

# KOTIELÄINJALOSTUKSEN TIEDOTE NO 72

---

JALOSTUSVALINNAN MAHDOLLISUUDET MUUTTAA  
MAIDON RASVA- JA VALKUAISKOOSTUMUSTA

Harriet Falck-Billany & Kalle Maijala  
Kotieläinjalostusosasto

---

Jokioinen 1985

Julkaisijat:

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

JALOSTUSVALINNAN MAHDOLLISUUDET MUUTTAA MAIDON  
RASVA- JA VALKUAISKOOSTUMUSTA

KIRJALLISUUSKATSAUS  
KESÄKUU 1985

HARRIET FALCK-BILLANY & KALLE MAIJALA

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS  
KOTIELÄINJALOSTUSOSASTO

31600 JOKIOINEN

# SISÄLLYSLUETTELO

Sivu

1. JOHDANTO .....	1
2. RASVAHAPOT	
2.1 Yleistä .....	2
2.2 Ulkoisten tekijöiden vaikutus rasvan koostumukseen .....	3
2.3 Perinnöllisten tekijöiden vaikutus rasvan koostumukseen .....	4
2.4 Rasvahappojen pitoisuuksien perinnölliset yhteydet maidon muihin ominaisuuksiin .....	8
2.5 Johtopäätökset .....	13
3. MAITVALKUAISAINET	
3.1 Yleistä .....	14
3.2 Kaseiinin yhteys maidon muihin ominaisuuksiin .....	15
3.3 Kaseiinin periytyvyys .....	16
3.4 Maidon kaseiinipitoisuuteen vaikuttavat tekijät .....	17
3.5 Eri kaseiini- ja $\beta$ -laktoglobuliinigenotyyppien vaikutus maidon saostumisaikaan ja juustosaaliiseen .....	17
3.6 $\beta$ -laktoglobuliinityyppien yhteys maidon muihin ominaisuuksiin .....	24
3.7 Kaseinigenotyyppien yhteys maidon muihin ominaisuuksiin .....	25

	Sivu
3.8 Saostumisajan perinnöllinen vaihtelu ja yhteys maidon muihin ominaisuuksiin .....	26
3.9 Johtopäätökset .....	27
 4. YLEISTARKASTELU JA -JOHTOPÄÄTÖKSET	
4.1 Maidon koostumuksen muuttaminen jalostusvalinnan tai ruokinnan avulla .....	29
4.2 Tarvittavat lisätutkimukset .....	30
 TIIVISTELMÄ .....	 32
 KIRJALLISUUSLUETTELO .....	 34

## 1. JOHDANTO

Viime aikoina on kiinnitetty yhä enemmän huomiota maidon koostumukseen. Tämä johtuu lähinnä siitä, että maidon koostumus on tärkeä tekijä ihmisravitsemuksessa, mutta myöskin meijeriteollisuudessa maidon jatkojalostuksessa.

Maitorasva vaihtelee huomattavasti eri vuodenaikojen välillä, johtuen pääasiallisesti ruokinnasta. Talvella rasva on kovaa, koska tyydyttyjen rasvahappojen osuus, varsinkin palmitiini- ja steariinihapon osuudet, ovat korkeat. Palmitiinihapon osuus kesärasvassa on n. 35 %. Kova rasva tuottaa myös ongelmia meijeriteollisuudelle, koska korkea tyydyttyjen rasvahappojen pitoisuus vaikuttaa maitovalmisteiden makua alentavasti. Olisi suotavaa, jos maitorasvan koostumuksen vaihteluja voitaisiin pienentää, niin että rasva koko vuoden aikana olisi kesärasvan kaltaista.

Suomessa on havaittu, että maidon juustoutumisominaisuudet ovat laadullisesti huonontuneet viime vuosina. Maidon saostumisominaisuudet vaihtelevat paljon lehmien ja lehmärotujen välillä. Heravalkuainen ja kaseiini muodostavat perinnöllisiä tyyppejä, joilla on yhteys maidon saostumiseen. Meijeriteollisuuden kannalta maidon valkuaisfraktion vaihtelun minimointi olisi edullista.

Tämän kirjallisuuskatsauksen tarkoitus oli selvittää jalostusvalinnan mahdollisuuksia vaikuttaa maitorasvan ja maitovalkuaisen koostumukseen.



Määrällisesti tärkeimmät rasvahapot maidossa ovat palmitiinihappo (C16:0) ja öljyhappo (C18:1), koska niiden osuus maitorasvassa on n. 25 %. Eri rasvahappojen sulamispiste vaihtelee ja on alhaisin voi- ja kapronihapossa sekä tyydyttymättömissä C18-rasvahapoissa.

Kolesteroli on monimutkainen yhdiste, joka on liuenneena rasvassa. Veriseerumin kolesterolipitoisuudella on todennäköisesti yhteys sepelvaltimotauteihin. Palmitiinihapolla on kohottava vaikutus veren kolesterolipitoisuuteen (ROSS & HARKER 1976). Jodiluku on tyydyttymättömien rasvahappojen määrän mitta maidossa. Korkea jodiluku tarkoittaa, että tyydyttymättömien C18-rasvahappojen osuus on korkea, ja näin ollen rasva on myöskin pehmeä. Jodiluku vaihtelee eri lehmärotujen välillä ja näin viittaa perinnölliseen taustaan (EMANUELSON ym. 1981).

## 2.2 Ulkoisten tekijöiden vaikutus rasvan koostumukseen

Maidon rasvan koostumukseen vaikuttaa suuresti lehmien ruokinta. Tuore vihreärehu vähentää tyydytettujen rasvahappojen määrää, jolloin tyydyttymättömien osuus nousee. Säilörehuruokinta ei kuitenkaan vaikuta selvästi kohottavasti tyydyttymättömien rasvahappojen osuuteen (ANTILA, V. 1982). KANKARE ja ANTILA (1984) havaitsivat että lehmäryhmällä, jolle annettiin ohraa, oli 36.6 % palmitiinihappoa ja 14.7 % öljyhappoa maitorasvassa, kun taas ryhmällä, jolle annettiin kauraa, oli 30.2 % palmitiinihappoa ja 22.1 % öljyhappoa maitorasvassa. Ruokinnan seurauksena talvirasva on Suomessa kovaa ja kesärasva paljon pehmeämpää. Myöskin

lypsykauden vaiheella on merkitystä rasvahappojen koostumukselle. Lypsykauden aikana lyhytketjuisten rasvahappojen pitoisuudet alenevat, kun taas keskipitkien pitoisuudet lisääntyvät ensimmäisten kahden kuukauden aikana ja sen jälkeen jatkuvasti vähenevät. Palmitiinihapon osuus on korkein lypsykauden 3-8 kuukaudella. Tyydyttymättömien C18-rasvahappojen osuudet lisääntyvät lypsykauden aikana (KARIJORD ym. 1982).

Maidon rasvaa voidaan myös pehmentää syöttämällä lehmälle suojattuja, pitkäketjuisia tyydyttymättömiä rasvahappoja (KIVELÄ ja HAKKARAINEN 1983).

### 2.3 Perinnöllisten tekijöiden vaikutus rasvan koostumukseen

Perinnöllisten tekijöiden vaikutusta lehmänmaidon rasvan koostumukseen ei ole tutkittu yhtä paljon kuin ulkoisten tekijöiden. McDOWALL ja PATCHELL (1958) havaitsivat, että rasvahappokoostumuksessa on perinnöllisistä syistä johtuvia eroja. STULL ja BROWN (1964) totesivat, että myös perinnölliset tekijät säätelevät maidon rasvahappokoostumusta, koska rotujen välillä on tilastollisesti merkitseviä eroja (taulukko 2).



Taulukko 2. Rotujen väliset erot rasvahappokoostumuksessa (STULL &amp; BROWN, 1964)

Rasvahappo	Guernsey %	Holstein %	Jersey %
C6:0	0.99	0.82	0.89
C8:0	0.86	0.76	0.88
C10:0	2.48	2.17**	2.91
C12:0	3.12	2.90**	3.97
C14:0	10.49	9.93	10.85
C15:0	1.37	1.47	1.44
C16:0	32.91	30.70**	32.43
C16:1	2.73	2.94**	2.45
C17:0	0.96	1.16	1.14
C18:0	14.87	14.21	14.37
C18:1	22.56	25.39**	22.11
C18:2	3.48	3.66	3.49
C18:3	0.77	0.96	0.65

\* p &lt; 0.05

\*\* p &lt; 0.001

Holsteinrotu eroaa tässä tutkimuksessa muista roduista ja sen rasva sisältää enemmän öljyhappoa ja vähemmän palmitiinihappoa kuin guernsey- ja jerseyrotujen. KRUKOVSKY (1961) totesi myös, että holsteinrodulla on korkeammat öljyhappopitoisuudet kuin jerseyllä.

Rasvan koostumuksen perinnöllisestä vaihtelusta rotujen sisällä löytyy ainoastaan muutama tutkimus. EDWARDS ym. (1973) vertaili 25 paria yksi- ja kaksimunaisia kaksosia. Maidon rasvahappojen pitoisuuksien periytyvyysarvot ( $h^2$ ) olivat ylipäänsä korkeat, 0.64-0.98 (taulukko 3). Kirjoittajat huomauttavat kuitenkin, että arvoilla on suuret keskivirheet ja että periytyvyysarvot todennäköisesti ovat liian korkeat. Siitä huolimatta nämä arvot viittaavat huomattavaan perinnölliseen vaihteluun rasvahappopitoisuuksien suhteen. RENNER ja KOSMACK (1974) tutkivat 10 keinosiemennyssonnin 254 tyttären maitorasvahappokoostumusta. Periytyvyysarvot (taulukko 3) olivat lyhytketjuisten rasva-

happojen pitoisuuksille 0.26, keskipitkien 0.06 ja tyydyttymättömien C18-rasvahappojen pitoisuuksille 0.04. KOSMACKin (1973) ja SYRSTADin ym. (1982) mukaan (taulukko 3) palmitiinihapon pitoisuuden  $h^2$  on korkeampi kuin öljyhapon. Steariinihapon pitoisuuden  $h^2$  on näiden kahden välillä. Näiden tulosten perusteella olisi mahdollista jalostusvalinnan avulla saavuttaa muutoksia palmitiinihappopitoisuudessa ja jonkin verran myös steariinihappopitoisuudessa. Yhteenvetona voidaan todeta, että lyhytketjuisten rasvahappojen pitoisuuksien  $h^2$ :t ovat huomattavasti korkeammat kuin keskipitkien ja tyydyttymättömien C18-happojen pitoisuuksien.

Taulukko 3. Rasvahappojen pitoisuuksien periytyvyysasteet kahdella menetelmällä laskettuna, A- kaksois-tutkimusmenetelmä, B- puolisisarkorrelaatio-menetelmä. E= EDWARDS ym. 1973, K= KOSMACK 1973, S= SYRSTAD ym. 1982 ja R ja K= RENNEN ja KOSMACK 1974

rasva- happo	$h^2$ (A)	lähde	aineis- to	$h^2$ (B)	$h^2$ paino- tettu keskiarvo* (B)	lähde	aineis- to
C 4:0	0.82	E	N-50	0.33		K	N- 254
C 5:0	0.88	E	N-50	0.22		K	N- 254
C10:0	0.88	E	N-50	0.12	0.127	S	N-3420
C12:0	0.64	E	N-50	0.17	0.151	K	N- 254
C16:0	0.95	E	N-50	0.15	0.189	S	N-3420
C18:0	0.88	E	N-50	0.18	0.146	K	N- 254
C18:1	0.89	E	N-50	0.19	0.080	S	N-3420
C18:2	0.89	E	N-50	0.22	0.032	K	N- 254
C18:3	0.72	E	N-50	0.07	0.067	S	N-3420
				0.06	0.071	K	N- 254
				0.03		S	N-3420
C4-C8 (lyhytketjuiset)				0.28		K	N- 254
C10-C16 (keskipitkät)				0.26	0.270	R ja K	N- 254
C18:1-C18:3 (tyydyttymättömät)				0.10		K	N- 254
				0.06	0.080	R ja K	N- 254
				0.11		K	N- 254
				0.04	0.075	R ja K	N- 254

\*  $h^2$  painotettu keskiarvo aineistojen suuruuden perusteella

EMANUELSON ym. (1981) tutkivat 84 keinosiemennyssonnin 211 tytärtä ja laskivat jodiluvun periytyvyyden. He saivat alhaisen arvon,  $0.073 \pm 0.029$ , joka kuitenkin oli tilastollisesti merkitsevä. Tulokset viittaavat siihen, että jossakin määrin olisi mahdollista vaikuttaa jodilukuun jalostusva-linnan avulla.

#### 2.4 Rasvahappojen pitoisuuksien perinnölliset yhteydet maidon muihin ominaisuuksiin

Eri rasvahappojen pitoisuudet vaikuttavat maidon muihin ominaisuuksiin, esimerkiksi maitomäärään sekä rasva- ja valkuaispitoisuuteen. Tämä johtuu perinnöllisistä vuorosuh-teista maidon eri aineosien välillä. SYRSTAD ym. (1982) ovat laskeneet eri rasvahappojen pitoisuuksien perinnölliset vuorosuhteet maidon muiden ominaisuuksien kanssa (taulukko 4).

Taulukko 4. Tärkeimpien rasvahappojen pitoisuuksien perinnölliset vuorosuhteet maidon muiden ominaisuuksien kanssa (SYRSTAD ym. 1981)

Rasvahappo	% rasvassa	Perinnölliset vuorosuhteet		
		Maito,kg	Rasva-%	Valkuais-%
C6:0	2	0.24	0.31	0.30
C10:0	3	0.16	0.51	0.37
C12:0	3	0.11	0.51	0.36
C14:0	11	0.21	0.56	0.28
C16:0	28	-0.14	0.44	0.14
C18:0	12	0.12	-0.34	-0.38
C18:1	26	-0.08	-0.82	-0.29
C18:2	2	0.34	-0.41	-0.04
C18:3	1	-0.35	-0.52	-0.14

Tämän tutkimuksen perusteella lyhytketjuisten rasvahappojen pitoisuuksien ja maitomäärän välillä sekä lyhytketjuisten rasvahappojen pitoisuuksien ja rasva- ja valkuaispitoisuuden välillä vallitsee myönteinen yhteys.

Myös palmitiinihappopitoisuus (C16:0) on myönteisessä vuorosuhteessa rasva- ja valkuaispitoisuuteen, mutta kaikkien C18-rasvahappojen pitoisuuksien vuorosuhteet rasva- ja valkuaispitoisuuksiin ovat vierovat. Erityisen vahva vierova vuorosuhde vallitsee öljyhappopitoisuuden (C18:1) ja rasvapitoisuuden välillä. Perinnölliset vuorosuhteet eri rasvahappojen pitoisuuksien ja maitomäärän välillä ovat yleensä alhaiset, mutta säännöllisesti myönteiset lyhytketjuisille rasvahapoille. Kirjoittajien loppupäätelmän mukaan rasvahappokoostumukseen voidaan vaikuttaa jalostusvalinnan avulla. Valinta korkeampaan rasva- ja valkuaispitoisuuteen päin johtaa kuitenkin siihen, että lyhytketjuisten rasvahappojen osuus nousee ja pitkäketjuisten osuus alenee. Varsinkin tyydyttymättömien C18-rasvahappojen osuudet alenisivat.

RENNER ja KOSMACK (1974) laskivat perinnölliset vuorosuhteet eri rasvahapporyhmien pitoisuuksien ja maitomäärän sekä rasva- ja valkuaispitoisuuden välillä (taulukko 5).

Taulukko 5. Rasvahapporyhmien pitoisuuksien genotyyppiset (ja fenotyyppiset) vuorosuhteet maitomäärään sekä rasva- ja valkuaispitoisuuteen (RENNER ja KOSMACK 1974)

Rasvahapporyhmä	Maitomäärä	Vuorosuhteet	
		Rasva-%	Valkuais-%
lyhytketjuiset	0.83	0.18	0.89
C4 - C8	(0.19)	(0.06)	(0.22)
keskipitkät	-0.03	1.00	0.48
C10 - C16	(0.09)	(0.16)	(0.16)
tyydyttymättömät	-1.00	-1.00	-1.00
C18:1 - C18:3	(-0.09)	(-0.19)	(-0.17)

Huom! Tässä tutkimuksessa aineisto oli pieni ja periytyvyysarvot alhaiset, mistä seuraa, että perinnölliset vuorosuhteet saattavat olla epäluotettavia.

SYRSTAD ym. (1982) laskivat eri rasvahappojen pitoisuuksien välillä olevat vuorosuhteet (taulukko 6).

Taulukko 6. Tärkeimpien rasvahappojen pitoisuuksien väliset perinnölliset vuorosuhteet (SYRSTAD ym. 1982)

Rasvahappo	C6-C12	C14	C16	C18:0	C18:1	C18:2
C6 - C12	0.80	0.60	-0.30	0.10	-0.60	-0.10
C14						
C16		-0.27				
C18:0		-0.01	-0.49			
C18:1		-0.65	-0.28	-0.14		
C18:2		-0.38	-0.30	-0.07	0.61	
C18:3		-0.52	-0.23	-0.30	0.84	0.65

Lyhytketjuisten rasvahappojen pitoisuuksien (C6-C12) kesken vallitsee myönteinen vuorosuhde. Lyhytketjuisten ja tyydyttymättömien C18-rasvahappojen pitoisuuksien välillä on vierova vuorosuhde.

EMANUELSON ym. (1981) laskivat jodiluvun ja maidon eri ominaisuuksien väliset perinnölliset vuorosuhteet (taulukko 7).

Taulukko 7. Jodiluvun perinnöllinen vuorosuhde maitomäärään (4 % maito, kg), rasva- ja valkuaismääriin (kg) sekä rasva- ja valkuaispitoisuuksiin (EMANUELSON ym. 1981)

Ominaisuus	Vuorosuhde jodilukuun
4 % maito, kg	-0.232 ± 0.181
rasva-%	-0.235 ± 0.168
rasva, kg	-0.281 ± 0.180
valkuais-%	-0.323 ± 0.178
valkuainen, kg	-0.277 ± 0.181

Vuorosuhteet eivät ole tilastollisesti merkitseviä, mutta osoittavat, että minkä tahansa ominaisuuden nouseminen todennäköisesti johtaisi siihen, että jodiluku alenisi ja seurauksena olisi kovempi rasva.

LINDSTRÖM ja VILVA (1983) arvioivat erilaisia jalostusohjelmia, jotka olivat tarkoitettuja muuttamaan rasvan koostumusta periytyvyys- ja toistuvuusarvioiden sekä keskivirheiden perusteella. Karsimalla 20 % keinosiemennyssonneista ja lehmistä maidon linoli- ja linoleenihappopitoisuuksien perusteella voitaisiin lisätä näiden rasvahappojen määriä n. 0.2 prosenttiyksiköllä 20 vuodessa. Jos valinta jatkuisi pelkästään rasvaprosentin perusteella, niin linoli- ja linoleenihappopitoisuudet alenisivat 0.10-0.15 prosenttiyksiköllä 20 vuodessa niiden ja rasvapitoisuuden välisen vierovan vuorosuhteen johdosta.



## 2.5 Johtopäätökset

Edellä tarkastellun kirjallisuuden perusteella voidaan tehdä seuraavat johtopäätökset:

1. maidon rasvahappokoostumuksella on perinnöllinen tausta
2. rasvahappokoostumuksessa on rotujen välisiä eroja
3. lyhytketjuisten rasvahappojen pitoisuuksien periytyvyysarvot ovat korkeampia kuin keskipitkien, ja pitkäketjuisten, varsinkin C18-rasvahappojen pitoisuuksien, ovat alhaisimmat
4. C18-rasvahappojen pitoisuuksien (varsinkin öljyhappopitoisuuden) sekä rasva- että valkuaispitoisuuksien välillä vallitsee voimakas vierova vuorosuhde
5. jalostusvalinnan avulla voidaan muuttaa maidon rasvahappokoostumusta, mutta tämä olisi erittäin hidasta alhaisen periytyvyyksien takia
6. tyydyttymättömien C18-rasvahappojen pitoisuuksien lisääminen jalostusvalinnan avulla johtaisi todennäköisesti siihen että rasva- ja valkuaispitoisuudet alenisivat
7. lehmän ruokinnan muuttamisella voidaan nostaa maitorasvan jodilukua ja saavuttaa pehmeämpää rasvaa erittäin nopeasti

## 3. MAITOVALKUAISAINHEET

## 3.1 Yleistä

Siitä lähtien, kun ASCHAFFENBURG ja DRAWRY (1955) havaitsivat, että  $\beta$ -laktoglobuliini koostuu erilaisista perinnöllisistä tyypeistä, on löydetty perinnöllisiä tyypejä kaikille kuudelle tavalliselle maitovalkuaisaineelle (taulukko 8).

Taulukko 8. Perinnölliset valkuaiistyytit lehmänmaidossa (EIGEL ym. 1979)

Valkuaisaine	g/l kuoritussa maidossa	Perinnölliset tyytit
$\alpha_1$ -kaseiini	12-15	A, B, C, D, E
$\alpha_2$ -kaseiini	3-4	A, B, C, D
$\beta$ -kaseiini	9-11	$A_1, A_2, A_3, B, C, D, E$
$\kappa$ -kaseiini	2-4	A, B
$\beta$ -laktoglobuliini	2-4	A, B, C, D, E, F, G, (Dr)

Maitovalkuaiistyytit voidaan erottaa toisistaan geeli-elektroforeesin avulla. Ne periytyvät Mendelin yksinkertaisten lakien mukaan. Monet tutkimukset osoittavat, että valkuaiistyypeillä on yhteys maitomäärään, maidon koostumukseen ja maidon ominaisuuksiin meijeriteollisuudessa, esim. juustonvalmistuksessa (McLEAN 1981, SCHAAR 1981). Tutkimukset Ruotsissa ja Tanskassa (CASTBERG 1980, JOOST ja SVEN-NILSSON 1981) viittaavat siihen, että maidon juustosaaalis on vähentynyt verrattuna tilanteeseen 30

vuotta sitten. Valkuaispitoisuus ja varsinkin kaseiinipitoisuus vaikuttavat juustosaaliiseen, mutta myöskin eri kaseiinigenotyypeillä, lähinnä  $\beta$ - ja  $\kappa$ -kaseiinityypeillä, on merkitystä (EL-NEGOUY 1972, McLEAN 1981). Sen lisäksi maidon jäädytys, käsittely ja säilytys sekä ilmastolliset tekijät ja utaretulehdus vaikuttavat maidon saostumiseen (SCHAAR 1981).

### 3.2 Kaseiinin yhteys maidon muihin ominaisuuksiin

Valkuaisen kaseiini vaikuttaa juustosaaliiseen. HAYES ym. (1984) tutkivat 2800 friisiläislehmän maitonäytteitä ja laskivat perinnölliset vuorosuhteet kaseiinipitoisuuden ja maitomäärän, rasvapitoisuuden sekä valkuaispitoisuuden välillä (taulukko 9).

Taulukko 9. Perinnölliset vuorosuhteet kaseiinimäärän sekä kaseiinipitoisuuden ja maitomäärän, rasvapitoisuuden sekä valkuaispitoisuuden välillä (HAYES ym. 1984)

	Maitomäärä	Rasva-%	Valkuais-%
Kaseiinimäärä	0.80 ± 0.08	0.34 ± 0.15	0.17 ± 0.12
Kaseiini-%	-0.76 ± 0.08	0.51 ± 0.11	0.96 ± 0.01

Perinnöllinen vuorosuhde kaseiinipitoisuuden ja valkuaispitoisuuden välillä on korkea ja on sopuoinnussa muun kirjallisuuden kanssa (ROBERTSON ym. 1956). Suhteellisen kiinteä vierova yhteys kaseiinipitoisuuden ja maitomäärän välillä (-0.76) viittaa siihen, että valinta korkeampiin tuotoksiin päin johtaisi maidon kaseiinipitoisuuden alenemiseen. Tutkimukset osoittavatkin, että kaseiinipitoisuus on laskenut viime vuosina (KENNEDY & MOXLEY 1975, CASTBERG 1980, JOOST & SVEN-NILSSON 1981, LINDSTRÖM ym. 1984).

### 3.3 Kaseiinin periytyvyys

HAYES ym. (1984) tutkivat kaseiinimäärän ja kaseiinipitoisuuden periytyvyyksiä (taulukko 10).

Taulukko 10. Kaseiinimäärän ja -pitoisuuden sekä valkuaismäärän ja -pitoisuuden periytyvyysasteet ( $h^2$ ) (HAYES ym. 1984)

Ominaisuus	$h^2$
Kaseiinimäärä	0.11 ± 0.04
Kaseiinipitoisuus	0.26 ± 0.07
Valkuaismäärä	0.12 ± 0.04
Valkuaispitoisuus	0.53 ± 0.10

Kaseiinimäärän ja kaseiinipitoisuuden periytyvyysarvot olivat tässä tutkimuksessa odotettua alhaisempia. Valkuaismäärän periytyvyys oli myöskin odotettua pienempi, mutta valkuaispitoisuuden periytyvyys on sopusoinnussa muun kirjallisuuden kanssa. ROBERTSON ym. (1956) arvioivat kaseiinipitoisuuden periytyvyudeksi 0.58. Nämä periytyvyysarvot kuitenkin viittaavat maidon kaseiinipitoisuuden huomattavaan perinnölliseen vaihteluun.

#### 3.4 Maidon kaseiinipitoisuuteen vaikuttavat tekijät

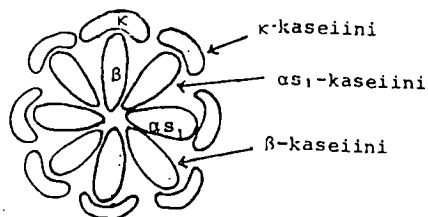
Eri kaseiinityypit vaikuttavat maitovalkuaisen kokonaispitoisuuteen ja myöskin eri kaseiinifraktioiden väkevyykseen (McLEAN 1981, SCHAAR 1981). Varsinkin lehmillä, joiden  $\beta$ -kaseiini sisältää geenin B ja  $\kappa$ -kaseiini geenin B, on tilastollisesti merkitsevästi korkeampia maitovalkuaisuosuuksia kuin lehmillä, joiden kaseiini sisältää muita tyyppisiä (HOOGENDOORN ym. 1969, MUNRO 1978).  $\beta$ -laktoglobuliinityypeillä on yhteys  $\beta$ -laktoglobuliinipitoisuuteen sekä kaseiinipitoisuuteen.  $\beta$ -laktoglobuliinityypeillä BB on korkeammat kaseiinipitoisuudet ja alhaisemmat  $\beta$ -laktoglobuliinipitoisuudet kuin tyypeillä AA tai AB.

#### 3.5 Eri kaseiini- ja $\beta$ -laktoglobuliinigenotyyppien vaikutus maidon saostumisaikaan ja juustosaaliiseen

Maitovalkuaisyyppien suurin merkitys näyttää olevan juuston laadun ja saaliin parantumisessa.  $\kappa$ -kaseiinilla on suuri merkitys kaseiinimisellien pysyvyydessä, koska sillä

on yhteys misellien kokoon. Miselleillä, joilla on  $\kappa$ -kaseiini misellin ympärillä (piirros 1), on pienemmät läpimitat kuin niillä, joilla  $\kappa$ -kaseiini on tasaisesti jaettu misellin sisällä (CARROLL ym. 1983)

Piirros 1. Kaseiinimisellin rakenne (CARROLL ym. 1983)



EL-NEGOMY (1974) totesi, että maidolla, joka sisältää  $\beta$ -kaseiinin B ja  $\kappa$ -kaseiinin B, on pysyvämpiä misellejä ja lyhyempi saostumisaika kuin maidolla, josta puuttuvat nämä tyypit. MORINI ym. (1979) tulivat samaan tulokseen. On havaittu, että esim. friisiläisrodun maidolla, jonka  $\beta$ - sekä  $\kappa$ -kaseiini sisältävät vähemmän B-geenejä, on huonompi misellien pysyvyys kuin esim. ruskealla sveitsiläisellä tai jerseyllä, joiden maidon  $\beta$ -ja  $\kappa$ -kaseiini sisältävät enemmän B-geenejä.

Eri lehmien maitonäytteitä tutkittaessa on havaittu, että  $\kappa$ -kaseiinin geneettisillä tyypeillä on tilastollisesti merkitsevä vaikutus maidon saostumisaikaan ja myöskin muodostuneen saostuman kiinteyteen (SCHAAR 1984) (taulukko 11). Maito, joka sisältää  $\kappa$ -kaseiinin B (genotyyppi AB tai BB), muodostaa kiinteämmän saostuman kuin maito, jolla on  $\kappa$ -kaseiinigenotyyppi AA. Tämä on sopusoinnussa TERVALAN ym. (1983) tutkimusten kanssa (taulukko 11).

Taulukko 11.  $\kappa$ -kaseiinigenotyypin vaikutus saostumisaikaan (R), saostuman kiinteyteen (A10) ja aikaan, jolloin formagrammi saavuttaa 20 mm:n leveyden (K20) (TERVALA ym. 1983, SCHAAR 1984)

	$\kappa$ -kaseiinigenotyyppi			Lähde
	AA	AB +	BB	
R(min)	12.6		11.6	SCHAAR ym. 1984
	8.7	8.6	7.3	TERVALA ym. 1983
A10 (mm)	23.1		31.3	SCHAAR ym. 1984
	23.1	33.8	34.0	TERVALA ym. 1983
K20(min)	11.0		6.8	SCHAAR ym. 1984
	16.3	12.3	11.2	TERVALA ym. 1983

Tulokset ovat tilastollisesti merkitseviä, paitsi saostumisajan suhteen (R). Tulokset osoittavat, että  $\kappa$ -kaseiinityypeillä AB ja BB on kiinteämpi saostuma ja lyhyempi K20-aika kuin tyyppillä AA.

TERVALA ym. (1983) tutkivat myös  $\beta$ -kaseiinin ja  $\beta$ -laktoglobuliinin vaikutusta saostumiseen (taulukko 12).

Taulukko 12.  $\beta$ -kaseiinin ja  $\beta$ -laktoglobuliinin vaikutus saostumisaikaan (R), saostuman kiinteyteen (A10) ja aikaan, jolloin formagrammi saavuttaa 20 mm:n leveyden (K20). (TERVALA ym. 1983)

	$\beta$ -kaseiini	$A_1A_1$	$A_2A_2$	$A_1A_2$	$\beta$ -laktogl.	AA	BB	AB
R(min)		9.3	8.2	7.9		7.8	8.7	7.9
A10 (mm)		24.7	29.2	31.7		27.2	27.0	25.9
K20 (min)		13.7	14.1	12.8		13.8	14.4	14.9

Tulokset viittaavat siihen, että  $\beta$ -kaseiinilla  $A_1A_2$  olisi lyhyin saostumisaika ja kiintein saostuma.  $\beta$ -laktoglobuliinigenotyypin vaikutus saostumisaikaan oli hyvin pieni, mutta AA-tyypillä oli jonkin verran lyhyempi saostumisaika ja kiinteämpi saostuma kuin muilla tyypeillä. TERVALA ym. (1983) tutkivat myöskin eri suomalaisten lehmärotujen maidon saostumisominaisuuksia (taulukko 13).



Taulukko 13. Keskimääräiset saostumisominaisuudet ayrshire-, friisiläis- ja suomenlehmien maidossa (TERVALA ym. 1983)

	Koko aineisto N=251	Suomenlehmä N=46	Ayrshire N=125	Friisiläinen N=80
R(min)	8.2	8.8	8.2	8.1
A10 (mm)	26.6	28.6	26.4	25.7
K20 (min)	14.5	14.1	14.3	14.9

Suomenlehmän maidolla oli keskimäärin pitempi saostumis aika, mutta kiinteämpi saostuma kuin muilla roduilla. Myös K20-arvo oli suomenlehmällä paras. Friisiläislehmien maidossa oli saostumisominaisuuksien vaihtelu vähäisintä. Kirjoittajat arvioivat myös suomalaisten lehmärotujen genotyypifrekvenssit  $\beta$ - ja  $\kappa$ -kaseiinille sekä  $\beta$ -laktoglobuliinille (taulukko 14).

Taulukko 14. Maitovalkuaisen genotyypitiheydet ayrshire-, friisiläis- ja suomenlehmillä (TERVALA ym. 1983)

Genotyyppi	Koko ai- neisto %	Suomen- lehmä %	Ayrshire %	Friisiläi- nen %
$\beta$ -kaseiini				
$A_1 A_1$	19	7	24	17
$A_2 A_2$	34	60	24	33
$A_1 A_2$	47	33	51	50
$\kappa$ -kaseiini				
AA	68	57	69	74
BB	2	2	2	1
AB	30	41	29	25
$\beta$ -laktoglobuliini				
AA	11	2	12	16
BB	50	76	49	37
AB	59	22	39	47

$\alpha_s$ -kaseiinigenotyypit eivät ole mukana, koska vain B-geeni löytyi  $\alpha_s$ -kaseiinista. On olemassa genotyypitiheyseroja rotujen välillä. Suomenlehmä erottuu eniten muista rodusta.  $\kappa$ -kaseiini BB ja  $\beta$ -laktoglobuliini AA ovat harvinaisia kaikilla roduilla.

McLEAN ym. (1984) ovat laskeneet maitovalkuaistyyppien geenitiheydet jersey- ja friisiläisroduilla (taulukko 15).

Taulukko 15.  $\alpha_1$ -,  $\beta$ - ja  $\kappa$ -kaseiinin sekä  $\beta$ -laktoglobuliinin geenitiheydet jersey- ja friisiläislemmillä (McLEAN ym. 1984)

Gecni	Jersey N=308	Friisiläinen N=260
$\alpha_1$ -kaseiini		
B	0.628	0.963
C	0.372	0.037
$\beta$ -kaseiini		
A <sub>1</sub>	0.074	0.625
A <sub>2</sub>	0.564	0.348
A <sub>3</sub>	0	0.004
B	0.362	0.025
$\kappa$ -kaseiini		
A	0.227	0.678
B	0.773	0.322
$\beta$ -laktoglobuliini		
A	0.329	0.386
B	0.565	0.614
C	0.106	0

Jerseyrodulla on korkeampi tiheys  $\beta$ -kaseiini B:n ja  $\kappa$ -kaseiini B:n kuin friisiläisrodulla.  $\beta$ -laktoglobuliiniti-

heyserot rotujen välillä ovat pienet ja molemmilla B-geenin tiheys on korkein. Tämä on sopusoinnussa TERVALAN ym. (1983) tulosten kanssa.

3.6  $\beta$ -laktoglobuliinityyppien yhteys maidon muihin ominaisuuksiin

McLEAN ym. (1984) tutkivat  $\beta$ -laktoglobuliinityyppien vaikutusta maitomäärään, rasva- ja valkuaismääriin sekä rasva- ja valkuaispitoisuuksiin. Tilastollisesti merkitseviä eroja löytyi genotyyppien välillä.  $\beta$ -laktoglobuliini AB:n ja BB:n maito sisälsi enemmän kuiva-ainetta, rasvaa ja kaseiinia verrattuna AA:n maitoon.  $\beta$ -laktoglobuliinillä BC oli alhaisempi valkuaispitoisuus kuin muilla tyypeillä.  $\beta$ -laktoglobuliinigenotyypit vaikuttivat myös heravalkuaispitoisuuteen, jolloin AA > AB > BB.

NG-KWAI-HANG ym. (1984) tutkivat 3870 lehmää ja havaitsivat, että  $\beta$ -laktoglobuliini AA:n maidossa oli 0.05 % enemmän valkuaista kuin BB:n, ja AB:n oli näiden välillä. Ensi silmäyksellä tämä näyttää olevan ristiriidassa McLEANin ym. (1984) tutkimuksen kanssa, mutta SCHAAR ym. (1985) ovat äskettäin havainneet, että  $\beta$ -laktoglobuliinigenotyypit vaikuttavat kaseinipitoisuuteen ilman, että koko valkuaispitoisuus olennaisesti muuttuu.  $\beta$ -laktoglobuliinityypillä BB voisi näin olla korkeampi kaseinipitoisuus koko valkuaisesta laskettuna kuin tyyppillä AA, ja näin AB olisi näiden välillä. Ruotsalaisilla lehmillä  $\beta$ -laktoglobuliini BB:n tiheys on n. 0.5. Mahdollinen hyöty siitä, että käytettäisiin  $\beta$ -laktoglobuliinityypiltään BB:n lehmien maitoa juus-

tonvalmistukseen olisi SCHAARin ym. (1985) mukaan ilmeinen (taulukko 16).

Taulukko 16.  $\beta$ -laktoglobuliinityyppien yhteys kaseiinipitoisuuteen ja valkuaisen osuuteen juustossa ja herassa sekä juustosaaliiseen (Svecia-juusto) (SCHAAR ym. 1985)

$\beta$ -lg tyyppi	Kaseiinin osuus %	Valkuaisen juustossa %	osuus herassa %	Juustosaalis %
AA	74.4	73.2	26.9	8.94
AB	76.9	75.5	24.5	9.10
BB	79.5	78.8	22.3	9.25
P <	0.001	0.001	0.001	0.05

Tulokset taulukossa 16 ovat sopusoinnussa HOOGENDOORin ym. (1969) ja McLEANin ym. (1984) tutkimusten kanssa, joissa  $\beta$ -laktoglobuliini BB merkitsi suurempaa kuivapainoa ja korkeampaa rasvapitoisuutta kuin muut genotyypit.

### 3.7 Kaseiinigenotyyppien yhteys maidon muihin ominaisuuksiin

McLEAN ym. (1983) havaitsivat, että  $\beta$ -kaseiinityypillä AB ( $A_1B$ ,  $A_2B$ ) oli tilastollisesti merkitsevästi enemmän  $\beta$ -kaseiinia maidossa kuin muilla tyypeillä.  $\beta$ -kaseiinityypillä BB oli merkitsevästi alempi  $\alpha_1$ -kaseiinipitoisuus ja korkeampi  $\kappa$ -kaseiinipitoisuus kuin tyyppillä AA. Merkitseviä eroja löydettiin myöskin, kun oli kysymys  $\beta$ -kaseiinigenotyyppien yhteydes-

tä rasvapitoisuuteen.  $\beta$ -kaseiineilla BB,  $A_1B$  ja  $A_2A_2$  oli korkeampi rasvapitoisuus kuin genotyypillä  $A_1A_2$ . Heraproteiinia oli enemmän genotyypillä  $A_1A_1$  kuin tyyppillä  $A_2A_2$ . Jerseylehmillä, joilla oli  $\beta$ -kaseiini  $A_1A_1$ , oli merkittävästi korkeampi heravalkuaispitoisuus kuin muilla tyypeillä, mutta vain pieniä eroja löytyi  $\beta$ -kaseiinigenotyyppien välillä friisiläislehmillä.  $\kappa$ -kaseiinilla BB oli merkittävästi korkeampi  $\kappa$ -kaseiinipitoisuus kuin genotyypillä AA, ja AB oli näiden välillä. Jerseylehmien maidossa oli yleisesti korkeampi kuiva-ainepitoisuus sekä enemmän rasvaa, valkuaista, kaseiinia ja heravalkuaista kuin friisiläislehmien maidossa. Eri maitoproteiinityyppit eivät kuitenkaan vaikuttaneet tilastollisesti merkittävästi maitomäärään.

NG-KWAI-HANG ym. (1984) tutkivat 2045 lehmän kaseiinigenotyypit ja havaitsivat, että  $\alpha_s$ -kaseiinilla B ja  $\beta$ -kaseiinilla A on enemmän maitoa, rasvaa ja valkuaista.  $\kappa$ -kaseiini BB:n maito sisälsi 0.13 % enemmän valkuaista kuin AA:n, ja AB:n maito oli näiden välillä. Tämä on sopusoinnussa McLEANin ym. (1984) tutkimuksen kanssa.

3.8 Saostumisajan perinnöllinen vaihtelu ja yhteys maidon muihin ominaisuuksiin

LINDSTRÖM ym. (1984) tutkivat maidon saostumisajan perinnöllistä vaihtelua 731 maitonäytteestä 20 keinosiemennyssonnin tyttäristä. Saostumisajan periytyvyys oli 0.27 koko materiaalista laskettuna ja 0.23 laskettuna utaretulehdusvapaista lehmistä. He laskivat myöskin saostumisajan perinnöllisen vuorosuhteen pH:hon sekä valkuais-, rasva- ja maitosokeripitoisuuksiin (taulukko 17).

Taulukko 17. Saostumisajan (R) perinnöllinen vuorosuhde pH:hon sekä valkuais-, rasva- ja maitosokeripitoisuuksiin (LINDSTRÖM ym. 1984)

Ominaisuus	pH	Valkuais-%	Rasva-%	Maitosokeri %
R	0.55*	-0.58*	-0.91*	-0.05
pH		-0.30	-0.63*	-0.21
valkuais-%			1.17*	0.59*
rasva-%				0.32

\* = tilastollisesti merkitsevä

Kirjoittajien mukaan tulokset viittaavat siihen, että valinta korkeampaan valkuaispitoisuuteen päin johtaisi parempiin saostumisominaisuuksiin saostumisajan ja valkuaispitoisuuden väkrovan vuorosuhteen (-0.58) johdosta. Myöskin BARABANSCHIKOV ym. (1978) ja DAVIES ja LAW (1977) tulivat samaan tulokseen.

### 3.9 Johtopäätökset

Edellä tarkastellun kirjallisuuden perusteella voidaan tehdä seuraavat johtopäätökset:

1. maitovalkuaisgenotyypeillä on yhteys maidon koostumukseen ja saostumisominaisuuksiin

2. jos maito sisältää  $\kappa$ -kaseiinin geenin B, sillä on lyhyempi saostumisaika ja pysyvämpiä misellejä kuin muiden  $\kappa$ -kaseiinityyppien maidolla
3. myös  $\beta$ -kaseiinin geeni B vaikuttaa todennäköisesti myönteisesti maidon saostumiseen, mutta sen tiheys on, varsinkin friisiläislehmillä, erittäin alhainen
4. jos maito sisältää  $\beta$ -laktoglobuliinigeenin B, sillä on enemmän kaseiinia ja antaa paremman juustosaaliin kuin muiden  $\beta$ -laktoglobuliinityyppien maidolla
5. juuston saostumisajassa on perinnöllistä vaihtelua ( $h^2$  n. 0.25), ja korkea valkuaispitoisuus johtaa lyhyempään saostumisaikaan
6. jalostusvalinnan avulla voidaan suhteellisen helposti lisätä meijeriteollisuuden kannalta suotavien maitovalkuaisgenotyyppien määriä



#### 4. YLEISTARKASTELU JA JOHTOPÄÄTÖKSET

##### 4.1 Maidon koostumuksen muuttaminen jalostusvalinnan tai ruokinnan avulla

Edellä tarkastellun kirjallisuuden perusteella on käynyt ilmi, että jalostusvalinnan avulla voidaan vaikuttaa maidon rasvan ja valkuaisen koostumukseen. Tämä olisi kuitenkin rasvahappojen pitoisuuksien osalta erittäin hidasta, mutta valkuaisen ja erityisesti kaseiinin koostumuksen kannalta taas suhteellisen helppoa ja nopeaa. Jos maidon rasva- tai valkuaiskoostumusta ruvettaisiin muuttamaan jalostusvalinnan avulla, olisi syytä ensin selvittää mahdollisia seurannaisvaikutuksia. Tällaisia seurannaisvaikutuksia voisi syntyä esim. lehmien rehunkäyttökyvyssä, hedelmällisyydessä ja sairauksien vastustuskyvyssä.

Tiedetään myös että rasvahappojen pitoisuuksien muuttaminen tyydyttymättömään suuntaan merkitsisi, että rasva- ja valkuaispitoisuudet alenisivat. LINDSTRÖMin ja VILVAN (1983) mukaan rasva- ja valkuaispitoisuudet voisivat pysyä vakiona, jos tyydyttymättömien rasvahappojen pitoisuudet otettaisiin mukaan indeksiin. Silloin maitotuotokselle pitäisi antaa n. 5 kertaa niin suuri taloudellinen paino kuin tyydyttymättömien rasvahappojen pitoisuuksille, ja viimeksimainittujen taloudellisen painon pitäisi olla samaa suuruusluokkaa kuin rasva- ja valkuaispitoisuuksien. Tällöin voitaisiin 10 vuodessa lisätä maitotuotosta 500 kg:lla ja tyydyttymättömien rasvahappojen pitoisuuksia 0.10 prosenttiyksiköllä. Tällainen toimenpide edellyttäisi kuitenkin nykyiseen maidon hinnoittelusysteemiin tuntuvia muutoksia.

Lehmien ruokinnan avulla voidaan kuitenkin vaikuttaa huomattavasti maitorasvan koostumukseen. Ruokinnan muuttamisella, esim. siirtymällä ohrasta kauraan tai lisäämällä suojattuja öljyjä rehuun, voidaan nostaa maitorasvan jodilukua ja saada pehmeämpää rasvaa erittäin nopeasti. Ruokinnan vaikutus maitorasvan koostumukseen onkin paljon tärkeämpi kuin jalostusvalinnan, ja siihen kannattaisi kiinnittää yhä enemmän huomiota tulevaisuudessa.

Maitovalkuaiskoostumukseen voidaan vaikuttaa jalostusvalinnan avulla käyttämällä hyväksi valkuaisen eri genotyyppejä sekä maidon kaseiinipitoisuutta. Genotyypithän periytyvät yksinkertaisesti, ja geenitiheyksiin voidaan nopeasti vaikuttaa valinnalla. Erilaisia sivuvaikutuksia varsinkin hedelmällisyydessä ja sairauksien vastustuskyvyssä voi kuitenkin syntyä, jos geenitiheydet oleellisesti muuttuvat.

#### 4.2 Tarvittavat lisätutkimukset

Mikäli tyydyttymättömien rasvahappojen pitoisuuksia syystä tai toisesta haluttaisiin lisätä jalostusvalinnan avulla, tarvittaisiin lisätutkimuksia mahdollisista muista seurannaisvaikutuksista. Suomesta löytyy luotettavia karjantarkkailutietoja lehmien tuotoksista ja terveydestä, ja keinosiemennyssonneilta on käytettävissä luotettavat jälkeläisarvostelut hyvin monien ominaisuuksien suhteen. Esim. 100 keinosiemennyssonnin tyttäreiden tietojen perusteella (n. 20 tytärtä / sonni) saadaan jo riittävä aineisto selvittämään rasvahappokoostumuksen yhteydet muihin ominaisuuksiin sonnien jälkeläisarvostelutulosten perusteella. Ruokinnan

(karjan) ja lypsykauden vaiheen vaikutukset on syytä tilastollisesti poistaa ennenkuin lehmät voidaan jakaa esim. kolmeen vertailukelpoiseen ryhmään rasvahappojen pitoisuuksien mukaan. Ryhmien väliset mahdolliset erot rehunkäyttökyvyssä ja hedelmällisyydessä voidaan tämän jälkeen selvittää.

Ajankohtaisempaa olisi kuitenkin selvittää maitovalkuaisen geenityyppien tiheyksien muuttamisen mahdollisia seurannaisvaikutuksia. Suomessa on harvinaisen hyvät mahdollisuudet yllämainittujen karjantarkkailutietojen, jälkeläisarvostelujen sekä maitonäytteiden perusteella selvittää valkuaisgenotyyppien yhteys esim. lehmän hedelmällisyyteen ja rehunkäyttökykyyn. Kysymykseen voitaisiin saada paljon selvyttä tutkimalla noin 100 jälkeläisarvostellulta ayrs-hiresonnilta kultakin noin 20 tytärtä lypsykauden 4-5. kuukaudella otetun aamumaitonäytteen perusteella ja vertaamalla niistä määritettyjä kaseiini- ja  $\beta$ -laktoglobuliinityyppejä samojen sonnien muita ominaisuuksia koskeviin jälkeläisarvostelutuloksiin (maitotuotokset, rasva- ja valkuaispitoisuudet, hedelmällisyys, erilaisten sairauksien yleisyydet, soluluku, lypsettävyys, vasikkakuolleisuus jne). Tyypitykset voitaisiin tehdä Valtion maitotalouden tutkimuslaitoksessa ja tilastolliset analyysit Maatalouden tutkimuskeskuksen tietokoneella.

## TIIVISTELMÄ

Suomessa maitorasva on talvella kovaa ja tyydytettyjen rasvahappojen osuus korkea. Maidon juustoutumisominaisuudet ovat myöskin laadullisesti huonontuneet viime vuosina. Kirjallisuuskatsauksessa olevien tutkimusten mukaan maidon rasvahappokoostumuksella on perinnöllinen tausta, ja jalostusvalinnan avulla olisi mahdollista lisätä tyydyttymättömien C18-rasvahappojen pitoisuuksia. Rasvahappojen pitoisuuksilla, varsinkin C18-happojen pitoisuuksilla, on kuitenkin vahva vierova vuorosuhde maidon rasva- ja valkuaispitoisuuksiin sekä alhaiset periytyvyysasteet. Tämä johtaa siihen, että jalostusvalinta olisi erittäin hidasta ja rasva- ja valkuaispitoisuudet alenisivat, kun tyydyttymättömien rasvahappojen pitoisuudet nousisivat. Lehmien ruokinnan avulla on kuitenkin suhteellisen helppoa nostaa tyydyttymättömien C18-rasvahappojen pitoisuuksia maidossa, ja ruokinnan muuttaminen on tässä tapauksessa suositeltava jalostusvalinnan sijasta. Maitovalkuaisen kaseiini ja  $\beta$ -laktoglobuliini muodostavat perinnöllisiä tyyppejä, joilla on yhteys maidon koostumukseen ja saostumiseen. Jos maito sisältää  $\kappa$ -kaseiinigeenin B tai  $\beta$ -laktoglobuliinigeenin B, sillä on lyhyempi saostumisaika, kiinteämpi saostuma ja enemmän kaseiinia kuin jos se sisältää muita tyyppejä. Jalostusvalinnan avulla olisi suhteellisen helppoa lisätä maidon laatuominaisuuksien kannalta suotavien geenien määriä. Tällaisen toimenpiteen seurannaisvaikutuksia rehunkäyttökyvyssä, mutta varsinkin hedelmällisyydessä ja sairauksien vastustuskyvyssä, olisi syytä tutkia ennenkuin siihen ryhdytään. Tutkimusaineiston suuruuden pitäisi olla ainakin n. 1000 lehmää / rotu, ja lehmien tuotos- ja ter-

veystiedot saadaan karjantarkkailun tilastoista sekä son-  
nien jälkeläisarvostelusta. Maitovalkuaisgenotyypit voidaan  
määrittellä geeli-elektroforeesin avulla.

## KIRJALLISUUSLUETTELO

- ANTILA, P. 1980. Uusinta tietoa maidosta. Karjatalous 9: 42-45.
- ANTILA, V. 1982. Maidon rasvan rasvahappokoostumus ja mahdollisuudet vaikuttaa siihen. Karjantuote 65(6-7): 24-25
- ASCHAFFENBURG, R. & DRAWRY, J. 1955. Occurrence of different -lactoglobulins in cow's milk. Nature 176: 218-219.
- BARABANSCHIKOV, N.V., YARUSCHKEVICH, A.P., KHRISANFOVA, L.P., TOLSTYAKOVA, S.K.H., KRUGLOVA, L.A. 1978. Effect of milk protein content on the composition and properties of milk. 20th Int. Dairy Congr., Paris: 218-219
- CARROLL, R.J. & FARRELL, H.M.Jr. 1983. Immunological approach to location of  $\kappa$ -casein in the casein micelle by electron microscopy. J. Dairy Sci. 66: 679-686.
- CASTBERG, H.B. 1980. Aktuelle kvalitetsproblemer ved framstilling av konsummilk, ost, smor og melkekonserver på grunn av melkeråvarans kvalitet. Meieriposten no. 9: 232-236.
- DAVIES, D.T. & LAW, A.J.R. 1977. The composition of whole casein from the milk of Ayrshire cows. J. Dairy Res. 44: 447-454.

- 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. *Animal Prod.* 16: 307-310.
- EIGEL, W.N., BUTLER, J.E., ERNSTRÖM, C.A., FARRELL, H.M., HARWALKAR, V.R., JENNESS, R. & WHITNEY, R.McL. 1984. Nomenclature of proteins of cow's milk: Fifth revision. *J. Dairy Sci.* 67: 1599-1631.
- EL-NEGOMY, A.M. 1972. Effect of polymorphic composition of calcium caseinate sols on their stability to rennin. *J. Dairy Res.* 39: 373-379.
- 1974. Effect of polymorphism on casein stability in salt solutions of varying complexity before and after freezing. *J. Dairy Sci.* 57: 1170-1176.
- EMANUELSON, U. & SJAUNJA, L-O. & RÖNNINGEN, K. 1981. Phenotypic and genetic parameters for milk composition. *Swedish Journal Agric. Res.* 11: 135-139.
- HAYES, J.F., NG-KWAI-HANG, K.F. & MOXLEY, J.E. 1984. Heritability of milk casein and genetic and phenotypic correlations with production traits. *J. Dairy Sci.* 67: 841-846.
- HOOGENDOORN, M.P., MOXLEY, J.E., HAWES, R.O. & McRAE, H.F. 1969. Separation and gene frequencies of blood serum transferrin, casein and  $\beta$ -lactoglobulin loci of dairy cattle and their effects on certain production traits. *Can. J. of Anim. Sci.* 49: 331-341.

JOOST, K. & SVEN-NILSSON, E. 1981. Övergångstal och utbyte till svensk ost. SMR Medd. no. 96.

KANKARE, V. & ANTILA, V. 1984. The effect of feed grains on the fatty acid composition of milk fat. Meijeritiet. Aikak. 56: 33-38.

KARIJORD, O., STANDAL, N. & SYRSTAD, O. 1982. Sources of variations in composition of milk fat. Z. für Tierzucht und Züchtungsbiol. 99: 81-93.

KENNEDY, B.W. & MOXLEY, J.E. 1975. Genetic trends among artificially bred Holsteins in Quebec. J.Dairy Sci. 58: 1871.

KIVELÄ, T. & HAKKARAINEN, H. 1983. Maitorasvan laadun vaikutus juuston laatuun. Meijeritiet. Aikak. 41: 35-42.

KOSMACK, U. 1973. Genetische Aspekte zur Fettsäurezusammensetzung der Milch. Vaitöskirja. Justus Liebig Universität, Giessen, Saksa. 98 p.

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.

LINDSTRÖM, U.B. & VILVA, V. 1983. Jalostuksen mahdollisuudet vaikuttaa maidon rasvahappokoostumukseen. Meijeritiet. Aikak. 41: 9-21.



- , ANTILO, V. & SYVÄJÄRVI, J. 1984. A note on some genetic and non-genetic factors affecting clotting time of Ayrshire milk. *Acta Agric. Scand.* 34: 349-355.
- MCDOWALL, F.H. & PATCHELL, M.R. 1958. The properties of New Zealand butters and butterfats. V. Milks and butterfats from monozygotic twin cows. *J. Dairy Res.* 25: 159-180.
- MCLEAN, D.M., GRAHAM, E.R.B. & PONZONI, R.W. 1984. Effects of milk protein genetic variants on milk yield and composition. *J. Dairy Sci.* 51: 531-546.
- MORINI, D., LOSI, G., CASTAGNETTI, G.B. & MARIANI, P. 1979. (Properties of ripened cheese in cheese-making experiments with milk characterized by  $\kappa$ -casein variants A and B). *Scienza e Tecnica Lattiero Casearia* 30: 243-262.
- MUNRO, G.L. 1973. Effect of genetic variants of milk proteins on yield and composition of cow's milk. 20th Intern. Dairy Congr., Paris, E10.
- NG-KWAI-HANG, K.F., HAYES, J.F., MOXLEY, J.E. & MONARDES, H.G. 1984. Association of genetic variants of casein and milk serum proteins with milk, fat and protein production by dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 67: 835-840.
- PETERSEN, W.E. 1950. *Dairy Science*. 2nd Edition, New York. 695 p.
- RENNER, E. & KOSMACK, U. 1974. Genetische Aspekte zur Fettsäurezusammensetzung des Milchfettes, 2. *Züchtungskunde* 46: 217-225.

ROBERTSON, A., WAITE, R. & WHITE, J.C.D. 1956. Variation of milk with particular reference to the solids non-fat.

II. The effect of heredity. J. Dairy Res. 23: 82.

ROSS, R. & HARKER, L. 1976. Hyperlipidemia and atherosclerosis. Science 193: 1094.

SCHAAR, J. 1984. Effects of  $\kappa$ -casein genetic variants and lactation number of the renneting properties of individual milks. J. Dairy Res. 51: 397-406.

- , HANSSON, B. & PETERSSON, H E. 1985. Effects of genetic variants of  $\kappa$ -casein and  $\beta$ -lactoglobulin on cheese-making. J. Dairy Res. 52:429-437

SYRSTAD, O., STANDAL, N. & KARIJORD, O. 1981. Sources of variation in the composition of milk fat. 32nd Annual Meeting of the European Association for Animal Production, vol. 4(7), Zagreb, Jugoslavia.

STULL, J.W. & BROWN, W.H. 1964. Fatty acid composition of milk. II. Source differences in common dairy breeds. J. Dairy Sci. 47: 1412.

TERVALA, H-L., ANTILA, V., SYVÄJÄRVI, J. & LINDSTRÖM, U.B. 1983. Variations in the renneting properties of milk. Meijeritiet. Aikak. 41(2): 24-33.

SARJASSA ILMESTYNYT VUODESTA 1980 LÄHTIEN:

40. RUOHOMÄKI, HILKKA, 1980. Lihakarjakokeiden tuloksia IV. 29 s.
41. JALOSTUSPÄIVÄ 9.4.1980. 43 s.
42. LAMMASPÄIVÄ 24.4.1980. 33 s.
43. SIRKKOMAA, S., 1980. Simulointitutkimus sukusiitoksen ja voimakkaan valinnan käytöstä munijakanojen jalostuksessa. Pro gradu-työ, 90 s.
44. RUOHOMÄKI, HILKKA, 1980. Eri rotuisten lihanautojen elopainot ja iät 160, 180, 210 ja 250 kilon teuraspainossa. 13 s.
45. MAIJALA, K., 1981. Kotieläinten perinnöllisen muuntelun säilyttäminen. 52 s.
46. RUOHOMÄKI, HILKKA, 1981. Lihakarjakokeet vuosina 1960-1980. 30 s.
47. JÄLKELÄISARVOSTELUSEMINAARI 12.5.1981. 44 s.
48. MAIJALA, K., 1981. Jalostus ja lisääntyminen vaikuttavina tekijöinä lihanaudan tuotannossa. 20 s.
49. SYRJÄLÄ-QVIST, LIISA, BOMAN, MARJATTA & MOISIO, S., 1981. Lammastalouden rakenne ja merkitys elinkeinona Suomessa, 25 s.
50. LEUKKUNEN, ANU, 1982. Keinosiemennyskarjujen jälkeläisarvostelu tyttären porsimistulosten perusteella. Lisensiaattityö, 88 s.
51. LAURILA, TERHI, 1982. Kilpailutulosten käyttö ratsuhevosten suorituskyvyn mittaamisessa. Pro gradu-työ, 84 s.
52. LINDSTRÖM, U., 1982. Merkkigeenien ja -aineiden käyttöarvosta kotieläinjalostuksessa, 13 s.
53. LEUKKUNEN, ANU, 1982. Heikkolaatuisen rehun hyväksikäytön geneettinen edistäminen, 24 s.
54. OJALA, M., 1982. Eri kudoslajien kasvurytmi naudoilla, 22 s.
55. OJALA, M., 1982. Vanhempien tuotantotietojen ja eräiden ympäristötekijöiden yhteys sonnien kasvukoetuloksiin. Laudaturtyö, 54 s.
56. OJALA, M., 1982. Kilpailutulosten käyttöarvosta ravihevosten jalostuksessa. Lisensiaattityö, 16 s.
57. KENTTÄMIES, HILKKA, 1982. Naudanlihantuotantoon vaikuttavista geneettisistä tekijöistä ja ympäristötekijöistä sekä kasvun mittaamisesta kenttäkokeissa. Lisensiaattityö, 104 s.
58. HUHTANEN, P., 1982. Suomenkarjan kokonaistaloudellisuus muihin rotuihin verrattuna. Laudaturtyö, 82 s.
59. KUOSMANEN, S., 1983. 305 pv:n maitotuotoksen ennustaminen osatuotostietojen perusteella. Pro gradu-työ, 100 s.
60. HEISKANEN, MINNA-LIISA, 1983. Hevosen keinosiemennys tuoreja pakastespermalla. Pro gradu-työ, 63 s.

61. MARKKULA, MERJA, 1984. Kanojen yleiseen sairaudenvastustuskykyyn liittyviä tekijöitä, 24 s.
62. MÄNTYSAARI, E., 1984. Valintaindeksi jälkeläisarvosteltujen keinosiemennyssonnien kokonaisjalostusarvon kuvaajana. Pro gradu-työ, 86 s.
63. LAUKKANEN, HANNELE, 1984. Maidon sähkönjohtokykyyn vaikuttavat tekijät ja johtokyvyn käyttömahdollisuuksista utare-tulehduksen vastustamisessa. Pro gradu-työ, 68 s.
64. SYVÄJÄRVI, J., 1984. Tutkimuksia maitorotuisten sonnien jälkeläisarvostelujen varmistamiseksi ja monipuolistamiseksi. Licensiaattityö, 14 s. LIITE: Tarkkailulehmien maidon solupitoisuuden vaihtelu ja yhteys maidontuotantoon, 78 s.
65. MAIJALA, K., 1984. Ulkomaisia kokemuksia suomenlampaasta ja sen risteytyksistä, 27 s.
66. ARONEN, PIRJO, 1985. Liharotuisten nautojen painoihin vaikuttavista tekijöistä ja painojen korjaamisesta. Pro gradu-työ, 80 s.
67. JUGA, J., 1985. Karjansisäinen lehmien arvostelu. Pro gradu-työ, 93 s.
68. HIMANEN, AULI, 1985. Tilatason jalostussuunnitelmien toteutuminen. Pro gradu-työ, 45 s.
69. SEVON-AIMONEN, MARJA-LIISA, 1985. Risteytysvaikutus sikojen tuotanto-ominaisuuksissa. Pro gradu-työ, 89 s.
70. SAASTAMOINEN, M., 1985. Lypsylehmän karkearehun syönti- ja hyväksikäyttökyvyn 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.