostavia, haitallisesti vaikuttavia rasvahappoja ovat tyydyttyneet lauriini- (C 12:0), myristiini- (C 14:0) ja palmitiini- (C 16:0) happo (Aro, 1974).

Näistä palmitiinihappo on huomattavin suuren osuutensa vuoksi. Tyydyttynyt steariinihappo (C 18:0) ja monotyydyttymätön öljyhappo (C 18:1) ovat vaikutukseltaan neutraaleja ja monityydyttymättömät linoli- (C 18:2) ja linoleeni- (C 18:3) happo alentavat veren kolesterolitasoa.

Seuraavassa suomalaisen maitorasvan keskimääräinen rasvahappokoostumus (Rauramaa ym., 1975). Näytteet on otettu yhdentoista meijerin alueelta huhti-, kesä- ja joulukuussa. Rinnalla norjalaisia arvoja tutkimuksesta, joka käsitti n. 7000 näytettä (Karijord ym., 1982).

Taulukko 1. Suomalaisen (Rauramaa ym., 1975) ja norjalaisen (Karijord ym., 1982) maitorasvan rasvahappokoostumus prosentteina rasvahapoista.

| Rasvahappo | | Osuus (%) maidon rasvahapoista | |
|----------------------|-----------|--------------------------------|-------|
| | | Suomi | Norja |
| Voihappo | C 4:0* | 3,0 | - |
| Kaproonihappo | C 6:0 | 1,8 | 1,9 |
| Kapryylihappo | C 8:0 | 1,2 | 1,2 |
| Kapriinihappo | C 10:0 | 2,7 | 2,6 |
| | C 10:1 ja | | |
| | C 11:0 | 0,3 | - |
| Lauriinihappo | C 12:0 | 3,2 | 3,0 |
| | C 14:0 br | 0,1 | - |
| Myristiinihappo | C 14:0 | 11,4 | 10,9 |
| Myristo-oleiinihappo | C 14:1 | 1,6 | 1,2 |
| | C 15:0 br | 0,2 | - |
| | C 15:0 | 1,1 | 1,0 |
| | C 16:0 br | 0,3 | - |
| Palmitiinihappo | C 16:0 | 30,8 | 28,0 |
| Palmito-oleiinihappo | C 16:1 ja | | |
| | C 17:0 br | 2,5 | 2,4 |
| | C 17:0 | 0,7 | 1,0 |
| | C 17:1 | 0,4 | - |
| Steariinihappo | C 18:0 | 10,5 | 11,7 |
| Öljyhappo | C 18:1 | 24,2 | 26,0 |
| Linolihappo | C 18:2 | 1,9 | 1,7 |
| Linoleenihappo | C 18:3 | 1,6 | 1,4 |
| | C 19:0 | 0,6 | - |

* Ensimmäinen numero tarkoittaa hiiliketjun pituutta, toinen kaksoissidosten lukumäärää.

br = haaraketjuinen rasvahappo

Rasvahappojen keskinäisissä suhteissa on suuria vaihte-
luja eri maitten välillä ja sisällä.

Taulukko 2. Määrältään tärkeimpien rasvahappojen korkeim-
mat ja alhaisimmat pitoisuudet vuoden aikana eräissä
maissa.

| Rasvahappo | Englanti ¹⁾ | Italia ¹⁾ | Puola ¹⁾ | Hollanti ¹⁾ | Suomi ²⁾ | | | | | |
|------------|------------------------|----------------------|---------------------|------------------------|---------------------|------|------|------|------|------|
| C 4:0 | 3,9 | 2,8 | 4,4 | 2,6 | 5,4 | 2,0 | 4,1 | 3,1 | 5,5 | 2,3 |
| C 6:0 | 2,3 | 1,5 | 2,5 | 1,6 | 3,6 | 1,7 | 2,5 | 1,9 | 4,4 | 2,2 |
| C 8:0 | 1,4 | 1,0 | 2,0 | 1,1 | 2,1 | 1,1 | 1,4 | 1,0 | 2,6 | 1,2 |
| C 10:0 | 3,2 | 2,5 | 3,3 | 2,8 | 4,0 | 2,2 | 3,1 | 2,2 | 5,0 | 2,7 |
| C 12:0 | 4,0 | 3,1 | 3,8 | 3,2 | 4,2 | 2,5 | 3,5 | 2,7 | 5,3 | 2,9 |
| C 14:0 | 12,4 | 10,4 | 12,4 | 10,2 | 13,0 | 8,4 | 11,4 | 9,1 | 14,8 | 9,7 |
| C 16:0 | 29,3 | 23,8 | 33,1 | 27,2 | 34,6 | 23,3 | 27,9 | 20,0 | 31,6 | 21,9 |
| C 18:0 | 13,2 | 9,2 | 10,4 | 9,2 | 11,8 | 5,0 | 14,5 | 10,3 | 12,1 | 6,1 |
| C 18:1 | 30,7 | 24,0 | 23,9 | 21,3 | 29,7 | 15,2 | 29,9 | 23,9 | 24,6 | 14,1 |

1) Lähde: Kuzdzal-Savoie, 1980

2) Lähde: Antila, 1982

Suomalaisessa maidossa on vähän pitkäketjuisia C 18:0 ja C 18:1 rasvahappoja. Vain Puolassa näiden rasvahappojen alhaisimmat pitoisuudet ovat Suomen kanssa samantasoiset. Asia ei muutu, jos tarkasteluun otetaan lisäksi esim. Ranska, Belgia, Espanja ja Sveitsi. Vastaavasti suomalaisessa maitorasvassa on enemmän lyhytketjuisia C 4:0 - C 16:0 rasvahappoja. Koko vuotta ajatellen kovan rasvan osuus meillä tulee vielä selvemmäksi, kun Suomessa kesä, jolloin saadaan enemmän tyydyttymättömiä pitkäketjuisia rasvahappoja, on lyhyt, ja talvi, jolloin lyhyt- ja keski-pitkät rasvahapot lisääntyvät, taas pitkä. Koko vuotta ajatellen maitorasvan koostumus tulee siis meillä epä-edullisemmaksi kuin muualla.

Lisääntyvän säilörehuruokinnan voidaan kuitenkin odottaa parantavan tilannetta. Maatalouden tutkimuskeskuksen Pohjois-Savon tutkimusasemalla Maaningalla tehdyn tutki-

muksen mukaan säilörehuruokinnalla tuotetussa maitorasvas-
sa oli tyydyttymättömiä rasvahappoja 3,5 - 4,8 % enemmän
kuin heinäruokinnalla tuotetussa maidossa (Antilaja Kan-
kare, 1986).

2. RASVAHAPPOKOOSTUMUKSEEN VAIKUTTAVIA YMPÄRISTÖTEKIJÖITÄ

2.1 AAMU- JA ILTALYPSY

Stull ja Brown (1965) ja Stull ym. (1966) ovat havain-
neet vähän tai ei ollenkaan eroja maidon rasvahappokoos-
tumuksessa ilta- ja aamulypsyn välillä. Parodi (1972) toteaa,
että erot rasvahappokoostumuksessa ilta- ja aamulypsyn
välillä eivät noudata mitään säännönmukaista kaavaa, ei-
vättä ole suuremmat kuin käytetystä kaasukromatograafi-
sesta analyysimenetelmästä johtuvat virheet,

Mc Dowell (1970) on toista mieltä. Hän sanoo, että melkein
poikkeuksetta aamumaidon jodiluku on alhaisempi kuin ilta-
maidon, ja sanoo tämän johtuvan aamumaidon 1 - 2,5 % al-
haisemmasta öljyhappopitoisuudesta ja vastaavasta stea-
riini- ja palmitiinihappopitoisuuden noususta.

Myös Senf'in ja Klobasan (1970) tutkimuksesta voi havaita,
että aamumaidossa on suhteellisesti enemmän lyhytketjui-
sia rasvahappoja kuin iltamaidossa aina palmitiinihappoon
(C 18:0) saakka ja vähemmän pitkäketjuisia C 18-rasva-
happoja. Sama käy ilmi Renner'in ja Senft'in (1971) tulok-
sista. Huolimatta iltamaidon korkeammasta rasvapitoisuu-
desta lyhytketjuisten C 4:0 - C 6:0 rasvahappojen osuus
aamumaidossa on suurempi kuin iltamaidossa, samoin keski-
pitkien C 10:0 - C 16:0 rasvahappojen osuus. Kaikkien
pitkäketjuisten C 18-rasvahappojen prosenttiosuus on pie-
nempi aamulla kuin illalla.

Erot ovat pieniä, mutta huomattavia siksi, että yleensä
lyhytketjuisten rasvahappojen osuus nousee ja pitkäket-

juisten laskee rasvaprosentin noustessa ja päinvastoin taas lyhytketjuisten laskee ja pitkäketjuisten nousee rasvaprosentin laskiessa.

Taulukko 3. Maidon rasvahappojen suhteellisten määrien erot aamu- ja iltamaidon välillä.

| Rasvahappo ¹⁾ | Ero ¹⁾ | Ominaisuus ²⁾ | Ero ²⁾ | t-arvo ²⁾ |
|--------------------------|-------------------|--------------------------|-------------------|----------------------|
| C 4:0 | 0,05 | Maitomäärä, kg | 3,38 | 20,48 |
| C 6:0 | 0,07 | Rasva-% | -1,21 | 20,48*** |
| C 8:0 | 0,04 | C 4:0 - C 8:0 | 0,28 | 3,73*** |
| C 10:0 | 0,13 | C 10:0 - C 16:0 | 1,76 | 6,57*** |
| C 12:0 | 0,19 | C 18-hapot | -1,87 | 6,37*** |
| C 14:0 | 0,35 | C 18-tyydyttym. | -1,62 | 6,54*** |
| Summa ³⁾ | -0,06 | Linolihappo | -0,17 | 2,80** |
| C 16:0 | 0,39 | | | |
| Summa ⁴⁾ | -0,15 | | | |
| C 18:0 | -0,10 | | | |
| C 18:1 | -0,88 | | | |
| C 18:2 | -0,04 | | | |
| C 18:3 | 0,01 | | | |

1) Lähde: Senft ja Klobasa, 1970

2) Lähde: Renner ja Senft, 1971

3) C 14:0 ja 16:0 välillä olevien rasvahappojen summa

4) C 16:0 ja C 18:0 - " -

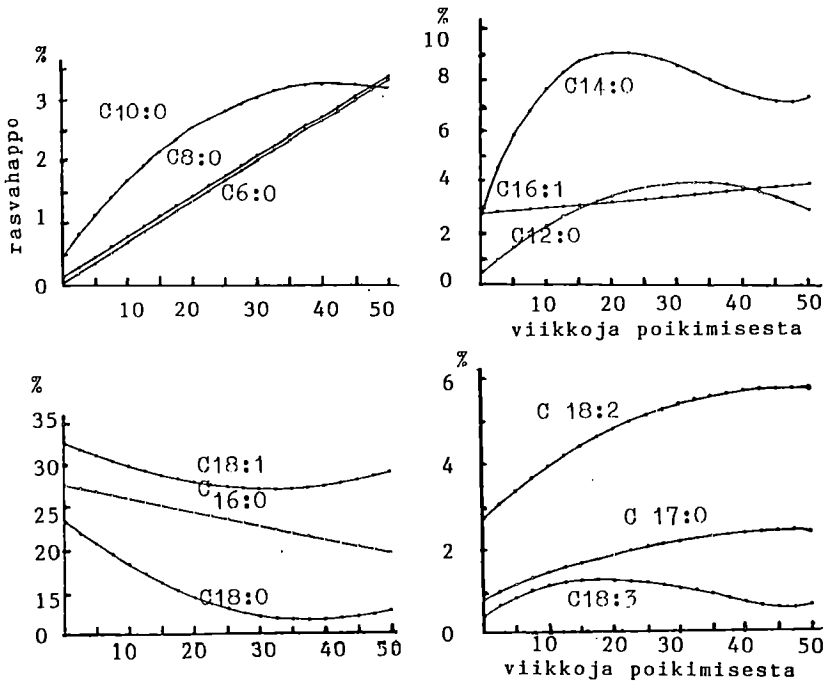
Ilta- ja aamumaidon välisiä eroja on vaikea selittää. Mc Dowell (1970) sanoo eron johtuvan etikkahapon suuremmasta tarpeesta energianmuodostukseen päivän aikana, jolloin utarekudos käyttää enemmän kehon korkeita tyydyttymättömiä varastorasvoja maidonmuodostukseen. Hän sanoo myös olevan mahdollista, että yöllä levon ja ruoansulatuksen aikana ravinnon tyydyttymättömien kasvirasvojen hydrautuminen pötsissä on täydellisempää kuin päivällä.

Aamu- ja iltamaidon välisiä eroja kannattaisi vielä tutkia.

2.2 LYPSYKAUSI

Lypsykauden ajankohta vaikuttaa maidon rasvahappokoostumukseen. Aina tämä ei ole selvästi havaittavissa, koska ruokinnalla on voimakkaampi vaikutus kuin lypsykauden ajankohdalla (Parodi, 1972). Rasvahappokoostumus muuttuu lypsykauden ajankohdan mukaan, kun lehmät ovat muuttumattomalla ruokinnalla (Stull, 1966, (Piiros 1); Decan ja Adda, 1966, 1970; Decan ja Journet, 1967 ja Wallenius ja Whitchurch, 1975, (Taulukko 5).

Piiros 1. Lypsykauden ajankohdan vaikutus maitorasvan rasvahappokoostumukseen, rasvahapot painoprosentteina rasvahappokoostumuksesta.



Lähde: Stull, ym., 1966.

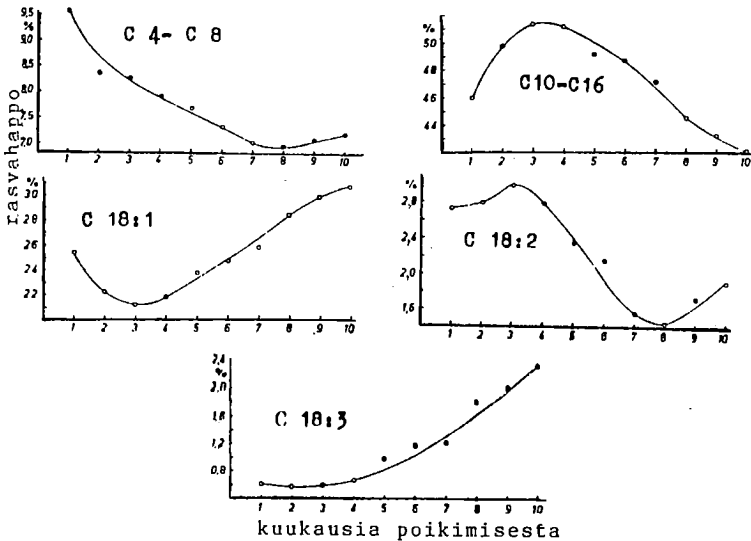
Taulukko 4. Maidon rasvahappokoostumus lypsykauden alkupuoliskolla.

| Rasvahappo | Päiviä poikimisesta | | | | |
|------------|---------------------|------|------|------|------|
| | 24 | 51 | 79 | 107 | 136 |
| C 10:0 | 3,3 | 3,9 | 4,2 | 4,1 | 3,5 |
| C 12:0 | 4,1 | 5,3 | 5,8 | 5,7 | 5,5 |
| C 14:0 | 12,9 | 16,5 | 17,4 | 17,6 | 17,5 |
| C 16:0 | 37,4 | 40,9 | 41,8 | 41,3 | 41,4 |
| C 16:1 | 3,9 | 3,2 | 2,9 | 2,7 | 3,0 |
| C 18:0 | 8,8 | 8,3 | 8,5 | 9,4 | 9,6 |
| C 18:1 | 28,6 | 20,3 | 17,3 | 17,4 | 17,1 |

Lähde: Wallenius ja Whitchurch, 1975.

Merkittävimmät muutokset näiden tutkijoiden mukaan tapahtuvat kuuden - kahdeksan viikon sisällä poikimisesta. Asiaa on käsitelty useissakin tutkimuksissa, edellisten lisäksi mm. Senf'in ja Klobasan (1970) töissä, mutta käytetyt aineistot ovat olleet pieniä, vain muutamia kymmeniä eläimiä käsittäviä.

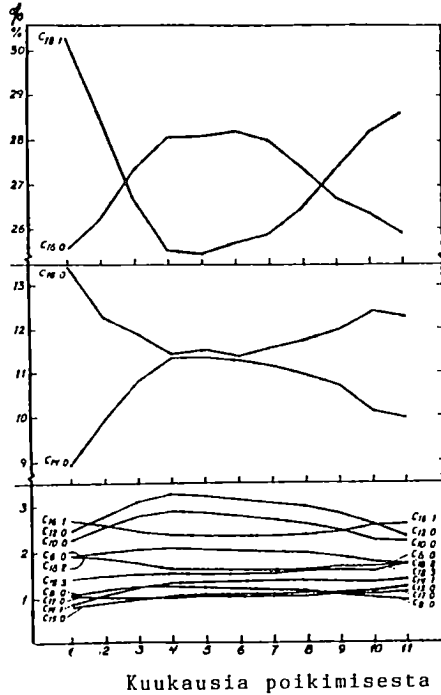
Piirros 2. Lypsykauden ajankohdan vaikutus maidon rasvahappokoostumukseen.



Lähde: Renner ja Senft, 1971.

Ainoastaan norjalaisessa tutkimuksessa (Karijord, ym., 1982) on tyydyttävän suuri aineisto, rasvahapot on määritetty yli kolmentuhannen eläimen maidonäytteistä, yhdestä neljään näytettä / eläin. Tuloksia kuvaa piirros 3. Tämän tutkimuksen mukaan lypsykauden vaikutus maidon rasvahappokoostumukseen on suurempi kuin ruokinnan.

Piirros 3. Muutokset maidon rasvahappokoostumuksessa lypsykauden aikana.



Lähde: Karijord ym., 1982.

Lyhytketjuisten ja keskipitkien rasvahappojen C 6:0 - C 16:0 pitoisuudet ovat alhaisimmillaan lypsykauden alussa, kohoavat ensimmäisten kuukausien aikana ja saavuttavat maksiminsa neljän - viiden kuukauden kuluttua poikimisesta, sen jälkeen ne pysyvät suunnilleen tasaisena

kolme - neljä kuukautta ja vähenevät lypsykauden loppua kohden. Pitkäketjuiset rasvahapot C 16:1 :stä lähtien ovat päinvastoin maksimissaan lypsykauden alussa, minimissään muutamien kuukausien ajan keskellä lypsykautta, kunnes taas nousevat lypsykauden loppua kohti. Poikkeuksen tekee linoleenihappo C 18:3, jonka osuus lisääntyy lypsykauden alusta lähtien lypsykauden loppuun saakka. Samankaltaisia tuloksia kuin norjalaiset, on saanut Parodi, (1974) lehmien ollessa ympäri vuoden laitumella Australiassa. Ainoa ero on palmitiinihapon (C 16:0) käyttäytymisessä lypsykauden lopulla. Parodin mukaan sen osuus ei vähene lypsykauden lopulla, vaan sen osuutta voidaan parhaiten kuvata positiivisella lineaarisella suoralla.

Mainitussa Parodin tutkimuksessa on analysoitu myös voi-happo (4:0), jota norjalaisessa tutkimuksessa ei ole tehty. Sen mukaan voi-hapon suurimmat arvot esiintyvät lypsykauden ensimmäisen kuukauden aikana, alenevat seuraavien kolmen kuukauden kuluessa, pysyvät tasaisena viitenä seuraavana kuukautena, ja laskevat vielä lypsykauden lopulla. Tulos on sopusoinnussa tutkijan aikaisempien havaintojen kanssa (Parodi 1972). Voi-happo siis näyttää käyttäytyvän eri tavalla kuin muut lyhytketjuiset rasvahapot. Mahdollisesti se syntetisoituukin eri tietä kuin muut lyhytketjuiset rasvahapot (Storry ym., 1973).

2.3 RUOKINTA

2.31 R u o k i n n a n v o i m a k k u u s

Runsas hiilihydraattien ja selluloosan saanti lisää kaikkien rasvahappojen määrää maidossa. Eniten lisääntyvät lyhytketjuiset ja keskipitkät C 6:0 - C 14:0 rasvahapot, vain vähän voi-happo C 4:0, palmitiinihappo C 16:0 ja C 18-rasvahapot (Storry ym., 1980) (Taulukko 5).

Taulukko 5. Maidon rasvahapon ja hiilihydraatin ja rasvan syönnin välinen riippuvuus.

| Rasvahappo | Viikkoja poikimisesta | Regressiokertoimet | |
|------------|--------------------------|--------------------------|------------------|
| | | Hiilihydraatin syönti | Rasvan syönti |
| C 4 | 2 - 6 | 2,3 | 25,1 |
| | 7 - 13 | 3,2 ** | 40,6 |
| C 6 | 2 - 6 | 2,0 ** | - 7,2 ** |
| | 7 - 13 | 2,0 *** | 3,1 |
| C 8 | 2 - 6 | 1,5 *** | - 6,7 |
| | 7 - 13 | 1,3 *** | - 4,7 |
| C 10 - 11 | 2 - 6 | 4,8 *** | -21,0 *** |
| | 7 - 13 | 3,7 *** | -20,0 *** |
| C 12 - 13 | 2 - 6 | 5,7 *** | -22,0 *** |
| | 7 - 13 | 4,1 *** | -23,0 *** |
| C 14 | 2 - 6 | 13,1 *** | 44,0 *** |
| | 7 - 13 | 10,3 *** | -40,2 ** |
| C 16 | 2 - 6 | 18,6 * | 408,0 ** |
| | 7 - 13 | 26,8 ** | 425,0 ** |
| C 18 | 2 - 6 | 0,2 | 1053,0 *** |
| | 7 - 13 | 41,0 ** | 1358,0 *** |

* = $P < 0,05$; ** = $P < 0,01$; *** = $P < 0,001$.

Lähde: Storry ym., 1980.

Paaston vaikutuksesta lyhytketjuisten ja keskipitkien rasvahappojen määrä laskee ja pitkäketjuisten nousee. Jo viiden päivän pituinen paasto (Luick ja Smith, 1963) aiheutti C 6:0 - C 14:0 rasvahappojen voimakkaan vähene-
misen. Myös C 4:0 ja C 16:0 vähenivät jonkin verran. Vas-
taavasti pitkäketjuiset C 18-rasvahapot nousevat, eten-
kin öljyhappo C 18:1 (Taulukko 6, Piirros 4).

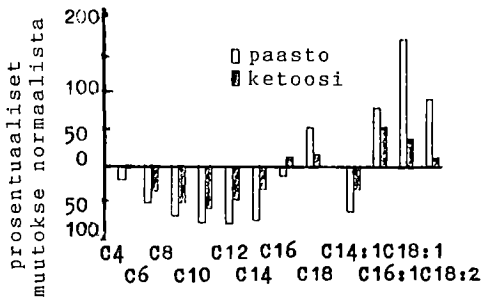
Taulukko 6. Pääaston vaikutus maidon rasvahappokoostumukseen.

| Rasvahappo | Olosuhteet | | |
|----------------------|------------|------------|---------|
| | | Normaali-* | Paasto* |
| | | ruokinta | |
| Voihappo | C 4:0 | 2,6 | 1,9 |
| Kapronihappo | C 6:0 | 2,0 | 0,8 |
| Kapryylihappo | C 8:0 | 1,4 | 0,4 |
| Kapriinihappo | C 10:0 | 3,4 | 0,6 |
| Lauriinihappo | C 12:0 | 4,4 | 0,6 |
| Myristiinihappo | C 14:0 | 12,4 | 2,5 |
| Palmitiinihappo | C 16:0 | 33,9 | 26,5 |
| Palmito-oleiinihappo | C 16:1 | 2,5 | 4,0 |
| Steariinihappo | C 18:0 | 8,4 | 11,1 |
| Öljyhappo | C 18:1 | 18,1 | 43,3 |
| Linoliyhappo | C 18:2 | 1,5 | 2,4 |
| Linoleeniyhappo | C 18,3 | 1,5 | 1,3 |

* Luvut ovat keskiarvoja kolmen jersey- ja kahden holsstein- rotuisen lehmän maitonäytteiden rasvahappoista, ilmaistu painoprosentteina rasvahappokoostumuksesta.

Lähde: Luick ja Smith, 1963.

Piirros 4. Tyydyttyneiden ja tyydyttymättömien rasvahappojen prosenttuaaliset muutokset normaalista paaston ja kliinisen ketoosin aikana.



Lähde: Luick ja Smith, 1963.

Samansuuntainen vaikutus kuin paastolla oli ketoosilla, mutta lievempänä. Lisäksi palmitiinihapon käyttäytymisessä oli vaihtelevuutta (Piiros 4).

2.32 R e h u a n n o k s e n k a r k e u s a s t e

Maidon rasvahappokoostumus, samoin kuin rasvaprosentti, muuttuu merkittävästi normaaliruokintaan verrattuna ruokinnalla, missä on vähän karkearehua ja korkea väkirehu-määrä. Tyydyttymättömien rasvahappojen määrä nousee ja tyydyttyneiden laskee (Storry, 1970). Tämän hän sanoo johtuvan rasvahappojen esiasteiden pitoisuuksien muutoksista veressä, mikä puolestaan on seurausta aineenvaihdunnan muutoksista pötsissä ja rasvakudoksissa.

Samansuuntaisia havaintoja ovat tehneet monet muut tutkijat, muun muassa Hutjens ja Schultz (1971), joiden mukaan väkirehu : karkearehu suhteella 3 : 1 tuotetussa maidossa on enemmän öljyhappoa (18:1) ja linolihappoa (18:2) kuin väkirehu : karkearehu suhteella 2 : 1 tuotetussa maidossa. Kun väkirehuun oli lisätty rasvaa, oli steariinihappopitoisuus (18:0) jopa kaksinkertainen ryhmällä 2 : 1 (17,4 %) ryhmään 3 : 1 (8,8 %) verrattuna.

Brown ym., (1961) ovat tulleet tulokseen, että vähäinen karkearehun saanti alentaa kyllä rasvaprosenttia, mutta sillä ei ole vaikutusta maitorasvan rasvahappokoostumukseen. Shawn ym. (1957) ei myöskään löydä mitään muutosta maitorasvan tyydyttymättömyysasteessa ruokinnan karkeusasteen muuttuessa.

2.33 R e h u n r a s v a

Rehun rasva vaikuttaa maidon rasvahappokoostumukseen. Yksityisten rasvahappojen lisäys rehuvalioon muuttaa maidon rasvahappokoostumusta (Steele ja Moore, 1968. Taulukko 7).

Taulukko 7. Lauriini- (12:0), myristiini- (14:0), palmiittiini- (16:0) ja steariinihapon (18:0) ruokintaan lisäyksen vaikutus maidon rasvahappokoostumukseen.

| Rasvahappo | Ilman lisäystä | Rasvahappolisäys | | | |
|-------------|----------------|------------------|------|------|------|
| | | 12:0 | 14:0 | 16:0 | 18:0 |
| C 4:0-8:0 | 7,0 | 5,0 | 5,3 | 5,6 | 6,9 |
| C 10:0 | 0,5 | 0,4 | 0,3 | 0,1 | 0,5 |
| C 12:0 | 2,1 | 11,4 | 1,6 | 0,9 | 1,2 |
| C 14:0 | 11,4 | 13,5 | 31,6 | 6,3 | 9,2 |
| C 14:1 | 0,5 | - | 2,4 | 0,4 | 0,2 |
| C 16:0 | 38,7 | 36,3 | 31,8 | 60,7 | 27,7 |
| C 16:1 | 1,3 | - | 2,1 | 3,5 | 1,2 |
| C 18:0 | 10,1 | 5,3 | 5,5 | 4,3 | 18,7 |
| C 18:1 | 21,3 | 18,5 | 15,3 | 14,2 | 30,1 |
| C 18:2+18:3 | 2,9 | 3,2 | 1,8 | 1,7 | 1,4 |

Lähde: Steele ja Moore, 1968.

Käytännössä rasvalisäyksen vaikutus märehäijöillä maidon rasvahappokoostumukseen ei ole suoravaikutteista kuten yksimahaisilla eläimillä. Rasvahappojen mikroobisynteesi pötsissä ja rasvahappojen muutokset utareessa aiheuttavat sen, että yksittäisen rasvahapon siirtymistä maitoon on erittäin vaikea arvioida. Yleensä kuitenkin näyttää siltä, että rasvan tai öljyn lisäys rehuvalioon johtaa sen sisältämien rasvahappojen lisääntymiseen maidossa. Poikkeuksena C 18-monityydyttymättömät (linoleeni- ja linoli-) rasvahapot, joiden hydrautumista öljy- ja steariinihapoksi (C 18:1 ja C 18:0) tapahtuu pötsissä ennen imeytymistä.

Utareessa tapahtuu vielä steariinihapon (C 18:0) muuttamista takaisin öljyhapoksi (C 18:1) (Storry, 1980).

Rehuannoksen palmitiinihappolisän siirtyminen maitoon tapahtuu 90 %:n tehokkuudella, C 18-happojen 30 - 55 %:n ja lauriinihapon (C 12:0) 27 %:n (Banks ym., 1976). Rasvahapot, joissa on vähemmän kuin kaksitoista hiiliatomia, kulkeutuvat vain vähän maitoon niiden nopean maksassa ja muissa kudoksissa tapahtuvan aineenvaihdunnan vuoksi (Storry ym., 1969).

Rehun rasvalisäys ehkäisee pötsin toimintaa ja heikentää ruokahalua. Tällöin alenee pötsin etikkahappo : propionihapposuhde, ja lyhytketjuisten ja keskipitkien C 6 - C 14-rasvahappojen synteesi utareessa hidastuu näiden esiasteen, etikkahapon vähentyneen tuotannon vuoksi.

Kalanmaksaöljyn C 20 - 22 - rasvahapot kulkeutuvat vain vähän maitoon (15 %), koska ne liittyvät plasman kolesteroliestereihin ja HDL-proteiinien fosfolipideihin, joita utare ei käytä rasvanmuodostukseen (Brumby, 1972). Maidon pitkäketjuisten rasvahappojen muodostamiseen utare käyttää veren plasman triglyseridejä, joista pääosan muodostavat kylomikroonit ja LDL-proteiinit.

Suomessa Antila (1966) on todennut, syötettäessä lehmille mäntyöljyn rasvahappoja sisältävää rehua, että lyhytketjuiset C 4:0 - C 16:0 rasvahapot laskevat ja pitkäketjuiset steariinihappo (C 18:0) ja öljyhappo (C 18:1) sekä myös linoli- (C 18:2) ja erittäinkin linoleenihappo (C 18:3) nousevat.

Antila ja Kankare (1983) ovat verranneet ohraa ja kauraa lypsylehmien väkirehuna ja todenneet, että kaura pehmentää, ohra kovettaa maitorasvaa. Maitorasvan jodiluku oli kauraruokinnalla noin viisi yksikköä korkeampi kuin ohraruokinnalla. Jo ohra - kaura seoksessa 1:1 ohran epädullinen

vaikutus suureksi osaksi eliminoituu. Kauran maitorasvaa pehmentävä vaikutus perustuu sen sisältämään öljymäiseen rasvaan, jota nykyisin viljeltävissä lajikkeissa on 5 - 6 %.

Edelleen Antilan ja Kankareen (1985) tutkimuksesta käy ilmi, että väkirehuseoksen rasvapitoisuuden noustessa 3,0 %:sta 7,6 %:iin, tyydyttymättömien rasvahappojen osuus maidossa kohosi 25,7 %:sta 41,8 %:iin. Väkirehun rasvalisäyksestä 2/3 oli rypsiöljyä ja 1/3 naudnan talia. Väkirehun rasva-prosentin ollessa korkein, 7,6 %, oli rypsiöljyn osuus rasvalisäyksestä 80 %. Tällöin tyydyttymättömien rasvahappojen osuus maitorasvassa oli korkea, 41,8 %. Osittain tämä voi johtua tämän rehun rakeistuksessa käytetystä kalsiumlignosulfaatista, jolla voi olla rasvaa suojaava vaikutus pötsissä.

Australiassa on viime vuosikymmenellä kehitetty rasvan suojaamismenetelmä, jossa rasva imeytetään maitojauheeseen ja tämä rakeistetaan ja käsitellään formaldehydillä. Näin saadaan tuote, joka ohittaa pötsin hajoamatta. Kun rasva hajaantuu vasta juokсутusmahan happojen vaikutuksesta, välttyy rehun monityydyttymättömien rasvahappojen hydrautumisen. Näin voidaan korkean tuotannon vaiheessa nostaa ruokinnan energiapitoisuutta ja muuttaa maitorasvan laatua enemmän monityydyttymättömiä rasvahappoja sisältäväksi.

Yleensä pieni osa suojaamattomankin rasvan monityydyttymättömistä rasvahapoista pääsee hydrautumatta pötsin ohi. Tämä on nähtävissä esim. laidunkauden aikana maidon lisääntyneenä C 18-, erikoisesti C 18:3 (linoleeni-) rasvahappopitoisuutena (Antila, 1966, Christie, 1979).

Kun kasvien sisältämä rasva, siis myös eläinten rehun rasva, sisältää pääasiassa tyydyttymättömiä rasvahappoja, päästään rasvan suojauksella meijeriväen ja

ravitsemusasiantuntijoiden toivomiin tuloksiin.

1970-luvulla on tehty lukuisia kokeita, joissa lehmien rehuannokseen on lisätty suojattua rasvaa. Kun käytetyt rasvalisät sisölsivät pääasiassa tyydyttyneitä rasvahappoja, rasvalisäyksen noustessa laskivat lyhytketjuisten C 6 - C 14-rasvahappojen määrät, voihapsen C 4:0 ja ja pitkäketjuisten C 16 - C 18:1 määrät nousivat ja monityydyttymättömät C 18:2 - C 18:3 rasvahapot pysyivät ennallaan (Taulukko 8).

Kun ruokintaan lisätty suojattu rasva sisältää monityydyttymättömiä rasvahappoja, saadaan maidon linoli- ja linoleenihappopitoisuus kohoamaan jopa 20 - 30 %:iin (Taulukko 8).

Taulukko 8. Suojatun eläinrasvan, suojatun soijaöljyn ja suojatun safloröljyn vaikutus maitorasvan rasvahappokoostumukseen.

| Rasvahappo | Eläinrasva ¹⁾ | | Soijaöljy ²⁾ | | Safloröljy ³⁾ | |
|------------|--------------------------|-----------|-------------------------|-----------|--------------------------|-----------|
| | Kontrolli | Käsitelty | Kontrolli | Käsitelty | Kontrolli | Käsitelty |
| C 4:0 | 3,5 | 2,8 | - | - | 5,8 | 5,7 |
| C 6:0 | 2,5 | 1,2 | - | - | 1,3 | 1,6 |
| C 8:0 | 1,6 | 0,6 | - | - | 0,9 | 1,0 |
| C 10:0 | 4,1 | 1,1 | - | - | 2,0 | 2,2 |
| C 12:0 | 4,6 | 1,2 | - | - | 2,5 | 2,4 |
| C 14:0 | 12,2 | 5,2 | 12,1 | 9,4 | 9,7 | 8,6 |
| C 16:0 | 29,8 | 28,6 | 34,2 | 23,4 | 29,6 | 24,9 |
| C 16:1 | 2,3 | 2,8 | - | - | 2,5 | 1,7 |
| C 18:0 | 8,2 | 13,3 | 7,3 | 9,2 | 10,5 | 12,1 |
| C 18:1 | 20,4 | 33,9 | 18,4 | 21,9 | 23,9 | 26,3 |
| C 18:2 | 2,1 | 2,1 | 2,4 | 12,5 | 2,3 | 6,1 |
| C 18:3 | 0,2 | 0,3 | 1,0 | 2,4 | - | - |

1) Lähde: Storry ym., 1974.

2) Lähde: Jensen ja Hansen, 1974.

3) Lähde: Kreula ja Nordlund, 1974.

2.4 POIKIMAKERTA

Iän vaikutusta maidon rasvahappokoostumukseen ovat tutkineet saksalaiset tutkijat Senft ja Klobasa (1970). He eivät havainneet eroja eri poikimakertojen välillä maidon rasvahappokoostumuksessa.

2.5 VUODENAIKA

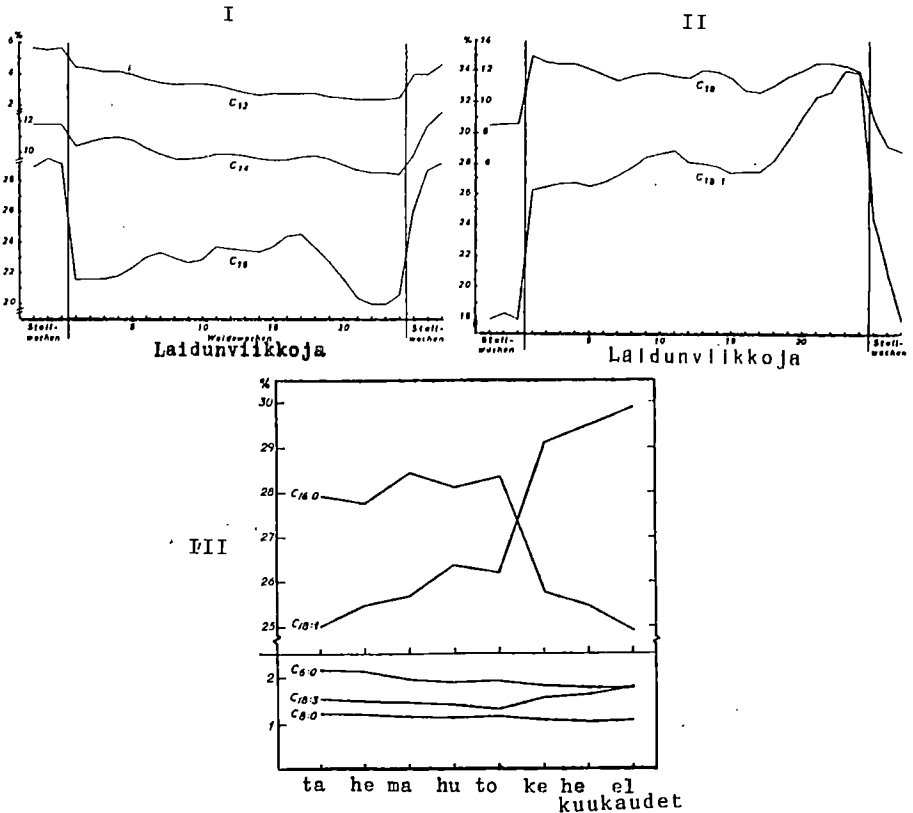
Vuodenaikaiset maidon rasvahappokoostumuksen vaihtelut pohjoisella pallonpuoliskolla johtuvat etupäässä sisäruokintakauden ja laidunkauden vaihteluista. Keväällä laidunkauden alkaessa pitkäketjuisten C 18-rasvahappojen osuus nousee, pudotakseen taas syksyllä sisäruokintakauden alkaessa. Lyhytketjuisten C 4:0 - C 10:0:n osuus pysyy suunnilleen ennallaan ja keskipitkien C 12 - C 16:n osuus laskee (Senft ja Klobasa, 1970, Karijord, ym., 1982).

Piirroksessa 5, osassa I esitetyistä kolmesta rasvahaposta palmitiinihapon määrä laski kaikkein eniten, 7,8 %. Loppukesästä, vähän ennen sisällettoa sen osuus laski vielä lisää. Vastaavasti öljyhapon osuus nousi (osa II). Suurimmillaan sisäruokinnan ja laidunkauden ero öljyhapon kohdalla oli 16 %, steariinihapon n. 5 %. Sisälleton jälkeen rasvahappokoostumus palautui ennalleen kolmessa viikossa.

Osassa III, norjalaisen, yli 7000 näytettä käsittävän tutkimuksen mukaan (Karijord, ym., 1982) muuttuvat toukuussa laidunkauden alkaessa palmitiini-, öljy- ja linoleenihappojen osuudet selvimmin. Öljyhapon osuus lisääntyy n. 4 prosenttiyksikköä, palmitiinihapon vastaavasti alenee suunnilleen saman verran. Linoleenihapon lisäys on 1/2 prosenttiyksikköä, mikä on merkittävä lisäys monitydyttymättömien rasvahappojen vähäisen osuuden huomiottaen.

Myös suomalaisten tutkimukset (Antila, 1966, Rauramaa, ym., 1975) vahvistavat näitä tuloksia. Molempien tutkimusten tuloksista havaitaan, että muutoksia tapahtuu kaikkien, myös lyhytketjuisten rasvahappojen kohdalla (Taulukko 9).

Piirros 5. Laidunkauden vaikutus maidon rasvahappokoostukseen. I. Lauriini- (C 12:0), myristiini- (C 14:0) ja palmitiini- (C 16:0) hapon. II. Steariini- (C 18:0) ja öljy- (C 18:1) hapon muutokset laidunkauden aikana. III. Palmitiini- (C 16:0) ja öljy- (C 18:1) hapon sekä kaprooni- (C 6:0), kapryyli- (C 8:0) ja linoleeni- (C 18:3) hapon muutokset tammi - elokuun aikana.



I, II Lähde: Senft ja Klobasa, 1970.

III Lähde: Karijord, ym., 1982.

Taulukko 9. Suomalaisen lehmänmaidon maitorasvan rasvahappokoostumus prosentteina rasvahapoista.

| Rasvahappo | | Laidun- kausi | Sisäruokinta- kausi |
|----------------------|--------|------------------|------------------------|
| Voihappo | C 4:0 | 3,9 | 4,2 |
| Kaproonihappo | C 6:0 | 2,8 | 3,1 |
| Kapryylihappo | C 8:0 | 1,6 | 1,8 |
| Kapriinihappo | C 10:0 | 3,1 | 3,8 |
| | C 10:1 | 0,4 | 0,5 |
| Lauriinihappo | C 12:0 | 3,3 | 4,1 |
| Myristiinihappo | C 14:0 | 10,7 | 12,4 |
| Myristo-oleiinihappo | C 14,1 | 1,6 | 1,7 |
| Palmitiinihappo | C 16:0 | 25,1 | 30,3 |
| Palmito-oleiinihappo | C 16:1 | 2,2 | 1,9 |
| Steariinihappo | C 18:0 | 10,0 | 8,1 |
| Öljyhappo | C 18:1 | 23,1 | 18,2 |
| Linolihappo | C 18:2 | 3,0 | 2,4 |
| Linoleenihiappo | C 18:3 | 1,0 | 0,5 |

Lähde: Antila, 1966.

Australiassa vointuotanto on alhaisimmillaan kesäkuussa, jolloin siellä on talvi, laitumet kuivuneet ja lehmät ehtyneet. Tällöin lyhytketjuiset C 4 - C 14-rasvahapot ovat alhaisimmillaan, nousevat kevään kuluessa, saavuttaen korkeimman arvonsa kesällä. C 18:0 - C 18:1 saavat talvella maksimiarvonsa, kesällä miniminsä. Maidon korkea C 18-rasvahappojen pitoisuus talven aikana, kun laidunolosuhteet ovat surkeat, selittynee eläinten tarpeella ravinnon puutteessa käyttäen kehon varastorasvoja maidonmuodostukseen (Parodi, 1970).

Uudessa Seelannissa Hawke (1963) totesi olevan merkittävän eron eri kasvuasteella olevan laidunruohon rasvan luonteessa ja määrässä. Varhaisella kehitysasteella oleva ruoho sisälsi enemmän rasvaa ja se oli tyydyttymättömämpää kuin täysikasvuisen ruohon rasva. Kun yksimunaisia

kaksosia laidunnettiin eri kasvuasteella olevalla ruoholla, nuorella ruoholla tuotettu maitorasva sisälsi enemmän öljyhappoa ja muita C 18-rasvahappoja kuin täysikasvuisella ruoholla tuotettu maito.

Mc Dowell ja Mc Gilligray (1963 b) arvelivat, että jodiluvun lasku myöhäisen kevään ja varhaisen kesän aikana olisi yhteydessä täysikasvuiseen laitumeen ja nousu syksyllä ja talvella johtuisi syksysateiden aiheuttamasta uuden ruohon ilmestymisestä.

3 RAVAHAPPOKOOSTUMUKSEN JALOSTETTAVUUS

3.1 ROTUJEN VÄLISET EROT

Rodun vaikutuksesta maidon rasvahappokoostumukseen on vain vähän tietoa. Krukovsky (1961) ilmoittaa Holstein-rodulla olleen korkeamman öljyhappo- (C 18:1)pitoisuuden maidossa kuin Jersey-rodulla.

Stullin ja Brownin (1964) tutkimuksessa oli kahden vuoden ajan 20 -35 Guernsey-, 40 - 50 Holstein- ja 10 - 15 Jersey-lehmää (Taulukko 10). Holstein-rotu tuotti merkittävästi erilaista maitoa kuin sekä Guernsey- että Jersey-rotu. Kapriini-(C10:0), lauriini-(C 12:0) ja palmitiini-(C 16:0) rasvahappoja oli Holstein-rodulla merkittävästi vähemmän ja palmiito-oleiini-(C 16:1) ja öljy-(C 18:1)happoa enemmän kuin molemmilla toisilla roduilla. Myös monityydyttymättömiä linoli-(C 18:2) ja linoleeni-(C 18:3)happoa oli Holstein-rodulla enemmän, vaikkakaan ei tilastollisesti merkittävästi.

Taulukko 10. Maidon keskimääräinen rasvahappokoostumus kolmen eri rodun eläimillä.

| Rasvahappo % | Guernsey n=20-35 | Rotu Holstein n=40-50 | Jersey n=10-15 |
|-----------------|---------------------|-----------------------------|-------------------|
| C 6:0 | 0,99 | 0,82 | 0,89 |
| C 8:0 | 0,86 | 0,76 | 0,88 |
| C 10:0 | 2,48 | 2,17** | 2,91 |
| C 12:0 | 3,12 | 2,90** | 3,97 |
| C 14:0 | 10,49 | 9,93 | 10,85 |
| C 16:0 | 32,91 | 30,70** | 32,43 |
| C 16:1 | 2,73 | 2,94** | 2,45 |
| C 18:0 | 14,87 | 14,21 | 14,37 |
| C 18:1 | 22,56 | 25,39** | 22,11 |
| C 18:2 | 3,48 | 3,66 | 3,49 |
| C 18:3 | 0,77 | 0,96 | 0,65 |

** merkitsevyys 1 %

Lähde: Stull ja Brown, 1964.

3.2 RASVAHAPPOJEN SUHTEELLISTEN OSUUKSIEN PERIITYMIS- ASTEET

Maidon rasvahappokoostumuksessa on havaittu selviä perinnöllisiä eroja (Edwards, ym., 1973, Renner ja Kosmack, 1974 a ja Karijord, ym., 1982).

Edwards ym. (1973) ovat saaneet huikean korkeat periytyvyysasteet eri rasvahapoille, vaihtelu 0,64:stä 0,98:aan (Taulukko 11). Kokeessa on käytetty kymmentä paria yksimunaisia ja viittätoista paria kaksimunaisia kaksosia. Ympäristövaikutus on poistettu vertaamalla yksimunaisten ja kaksimunaisten kaksosparien sisäistä vaihtelua. Tällöin heritabiliteetin arvoon sisältyy puolitoista kertaa dominanssivaikutus ja ainakin puolitoistakertaa epista-

siavaikutus, joten saadaan liian korkeat periytymisasteet.

Rennerillä ja Kosmackilla (1974 a) on ollut aineistona kymmenen sonnin tytäriryhmät, yhteensä 254 tytärtä. Maitonäytteet on otettu kerran kuussa. Tuloksia laskettaessa on käytetty puolisisarkorrelaatiota ja pienimmän neliösumman menetelmää. He ovat saaneet alhaiset heritabiliteetin arviot pääasiallisimmille rasvahapoille, keskipitkille 0,06 ja pitkäketjuisille 0,04. Vain lyhytketjuisten rasvahappojen periytymisaste oli 0,26.

Norjalaisilla (Karijord, ym., 1982) oli tutkimuksessaan edustava aineisto, yhteensä 114 sonnina, jokaiselta keskimäärin kolmekymmentä tytärtä, kultakin yhdestä neljään näytettä. Aineiston käsittelyyn on käytetty hierarkista varianssianalyysiä ja saatu heritabiliteetin arvoiksi 0,05:stä 0,26:een eri rasvahapoille (Taulukko 11).

Ruotsalaiset Emanuelson ym. (1981) eivät tutkineet yksittäisiä rasvahappoja, vaan jodilukua. (Jodiluvulla ilmaistaan rasvan kovuutta. Mitä korkeampi jodiluku on, sitä enemmän rasva sisältää tyydyttymättömiä rasvahappoja ja sitä pehmeämpää se on.) Tutkimuksessa oli 84:ltä sonnilta yhteensä 2111 tytärtä - näytteitä kaikkiaan 4754. Jodiluvun periytyvyysasteeksi he saivat alhaisen $0,073 \pm 0,029$, joka kuitenkin oli tilastollisesti merkitsevä ($P < 0,05$).

Taulukko 11. Maidon rasvahappojen suhteellisten määrien heritabiliteetit (h^2).

| Rasva- | h^2 | h^2 | h^2 | s |
|--------|-------------------------|--------------------------------|--------------------------|------|
| happo | Edwards, ym., (1973) | Renner ja Kosmack, (1974 a) | Karijord, ym., (1982) | |
| C 4:0 | 0,82 | } 0,26 | - | - |
| C 6:0 | 0,88 | | 0,11 | 0,03 |
| C 8:0 | 0,87 | | 0,13 | 0,03 |
| C 10:0 | 0,88 | | 0,16 | 0,04 |
| C 10:1 | 0,75 | | - | - |
| C 12:0 | 0,64 | } 0,06 | 0,17 | 0,04 |
| C 12:1 | 0,98 | | - | - |
| C 14:0 | 0,89 | | 0,07 | 0,03 |
| C 14:1 | 0,98 | | 0,26 | 0,05 |
| C 15:0 | 0,86 | | 0,05 | 0,02 |
| C 16:0 | 0,95 | | 0,15 | 0,04 |
| C 16:1 | 0,92 | | 0,12 | 0,03 |
| C 18:0 | 0,88 | | 0,15 | 0,04 |
| C 18:1 | } 0,89 | } 0,04 | 0,06 | 0,03 |
| C 18:2 | } | | 0,11 | 0,03 |
| C 18:3 | 0,72 | | 0,09 | 0,03 |

3.3 KORRELAATIOT ERI RASVAHAPPOJEN SUHTEELLISTEN MÄÄRIEN VÄLILLÄ

Norjalaisen tutkimuksen (Karijord, ym., 1982) mukaan lyhyt-ketjuisten C 6 - C 14-rasvahappojen välillä on olemassa voimakas sekä fenotyyppinen että geneettinen positiivinen korrelaatio. Toinen tällainen ryhmä, minkä kesken on voimakas positiivinen korrelaatio, on tyydyttymättömät C 18-rasvahapot. Lyhytketjuisten C 6 - C 14 ja tyydyttymättömien C 18-rasvahappojen väliset korrelaatiot ovat kaikissa tapauksissa negatiivisia.

Taulukko 12. Korrelaatiot eri rasvahappojen suhteellisten määrien välillä. Fenotyypilliset korrelaatiot yläpuolella, geneettiset alapuolella.

| Acid | 6:0 | 8:0 | 10:0 | 12:0 | 14:0 | 14:1 | 15:0 | 16:0 | 16:1 | 17:0 | 18:0 | 10:1 | 18:2 | 10:3 |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| C 6:0 | 0.89 | 0.70 | 0.57 | 0.51 | 0.09 | -0.06 | 0.14 | -0.41 | -0.21 | -0.08 | -0.56 | -0.19 | -0.23 | |
| C 8:0 | 0.89 | 0.92 | 0.84 | 0.71 | 0.21 | 0.03 | 0.16 | -0.42 | -0.21 | -0.24 | -0.65 | -0.15 | -0.23 | |
| C 10:0 | 0.70 | 0.93 | 0.97 | 0.83 | 0.26 | 0.14 | 0.22 | -0.40 | -0.19 | -0.34 | -0.72 | -0.12 | -0.25 | |
| C 12:0 | 0.59 | 0.88 | 0.97 | 0.86 | 0.36 | 0.21 | 0.28 | -0.33 | -0.17 | -0.45 | -0.73 | -0.10 | -0.23 | |
| C 14:0 | 0.48 | 0.71 | 0.80 | 0.84 | 0.42 | 0.27 | 0.50 | -0.41 | -0.17 | -0.49 | -0.85 | -0.27 | -0.31 | |
| C 14:1 | -0.03 | 0.12 | 0.01 | 0.21 | 0.10 | 0.45 | 0.15 | 0.20 | -0.05 | -0.56 | -0.25 | -0.04 | 0.08 | |
| C 15:0 | -0.20 | -0.07 | -0.05 | 0.01 | 0.06 | 0.11 | 0.04 | -0.03 | 0.49 | -0.16 | -0.23 | -0.20 | -0.02 | |
| C 16:0 | -0.25 | -0.38 | -0.35 | -0.30 | -0.27 | 0.01 | -0.22 | -0.12 | -0.15 | -0.48 | -0.72 | -0.38 | -0.48 | |
| C 16:1 | -0.28 | -0.29 | -0.29 | -0.21 | -0.32 | 0.22 | -0.45 | 0.46 | -0.05 | -0.39 | 0.50 | 0.37 | 0.24 | |
| C 17:0 | 0.08 | 0.17 | 0.15 | 0.17 | 0.28 | 0.11 | 0.77 | -0.36 | -0.60 | 0.26 | 0.09 | -0.17 | -0.11 | |
| C 18:0 | 0.22 | 0.10 | 0.10 | -0.08 | -0.01 | -0.58 | 0.26 | -0.49 | -0.70 | 0.33 | 0.28 | -0.16 | -0.09 | |
| C 18:1 | -0.57 | -0.60 | -0.68 | -0.63 | -0.65 | 0.12 | 0.04 | -0.28 | 0.25 | -0.08 | -0.14 | 0.41 | 0.48 | |
| C 18:2 | -0.02 | -0.05 | -0.19 | -0.20 | -0.38 | 0.11 | -0.59 | -0.30 | -0.12 | -0.13 | -0.07 | 0.61 | 0.56 | |
| C 18:3 | -0.38 | -0.35 | -0.48 | -0.39 | -0.52 | 0.39 | 0.25 | -0.23 | 0.29 | -0.09 | -0.30 | 0.84 | 0.65 | |

Lähde: Karijord, ym., 1982.

Palmitiinihapon (C 16:0) ja tyydyttymättömien C 18-rasvahappojen välillä sekä fenotyyppinen että geneettinen korrelaatio on negatiivinen. Myös lyhytketjuisten rasvahappojen kanssa palmitiinihappo on negatiivisessa geneettisessä korrelaatioissa (Taulukko 12).

3.4 ERI RASVAHAPPOJEN SUHTEELLISTEN OSUUKSIEN JA MAIDONTUOTANNON TUNNUSLUKUIEN VÄLISET KORRELAATIOI

Maitomäärän ja rasvahappojen väliset sekä fenotyyppiset että geneettiset korrelaatiot ovat pienet, lyhytketjuisten osalta kuitenkin johdonmukaisesti positiiviset (Karijord, ym., 1982, Taulukko 13). Keskipitkien ja pitkäketjuisten rasvahappojen osalta korrelaatiot ovat vaihtelevia, mutta linoliyhapon kohdalla selvästi positiivinen ja palmitiinihapon lähellä nolaa tai negatiivinen. Saksalaisen tutkimuksen (Renner ja Kosmack, 1974 b) mukaan maitomäärän ja eri rasvahappojen suhteellisten osuuksien fenotyyppiset korrelaatiot ovat: lyhytketjuiset C 4 - C 8 rh:t 0,19, keskipitkät C 10 - C 16 rh:t 0,09 ja tyydyttymättömät C 18-rh:t -0,09. Vastaavat geneettiset korrelaatiot: 0,83, -0,03, -1,00.

Rasvaprosentin ja rasvahappojen välisistä geneettisistä korrelaatioista lyhytketjuisten kohdalla ne ovat selvästi positiivisia, pitkäketjuisten negatiivisia, öljyhapon (C 18:1) jopa -0,82 (Karijord, ym., 1982). Samansuuntaiseen tulokseen ovat tulleet Renner ja Kosmack (1973) ja Renner ja Kosmack (1974 b) (Piiros 6).

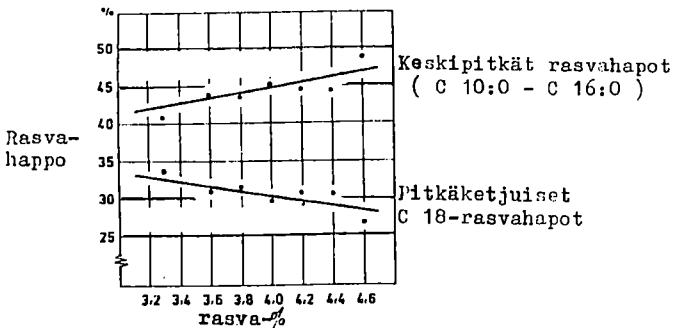
Valkuaisprosentin ja rasvahappojen väliset korrelaatiot näyttävät noudattavan samoja linjoja kuin korrelaatiot rasvaprosentin ja rasvahappojen välillä. Pitkäketjuisten kohdalla ne ovat pienemmät, erityisesti mainittakoon linoliyhapon alhainen korrelaatio -0,04 (Taulukko 13).

Taulukko 13. Eri rasvahappojen suhteellisten määrien ja maidontuotannon, rasvaprosentin ja valkuaisprosentin väliset korrelaatiot.

| Rasva- happo | Fenotyyppiset korrelaatiot | | | Geneettiset korrelaatiot | | |
|-----------------|-------------------------------|---------|---------|-----------------------------|---------|---------|
| | Maito- määrä | Rasva-% | Valk.-% | Maito- määrä | Rasva-% | Valk.-% |
| C 6:0 | 0,15 | 0,10 | 0,00 | 0,24 | 0,31 | 0,30 |
| C 8:0 | 0,18 | 0,04 | 0,10 | 0,21 | 0,37 | 0,36 |
| C10:0 | 0,16 | -0,01 | 0,17 | 0,16 | 0,51 | 0,37 |
| C12:0 | 0,15 | -0,03 | 0,20 | 0,11 | 0,51 | 0,36 |
| C14:0 | 0,16 | -0,10 | 0,11 | 0,21 | 0,56 | 0,28 |
| C14:1 | 0,02 | -0,14 | 0,17 | -0,11 | 0,01 | 0,01 |
| C16:0 | 0,01 | 0,08 | -0,06 | -0,14 | 0,44 | 0,14 |
| C16:1 | -0,05 | 0,01 | 0,07 | 0,03 | 0,35 | 0,24 |
| C18:0 | -0,13 | 0,12 | -0,10 | 0,12 | -0,34 | -0,38 |
| C18:1 | -0,06 | -0,09 | -0,07 | -0,08 | -0,82 | -0,29 |
| C18:2 | 0,18 | -0,17 | 0,05 | 0,34 | -0,41 | -0,04 |
| C18:3 | 0,09 | -0,18 | 0,05 | -0,35 | -0,52 | -0,14 |

Lähde: Karijord, ym., 1982.

Piirros 6. Maidon rasvapitoisuuden ja keskipitkien ja tyydyttymättömien C 18-rasvahappojen välinen riippuvuus.



Lähde: Renner ja Kosmack, 1973.

Emanuelson'in ym. (1981) saamat jodiluvun ja maidontuotannon tunnuslukujen väliset sekä fenotyypilliset että geneettiset korrelaatiot olivat kaikissa tapauksissa negatiiviset. Kaikki fenotyypilliset korrelaatiot ovat tilastollisesti merkitseviä ($P < 0,001$). Geneettiset korrelaatiot eivät eroa merkitsevästi ($P > 0,05$) nollassa (Taulukko 14).

Taulukko 14. Maitomäärän ja koostumuksen ja jodiluvun väliset fenotyypilliset ja geneettiset korrelaatiot.

| | Jodiluku fenotyypillinen geneettinen korrelaatio | |
|----------------|--|-------------------------|
| Maitomäärä, kg | - 0,108*** | - 0,126 n.s. + 0,176 |
| FCM, kg | - 0,190*** | - 0,232 n.s. + 0,181 |
| Rasva, % | - 0,223*** | - 0,235 n.s. + 0,168 |
| Rasva, kg | - 0,231*** | - 0,281 n.s. + 0,180 |
| Valkuainen, % | - 0,054*** | - 0,323 n.s. + 0,178 |
| Valkuainen, kg | - 0,139*** | - 0,277 n.s. + 0,181 |

Merkitsevyys: n.s. = ei merkitsevä ($P > 0,05$)

*** = ($P < 0,001$)

Lähde: Emanuelson ym., 1981.

K O K E E L L I N E N O S A

I AINEISTO JA TUTKIMUSMENETELMÄT

1.1 KOEJÄRJESTELYT

Tutkimuksen aineisto on peräisin kahdesta Helsingin Yliopiston kotieläintieteen laitoksen ruokintakokeesta. Ne suoritettiin Viikin opetus- ja koetilalla 5. 12. 1978 - 8. 5. 1979 ja 19. 10. 1981 - 21. 3. 1982.

Ensimmäinen koe, "Herne lypsylehmien valkuaisen lähteenä" kuului osana laajempaan, rehuvalkuaisen hyväksikäyttöä käsittelevään tutkimussarjaan, jossa selvitettiin herneen arvoa lypsylehmien valkuaislähteenä (Jylhä, 1981). Tämän ruokintakokeen maitonäytteistä käytetään tässä työssä nimitystä Aineisto I. Toisen kokeen, "Oljen käsittelyjen vaikutus sulavuuteen, maitotuotokseen ja kivennäistaseeseen", tarkoituksena oli verrata kolmen eri maatilakäyttöön soveltuvan oljenkäsittelymenetelmän (ammonointi, lipeointi ja urea - ureafosfaattikäsittely) vaikutusta oljen sulavuuteen sekä maitotuotokseen ja kivennäistaseeseen (Peltokangas, 1983). Tämän tutkimuksen maitonäytteistä saatiin Aineisto II.

1.2 KOE-ELÄIMET, NIIDEN RUOKINTA JA TUOTOKSET

A i n e i s t o I

Aineistossa I oli 24 lehmää, jotka oli jaettu kolmeen ruokintaryhmään: 1. Soijaryhmä (vertailuryhmä). Soijaherneryhmä. 3. Herneryhmä. Jokaisessa ryhmässä oli yksi friisiläislehmä, muut olivat ayrshirerotuisia.

Vakiointikaudella lehmät olivat Viikin tavanomaisella normien mukaisella ruokinnalla. Karkearehuna oli nurmisäilörehu ja kuiva heinä, väkirehuna ohra ja kaura suhteessa 1:1, valkuaisvajausta täydennettiin tuotoksesta riippuen 0 - 1 kg soijaa. Vertailukaudella noin 35 - 40 % maidontuotantoon tarvittavasta valkuaisesta korvattiin ryhmässä 1 soijarouheella, ryhmässä 2 soijarouheella ja herneellä sekä ryhmässä 3 herneellä. Keskimäärin päivää kohti lehmät saivat ryhmässä 1 soijarouhetta 1,1 kg, ryhmässä 2 soijarouhetta 0,6 kg ja hennettä 1,1 kg ja ryhmässä 3 hennettä 2,8 kg. Korkein lehmäkohtainen soijamäärä oli 1,4 kg ja hennemäärä 3,6 kg.

A i n e i s t o II

Aineisto II:ssa oli 21 ayrshire-rotuista lehmää. Ruokintaryhmät olivat: 1. Lipeäolkiryhmä (NaOH), 2. Ammoniakkioolkiryhmä (NH_3) ja 3. Urea-ureafosfaattiryhmä (UUF). Vakiointikaudella lehmät olivat Viikin tavanomaisella normiruokinnalla kuten edellisessä kokeessa. Säilörehun kuiva-ainetta ne saivat 7 kg, kuivaa heinää 3 kg ja väkirehua tuotoksen mukaan. Väkirehuna oli propioniohra ja -kauraseos (1 : 1). Siirtokaudella heinä vaihdettiin vähitellen käsiteltyyn olkeen. Säilörehun määrä vähennettiin 3 ry:öön/päivä. Tavoitteena oli saada lehmät syömään 3 ry olkea/päivä. Varsinkin vertailukauden alussa lehmät söivät olkia erittäin huonosti, vaikkakin

kokeen loppua kohti syönti parani. Säilörehumäärän alen-
tamisesta ja oljen vähäisestä syönnistä oli seurauksena
voimakas kokonaiskuiva-aineen syönnin väheneminen, mikä
korvattiin aluksi nostamalla väkirehumääriä. Myöhemmin
lehmät yritettiin pakottaa syömään olkia vähentämällä
myös väkirehun antamista.

Molemmissa kokeissa lehmät jaettiin ruokintaryhmiin ta-
savertaisesti poikimakerran, poikimisesta kuluneen ajan,
elopainon ja maitotuotoksen perusteella. Tasavertaisten
ryhmien saamiseksi lehmät otettiin kokeeseen kolmessa
eri ryhmässä.

Taulukko 14. Energian ja valkuaisen saanti maitokiloa
kohti, energian ja valkuaisen subde tarpeeseen ja kuiva-
aineen syönti eläintä kohti päivässä. Aineisto I.

| Ruokinta- ryhmä | Ry/ maito-kg | Grammaa srv/m-kg | Ry saanti/ tarve % | Srv saanti/ tarve % | Ka/kg pv/lehmä |
|--------------------|-----------------|---------------------|-----------------------|------------------------|-------------------|
| Soija | 0,39 | 71 | 100,4 | 115,0 | 17,30 |
| S -H | 0,38 | 67 | 98,7 | 108,7 | 16,47 |
| Herne | 0,41 | 70 | 103,3 | 113,1 | 17,05 |

Lähde: Jylhä, 1981.

Taulukko 15. Maitotuotos kg 4-%:sta maitoa el/pv, maidon
rasva-, valkuais- ja kuiva-ainepitoisuus, sekä rasva-,
valkuais- ja kuiva-ainetuotos g/el/pv. Aineisto I.

| Ruok. ryhmä | 4-%:nen maitot. | rasva -% | g/el/pv rasvat. | valk. -% | g/el/pv valk.t. | g/el/pv ka-% ka. tuot. |
|----------------|--------------------|-------------|--------------------|-------------|--------------------|------------------------------|
| Soija | 23,4 | 4,74 | 1000 | 3,47 | 729 | 13,63 2876 |
| S - H | 23,4 | 4,59 | 983 | 3,21 | 683 | 13,15 2826 |
| Herne | 23,0 | 4,64 | 970 | 3,42 | 722 | 13,49 2835 |

Lähde: Jylhä, 1981.

1.3 NÄYTTEIDEN OTTO

Aineisto I:n maitonäytteet rasvahappomäärityksiä varten otettiin kaikki vertailukauden aikana. I ryhmän lehmillä 2.1., 20.2. ja 13.3., II ryhmän lehmillä 20.2., 13.3. ja 10.4. ja III ryhmän lehmillä 13.3., 10.4. ja 8.5. -79. Jokaiselta lehmillä siis kolme näytettä, yksi näyte kuukaudessa, peräkkäisinä kuukausina, yhteensä 72 näytettä.

Aineisto II:n maitonäytteet otettiin 10.12.-81, 23.12.-81 ja 7.1.-82. Vain ensimmäisen ryhmän lehmillä oli jokaisella näytteenottokerralla vertailukausi menossa, II:n ryhmän lehmillä oli 10.12.-81 siirtokausi ja 23.12.-81 ja 7.1.-82 vertailukausi, III:n ryhmän lehmillä 10.12.-81 valmistuskausi, 23.12.-81 siirtokausi ja vain 7.1.-82 vertailukausi menossa. Kolme näytettä siis kultakin lehmillä, kahden viikon väliajoin.

Ruokintakokeessa olleista 21:stä lehmästä otettiin I:ssä ryhmässä 6 lehmää, II:ssä, III:ssä ja IV:ssä ryhmässä 5 lehmää kokeeseen. Tässä työssä on mukana vain kolmen ensimmäisen ryhmän lehmät, 16 kpl, kolme näytettä kultakin, yhteensä 47 näytettä (yksi näyte poistettiin lehmän ketoosin vuoksi).

1.4 NÄYTTEIDEN ANALYSOINTI

Maitonäytteet on analysoitu Valion Laboratoriossa Helsingissä. Maitorasvan rasvahappokoostumus on selvitetty kaasukromatografian avulla. Johtuen siitä, että kahden aineiston keräämisen väliä oli noin kolme vuotta, on rasvahappojen määrittämiseen käytetty kahta eri menetelmää.

1.41 M a i t o r a s v a n e r i s t ä m i n e n

Maitorasvan eristämiseen käytettiin IDF:n standardin 1:1955 mukaista eetteri-petroolieetteri-uuttoa. Rasva liuotettiin dietyylieetterin ja petroolieetterin seokseen. 10 ml:aan maitoa lisättiin molempia komponentteja 25 ml. Putkea ravisteltiin jokaisen lisäyksen yhteydessä. Putki sentrifugoitiin ja ylempi kirkas eetteri-petroolieetterikerros otettiin talteen. Liuotin haihdutettiin kuiviin pyöröhaihduuttimessa 34° C:ssa typpi-ilmastossa.

1.42 R a s v a n e s t e r ö i n t i

Aineisto I:n näytteiden esteröinti tapahtui käyttäen de Man (1964) esteröintimenetelmää. Esteröintireagenssina käytettiin tuoretta, Na-metallista ja kuivatusta metanolista valmistettua 0,025 N Na-metoksidia. Rasva pipetoitiin ampulliin, johon lisättiin kolminkertainen määrä esteröintireagenssia. Ampulliin johdettiin tyypeä hapettumisen ehkäisemiseksi. Ampullit sujettiin kiinni sulattamalla ja kuumennettiin lämpökaapissa 60° C:ssa, kunnes reaktio oli edennyt loppuun.

Aineisto II:n näytteiden esteröinnissä käytettiin Christophersonin ja Glassin (1969) menetelmää: Maitorasva liuotettiin petroolieetteriin 10 %:ksi liuokseksi. 19 osaan tätä liuosta lisättiin 1 osa 2 N Na-metoksidia. Sekoitettiin, kunnes liuos tuli kirkkaaksi. Tämä vaati noin 20 sekuntia.

1.43 K a a s u k r o m a t o g r a f i a

Kaasukromatografia-ajot suoritettiin ensimmäisessä tapauksessa F & M malli 700 laitteistolla. Tulostus tapahtui mittaamalla piikkien pinta-ala: pohja x leveys $\frac{1}{2}$ -korkeudella. Kolonnina käytettiin pakattua DEGS, 10 % te-

räskolonnia (1,83 m x 6 mm). Kantaja-aineena kolonnissa oli Chromosorb W, AW - DMGS, 60/80 mesh. Kantakaasun virtaus He, 100 ml/min. Injektio-osan lämpötila oli 200° C, detektorin 220° C. Kolonnin lämpötilaohjelma oli 70° → 220° C, 5°/min.

Aineisto II:n kromatografiaajoon käytetty laitteisto: malli Hewlett-Packard 5710 A, tulostus H P 3390 integraattori, kolonni pakattu lasikolonni S P 2330, 10 % (2 m x 2 mm id.), kantaja Chromosorb W AW, 100/120 mesh, kantakaasu N, 20 - 25 ml/min, injektori 250°, kolonnin lämpötilaohjelma 90° 220° C, 4°/min.

Rasvahapot on ilmaistu painoprosentteina rasvahappojen summasta. Aineisto I:ssä on eroteltu 19 eri rasvahappoa, Aineisto II:ssa 13. Aineistoa käsiteltäessä on käytetty vain kolmeatoista tärkeintä rasvahappoa.

1.5 TILASTOLLISET MENETELMÄT

Maitonäytteistä analysoiduista rasvahapoista, jotka on ilmaistu painoprosentteina kaikkien rasvahappojen summasta, on laskettu keskiarvoja, hajontoja, korrelaatioita ja toistuvuuksia. Laskennalliset toimenpiteet on suoritettu Helsingin Yliopiston Kotieläinten jalostustieteen laitoksen Pascal-Microengine GT-101 tietokoneella.

Eri tekijöiden vaikutusta maitomäärään, maidon rasva- ja valkuaisprosenttiin sekä rasvahappokoostumukseen tutkittiin pienimmän neliösumman (least squares, LS) varianssi-analyysin (Harvey 1960) avulla.

Aineistot analysoitiin käyttäen seuraavaa kiinteiden tekijöiden tilastollista mallia:

$$I \quad y_{ijkl} = \mu + a_i + c_j + d_k + e_{ijkl}$$

y_{ijkl} = tutkitut ominaisuudet
 μ = yleiskeskisarvo
 a_i = ruokinnan vaikutus, Aineisto I:ssä
 $i = 1, 2, 3$.
 c_j = poikimakerran vaikutus, $j = 1, \dots, 4$, Aineisto I, $j = 1, 3$, Aineisto II.
 d_k = lypsykauden vaikutus, $k = 1, \dots, 8$, Aineisto I, $k = 1, \dots, 5$, Aineisto II.
 e_{ijkl} = jäännösvirhe.

Koska millään tutkituista tekijöistä ei ollut merkitsevää vaikutusta käytettiin keskiarvoja ja yksinkertaisia korrelaatioita:

$$y_i = \mu + e_i$$

Toistuvuudet laskettiin käyttäen seuraavaa satunnaistekijöiden mallia:

$$y_{ij} = \mu + a_i + e_{ij}$$

y_{ij} = tutkitut ominaisuudet
 μ = yleiskeskisarvo
 a_i = lehmä
 e_{ij} = jäännösvirhe

2 TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU

2.1 MAIDON RASVAHAPPOKOOSTUMUS KOEAINEISTOISSA

Aineisto I:n ja Aineisto II:n rasvahapoista on erikseen laskettu keskiarvot ja hajonnat. Aineistoja on tarkasteltu erikseen, koska niiden rasvahappomääritykset on tehty eri laitteella, Viikin koko karja-aines on vaihdettu kokeiden välisenä aikana ja rehujen laatu on ollut erilainen eri kokeissa

Aineisto I:ssä on, verrattuna keskimääräisen suomalaisen maitorasvan rasvahappokoostumukseen (Antila, 1982), enemmän keskipitkiä C 10:0 - C 16:0 rasvahappoja ja vähemmän voihippaa C 4:0 ja pitkäketjuisia C 18-rasvahappoja. Tämä johtui todennäköisesti lehmien voimakkaasta ruokinasta. Ne saivat energiaa n. 10 % yli normien ja lihoivat koko kokeen ajan. Aineisto II:n rasvahappokoostumus vastaa suunnilleen suomalaisen voirasvan keskimääräistä rasvahappokoostumusta. Kokeen alkupuolella, jolloin maitonäytteet otettiin, lehmät saivat energiaa alle normien ja laihtuivat. Ne eivät suostuneet syömään suunniteltuja määriä käsiteltyä olkea, vaikka säilörehua oli vähennetty vastaava määrä.

Paasto lisää pitkäketjuisten C 18-rasvahappojen määrää (Luick ja Smith 1963). Runsas energian saanti lisää lyhyt- ja keskipitkien C 6:0 - C 16:0 rasvahappojen määrää (Storry ym., 1980).

Taulukko 16. Aineisto I:n ja Aineisto II:n kaikkien näyt-
teiden rasvahappokoostumuksen keskiarvot, hajonnat ja
vaihtelukertoimet (V %).

| Rasvahappo ^{a)} | Aineisto I ^{b)} | | | Aineisto II ^{c)} | | | |
|--------------------------|-------------------------------|------|------|---------------------------|------|------|------|
| | Keski-Hajon- arvo | ta | (V%) | Keski-Hajon- arvo | ta | (V%) | |
| Voihappo | C 4:0 | 2,4 | 0,3 | 12,5 | 3,4 | 0,4 | 11,8 |
| Kaproomihappo | C 6:0 | 1,8 | 0,2 | 11,1 | 2,4 | 0,2 | 8,3 |
| Kapryylihappo | C 8:0 | 1,2 | 0,1 | 8,2 | 1,4 | 0,2 | 14,3 |
| Kapriinihappo | C 10:0 | 3,1 | 0,5 | 16,1 | 2,8 | 0,6 | 21,4 |
| | C 10:1 - C 11:0 | 0,3 | 0,1 | 33,1 | - | - | - |
| Lauriinihappo | C 12:0 | 3,7 | 0,7 | 18,9 | 3,0 | 0,7 | 23,3 |
| Myristiinihappo | C 14:0 | 13,3 | 1,0 | 7,5 | 10,8 | 1,5 | 13,9 |
| Myristo-oleiinihappo | C 14:1 | 1,4 | 0,2 | 14,3 | 1,4 | 0,3 | 21,4 |
| | C 15:0 | 0,8 | 0,1 | 12,5 | - | - | - |
| | C 16:0 ^{BR} | 0,2 | 0,1 | 50,0 | - | - | - |
| Palmitiinihappo | C 16:0 | 36,4 | 2,2 | 6,0 | 30,4 | 3,3 | 10,9 |
| | C 16:1 - C 17:0 ^{BR} | 1,7 | 0,3 | 17,6 | 2,1 | 0,3 | 14,3 |
| | C 17:0 | 0,3 | 0,1 | 33,3 | - | - | - |
| | C 17:1 | 0,3 | 0,0 | 0,0 | - | - | - |
| Steariinihappo | C 18:0 | 10,5 | 1,1 | 10,5 | 12,5 | 1,7 | 13,6 |
| Öljyhappo | C 18:1 | 20,3 | 2,3 | 11,3 | 24,9 | 3,8 | 15,3 |
| Linolihappo | C 18:2 | 1,0 | 0,2 | 20,0 | 1,3 | 0,2 | 15,4 |
| Linoleenihappo | C 18:3 | 0,9 | 0,2 | 22,2 | 0,6 | 0,1 | 16,7 |
| | C 19:0 | 0,4 | 0,1 | 25,0 | - | - | - |

BR = Haaraketjuinen rasvahappo

a) Rasvahapot ilmaistu prosentteina rasvahappokoostumuksesta.

b) Lehmien lukumäärä = 24 kpl; näytteiden lukumäärä = 72 kpl.

c) Lehmien lukumäärä = 16 kpl; näytteiden lukumäärä = 47 kpl.

2.2 RASVAHAPPOKOOSTUMUKSEEN VAIKUTTAVIA YMPÄRISTÖ- TEKIJÖITÄ

2.21 A n a l y s i t e k n i i k a n l u o t e t - t a v u u s

Aineisto I:n kaikista 72:sta näytteestä tehtiin rinnakkaismääritykset. Näiden rinnakkaismääritysten, ajo I:n ja ajo II:n väliset korrelaatiot vaihtelivat määrällisesti tärkeiden rasvahappojen osalta 0,70:stä 0,94:ään (Taulukko 17). Määritysten toistuvuus on siis hyvä. Haihtuvien lyhytketjuisten ja monityydyttymättömien rasvahappojen kohdalla korrelaatiot ovat hieman alhaisemmat, mutta kuitenkin erittäin merkitsevät ($P < 0,001$). Tulos on sopusoinnussa aikaisempien tutkimusten kanssa (Horning, ym., 1964).

Taulukko 17. Aineisto I:n näytteistä tehtyjen rasvahappojen rinnakkaismääritysten väliset korrelaatiot.

| Rasvahappo | | r |
|----------------------|----------------------|------|
| Voihappo | C 4:0 | 0,55 |
| Kaproonihappo | C 6:0 | 0,22 |
| Kapryylihappo | C 8:0 | 0,71 |
| Kapriinihappo | C 10:0 | 0,88 |
| | C 10:1 - C 11:0 | 0,81 |
| Lauriinihappo | C 12:0 | 0,95 |
| Myristiinihappo | C 14:0 | 0,89 |
| Myristo-oleiinihappo | C 14:1 | 0,90 |
| | C 15:0 | 0,90 |
| | C 16:0 ^{BR} | 0,29 |
| Palmitiinihappo | C 16:0 | 0,93 |
| Palmito-oleiinihappo | C 16:1- | |
| | C 17:0 ^{BR} | 0,87 |
| | C 17:0 | 0,68 |
| | C 17:1 | 0,66 |
| Steariinihappo | C 18:0 | 0,88 |
| Öljyhappo | C 18:1 | 0,94 |
| Linolihappo | C 18:2 | 0,59 |
| Linoleenihappo | C 18:3 | 0,79 |
| | C 19:0 | 0,63 |

Aineiston koko: n = 72 kpl

Merkitsevyytason raja-arvot: $r_{\geq} 0,2319$ ($P < 0,05$);

$r_{\geq} 0,3017$ ($P < 0,01$); $r_{\geq} 0,3798$ ($P < 0,001$).

2.22 L y p s y k a u d e n a j a n k o h t a

Aineisto I:n maitonäytteet olivat ajalta 91 - 206 pv poikimisesta. Ne jaettiin seitsemään ryhmään seuraavasti: 91 -100, 101 - 110, 111 - 120, 121 - 130, 131 -140 - 160, 161 - 206 päivää poikimisesta. Taulukossa 18 on ryhmien keskiarvot maitonäytteiden rasvahapoista. Kultakin leh-mältä on kolmen näytteen keskiarvo. Taulukosta nähdään, että maidon rasvahappokoostumus ei ole muuttunut tänä aikana minkään rasvahapon osalta. Tämä tulos käy yksiin Parodin (1974) ja Walleniuksen ja Whitchurchin (1975) tulosten kanssa, joiden mukaan rasvahappokoostumus pysyy suhteellisen vakiona 5 - 6 kk keskellä lypsykautta.

Aineistosta II saadut tulokset ovat ajanjaksolta 30 - 137 vrk poikimisesta. Ne jaettiin viiteen luokkaan: 30 - 49, 50 - 69, 70 - 89, 90 - 109, 110 - 137 päivää poikimisesta. Taulukon 19 ja piirroksen 7 mukaan myris-tiinihapon osuus nousee ajalla 30 - 89 päivää poikimi-sesta ja palmitiinihapon (C 16:0) osuus nousee koko koe-välillä 30 - 137 pv poikimisesta. Vastaavasti öljyhappo (C 18:1) laskee koko koevälillä. Steariinihapon (C 18:0) osuus taas vähenee niin kauan kuin myristiinihapon (C 14:0) nousee. Aineisto II:sta saadut tulokset ovat samansuuntaisia norjalaisten saamien tutkimustulosten kanssa (Karijord ym., 1982), jonka mukaan pitkäketjuis-ten rasvahappojen väheneminen ja lyhytketjuisten lisään-tyminen jatkuu aina viisi kuukautta poikimisestä.

Taulukko 18. Rasvahappojen keskiarvot prosentteina rasvahapoista lypsykauden ajankohdan mukaan ryhmiteltyinä seitsemään luokkaan välillä 91 - 206 päivää poikimisesta. Aineisto I.

| Rasvahappo | 91- ¹⁾ 100- ₂₎ n=2 | 101- 110 n=4 | 111- 120 n=5 | 121- 130 n=4 | 131- 140 n=4 | 141- 160 n=3 | 161- 206 n=2 |
|------------|--|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| C 4:0 | 2,7 | 2,5 | 2,4 | 2,3 | 2,5 | 2,4 | 2,4 |
| C 6:0 | 1,7 | 1,8 | 1,8 | 1,8 | 1,8 | 1,8 | 1,7 |
| C 8:0 | 1,0 | 1,3 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,0 | 1,1 |
| C 10:0 | 2,3 | 3,2 | 3,3 | 3,6 | 3,4 | 2,9 | 3,0 |
| C 12:0 | 2,6 | 3,7 | 3,9 | 4,0 | 4,0 | 3,4 | 3,6 |
| C 14:0 | 11,5 | 13,4 | 13,3 | 14,0 | 13,6 | 13,0 | 13,0 |
| C 14:1 | 1,3 | 1,3 | 1,4 | 1,4 | 1,6 | 1,4 | 1,5 |
| C 16:0 | 35,5 | 37,8 | 34,9 | 37,3 | 35,8 | 37,3 | 35,9 |
| C 16:1 | 1,8 | 1,6 | 1,7 | 1,6 | 1,6 | 1,6 | 1,6 |
| C 18:0 | 11,3 | 10,4 | 11,0 | 10,0 | 10,2 | 10,4 | 9,8 |
| C 18:1 | 24,2 | 18,9 | 20,6 | 18,9 | 19,8 | 20,4 | 21,7 |
| C 18:2 | 1,00 | 0,97 | 1,00 | 0,96 | 1,05 | 1,04 | 1,01 |
| C 18:3 | 0,93 | 0,82 | 0,97 | 0,82 | 0,97 | 1,04 | 1,15 |
| maito-kg | 23,4 | 22,3 | 19,4 | 22,1 | 25,1 | 22,2 | 15,8 |
| rasva-% | 4,5 | 5,0 | 4,8 | 4,8 | 4,4 | 4,5 | 4,8 |
| valk.-% | 3,0 | 3,4 | 3,3 | 3,4 | 3,4 | 3,4 | 3,6 |

1) päiviä poikimisesta

2) n= lehmien lukumäärä, kultakin kolmen näytteen keskiarvo.

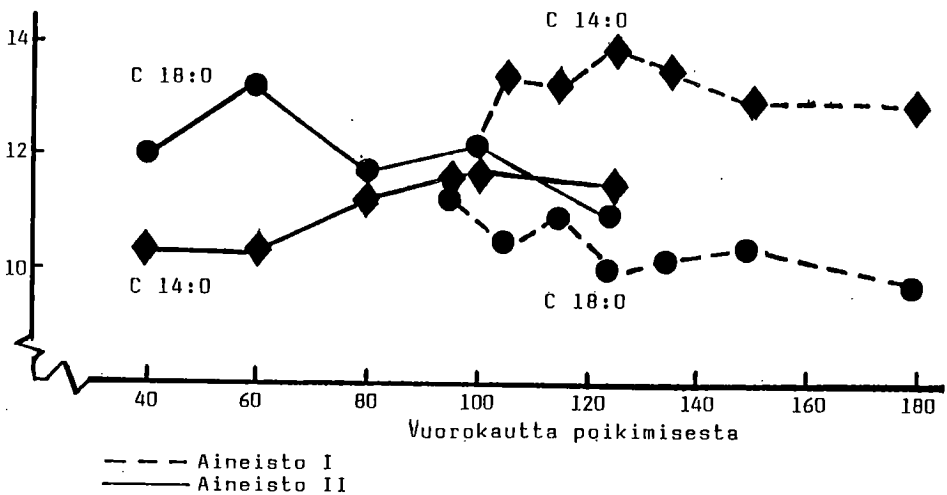
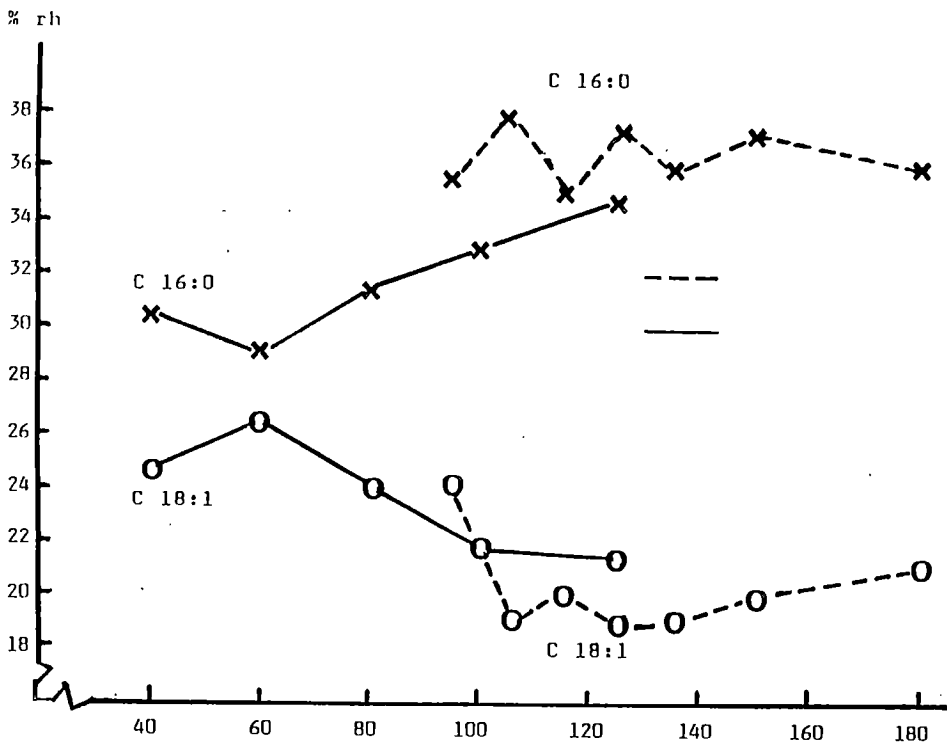
Taulukko 19. Rasvahappojen keskiarvot prosentteina rasvahapoista lypsykauden ajankohdan mukaan ryhmiteltynä viiteen luokkaan välillä 30 - 137 päivää poikimisesta. Aineisto II.

| Rasva- happo | 30- ¹⁾ 49 n=2 ²⁾ | 50- 69 n=8 | 70- 89 n=4 | 90- 109 n=1 | 110- 137 n=2 |
|-----------------|--|------------------|------------------|-------------------|--------------------|
| C 4:0 | 3,0 | 3,6 | 3,2 | 3,5 | 3,5 |
| C 6:0 | 2,5 | 2,4 | 2,4 | 2,5 | 2,5 |
| C 8:0 | 1,6 | 1,4 | 1,4 | 1,5 | 1,4 |
| C 10:0 | 3,5 | 2,7 | 3,0 | 3,1 | 2,8 |
| C 12:0 | 3,7 | 2,7 | 3,2 | 3,3 | 3,0 |
| C 14:0 | 10,4 | 10,3 | 11,3 | 11,8 | 11,5 |
| C 14:1 | 1,4 | 1,3 | 1,6 | 1,4 | 1,6 |
| C 16:0 | 30,3 | 28,9 | 31,4 | 32,8 | 34,8 |
| C 16:1 | 2,3 | 2,1 | 2,1 | 1,9 | 2,0 |
| C 18:0 | 12,0 | 13,3 | 11,8 | 12,2 | 11,0 |
| C 18:1 | 24,7 | 26,5 | 24,0 | 21,8 | 21,3 |
| C 18:2 | 1,02 | 1,37 | 1,33 | 1,20 | 1,30 |
| C 18:3 | 0,52 | 0,63 | 0,53 | 0,57 | 0,47 |
| maito-kg | 16,2 | 22,6 | 22,1 | 19,5 | 19,5 |
| rasva-% | 6,6 | 4,3 | 4,8 | 4,9 | 4,5 |
| valk.-% | 3,3 | 2,8 | 2,9 | 2,8 | 3,0 |

1) päiviä poikimisesta

2) n= lehmien lukumäärä, kultakin kolmen näytteen keskiarvo.

Piirros 7. Lypsykauden ajankohdan vaikutus maitorasvan rasvahappokoostumukseen, prosentteina rasvahapoista.



--- Aineisto I
 — Aineisto II

2.23 Poikimakerran vaikutus

Aineisto I jaettiin neljään luokkaan. 1. = ensimmäisen, 2. = toisen, 3. = kolmannensekä 4. = neljännen, viidennen ja kuudennen kerran poikineet. Aineistossa II on kaksi luokkaa, 1. = ensimmäisen ja 3. = kolmannen kerran poikineet.

Aineistossa I ei voi havaita eroja rasvahappokoostumuksessa poikimakertojen välillä. Sen sijaan Aineistossa II kerran ja kolme kertaa poikineet poikkeavat toisistaan. Kerran poikineilla on vähemmän lyhytketjuisia C 10:0 - C 14:0 rasvahappoja ja enemmän öljyhappoa (C 18:1) (Taulukko 20).

Taulukko 20. Maidon rasvahappokoostumus eri lypsykausina.

| Rasva- happo | Aineisto I | | | Lypsykausi 4.,5.,ja6. n=4 | Aineisto II | | |
|-----------------|------------|-----------|-----------|---------------------------------|-------------|------------|--|
| | 1. n=8 | 2. n=7 | 3. n=5 | | 1. n=6 | 3. n=11 | |
| C 4:0 | 2,5 | 2,4 | 2,4 | 2,5 | 3,3 | 3,4 | |
| C 6:0 | 1,8 | 1,9 | 1,9 | 1,7 | 2,3 | 2,5 | |
| C 8:0 | 1,2 | 1,3 | 1,2 | 1,1 | 1,4 | 1,5 | |
| C 10:0 | 3,1 | 3,4 | 3,2 | 2,7 | 2,7 | 3,0 | |
| C 12:0 | 3,7 | 3,9 | 3,9 | 3,2 | 2,7 | 3,1 | |
| C 14:0 | 13,2 | 13,8 | 13,5 | 12,4 | 9,8 | 11,3 | |
| C 14:1 | 1,3 | 1,4 | 1,5 | 1,4 | 1,3 | 1,4 | |
| C 16:0 | 36,6 | 36,7 | 36,0 | 35,9 | 29,7 | 31,0 | |
| C 16:1 | 1,5 | 1,7 | 1,6 | 1,9 | 2,2 | 2,1 | |
| C 18:0 | 10,4 | 10,5 | 10,2 | 10,8 | 13,0 | 12,2 | |
| C 18:1 | 20,5 | 19,1 | 20,1 | 22,0 | 26,5 | 23,9 | |
| C 18:2 | 0,99 | 0,94 | 1,05 | 1,06 | 1,18 | 1,36 | |
| C 18:3 | 0,97 | 0,84 | 1,00 | 0,99 | 0,59 | 0,56 | |
| Maito-kg | 19,8 | 21,4 | 23,1 | 24,2 | 17,9 | 22,9 | |
| Rasva-% | 4,74 | 5,01 | 4,46 | 4,46 | 5,30 | 4,46 | |
| Valk.-% | 3,35 | 3,46 | 3,41 | 3,17 | 2,93 | 2,91 | |

2.24 R u o k i n t a

Aineistossa I soijaryhmän ja herneryhmän välillä ei ollut eroja maidon rasvahappokoostumuksessa. Sitävastoin ryhmä, joka oli saanut puoliksi soijaa ja puoliksi hernettä, erosi näistä kahdesta (Taulukko 21). Soija-herne-ryhmällä oli lyhytketjuisten rasvahappojen osuus pienempi ja pitkäketjuisten, tyydyttymättömien rasvahappojen osuus suurempi kuin sekä soija- että herneryhmällä.

Soija-herne-ryhmä sai vähemmän energiaa, valkuaista ja kuiva-ainetta kuin soija- sekä herneryhmä, koska sen maitomäärä oli vertailukauden alussa lähes 2 kg alhaisempi kuin näiden ja väkirehumäärä säädettiin maitotuotoksen mukaan. Maitomäärä nousi kuitenkin vertailukauden keskijä ja loppuvaiheessa muiden ryhmien tasolle, niin että tällä ryhmällä energian ja valkuaisen saannin suhde tarpeeseen nähden jäi pienemmäksi kuin toisilla ryhmillä, vaikkakaan merkitseviä eroja ei ollut (Taulukko 14).

Maitoon tämä heijastui alhaisempana kuiva-aine- ja rasva- prosenttina, sekä merkitsevästi ($P < 0,05$) alhaisempana valkuaisprosenttina (Taulukko 15). Sekä soijaryhmän että herneryhmän lehmät lihoivat kokeen aikana, mutta soija-herne-ryhmän paino pysyi suhteellisen tasaisena kokeen aikana.

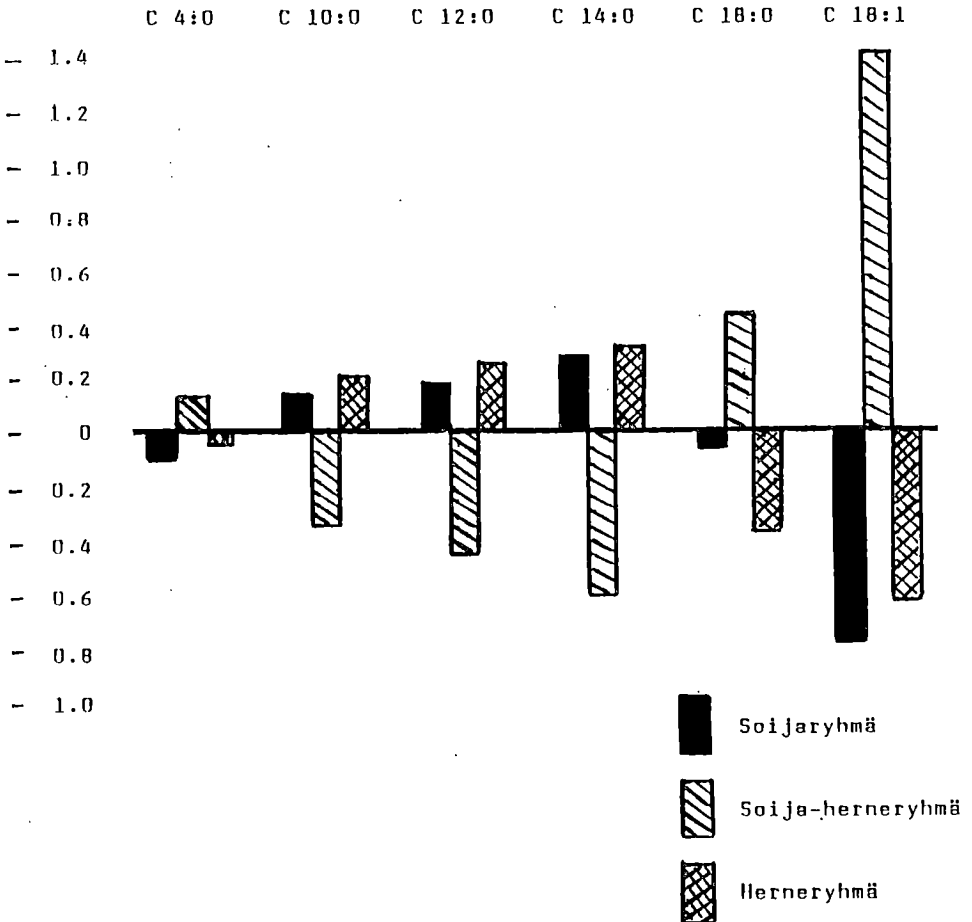
Herne ei siis pystynyt muuttamaan maidon rasvahappokoostumusta, vaan ero joko energian tai valkuaisen tai niiden molempien saannissa vaikutti varsin herkästi.

Eroja maidon rasvahappokoostumuksessa on kapriinihapon (C 10:0), lauriinihapon (C 12:0) ja myristiinihapon (C 14:0) kohdalla, joita soija-herne-ryhmän maitorasvassa oli vähemmän, sekä öljyhapon (C 18:1) kohdalla, jota oli enemmän (Taulukko 21 ja Piirros 8).

Taulukko 21. Rasvahappoja (painoprosentteina rasvahapoista) soijaryhmässä, soija-herneryhmässä ja herneryhmässä. Aineisto I.

| Rasvahappo | | Soija- n=8 | Soija- herne- n=8 | Herne- n=8 |
|----------------------|--------|---------------|-------------------------|---------------|
| Voihappo | C 4:0 | 2,36 | 2,58 | 2,41 |
| Kaproonihappo | C 6:0 | 1,83 | 1,81 | 1,85 |
| Kapryylihappo | C 8:0 | 1,21 | 1,13 | 1,22 |
| Kapriinihappo | C 10:0 | 3,28 | 2,81 | 3,35 |
| Lauriinihappo | C 12:0 | 3,89 | 3,27 | 3,98 |
| Myristiinihappo | C 14:0 | 13,58 | 12,69 | 13,60 |
| Myristo-oleiinihappo | C 14:1 | 1,46 | 1,36 | 1,42 |
| Palmitiinihappo | C 16:0 | 36,72 | 36,02 | 36,39 |
| Palmito-oleiinihappo | C 16:1 | 1,57 | 1,64 | 1,76 |
| Steariinihappo | C 18:0 | 10,40 | 10,88 | 10,08 |
| Öljyhappo | C 18:1 | 19,48 | 21,65 | 19,64 |
| Linolihappo | C 18:2 | 1,00 | 1,00 | 0,99 |
| Linoleenihappo | C 18:3 | 0,94 | 0,95 | 0,93 |
| Maito-kg | | 21,3 | 22,0 | 21,6 |
| Rasva-% | | 4,77 | 4,68 | 4,70 |
| Valk.-% | | 3,49 | 3,18 | 3,42 |

Piirros 8. Ruokinnan vaikutus maidon rasvahappokoostumukseen. Muutamien rasvahappojen poikkeamat keskiarvosta eri ruokintaryhmissä.



Taulukko 22. Rasvahappoja (painoprosentteina rasvahapoista) lipeäolkiryhmässä (NaOH), ammoniakiryhmässä (NH₃) ja urea-ureafosfaattiryhmässä (UUF). Aineisto II.

| Rasva- happo | | NaOH n=6 | NH ₃ n=5 | UUF n=5 |
|----------------------|--------|-------------|------------------------|------------|
| Voihappo | C 4:0 | 3,65 | 3,17 | 3,48 |
| Kaproomihappo | C 6:0 | 2,44 | 2,45 | 2,39 |
| Kapryylihappo | C 8:0 | 1,37 | 1,52 | 1,43 |
| Kapriinihappo | C 10:0 | 2,70 | 3,25 | 2,66 |
| Lauriinihappo | C 12:0 | 2,75 | 3,41 | 2,73 |
| Myristiinihappo | C 14:0 | 10,54 | 11,69 | 10,34 |
| Myristo-oleiinihappo | C 14:1 | 1,34 | 1,55 | 1,31 |
| Palmitiinihappo | C 16:0 | 30,73 | 30,88 | 29,54 |
| Palmito-oleiinihappo | C 16:1 | 2,09 | 2,11 | 2,19 |
| Steariinihappo | C 18:0 | 12,79 | 11,69 | 12,91 |
| Öljyhappo | C 18:1 | 24,84 | 23,57 | 26,39 |
| Linolihappo | C 18:2 | 1,38 | 1,33 | 1,26 |
| Linoleeni- happo | C 18:3 | 0,61 | 0,55 | 0,55 |
| Maito-kg | | 20,9 | 21,2 | 23,7 |
| Rasva-% | | 4,46 | 4,57 | 4,67 |
| Valk.-% | | 2,82 | 2,98 | 2,85 |

Aineisto II:ssa ei voitu havaita eroja eri ruokintaryhmien välillä (Taulukko 22). Tämä oli odotettavissakin, koska vain osalla lehmistä oli vertailukausi meneillään tämän työn maitonäytteitä otettaessa, ja kokeen aikana lehmät eivät suostuneet syömään olkia suunniteltuja määriä.

2.3 HAVAINTOJA RASVAHAPPOJEN PERIITYVYYDESTÄ

2:31 R o d u n v a i k u t u s m a i d o n r a s v a -
h a p p o k o o s t u m u k s e e n

Aineisto I:ssä oli 21 ayrshire- ja 3 friisiläislehmää. Taulukossa 23 on molempien rotujen maitonäytteistä rasvahappojen keskiarvot. Rotujen välillä on eroja rasvahappokoostumuksessa. Friisiläisillä on enemmän ihmiselle välttämättömiä, monityydyttymättömiä rasvahappoja, linoli- (C 18:2) ja linoleeni- (C 18:3) happoa. Vastaavasti palmitiinihappoa (C 16:0) niillä oli selvästi vähemmän. Vaikka friisiläislehmien lukumäärä on liian pieni luotettavien johtopäätösten tekoon, vahvistavat nämä tulokset osaltaan Stullin ja Braunin (1964) saamia samansuuntaisia tuloksia.

Aineistossa II oli vain ayrshirerotuisia lehmiä, joten tästä aineistosta rotuvertailua ei voitu suorittaa.

Taulukko 23. Rasvahappoja prosentteina rasvahapoista ayrshire- ja friisiläisrotuisilla lehmillä. Aineisto I.

| Rasva- happo | | Ayrshire n=21 | Friisiläinen n=3 |
|----------------------|--------|------------------|---------------------|
| Voihappo | C 4:0 | 2,5 | 2,4 |
| Kapronihappo | C 6:0 | 1,8 | 1,8 |
| Kapryylihappo | C 8:0 | 1,2 | 1,2 |
| Kapriinihappo | C 10:0 | 3,1 | 3,1 |
| Lauriinihappo | C 12:0 | 3,7 | 3,8 |
| Myristiinihappo | C 14:0 | 13,3 | 13,0 |
| Myristo-oleiinihappo | C 14:1 | 1,4 | 1,6 |
| Palmitiinihappo | C 16:0 | 36,7 | 34,3 |
| Palmito-oleiinihappo | C 16:1 | 1,7 | 1,6 |
| Steariinihappo | C 18:0 | 10,4 | 10,9 |
| Öljyhappo | C 18:1 | 20,1 | 21,4 |
| Linolihappo | C 18:2 | 0,96 | 1,25 |
| Linoleeni-happo | C 18:3 | 0,91 | 1,19 |

2.32 Korrelaatiot eri rasvahappojen välillä

Koska kokeissa olleilla eläimillä ei ollut yhteisiä isiä, vain fenotyyppiset korrelaatiot voitiin laskea, ei geneettisiä.

Lyhytketjuisten rasvahappojen C 6:0 - C 14:0 väliset korrelaatiot ovat voimakkaasti positiiviset, vaihdellen Aineisto I:ssä 0,50:stä 0,98:aan ja Aineisto II:ssa 0,46:sta 0,99:ään. Pitkäketjuisten, C 18-rasvahappojen väliset korrelaatiot ovat pääosin positiiviset,

Palmitiinihapon (C 16:0) korrelaatio lyhytketjuisten C 6:0 - C 14:0 rasvahappojen kanssa on Aineisto I:ssä lähellä nollaa, sitävastoin Aineistossa II se on selvästi positiivinen, vaihdellen nollostä 0,61:een. Pitkäketjuisten C 18-rasvahappojen kanssa palmitiinihappo (C 16:0) on selvästi negatiivisessa korrelaatiossa, -0,12:sta -0,92:een,

Lyhytketjuiset C 6:0 - C 14:0 rasvahapot ovat pääosin negatiivisessa korrelaatiossa pitkäketjuisten C 18-rasvahappojen kanssa.

Voihappo C 4:0 käyttäytyy eri tavalla kuin muut lyhytketjuiset rasvahapot. Sen syntymekanismikin on toisenlainen (Storry, ym., 1973). Se on positiivisessa korrelaatiossa toisen haihtuvan rasvahapon, kaproonihapon, C 6:0:n, sekä pitkäketjuisten C 18-rasvahappojen kanssa. Muiden rasvahappojen kanssa sen korrelaatio on negatiivinen.

On merkillepantavaa, että ihmiselle välttämättömän, monitydyttymättömän, linolihapon (C 18:2) korrelaatiot ovat

Taulukko 24. Rasvahapojen fenotyyppiset korrelaatiot.
Aineisto I.

| Rasva- happo | 6:0 | 8:0 | 10:0 | 12:0 | 14:0 | 14:1 | 16:0 | 16:1 | 18:0 | 18:1 | 18:2 | 18:3 |
|-----------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| C 4:0 | 0,03 | -0,34 | -0,49 | -0,53 | -0,40 | -0,20 | 0,09 | 0,08 | 0,18 | 0,29 | -0,17 | -0,20 |
| C 6:0 | | 0,66 | 0,56 | 0,50 | 0,52 | -0,15 | -0,04 | -0,43 | -0,07 | -0,46 | -0,22 | -0,14 |
| C 8:0 | | | 0,93 | 0,88 | 0,85 | 0,08 | -0,12 | -0,47 | -0,15 | -0,70 | -0,15 | -0,23 |
| C 10:0 | | | | 0,98 | 0,92 | 0,18 | -0,16 | -0,45 | -0,28 | -0,69 | -0,06 | -0,11 |
| C 12:0 | | | | | 0,92 | 0,28 | -0,17 | -0,44 | -0,35 | -0,66 | -0,03 | -0,07 |
| C 14:0 | | | | | | 0,28 | -0,03 | -0,47 | -0,40 | -0,75 | -0,16 | -0,24 |
| C 14:1 | | | | | | | 0,18 | 0,18 | -0,57 | -0,33 | 0,42 | 0,15 |
| C 16:0 | | | | | | | | 0,13 | -0,55 | -0,55 | -0,12 | -0,53 |
| C 16:1 | | | | | | | | | -0,08 | 0,27 | 0,02 | 0,04 |
| C 18:0 | | | | | | | | | | 0,49 | -0,03 | 0,09 |
| C 18:1 | | | | | | | | | | | 0,07 | 0,47 |
| C 18:2 | | | | | | | | | | | | 0,65 |

n = 24

Taulukko 25. Rasvahappojen fenotyypiset korrelaatiot.
Aineisto II.

| Rasva- happo | 6:0 | 8:0 | 10:0 | 12:0 | 14:0 | 14:1 | 16:0 | 16:1 | 18:0 | 18:1 | 18:2 | 18:3 |
|-----------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| C 4:0 | 0,38 | -0,36 | -0,50 | -0,48 | -0,14 | -0,28 | -0,54 | -0,05 | 0,29 | 0,21 | 0,24 | 0,05 |
| C 6:0 | | 0,46 | 0,56 | 0,55 | 0,68 | 0,32 | 0,27 | -0,48 | -0,41 | -0,51 | 0,24 | -0,46 |
| C 8:0 | | | 0,79 | 0,77 | 0,53 | 0,46 | -0,04 | -0,04 | -0,52 | -0,26 | 0,06 | -0,21 |
| C 10:0 | | | | 0,99 | 0,74 | 0,50 | 0,35 | -0,33 | -0,68 | -0,62 | -0,03 | -0,46 |
| C 12:0 | | | | | 0,79 | 0,58 | 0,43 | -0,38 | -0,76 | -0,68 | 0,00 | -0,55 |
| C 14:0 | | | | | | 0,68 | 0,61 | -0,72 | -0,76 | -0,84 | 0,36 | -0,57 |
| C 14:1 | | | | | | | 0,53 | -0,36 | -0,81 | -0,62 | 0,31 | -0,53 |
| C 16:0 | | | | | | | | -0,75 | -0,68 | -0,92 | -0,03 | -0,73 |
| C 16:1 | | | | | | | | | 0,41 | 0,83 | 0,28 | 0,47 |
| C 18:0 | | | | | | | | | | 0,74 | -0,19 | 0,66 |
| C 18:1 | | | | | | | | | | | -0,08 | 0,72 |
| C 18:2 | | | | | | | | | | | | 0,21 |

n = 17

molemmissa aineistoissa alhaiset kaikkien muiden rasvahappojen, paitsi linoleenihapon (C 18:3) kanssa.

2.33 Eri rasvahappojen ja maidon tuotannon tunnuslukujen väliset korrelaatiot

Lyhytketjuisten ja keskipitkien tyydyttyneiden C 6:0 - C 16:0 rasvahappojen ja rasvaprosentin väliset korrelaatiot olivat Aineisto I:ssä selvästi positiiviset, samoin Aineisto II:ssa paria poikkeusta lukuunottamatta (Taulukko 26). Pitkäketjuisten C 18-rasvahappojen kanssa rasvaprosentti sitävästoin on negatiivisessa korrelaatiossa. Monitydyttymättömien, linoli- (C 18:2) ja linoleenihapon (C 18:3) kohdalla korrelaatio on huomattava, -0,65 - -0,79 luokkaa.

Muista lyhytketjuisista rasvahapoista poiketen voihiapon (C 4:0) ja rasvaprosentin välinen korrelaatio on negatiivinen.

C 6:0 - C 16:0 rasvahappojen ja valkuaisprosentin väliset korrelaatiot olivat johdonmukaisesti positiiviset, sekä voihiapon (C 4:0) ja pitkäketjuisten C 16:1 - C 18:3 ja valkuaisprosentin väliset korrelaatiot negatiiviset molemmissa aineistoissa.

Tulokset ovat sopusoinnussa kirjallisuudesta saatujen tutkimustulosten kanssa (Renner ja Kosmack, 1973, Karijord ym., 1982).

Lyhytketjuisten C 4:0 - C 14:0 rasvahappojen ja maidon määrän väliset korrelaatiot olivat ristiriitaisesti Aineisto I:ssä negatiiviset ja Aineisto II:ssa positiivi-

Taulukko 26. Rasvahapojen ja maitomäärän, rasva- ja valkuaisprosentin väliset fenotyypilliset korrelaatiot.

| Rasva- happo | Aineisto I ¹⁾ | | Aineisto II ²⁾ | | | |
|-----------------|--------------------------|---------|---------------------------|----------|---------|---------|
| | maito-kg | rasva-% | valk.-% | maito-kg | rasva-% | valk.-% |
| C 4:0 | 0,39 | -0,15 | -0,42 | 0,48 | -0,40 | -0,66 |
| C 6:0 | -0,13 | 0,30 | 0,40 | 0,59 | -0,17 | 0,03 |
| C 8:0 | -0,24 | 0,40 | 0,57 | 0,22 | 0,02 | 0,40 |
| C 10:0 | -0,24 | 0,28 | 0,66 | 0,11 | 0,27 | 0,64 |
| C 12:0 | -0,22 | 0,19 | 0,66 | 0,16 | 0,26 | 0,62 |
| C 14:0 | -0,17 | 0,23 | 0,68 | 0,43 | -0,17 | 0,21 |
| C 14:1 | 0,35 | -0,35 | 0,16 | 0,26 | -0,19 | 0,25 |
| C 16:0 | 0,24 | 0,16 | 0,10 | -0,08 | 0,29 | 0,42 |
| C 16:1 | 0,18 | -0,00 | -0,28 | -0,32 | -0,03 | -0,10 |
| C 18:0 | -0,07 | 0,00 | -0,42 | -0,08 | -0,07 | -0,48 |
| C 18:1 | -0,07 | -0,29 | -0,55 | -0,11 | -0,19 | -0,44 |
| C 18:2 | 0,46 | -0,65 | -0,38 | 0,45 | -0,79 | -0,54 |
| C 18:3 | -0,13 | -0,45 | -0,13 | -0,25 | -0,36 | -0,44 |
| Maito-kg | | -0,60 | -0,52 | | -0,42 | -0,41 |
| Rasva-% | | | 0,55 | | | 0,79 |

1) n = 24 2) n = 17

set. Pitkäketjuisten ja maitomäärän välillä korrelaatiot olivat negatiiviset, paitsi linolihapon (C 18:2) ja maitomäärän välillä, jossa ne olivat molemmissa aineistoissa selvästi positiiviset, 0,45 ja 0,46. Muuten rasvahappojen ja maitomäärän väliset korrelaatiot olivat molemmissa aineistoissa melko alhaiset. Tulokset ovat samansuuntaisia norjalaisten (Karijord ym., 1982) tutkimustulosten kanssa, paitsi Aineisto I:n lyhytketjuisten rasvahappojen kohdalla.

2.34 Toistuvuudet

Aineisto I:stä lasketut toistuvuudet ovat melkein poikkeuksetta korkeat, enimmäkseen 0,6 - 0,8 luokkaa. Vain lyhytketjuisten, haihtuvien rasvahappojen, voiapon (C 4:0) ja kaproonihapon (C 6:0) sekä välttämättömän linolihapon (C 18:2) kohdalla toistuvuudet ovat alle 0,5.

Aineisto II:sta lasketut toistuvuudet ovat hieman alhaisempia, linolihapon toistuvuus erittäin alhainen toisiin verrattuna. Näiden tulosten perusteella periytyvyys on heikoin juuri tärkeimmällä, linolihapolla. Ilmoittaahan toistuvuus periytyvyysasteen ylärajan.

Molemmista aineistoista saadut toistuvuudet ovat huomattavasti korkeammat kuin esim. norjalaisten tutkijoiden (Karijord ym., 1982) saamat toistuvuudet. Tämä selittyy kuitenkin sillä, että tämän työn molemmissa aineistoissa näytteenottokertojen välinen aika oli lyhyt, vain vajaa kuukausi, ja näytteitä oli vain kolme kutakin lehmää kohti.

Taulukko 27. Toistuvuuksia

| Rasvahappo | | Aineisto I | Aineisto II |
|----------------------|--------|------------|-------------|
| Voihappo | C 4:0 | 0,44 | 0,50 |
| Kaproonihappo | C 6:0 | 0,17 | 0,42 |
| Kapryylihappo | C 8:0 | 0,61 | 0,54 |
| Kapriinihappo | C 10:0 | 0,82 | 0,55 |
| Lauriinihappo | C 12:0 | 0,78 | 0,56 |
| Myristiinihappo | C 14:0 | 0,78 | 0,59 |
| Myristo-oleiinihappo | C 14:1 | 0,79 | 0,56 |
| Palmitiinihappo | C 16:0 | 0,76 | 0,81 |
| Palmito-oleiinihappo | C 16:1 | 0,78 | 0,32 |
| Steariinihappo | C 18:0 | 0,55 | 0,42 |
| Öljyhappo | C 18:1 | 0,69 | 0,72 |
| Linolihappo | C 18:2 | 0,45 | 0,08 |
| Linpleeni-happo | C 18:3 | 0,77 | 0,63 |
| Maito-kg | | 0,66 | 0,76 |
| Rasva-% | | 0,75 | 0,75 |
| Valk.-% | | | 0,40 |

L A S K E L M I A R A S V A H A P P O K O O S T U -
M U K S E N M U U T T A M I S M A H D O L L I -
S U U K S I S T A

Ravinnon sisältämiin monityydyttymättömiin rasvahappoihin kohdistuneen yleisen mielenkiinnon vuoksi sekä meijerituotteiden kilpailukykyisen laadun takaamiseksi on kaikki saatavissa oleva tieto aiheellista tuoda esille. Kun asia on nyt ajankohtainen, laadittiin laskelmia maidon rasvahappokoostumuksen muuttamismahdollisuuksista, vaikka geneettisiä korrelaatioita ja periytyvyysasteita suomalaisesta aineistosta ei olekaan saatavissa.

Tulokset antanevat kuitenkin viitteitä siitä, miten maidon eri komponentteja tulisi jalostuksessa painottaa.

Laskelmat on suoritettu prof. U.B. Lindströmin ohjauksessa ja ne noudattelevat samaa kaavaa kuin julkaisu: Jalostuksen mahdollisuudet vaikuttaa maidon rasvahappokoostumukseen (Lindström ja Vilva, 1983). Laskelmissa tarvittavat luvut on kuitenkin valittu kirjallisuudesta itsenäisesti ja johtopäätökset ovat omia. Omasta työstä on käytetty niitä lukuja, mitä siitä on voinut saada.

Missä arvoja ei saatu omasta työstä, käytettiin pyöristäen norjalaisten (Karijord ym., 1982) saamia lukuja. Laskelmat, missä tarkasteltiin, millaisia tuloksia saataisiin palmitiinihapon osuuden vähentämisessä, jos valintaa suoritettaisiin jodiluvun perusteella, on suoritettu Antilan (1983) tutkimuksesta saatujen lukuarvojen perusteella. Ko. luvut on saatu 90:n lehmän näytteiden perusteella.

Laskelmissa on tarkasteltu seuraavia mahdollisuuksia rasvahappojen suhteellisten osuuksien muuttamiseksi:

- linolihapon lisääminen
- öljyhapon lisääminen
- lauriini-, myristiini- ja palmitiinihapon summan vähentäminen

- palmitiinihapon vähentäminen

Myös jalostuksen seurannaisvaikutuksia on tarkasteltu:

- mitä tapahtuu edellämainittujen rasvahappojen osuuk-
sille, jos valintaa suoritetaan maidon rasvapitoisuuden
perusteella
- miten muuttuu maitomäärä, rasva- ja valkuaispitoisuus,
jos valintaa suoritetaan palmitiinihapon perusteella
- kuinka paljon palmitiinihapon osuus vähenee, jos valin-
taa suoritetaan jodiluvun perusteella.

1 MENETELMÄT JA KÄYTETYT TUNNUSLUVUT

1.1 JALOSTUKSELLISEN EDISTYMISEN ARVIOIMINEN

Ominaisuuden perinnöllinen edistyminen voidaan laskea seuraavan kaavan perusteella (Falconer, 1982):

$$\Delta G_1 = I = h_1^2 \times \delta_{P_1} \times i, \text{ jossa}$$

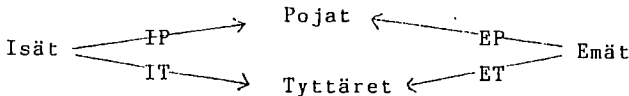
ΔG_1 = perinnöllinen edistyminen sukupolvea kohti

h_1^2 = ominaisuuden periytyvyysaste

δ_{P_1} = ominaisuuden fenotyyppinen hajonta

i = valinnan intensiteetti hajonnan yksiköissä

Perinnöllinen edistyminen välittyy neljää eri "polkua" pitkin seuraavaan sukupolveen:



Kokonaisedistyminen vuotta kohti, ΔG_s , saadaan laskemalla yhteen kussakin polussa saavutettava perinnöllinen edistyminen:

$$G_s = \frac{I_{IP} + I_{IT} + I_{EP} + I_{ET}}{L_{IP} + L_{IT} + L_{EP} + L_{ET}} = \frac{I}{L} ,$$

jossa I = perinnöllinen valintaero kyseessä olevassa polussa (vanhempien geneettinen paremmuus)

L = sukupolvien välinen aika vuosissa (vanhempien keski-ikä jälkeläisten syntyessä).

Koska karjanjalostus nykyään on keinosiemennysjalostusta, arvioitiin kahden eri keinosiemennysjalostusohjelman vaikutusta maidon rasvahappokoostumuksen muuttamisessa. Lypsykarjan jalostuksessa joudutaan ottamaan huomioon useita eri ominaisuuksia. Siksi yhdelle ominaisuudelle ei voida panna kovin suurta painoa.

Jalostusohjelmat:

A. Oletetaan, että huonoin 20 % sekä sonneista että lehmistä karsitaan rasvahappokoostumuksen perusteella. Kaikissa ennen mainituissa poluissa i:n arvo on tällöin 0,35 ♂ - yksikköä.

B. Oletetaan, että poluissa I_{IP} ja I_{EP} (sonnien ja sonnien joukossa) karsitaan huonoin 50 % rasvahappokoostumuksen perusteella. Silloin i:n arvo on 0,798 ♂ - yksikköä. Poluissa I_{IT} ja I_{ET} (lehmänisien ja lehmänemien joukossa) karsitaan huonoin 20 % (i:n arvo 0,35 ♂ - yksikköä).

Kussakin ohjelmassa on verrattu kolmea eri vaihtoehtoa:

1. Rasvahappomäärityksiä tehdään vain kerran kunkin lehmän maidosta ja kaikki sonnit arvostellaan 50 tyttären tulosten perusteella.
2. Rasvahappomääritykset tehdään kerran kunkin lehmän maidosta ja sonnit arvostellaan 100 tyttären tulosten perusteella.
3. Kunkin lehmän maidosta tehdään kuusi rasvahappomääritystä ja sonnit arvostellaan 50 tyttären perusteella.

Rasvahappojen periytymisasteet on pyöristäen muodostettu Karijord ym. (1982) mukaan.

Jälkeläisarvostelun varmuus laskettiin kaavasta:

$$b = \frac{n h^2 0,25}{1 + (n - 1) 0,25 h^2} ,$$

missä b = jälkeläisarvostelun varmuus

n = jälkeläisten lukumäärä

h^2 = periytyvyysaste

Usean tuotoksen periytymisasteen keskiarvo laskettiin kaavasta:

$$h_n^2 = \frac{n h^2}{1 + (n - 1) r} ,$$

missä r = toistumiskerroin,

muut tekijät samoja kuin edellä.

- linolihappo: $h^2 = 0,1$; $r = 0,2$
Vaihtoehdossa 1. $h^2_{\text{lehmät}} = 0,1$; $h^2_{\text{sonnit}} = 0,56$
2. $h^2_{\text{lehmät}} = 0,1$; $h^2_{\text{sonnit}} = 0,72$
3. $h^2_{\text{lehmät}} = 0,3$; $h^2_{\text{sonnit}} = 0,80$
- öljyhappo: $h^2 = 0,1$; $r = 0,15$
Vaihtoehdossa 1. $h^2_{\text{lehmät}} = 0,1$; $h^2_{\text{sonnit}} = 0,56$
2. $h^2_{\text{lehmät}} = 0,1$; $h^2_{\text{sonnit}} = 0,72$
3. $h^2_{\text{lehmät}} = 0,34$; $h^2_{\text{sonnit}} = 0,82$
- lauriini-, myristiini- ja palmitiinihapon summa:
 $h^2 = 0,15$; $r = 0,15$
Vaihtoehdossa 1. $h^2_{\text{lehmät}} = 0,15$; $h^2_{\text{sonnit}} = 0,66$
2. $h^2_{\text{lehmät}} = 0,15$; $h^2_{\text{sonnit}} = 0,80$
3. $h^2_{\text{lehmät}} = 0,51$; $h^2_{\text{sonnit}} = 0,88$
- palmitiinihappo: $h^2 = 0,15$; $r = 0,15$
 h^2 eri vaihtoehtoissa sama kuin edellä

Fenotyyppisinä hajontoina on käytetty Aineisto I:n ja Aineisto II:n keskiarvoja:

- linolihappo $d_P = (0,2 + 0,2) : 2 = 0,2$

- öljyhappo $d_P = (2,3 + 3,8) : 2 = 3,0$

- laur.- + myrist. + palmit. $d_P = (\sqrt{0,7^2 + 1,0^2 + 2,2^2} + \sqrt{0,7^2 + 1,5^2 + 3,3^2}) : 2 = 3,0$

- palmitiinihappo $d = 4,845$ (Antila, 1983)

Sukupolvien välisinä aikoina on käytetty seuraavia lukuja: $L_{IP} = 7$, $L_{IT} = 6$ v, $L_{EP} = 6$ v, $L_{ET} = 4$ v, siis yhteensä 23 v (Lindström, 1978).

1.2 VALINNAN SEURANNAISVAIKUTUKSET

Jos ominaisuuksien välillä on yhteyksiä, vaikuttaa yhteen ominaisuuteen (esim. rasvaprosenttiin) kohdistuva valinta muihin ominaisuuksiin (esim. tyydyttymättömien rasvahappojen osuuteen). Valinnan seurannaisvaikutukset voidaan arvioida seuraavan kaavan mukaan (Falconer 1982):

$$\Delta G_C = r_{G_1 G_2} \times h_1 \times d_{G_2} \times i,$$

ΔG_C = ominaisuudessa 2 tapahtunut seurannaisvaikutus, kun valintaa on tehty ominaisuuteen 1 nähden

$r_{G_1 G_2}$ = ominaisuuksien 1 ja 2 välinen perinnöllinen korrelaatio

h_1 = ominaisuuden 1 periytyvyysasteen neliöjuuri

d_{G_2} = ominaisuuden 2 perinnöllinen hajonta

i = ominaisuuteen 1 kohdistuneen valinnan intensiteetti hajonnan yksiköissä.

Koska $d_{G_2} = h_2 \times d_{P_2}$, kaava voidaan kirjoittaa muotoon:

$$\Delta G_C = r_{G_1 G_2} \times \sqrt{h_1^2} \times \sqrt{h_2^2} \times d_{P_2} \times i.$$

Jalostusohjelmat:

A. Huonoin 20 % sekä sonneista että lehmistä karsitaan rasvapitoisuuden, jodiluvun tai palmitiinihapon perusteella.

B. Sonninisien ja sonninemien joukossa karsitaan huonoin 50 %, lehmänisien ja lehmänemien joukossa huonoin 20 %.

Molemmissa ohjelmissa on verrattu yhtä vaihtoehtoa, jossa periytyvyysasteet ovat:

- rasvaprosentti: $h^2_{\text{lehmät}} = 0,5$, $h^2_{\text{sonnit}} = 0,80$
- valkuaisprosentti: $h^2_{\text{lehmät}} = 0,5$, $h^2_{\text{sonnit}} = 0,80$
- maitomäärä: $h^2_{\text{lehmät}} = 0,25$, $h^2_{\text{sonnit}} = 0,80$
- jodiluku: periytyvyysasteena käytetty rasvahappojen keskimääristä periytyvyysastetta pyöristäen Karijord ym. (1982) mukaan: $h^2_{\text{lehmät}} = 0,15$, $h^2_{\text{sonnit}} = 0,80$
- rasvahapot: kuten edellä vaihtoehdon 2 mukaan.

Fenotyyppisinä hajontoina on käytetty:

- rasvaprosentti: $\sigma_p = 0,4$
- valkuaisprosentti: $\sigma_p = 0,25$
- maitomäärä, kg: $\sigma_p = 700$
- jodiluku: $\sigma_p = 4,697$ (Antila, 1983)

Ominaisuuksien välisinä perinnöllisinä yhteyksinä on käytetty Karijord ym. (1982) mukaisia pyöristettyjä lukuja:

| | |
|-------------------------------------|--|
| rasva-% x linolihappo: | $r_G = - 0,40$ |
| rasva-% x öljyhappo: | $r_G = - 0,80$ |
| rasva-% x C 12:0 + C 14:0 + C 16:0: | $r_G = 0,50$ |
| jodiluku x palmitiinihappo: | $r_p = - 0,85$ (Antila, 1982, fenotyyppinen korrelaatio) |
| palmitiinihappo x maitomäärä: | $r_G = - 0,15$ |
| palmitiinihappo x rasva-%: | $r_G = 0,40$ |
| palmitiinihappo x valkuais-%: | $r_G = 0,15$ |
| linolihappo x maitomäärä: | $r_G = 0,30$ |

Keskiarvoina, joista prosentuaaliset muutokset on laskettu, on käytetty oman tutkimuksen Aineisto I:n ja Aineisto II:n keskiarvoja:

| | I | II | ka. |
|-----------------|----------------|--------|--------|
| linolihappo | 1,0 % | 1,3 % | 1,2 % |
| öljyhappo | 20,3 " | 24,9 " | 22,6 " |
| la-my-pa-hapot | 53,4 " | 44,2 " | 48,8 " |
| palmitiinihappo | (Antila, 1983) | | 30,3 " |

2 TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU

2.1, RASVAHAPPOKOOSTUMUKSEN MUUTTAMINEN

Kun maidossa olevaa, ihmisille ja eläimille välttämätöntä linolihappoa pyritään lisäämään jalostusohjelma A:n mukaan, jossa sekä sonneista että lehmistä karsitaan huonoin 20 % linolihapon perusteella, nousee sen osuus 0,004 - 0,007 %-yksikköä vuodessa. Kahdessa kymmenessä vuodessa nousu on 0,08 - 0,13 %-yksikköä (Taulukko 28). Öljyhappo (monotyydyttymätön) lisääntyy saman ohjelman mukaan 0,06 - 0,11 %-yksikköä yhdessä vuodessa ja 1,21 - 2,12 kahdessakymmenessä vuodessa. Linolihapolla prosentuaalinen muutos nykytasosta (1,2 %) on 6,7 - 10,8 %, öljyhapolla 5,4 - 9,4 %.

Kolmen tyydyttyneen rasvahapon, lauriini- (C 12:0), myristiini- (C 14:0) ja palmitiini- (C 16:0) hapon summan vähentämisessä päästään vuodessa 0,07 - 0,13 %-yksikön, 20 vuodessa 1,48 - 2,54 %-yksikköön. Prosentuaalinen muutos nykytasosta (48,8 %) on 3,0 - 5,2 %.

Palmitiinihapon alentamista tarkasteltiin Antilan (1983) aineiston pohjalta, jossa palmitiinihapon keskiarvo on 30,3 % ja hajonta 4,845. Jalostusohjelma A:n mukaan vä-

heneminen on vuodessa 0,12 - 0,15 ja 20 vuodessa 2,39 - 3,04 %-yksikköä. Prosentteissa keskiarvosta se on 7,8 - 10,0 %.

Jalostusohjelma B:n mukaan, jossa karsitaan 50 % sonniniisien ja sonniniemien joukossa, saavutetaan suunnilleen kaksi kertaa edullisemmat tulokset kuin ohjelma A:n mukaan (Taulukko 28).

Kuten edellisestä nähdään, rasvahappokoostumusta on mahdollista muuttaa jalostuksen avulla haluttuun suuntaan. Edistyminen vuodessa on tosin vähäinen, mutta jatkuvasti toteutettuna saadaan aikaan tarvittava muutos rasvahappojen suhteissa. Näiden laskelmien perusteella suurimmat prosentuaaliset muutokset saadaan aikaan palmitiinihappoa vähentämällä ja linolihappoa lisäämällä. Käytännön jalostustyössä päästäisiinkin parhaisiin tuloksiin keskittymällä näihin rasvahappoihin. Jalostusohjelma A, jossa karsinta on lievempi, lienee käytännössäkin mahdollinen.

2.2 SEURANNAISVAIKUTUKSET

Nykyisin maidon määrällisen lisäämisen ohella on alettu hinnoittelun ja sonnien jälkeläisarvostelun avulla entistä enemmän painottaa maidon kuiva-ainepitoisuuden nostamista. Tämän vuoksi katsottiin aiheelliseksi tutkia, miten rasvapitoisuuden kohottaminen ajan oloon vaikuttaa rasvahappojen suhteisiin.

Jos oletetaan, että rasva-%:n perusteella karsitaan 20 % sekä sonneista että lehmistä (jalostusohjelma A), otetaan yksi näyte lehmältä ja sonnit arvostellaan 100 tytären perusteella, vähenee linolihappo 0,05 %-yksikköä (4 % nykytasoon verrattuna) 20 vuodessa, oljyhappo 1,44 %-yksikköä (6,3 %) ja tyydyttyneiden rasvahappojen summa li-

sääntyy 0,98 %-yksikköä (2 %) (Taulukko 29). Tämä merkitsee haitallista maitorasvan laadun heikkenemistä.

Lisäksi tutkittiin sekä linolihappopitoisuuden lisäämiseksi että palmitiinihappopitoisuuden vähentämiseksi tapahtuvan valinnan vaikutusta maitomäärään. Koska linolihapon ja maitomäärän välinen geneettinen korrelaatio on positiivinen (0,30), lisääntyy maitomäärä, kun linolihappoa pyritään lisäämään. Laskelmien mukaan maitomäärän lisääntyminen on 5,86 kg - 9,61 kg vuodessa, ja kahdessakymmenessä vuodessa 117,2 kg - 192,2 kg (jalostusohjelmat A ja B).

Kun palmitiinihappoa vähennetään, lisääntyy maitomäärä 3,2 kg - 5,2 kg vuodessa ja 63,5 kg - 104 kg 20 vuodessa. Palmitiinihapon ja maitomäärän välinen korrelaatio on -0,15. Palmitiinihapon vähentäminen aiheuttaisi kahdessakymmenessä vuodessa (jalostusohjelma A) rasvaprosentin 0,1 %-yksikön alenemisen. Valkuaisprosentin aleneminen ei olisi mainittavaa. Perinnölliset yhteydet palmitiinihapon ja rasva- ja valkuaisprosentin välillä ovat 0,40 ja 0,15 (Taulukko 30).

Vaikka nämä laskelmat perustuvat hatariin tietoihin (laskelmien perustana olevat luvut on yhdistelty eri tutkimuksista), antanevat ne selvän viitteen siitä, että rasvapitoisuuden arvostamista hinnoittelussa ei voida jatkaa, jos aiotaan pitää huolta maitorasvan laadusta. Sen sijaan maitomäärän lisäämisen kanssa rasvan laadun parantaminen on sopuosinnussa. Korkeimman palmitiinihappopitoisuuden omaavat eläimet, ehkä 10 %, olisi syytä karsia.

Nykyisin rasvahapot analysoidaan kaasukromatograafisella määritysmenetelmällä. Se on kuitenkin hidas ja kallissonnien jälkeläisarvostelussa tarvittavaan käytännön ru-

tiiniin. Tämän vuoksi tutkittiin, voitaisiinko päästä haluttuihin tuloksiin valitsemalla eläimet jodiluvun perusteella.

Laskettiin, miten jodiluvun nostamiseksi tapahtuva valinta vaikuttaa maitorasvan palmitiinihappopitoisuuteen. Jodiluvun ja palmitiinihapon yhteys on - 0,85 (fenotyyppinen) (Antila, 1983). Toimimalla jalostusohjelma A:n mukaan palmitiinihappopitoisuus alenee 2,38 %-yksikköä, jalostusohjelma B:n mukaan 3,90 %-yksikköä kahdessa-kymmenessä vuodessa (Taulukko 31).

Valitsemalla eläimet jodiluvun perusteella voidaan siis maitorasvan ravitsemuksellinen ja meijeriteknologinen laadun heikkeneminen estää, jopa sitä oleellisesti parantaa. Kun palmitiinihapon ja linolihapon välinen geneettinen korrelaatio on Karijord ym. (1982) mukaan - 0,30, voidaan palmitiinihapon vähetessä odottaa linolihapon lisääntyvän.

Emanuelson ym. (1981) ovat saaneet negatiiviset korrelaatiot jodiluvun ja kaikkien maidontuotannon tunnuslukujen, myös maitomäärän, välille. Analysointitekniikan nopeasti kehittyessä voitaneet tulevaisuudessa määrittää myös yksittäisiä rasvahappoja rutiininomaisesti. Tällöin on syytä selvittää, onko linolihapon (välttämätön rasvahappo) ja maitomäärän yhteys todella positiivinen.

Kun maidon rasva-% ja rasvan ravitsemuksellinen ja meijeriteknologinen laatu näyttävät olevan negatiivisessa vuoro-suhteessa toisiinsa, olisi lypsykarjan jalostuksessa luovutettava kokonaan neliprosenttisen maitomäärän käsitteestä ja keskityttävä valkuaiskilojen lisäämiseen ja maitorasvan laadun parantamiseen. Tämä taas johtaa laihan maidon tuottamiseen, josta juuri on haluttu päästä kiinnittämällä huomiota maidon kuiva-aineeseen.

Taulukko 28. Valinnan teho rasvahappokoostumuksen muuttamisessa.

| <u>Montako %-yksikköä lisääntynyt tai vähentynyt 20 v:ssä</u> | | | | |
|---|--------------------------------|------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| | <u>Linoli-</u> <u>happo</u> | <u>Oljy-</u> <u>happo</u> | <u>La-My-Pa-</u> <u>hapot</u> | <u>Palmit.-</u> <u>happo</u> |
| Jalostusohjelma A | | | | |
| Vaihtoehto 1 | 0,08 | 1,21 | - 1,48 | - 2,39 |
| 2 | 0,10 | 1,50 | - 1,73 | - 2,80 |
| 3 | 0,13 | 2,12 | - 2,54 | - 3,04 |
| Jalostusohjelma B | | | | |
| Vaihtoehto 1 | 0,13 | 1,98 | - 2,43 | - 3,92 |
| 2 | 0,16 | 2,46 | - 2,85 | - 4,60 |
| 3 | 0,22 | 3,46 | - 4,17 | - 6,73 |
| <u>Prosentuaalinen muutos keskiarvosta</u> | | | | |
| Keskiarvo | 1,2 % | 22,6 % | 48,8 % | 30,3 % |
| Jalostusohjelma A | | | | |
| Vaihtoehto 1 | 6,7 | 5,4 | 3,0 | 7,8 |
| 2 | 8,3 | 6,6 | 3,5 | 9,2 |
| 3 | 10,8 | 9,4 | 5,2 | 10,0 |
| Jalostusohjelma B | | | | |
| Vaihtoehto 1 | 10,8 | 8,8 | 5,0 | 12,9 |
| 2 | 13,3 | 10,9 | 5,8 | 15,2 |
| 3 | 18,3 | 15,3 | 8,5 | 22,2 |

Taulukko 29. Rasvaprosentin perusteella tapahtuvan valinnan vaikutus rasvahappokoostumukseen.

| | Montako %-yksikköä muuttunut 20 vuodessa | | |
|-------------------|--|-----------|---------------|
| | Linoli-happo | Öljyhappo | La-My-Pahapot |
| Jalostusohjelma A | - 0,05 | - 1,44 | + 0,98 |
| Jalostusohjelma B | - 0,08 | - 2,35 | + 1,86 |
| | Prosentuaalinen muutos keskiarvosta | | |
| Keskiarvo | 1,2 % | 22,6 % | 48,8 % |
| Jalostusohjelma A | 4,0 | 6,3 | 2,0 |
| Jalostusohjelma B | 6,5 | 10,4 | 3,8 |

Taulukko 30. Palmitiinihappopitoisuuden vähentämiseksi tapahtuvan valinnan vaikutus maitomäärään, rasva- ja valkuaispitoisuuteen.

| | Montako yksikköä muuttunut 20 vuodessa | | |
|-------------------|--|---------|------------|
| | Maito-kg | Rasva-% | Valkuais-% |
| Jalostusohjelma A | + 63,5 | - 0,10 | - 0,02 |
| Jalostusohjelma B | +104,1 | - 0,17 | - 0,04 |

Taulukko 31. Jodiluvun nostamiseksi tapahtuvan valinnan vaikutus palmitiinihappopitoisuuteen.

| | Montako %-yksikköä muuttunut 20 vuodessa | |
|-------------------|--|--------------------------------|
| | Palmitiini-happo | Prosentuaalinen muutos ka.:sta |
| Jalostusohjelma A | 2,4 | 7,9 |
| Jalostusohjelma B | 3,9 | 12,9 |

J O H T O P Ä Ä T Ö K S E T

Kirjallisuuskatsauksesta ilmenee ja omakin tutkimus osaltaan vahvistaa, että ympäristötekijöistä ruokinnalla, vuodenajalla ja lypsykauden vaiheella on vaikutusta maidon rasvahappokoostumukseen. Oman tutkimuksen perusteella saattaa päätellä, että poikimakerralla olisi myös vaikutusta. Kerran poikineiden maidossa oli vähemmän lyhytketjuisia C 10:0 - C 14:0 rasvahappoja ja enemmän öljyhappoa (C 18:1) kuin kolme kertaa poikineilla.

Rehun rasvan rasvahapot kulkeutuvat maitoon, vaikka kulkeutuminen märehitijöillä ei ole niin täydellistä kuin yksimahaisilla. Rasvan suojauksella voidaan tyydyttymätömien rasvahappojen määrää maidossa lisätä. Kotovaraisessa ruokinnassa säilörehu, ja etenkin kaura nostavat pitkäketjuisten rasvahappojen määrää maidossa.

Laidunkauden maidossa on enemmän pitkäketjuisia rasvahappoja kuin talvimaidossa, etenkin tyydyttymätön linoleenihappo (C 18:3) lisääntyy laidunkaudella.

Lypsykausi vaikuttaa siten, että keskellä lypsykautta, 2 - 8 kk:een, maidossa on enemmän lyhytketjuisia ja keskipitkiä, lypsykauden alussa ja lopussa enemmän pitkäketjuisia rasvahappoja.

Maidon rasvahappokoostumukseen voidaan vaikuttaa jalostuksen avulla. Periytyvyysasteet olivat norjalaisen tutkimuksen mukaan tärkeimpien rasvahappojen osalta 0,10 - 0,15 luokkaa. Omassa työssä toistuvuudet vaihtelivat 0,50:stä - 0,80:een.

Rodulla on vaikutusta maidon rasvahappokoostumukseen. Friisiläislehmien maidossa on vähemmän palmitiinihappoa (C 16:0) ja enemmän linoli- (C 18:2) ja linoleenihappoa (C 18:3) kuin muilla roduilla.

Rasvahappojen välisistä korrelaatioista lyhytketjuiset C 6:0 - C 14:0 ovat keskenään, pitkäketjuiset C 18-rasvahapot taas keskenään positiivisessa korrelaatiossa. Lyhytketjuiset rasvahapot ovat negatiivisessa korrelaatiossa pitkäketjuisten kanssa.

Voihappo C 4:0 käyttäytyy toisin kuin muut lyhytketjuiset rasvahapot. Se on negatiivisessa korrelaatiossa muiden lyhytketjuisten rasvahappojen kanssa ja positiivisessa korrelaatiossa pitkäketjuisten kanssa. Jos jalostuksella pyritään vähentämään veren kolesterolitasoa nostavia keskipitkiä rasvahappoja ja lisäämään pitkäketjuisia, niin voidaan olettaa, että voille sen ominaisen maun antavista haihtuvista rasvahapoista ei ainakaan voihappo vähene.

Ihmisille välttämättömän rasvahapon, linolihapon (C 18:2), korrelaatiot ovat alhaiset kaikkien muiden, paitsi linoleenihapon (C 18:3) kanssa.

Rasva- ja valkuaisprosentin korrelaatiot lyhytketjuisten rasvahappojen kanssa ovat positiiviset, pitkäketjuisten kanssa negatiiviset.

Maitomäärän ja pitkäketjuisten rasvahappojen, paitsi linolihapon, väliset korrelaatiot olivat negatiiviset ja melko alhaiset.

Maitomäärän ja linolihiapon väliset korrelaatiot ovat selvästi positiiviset, norjalaisessa tutkimuksessa 0,34 ja omassa työssä 0,45 ja 0,46.

Laskelmissa maidon rasvahappokoostumuksen muuttamismahdollisuuksista, jossa pyrittiin muuttamaan rasvahappokoostumusta edullisempaan suuntaan lisäämällä joko linolihappoa tai öljyhappoa, tai vähentämällä C 12:0, C 14:0 ja C 16:0:n summaa tai palmitiinihappoa, näytti palmitiinihiapon (C 16:0) vähentäminen johtavan nopeimmin toivottuun tulokseen.

Koska nykyinen rasvahappojen määrittäminen on hidas ja kallis, tutkittiin, miten jodiluvun perusteella tehtävä valinta vaikuttaisi rasvan palmitiinihappopitoisuuteen. Näyttäisi siltä, että päästäisiin suunnilleen samaan tulokseen kuin suoraan palmitiinihappopitoisuuden perusteella valittaessa.

Jalostuksen seurannaisvaikutuksia tarkasteltaessa havaittiin, että rasvaprosentin perusteella karsittaessa linolihappo ja öljyhappo vähenevät. Näyttää siltä, että rasvapitoisuuden arvostamista hinnoittelussa ei voida enää jatkaa, jos niotaan pitää huolta maitorasvan laadusta.

Sen sijaan maitomäärän lisäämisen kanssa rasvan laadun parantaminen on sopusoinnussa, koska linolihiapon lisäämiseksi tehtävä valinta lisää maidontuotantoa, samoin palmitiinihiapon vähentäminen. Samalla rasva- sekä valkuaisprosentti alenee. Valkuaisprosentin aleneminen ei kuitenkaan olisi huomattava.

Jatkotutkimuksissa olisi syytä selvittää, onko maitomäärän ja linolihiapon välinen geneettinen korrelaatio todella positiivinen, kuten näyttää. Jos näin on, kannat-

taisi linolihappo ottaa valintaperusteeksi, kunhan analysointimenetelmät kehittyvät rutiinikäyttöön sopiviksi, onhan se ihmisille välttämätön rasvahappo.

Koska maitorasvan määrä ja laatu näyttävät olevan negatiivisessa vuorosuhteessa toisiinsa, olisi lypsykarjan jalostuksessa luovuttava kokonaan neliprocenttisen maitomäärän käsitteestä ja keskityttävä valkuaiskilojen lisäämiseen ja maitorasvan laadun parantamiseen. Tämä taas johtaa laihan maidon tuottamiseen, josta juuri on haluttu päästä kiinnittämällä huomio maidon kuiva-aineeseen,

Asian selvittämiseksi tarvittaisiin laajempi tutkimus, jossa eri sonnien jälkeläiryhmiä voitaisiin verrata toisiinsa.

K I R J A L L I S U U S

- Antila, V. 1966. Fatty acid composition, solifikation and melting of Finnish butterfat. Meijeritieteellinen aikakauskirja XXVII: 1-72.
- 1982. Maidon rasvan rasvahappokoostumus ja mahdollisuudet vaikuttaa siihen. Karjantuote 65 (6-7): 24-25.
- 1983. Suullinen tiedonanto.
- & Kankare, V. 1983. Kaura parantaa maitorasvan ominaisuuksia. Valtion maitotalouden tutkimuslaitos. Tiedonantoja N:o 182. 2 s.
- "- 1985. Väkirehun rasva parantaa maitorasvan ominaisuuksia. Valtion maitotalouden tutkimuslaitos. Moniste 7 s.
- "- 1986. Heinä- ja säilörehuruokinnan vaikutukset maitorasvan koostumukseen. Maaseudun Tulevaisuus. Koetointa ja käytäntö 43: 40.
- Aro, A. 1974. Ravinnon rasvat ja koronaaritauti. Ravintorasvat. Symposium 16.9.1974. Valtion ravitsemusneuvottelukunnan julkaisuja N:o 2 sivut 29 - 41.
- Banks, W., Clapperton, J. L. & Ferrie, M. E. 1976. Effect of feeding fat to dairy cows receiving a fat-deficient basal diet. J. Dairy Res. 43: 219.
- Brown, W. H., Stull, J. W. & Stott, G. H. 1961. Fatty acid composition of milk. I. Effect of roughage and dietary fat. J. Dairy Sci. 45:191-196.
- Brumby, P. E., Storry, J. E. & Sutton, J. D. 1972. Metabolism of cod-liver oil in relation to milk fat secretion. J. Dairy Res. 39: 167-182.

- Christie, W. W. 1979. The effects of diet and other factors on the lipid composition of ruminant tissues and milk. *Prog. Lip. Res.* 17: 245-277.
- Christopherson, S. W. & Glass, R. L. 1969. Preparation of milk fat methyl esters by alcoholysis in an essentially nonalcoholic solution. *J. Dairy Sci.* 52: 1289-1290.
- de Man M. J. 1964. Determination of the fatty acid composition of milk fat by dual column temperature programmed gas-liquid chromatography. *J. Dairy Sci.* 47: 546-547.
- Decaen, C. & Adda, J. 1966. Evolution de la sécrétion des acides gras des glycerides du lait de vache au cours de la lactation. 17 th Int. Dairy Congr. A 161-171. (ref. Fatty acid composition of cows' milk glycerides during lactation. *Dairy Sci. Abstr.* vol. 28: 582.)
- "- 1970. (ref. Changes in secretion of fatty acids of milk fat during lactation in cows. *Dairy Sci. Abstr.* vol. 33: 891.)
- & Journet, M. 1967. (ref. Changes in secretion of the principal fatty acids in milk and in the concentration of free fatty acids in blood of cows during early lactation. *Dairy Sci. Abstr.* vol. 30: 39.)
- Edwards, R. A., King, J. W. B. & Yousef, I. M. 1973. A note on the genetic variation in the fatty acid composition of cow milk. *Anim. Prod.* 16: 307-310.
- Emanuelson, U., Sjaunja, L - O. & Rönningen, K. 1981. Phenotypic and genetic parameters for milk composition. *Swedish Journal Agric. Res.* 11: 135-139.

Falconer, D. S. 1982. Introduction to quantitative genetics. 2nd Edit. Longman, London.

Harvey, W. R. 1960. Least-square analysis of data with unequal subclass numbers. USDA ARS 20-8.

Hawke, J. C. 1963. Studies on the properties of New Zealand butterfat. VIII. The fatty acid composition of the milk fat cows grazing on ryegrass at two stages of maturity and the composition of the ryegrass lipids. J. Dairy Res. 30: 67-75.

Horning, E. C., Ahrens, E. H., Lipsky, S. R., Mattson, F. H., Mead, J. F., Turner, D. A. & Goldwater, W. H. 1964. Quantitative analysis of fatty acids by gas-liquid chromatography. J. Lipid. Res. 5: 20-27.

Hutjens, M. F. & Schultz, L. H. 1971. Addition of soybeans or methionine analog to high-concentrate rations for dairy cows. J. Dairy Sci. 54: 1637.

Jensen, G. K. & Hansen, P. S. 1974. Influence of the composition of the milkfat on the quality and properties of raw milk. Proc. 19th Int. Dairy Congress vol 1 E: 110-112.

Jylhä, M. 1981. Herne lypsylehmien valkuaisen lähteenä. Laudaturtyö. Kotieläintieteen laitos. Helsingin Yliopisto. 54 s.

Karijord, O., Standal, N. & Syrstad, O. 1982. Sources of variation in composition of milk fat. Z. Tierz. Zücht. biol. 99: 81-93.

Kreula, M. & Nordlund, J. 1974. The manufacture of cultured butter from milk obtained by feeding cows with

- encapsulated oil. Proc. 19th Int. Dairy Congress vol 1 E: 108-109.
- Krukovsky, V. N. 1961. Vitamin A, carotenoid, iodine, and thiocyanogen values, and the refractive index of milk fat as influenced by feed, and by individual and breed differences. Agr. Food Chem. 9: 326.
- Kuzdzal-Savoie, S., Manson, W. & Moore, J. H. 1980. The constituents of cows' milk. IDF.Document 125, 4-13.
- Lindström, U. B. 1978. Selection intensity for milk yield in 1970-77 in the Finnish Ayrshire. J. Scient. Agric. Soc. Finl. 50: 445-454.
- Lindström, U. B. & Vilva, V. 1983. Jalostuksen mahdollisuudet vaikuttaa maidon rasvahappokoostumukseen. Meijeritiet. Aikak. XLI: 9-21.
- Luick, J. R. & Smith, L. M. 1963. Fatty acid synthesis during fasting and ketosis. J. Dairy Sci. 46: 1251-1255.
- Mc Dowell, A. K. R. 1970. Diurnal variations in the composition of milkfat. 18th Int. Dairy Congr. Sydney 1: 601.
- Mc Dowell, F. H. & Mc Gillivray, W. A. 1963b. Studies on the properties of New Zealand butterfat. VII. Effect of stage of maturity of ryegrass fed to cows on the characteristics of butterfat and its carotene and vitamin A contents. J. Dairy Res. 30: 59-66.
- Parodi, P. W. 1970. Fatty acid composition of Australian butter and milk fats. Aust. J. Dairy Technol. 25: 200-205.
- 1972. Observations on the variation in fatty acid composition of milkfat. Aust. J. Dairy Technol. 27:90-94.

- 1974. Variation in the fatty acid composition of milk fat: Effect of stage of lactation, Aust. J. Dairy Technol. 29: 145-148.
- Peltokangas, J. 1983. Oljen käsittelyjen vaikutus sula-
vuuteen, maitotuotokseen ja kivennäistaseeseen. Pro
gradu - työ. Kotieläintieteen laitos. Helsingin Yli-
opisto. 117 s.
- Rauramaa, A., Kreula, M., Hukari, E. & Pesonen, H. 1975.
The fatty acid composition of Finnish butter. Meijeri-
tiet. aikak. kirja. XXXIV: 143-151.
- Renner, E. & Kosmack, V. 1974 a. Genetische Aspekte zur
Fettsäurezusammensetzung der Milchfettes. II. Fett-
säurenmuster der Milch von Nachkommenpopulationen.
Züchtungskunde 46: 217-226.
- "- 1974 b. Genetische Aspekte zur Fettsäurezusammen-
setzung des Milchfettes. III. Genetische Korrelation
zum Fettgehalt und zur Fettleistung. Züchtungskunde
46: 257-264.
- Renner, E. & Senft, B. 1971. Die Fettsäurezusammensetzung
des Milchfettes unter den Aspekt der Leistung.
Züchtungskunde 43: 26-37.
- Senft, B. & Klobasa, F. 1970. Untersuchungen über das
Fettsäurespektrum im Milchfett schwarzbunter Kühe.
Milchwissenschaft 25: 510-514.
- Shaw, J. C., Robinson, R. R., Senger, M. E., Leffel, E. C.,
Doetsch, R. N., Lewis, T. R. & Brown, W. H. 1957.
Ruminant Metabolism on diets producing a low fat content
milk. Maryland Agr. Expt. Sta., Misc. Publ. 291: 16.
- Steele, W. & Moore, J. H. 1968. The effects of a series

- of saturated fatty acids in the diet on milk-fat secretion in the cow. J. Dairy Res. 35: 361-370.
- Storry, J. E. 1970. Reviews of the progress of Dairy Science. Section A. Physiology. Ruminant metabolism in relation to the synthesis and secretion of milk fat. J. Dairy Res. 37: 139-164.
- Storry, J. E. 1980. Influence of nutritional factors on the yield and content of milk fat: Non-protected fat in the diet. I.D.F. Document 125: 88-95.
- Storry, J. E., Hall, A. J., Tuckley, B. & Millard, D. 1969. Br. J. Nutr. 23: 173.
- Storry, J. E., Hall, A. J. & Johnson, V. W. 1973. The effects of increasing amounts of dietary tallow on milk-fat secretion in the cow. J. Dairy Res. 40: 293-299.
- Storry, J. E., Brumby, P. E., Hall, A. J. & Tuckley, B. 1974. Effects of free and protected forms of codliver oil on milk fat secretion in the dairy cow. J. Dairy Sci. 57: 1046-1049.
- Stull, J. W. & Brown, W. H. 1964. Fatty acid composition of milk. II. Some differences in common dairy breeds. J. Dairy Sci. 47: 1412.
- Stull, J. W. & Brown, W. H. 1965. J. Dairy Sci. 48: 802.
- Stull, J. W., W. H., Valdez, C. & Tucker, H. 1966. Fatty acid composition of milk. III. Variation with stage of lactation. J. Dairy Sci. 49: 1401-1405.
- Wallenius, R. W. & Whitchurch, R. E. 1975. Methionine hydroxy analog or sulfate supplementation for high producing dairy cows. J. Dairy Sci. 58: 1314-1319.

SARJASSA ILMESTYNYT VUODESTA 1985 LÄHTIEN:

66. ARONEN, PIRJO, 1985. Liharotuisten nautojen painoihin vaikuttavista tekijöistä ja painojen korjaamisesta. Pro gradu-työ, 80 s.
67. JUGA, J., 1985. Karjansäinen lehmien arvostelu. Pro gradu-työ, 93 s.
68. HIMANEN, AULI, 1985. Tilatason jalostussuunnitelmien toteutuminen. Pro gradu-työ, 45 s.
69. SEVÓN-AIMONEN, MARJA-LIISA, 1985. Risteytysvaikutus sikojen tuotant ominaisuuksissa. Pro gradu-työ, 89 s.
70. SAASTAMOINEN, M., 1985. Lypsylehmän karkearehun syönti- ja hyväksikäytönkyvyn jalostusmahdollisuudet. Pro gradu-työ, 76 s.
71. FALCK-BILLANY, HARRIET, 1985. Celltalets samt vissa polymorfa proteiners användbarhet vid avel för mastitresistens. Pro gradu-työ, 54 s.
72. FALCK-BILLANY, HARRIET & MAIJALA, K., 1985. Jalostusvalinnan mahdollisuudet muuttaa maidon rasva- ja valkuaiskoostumusta. 38 s.
- 73 a. OJALA, M., 1986. Use of race records for breeding evaluation of trotters in Finland. Väitöskirja, 18 s., 4 liitettä.
- 73 b. OJALA, M., 1986. Use of race records for breeding evaluation of trotters in Finland. Väitöskirjan lyhennelmä, 18 s.
74. SÄYNÄJÄRVI, M., 1986. Sukusiitoskertoimet suomalaisessa ayrshirepopulaatiossa ja sukusiitoksen vaikutukset eri ominaisuuksiin. Pro gradu-työ, 59 s.
75. PYLVÄNÄINEN, HELENA, 1987. Ravikilpailuominaisuuksien perinnölliset tunnusluvut eri ikävuosina ja ikävuosien välillä. Pro gradu-työ, 87 s.
76. LAMPINEN, ANITA, 1987. Maitorotuisten keinosiemennyssonnien kasvukyky ja sen arvostelu. Pro gradu-työ, 79 s.
77. ALASUUTARI, TERTTU, 1987. Maitorotuisten sonnien tyttärien karsiintuminen ja sonnien jalostusarvojen toistuvuus. Pro gradu-työ, 127 s.
78. TIKKANEN, SUVI, 1987. Minkin pentuekoon periytyvyys. Pro gradu-työ, 46 s.
79. TUORI, M., 1987. Lypsykäyrän muotoa kuvaavien tunnuslukujen ja lypsykauden tuotosten toistuvuus Viikin karjassa. Laudaturtyö, 65 s.
80. MÄNTYAHO, MAIJA, 1988. Maidon rasvahappokoostumukseen vaikuttavista tekijöistä. Pro gradu-työ, 82 s.

ISBN 951-45-4567-2
ISSN 0356-1429
Helsinki 1988
Yliopistopaino