

Mitä mahdollisuuksia on jalostuksella vaikuttaa maidon koostumukseen ja ravintoarvoon?¹⁾

KALLE MAIJALA

Maatalouden tutkimuskeskus, Kotieläinjalostuslaitos, Tikkurila

Possibilities of selective breeding in influencing the composition and nutritive value of milk¹⁾

KALLE MAIJALA

*Agricultural Research Centre, Institute of Animal Breeding,
Tikkurila, Finland*

Abstract. The possibilities of breeding for altering the milk composition were considered on the basis of literature. The following conclusions seemed justifiable:

- 1) There is variation in the content of most milk constituents. Fat (F) content is about 1.7 times as variable as protein (P) content (Table 1).
- 2) There are marked differences between breeds. Breeds with high F-content are above average also in the contents of P, SNF and total solids (TS), but their P/F-ratio is low (Table 2).
- 3) Repeatabilities of contents are reasonably high, 65–70 %, so that one year's measurements suffice for evaluating individuals (Table 3).
- 4) Heritabilities of most contents as well as of P/F-ratio are about 50 % which makes individual selection effective (Table 4).
- 5) There is an obvious antagonism between milk yield and content of important constituents, both phenotypic and genetic (Table 5).
- 6) The phenotypic correlations among contents are in most cases positive (Table 6).
- 7) The genetic correlations among yields as well as among contents are highly positive. Those between yields and contents are low, and in some cases even negative. A high P/F-ratio is antagonistic to high yields of F or TS (Table 7).
- 8) Selection based on concentration leads to a decrease in milk yield, and consequently to poor progress in the yield of the particular component. Thus, selection has to be based on yields, and the purpose of the determination of contents is to estimate these yields. The best progress for a yield of a certain component can be obtained by direct selection. Selection for P-yield improves gradually also the P/F-ratio. An almost complete effect can be obtained by selecting only bulls on the basis of P-yields and females on milk yields (Table 8).

¹⁾ Esitelmä, jonka professori Maijala piti Suomen Maataloustieteellisen Seuran symposiumissa 29. 1. 1974.

¹⁾ *Lecture given at the symposium of the Scientific Agricultural Society of Finland in Helsinki on January 29, 1974.*

Voin markkinointivaikkeudet sekä lisääntynyt tietoisuus maidon valkuaisen ravitsemuksellisesta merkityksestä ovat viimeisten 10–20 vuoden aikana yhä voimakkaampina nostaneet esiin kysymyksen siitä, olisiko mahdollista tai aiheellista pyrkiä jalostusteitse muuttamaan maidon koostumusta suhteellisesti valkuaisvoittoisemmaksi nykyisestään. Kysymystä on näinä vuosina runsaasti tutkittu eri maissa, erityisesti Yhdysvalloissa. Seuraavan esityksen tarkoituksena on koota tärkeimmät kirjallisuudesta löytyvät tutkimustulokset käytännöllisten johtopäätösten tekemiseksi maidon koostumusta koskevien jalostustavoitteiden ja -menetelmien valintaa varten.

Ainesosien pitoisuuksien vaihtelu

Tärkeä perusedellytys jalostusvalinnalle on vaihtelun esiintyminen kiinnostuksen kohteina olevissa ominaisuuksissa, minkä vuoksi on laadittu taulukko 1. Siitä nähdään, että tiettyä vaihtelua on kaikissa pitoisuuksissa,

Taulukko 1. Maidon ainesosien pitoisuuksien vaihtelu.
Table 1. Variation in content of milk components.

| Ominaisuus <i>Trait</i> | Hajonta <i>Standard deviation</i> | | Muuntelukerroin, % <i>Coefficient of variation, %</i> | |
|---|--------------------------------------|------------------------------------|--|------------------------------------|
| | Tutkimusten luku | | Tutkimusten luku | |
| | <i>No.</i> <i>of studies</i> | <i>Keskiarvo</i> <i>Average</i> | <i>No.</i> <i>of studies</i> | <i>Keskiarvo</i> <i>Average</i> |
| Rasva % (R-%) <i>Fat % (F-%)</i> | 28 | 0.37 | 10 | 7.32 |
| Valkuais % (V-%) <i>Protein % (P-%)</i> ... | 27 | 0.22 | 10 | 5.57 |
| Rasvaton kuiva-aine % (rK-%) | 16 | 0.30 | | |
| <i>Solids-not-fat % (SNF-%)</i> | | | | |
| Kokonaiskuiva-aine % (K-%) | 11 | 0.60 | | |
| <i>Total solids (TS-%)</i> | | | | |
| Maitosokeri % (S-%) | 6 | 0.18 | | |
| <i>Lactose % (L-%)</i> | | | | |
| Kaseiini % <i>Kasein %</i> | 1 | 0.18 | | |
| Ei-kaseiini-valkuais % | 1 | 0.08 | | |
| <i>Non-kasein-protein %</i> | | | | |
| Valkuais/rasva-suhde, % (V/R) | 10 | 0.07 | | |
| <i>Protein/Fat ratio, % (P/F)</i> | | | | |
| Kivennäisaine % (T-%) | 1 | 0.05 | | |
| <i>Minerals, % (M-%)</i> | | | | |

mutta että eri ainesosat ovat tässä suhteessa toisistaan poikkeavia. Rasva-%:n hajonta on n. 1.7 kertaa niin suuri kuin valkuais-%:n ja noin 2-kertainen sokeripitoisuuden tai kaseiinipitoisuuden vaihteluun verrattuna. Kivennäis- pitoisuuden vaihtelu on vain 1/7 rasva-%:n vaihtelusta. Kaikkein laajinta on vaihtelu kuitenkin kokonaiskuiva-ainepitoisuudessa, jonka vaihtelualueeksi ± 3 hajonnan perusteella saadaan n. 3.6 %-yksikköä, kun vastaava luku

rasva-%:lla on 2.2, rasvattomalla kuiva-aineella 1.8 ja valkuaisella 1.3. Valkuais/rasva-suhteen vaihtelualueeksi saadaan tällä tavoin 0.42 eli noin 0.60—1.00 silloin, kun keskiarvo on 0.80.

Rotujen väliset erot

Esimerkkejä rotujen välisestä vaihtelusta maidon koostumuksessa on esitetty taulukossa 2. Sekä U.S.A:n että Ruotsin rotujen keskiarvoista näh-

Taulukko 2. Eri rotujen maidon koostumus
Table 2. Composition of milk of different breeds

| Maa Country | Rotu Breed | Tutkittu- ja lehmiiä No. of cows studied | Eri ainesosien pitoisuus, % Content of different components | | | | | | Suhteet Ratios | |
|----------------|---|--|--|------------|---------------|-------------|------------|------------|-------------------|-------------|
| | | | R-% F-% | V-% P-% | rK-% SNF-% | K-% TS-% | S-% L-% | T-% M-% | V/R P/F | V/K P/TS |
| U.S.A. | Friisil. <i>Friesian</i> ... | 34 000 | 3.65 | 3.13 | 8.50 | 12.16 | 4.82 | 0.69 | 85.0 | 25.8 |
| » | Ayrshire | 6 000 | 4.05 | 3.35 | 8.60 | 12.68 | 4.68 | 0.68 | 82.5 | 26.4 |
| » | Rusk. Sveitsil. ... <i>Brown Swiss</i> | 6 000 | 4.16 | 3.53 | 9.00 | 13.20 | 5.04 | 0.73 | 84.8 | 26.7 |
| » | Guernsey | 6 300 | 4.87 | 3.61 | 9.06 | 13.97 | 4.88 | 0.74 | 73.8 | 25.9 |
| » | Jersey | 4 700 | 5.22 | 3.81 | 9.34 | 14.58 | 4.89 | 0.71 | 73.3 | 26.3 |
| Ruotsi | Friisil. <i>Friesian</i> ... | 600 | 4.00 | 3.27 | | 12.66 | | | 81.8 | 25.8 |
| Sweden | Punakirjava | 1 362 | 4.17 | 3.31 | | 13.02 | | | 79.4 | 25.4 |
| | <i>Red & White</i> | | | | | | | | | |
| » | Nupokarja <i>Polled</i> | 147 | 4.41 | 3.53 | | 13.61 | | | 80.0 | 25.9 |
| » | Jersey | 82 | 5.71 | 3.93 | | 14.78 | | | 68.8 | 26.6 |
| Saksa | Friisil. <i>Friesian</i> ... | 3 300 | | 3.37 | 9.02 | | 4.80 | | | |
| Germany | | | | | | | | | | |
| Suomi | Ayrshire -73 | 5 300 | 4.49 | 3.51 | | | | | 79.0 | |
| Finland | » -72 | 1 500 | 4.45 | 3.59 | | | | | 82.0 | |

dään, että valkuais-%, rasvaton kuiva-aine-% ja kokonaiskuiva-aine-% nousevat rasva-%:n mukana. Valkuais-%:ssa on kuitenkin esim. amerikkalaisen friisiläisen ja jerseyyn välillä eroa vain 0.68 %-yksikköä, kun ero rasva-%:ssa on 1.57 %-yksikköä. Rasvattomassa kuiva-aineessa on eroa 0.84 % ja kokonaiskuiva-aineessa 2.42 %. Koska valkuais-% ei laske yhtä nopeasti kuin rasva-%, on valkuais/rasva-suhde yleensä suurin laihamaitoisilla roduilla. Valkuaisen osuus kokonaiskuiva-aineesta ei kuitenkaan nouse rasva-%:n laskiessa.

Amerikkalaisen, ruotsalaisen ja saksalaisen friisiläisen keskinäinen vertailu osoittaa samankin rodun olevan eri maissa vähän eri tasolla. Samaa voidaan nähdä amerikkalaisen ja suomalaisen ayrshiren välisestä vertailusta.

Rotujen välisillä eroilla on nykyisin entistä suurempi merkitys, kun hyvät liikenneyhteydet sekä keinosiemennys- ja pakastetekniikka tekevät mahdolliseksi verraten nopean rodunvaihdon, jos se katsotaan aiheelliseksi. Aiheelisuutta arvioitaessa on kuitenkin otettava huomioon paljon muitakin näkökohtia kuin maidon koostumus.

Toistuvuus

Ominaisuuden toistuvuus samalla eläimellä lypsykaudesta tai vuodesta toiseen on hyvä tuntee sen vuoksi, että se antaa ylärajan periytymisasteen arvioille sekä osoittaa, onko tarpeen mitata ko. ominaisuutta vuodesta toiseen. Taulukossa 3 esitetyistä useitten tutkimusten keskiarvoista nähdään,

Taulukko 3. Maidon ainesosien pitoisuuksien toistuvuus.

Table 3. Repeatability of the contents of milk components.

| Ominaisuus Trait | Tutkimusten luku No. of studies | Lypsykausien luku No. of lactations | Keskim. toistuvuus % Average repeatability % |
|---------------------|------------------------------------|--|---|
| R-% — F-% | 11 | 12 900 | 72 |
| V-% — P-% | 10 | 12 400 | 65 |
| rK-% — SNF-% | 10 | 12 400 | 65 |
| K-% — TS-% | 8 | 10 800 | 73 |

että maidon väkevyys on varsin voimakkaasti yksilöllinen ominaisuus, jonka arvioimiseen ei välttämättä tarvita sen jatkuvaa mittaamista. Tärkeintä on mitata sitä ensikkolypsykauden aikana.

Periytymisasteet

Jalostusmahdollisuuksien kannalta keskeisen tärkeät periytymisasteet on esitetty taulukossa 4. Voidaan todeta, että noin puolet useimpien pitoisuuksien

Taulukko 4. Maidon ainesosien pitoisuuksien periytymisasteet.

Table 4. Heritability of the contents of milk components.

| Ominaisuus Trait | Tutkimusten luku No. of studies | Lehmien luku No. of cows | Periytymisaste ¹⁾ Heritability ¹⁾ |
|---------------------------|------------------------------------|-----------------------------|--|
| R-% — F-% | 30 | 70 000 | 51 (59) |
| V-% — P-% | 23 | 45 000 | 48 (49) |
| rK-% — SNF-% | 26 | 60 000 | 47 (62) |
| K-% — TS-% | 14 | 52 000 | 49 (63) |
| S-% — L-% | 3 | 1 200 | 41 (34) |
| Kaseiini % Kasein % | 1 | 500 | 58 |
| T-% — M-% | 1 | 500 | 50 |
| V/R — P/F | 4 | 25 000 | 46 (58) |

¹⁾ Punnitsemattomia keskiarvoja (punnitut keskiarvot suluisia)

¹⁾ Unweighted averages (weighted averages in brackets)

sien muuntelusta on perinnöllistä. Alhaisin arvio on saatu maitosokerin pitoisuudelle ja sekin on 41 %, mikä tekee mahdolliseksi yksilövalinnan. Esitetynkaltaisten periytymisasteiden saaminen edellyttää kuitenkin, että mitaukset on tehty luotettavasti ja että tärkeimmät virhelähteet on eliminoitu.

Ominaisuuksien keskinäiset riippuvuudet

Maidon koostumuksen muuttamiseen tähtäävien jalostustoimien aiheellisuus riippuu suuresti niiden seurausilmiöistä, erityisesti vaikutuksesta maidon ja sen ainesosien tuotoksiin. Taulukosta 5 käy ilmi, että maidon väke-

Taulukko 5. Maitotuotoksen ja ainesosien pitoisuuksien välisiä vuorosuhteita.
Table 5. Correlations between milk yield and contents of milk components.

| Ominaisuus Trait | Ilmiasuisia vuorosuhteita Phenotypic correlations | | | Perinnöllisiä vuorosuhteita Genetic correlations | | |
|---------------------|--|-----------------------------------|-------|---|-----------------------------------|-------|
| | Tutki- musten luku No. of studies | Lehmien luku No. of cows | r_p | Tutki- musten luku No. of studies | Lehmien luku No. of cows | r_g |
| | | | | | | |
| R-% — F-% | 10 | 65 000 | -0.22 | 10 | 86 000 | -0.35 |
| V-% — P-% | 3 | 3 800 | -0.30 | 3 | 25 000 | -0.31 |
| rK-% — SNF-% | 5 | 26 000 | -0.15 | 5 | 47 000 | -0.21 |
| K-% — TS-% | 2 | 20 300 | -0.23 | 4 | 43 000 | -0.34 |
| S-% — L-% | 1 | 814 | 0.08 | | | |
| T-% — M-% | 1 | 814 | -0.05 | | | |
| V/R — P/F | | | | 2 | 24 600 | 0.06 |

vyyden ja määrän välillä yleensä vallitsee selvä antagonismi sekä ilmiasuisesti että perinnöllisesti. Perinnöllinen vieronta on suunnilleen yhtä voimasta sekä rasva-%:iin, valkuais-%:iin että kokonaiskuiva-aine-%:iin nähden. Rasvattoman kuiva-aineen osalta yhteys näyttää olevan hieman löyhempi, johtuen ilmeisesti sokeri- ja kivennäispitoisuuksien varsin löyhästä yhteydestä maitomäärään. Valkuais/rasva-suhteen osalta ei antagonismia näytä olevan.

Pitoisuuksien keskinäiset ilmiasuiset riippuvuudet on esitetty taulukossa 6. Vuorosuhteet ovat pääasiassa positiivisia; huomattavin poikkeus on so-

Taulukko 6. Ilmiasuisia vuorosuhteita maidon ainesosien pitoisuuksien kesken (ROBERTSON ym. 1956). 465 skotlantilaista ay-lehmää.

Table 6. Phenotypic correlations among contents of milk components (ROBERTSON et al. 1956). 465 Scottish Ayrshires.

| Ominaisuus Trait | rK-% SNF-% | V-% P-% | Kaseiini-% Kasein-% | S-% L-% | T-% M-% |
|-----------------------|---------------|------------|------------------------|------------|------------|
| R-% — F-% | 0.40 | 0.42 | 0.43 | 0.11 | -0.03 |
| rK-% — SNF-% | | 0.81 | 0.87 | 0.50 | 0.12 |
| V-% — P-% | | | 0.93 | -0.01 | 0.10 |
| Kaseiini-% — Kasein-% | | | | 0.17 | 0.00 |
| S-% — L-% | | | | | -0.28 |

keri- ja kivennäispitoisuuksien välinen vieronta. Rasvattoman kuiva-aineen ja valkuaisen pitoisuuksien vaihtelu näyttää määräytyvän suuresti kaseiini-%:n vaihtelusta.

Perinnölliset yhteydet nähdään taulukosta 7, joka perustuu viiteen ame-

Taulukko 7. Perinnöllisiä vuorosuhteita maidon ainesosien tuotosten ja pitoisuuksien kesken. (Lävistäjän alapuolella lehmien luvut tuhansina sekä tutkimusten lukumäärät).

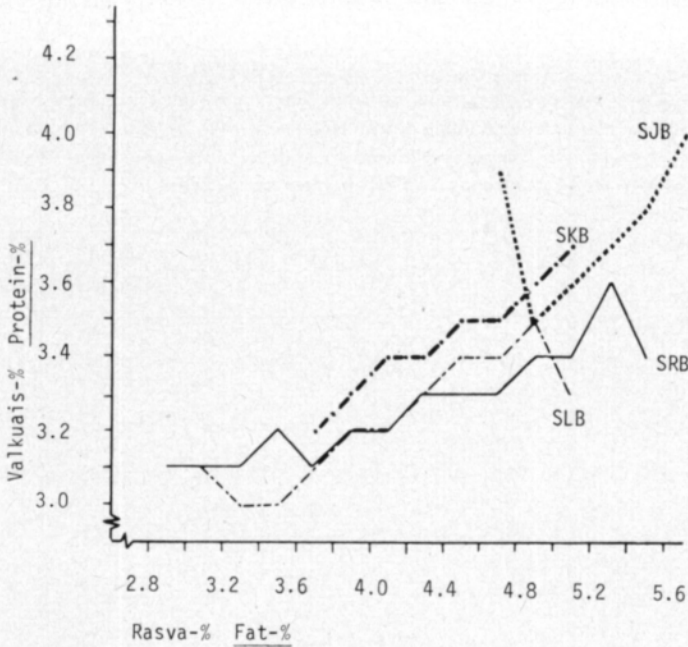
Table 7. Genetic correlations among yield and contents of milk components (below the diagonal the number of cows in thousands and the number of studies).

| Ominaisuus Trait | M M | R F | rK SNF | K TS | V P | ST LM | R-% F-% | rK-% SNF-% | K-% TS-% | V-% P-% | V/R P/F |
|---|--------|--------|-----------|---------|--------|----------|------------|---------------|-------------|------------|------------|
| Maitotuotos (M) Milk yield (M) | | .73 | .95 | .92 | .79 | .99 | -.37 | -.16 | -.34 | -.28 | 0.5 |
| Rasvatuotos (R) Fat yield (F) | 22/5 | | .80 | .90 | .82 | .74 | .33 | .22 | .33 | .23 | -.50 |
| Rasvt. k.-a. tuotos (rK) SNF-yield (SNF) | 22/5 | 22/5 | | .98 | .89 | 1.00 | -.24 | .08 | -.09 | -.06 | .06 |
| Kuiva-ainetuotos (K) ... TS-yield (TS) | 18/4 | 18/4 | 18/4 | | .93 | .97 | -.03 | .11 | .04 | .04 | -.15 |
| Valkuaistuotots (V) Protein yield (P) | 10/3 | 10/3 | 10/3 | 10/3 | | .73 | .13 | .33 | .24 | .31 | .08 |
| Sokeri + kivennäis- tuotos (ST) Lactose + Mineral yield (LM) | 5/1 | 5/1 | 5/1 | 5/1 | 5/1 | | -.23 | -.03 | -.18 | -.18 | .09 |
| R-% - F-% | 23/6 | 22/5 | 22/5 | 18/4 | 10/3 | 5/1 | | .54 | .89 | .61 | -.77 |
| rK-% - SNF-% | 23/6 | 22/5 | 22/5 | 18/4 | 10/3 | 5/1 | 23/6 | | .86 | .81 | .02 |
| K-% - TS-% | 18/4 | 18/4 | 18/4 | 14/4 | 10/3 | 5/1 | 18/4 | 18/4 | | .81 | -.49 |
| V-% - P-% | 10/4 | 10/3 | 10/3 | 10/3 | 10/3 | 5/1 | 10/4 | 10/4 | 10/3 | | .09 |
| V/R - P/F | 5/1 | 5/1 | 5/1 | 5/1 | 5/1 | 5/1 | 5/1 | 5/1 | 5/1 | | |

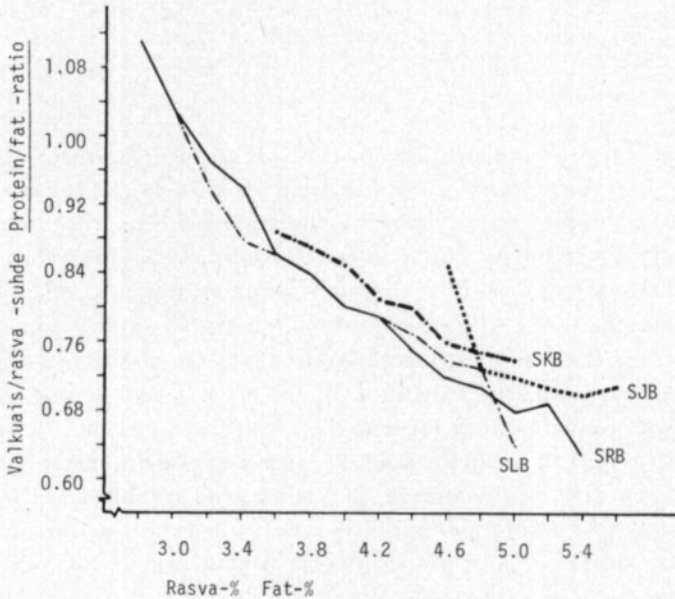
rikkalaiseen ja yhteen englantilaiseen tutkimukseen. Tuotosten keskinäiset perinnölliset vuorosuhteet ovat kaikki yli 0.70 ja erät niistä ovat lähellä täydellistä, kuten esim. sokeri + kivennäismäärän riippuvuus maitotuotoksesta tai rasvattoman kuiva-aineen tuotoksesta. Valkuaistuotoksen ja kuiva-ainetuotoksen muuntelut riippuvat taulukon mukaan 93-prosenttisesti samoista perintökiteijöistä. Maitotuotoksen merkitys ainesosien tuotoksille on kauttaaltaan paljon suurempi kuin väkevyyksien merkitys. Valkuaistuotosten vuorosuhteet kaikkiin väkevyyksiin ja myös valkuais/rasva-suhteeseen ovat myönteiset, joten valkuaismääriin perustuvan valinnan ei pitäisi johtaa väkevyyden alenemiseen. Samaa voidaan sanoa rasvatuotoksiin perustuvasta valinnasta, paitsi että se heikentää valkuais/rasva-suhdetta.

Pitoisuuksien keskinäiset perinnölliset vuorosuhteet ovat samansuuntaisia, mutta yleensä kiinteämpiä kuin vastaavat ilmiäsuuret vuorosuhteet taulukossa 6. Rasva-%:n ja valkuais-%:n perintökiteijöistä olisi taulukon mukaan yhteisiä n. 60 %; yhteys on siis varsin selvä, mutta ei kuitenkaan täydelli-

nen. Sekä rasvan että kokonaiskuiva-aineen pitoisuudet ovat vierovia valkuais/rasva-suhteeseen nähden. Kuvioista 1 ja 2 voidaan nähdä, että eri rotujen valkuais-%:t sekä valkuais/rasva-suhteet riippuvat ratkaisevasti niiden rasva-%:sta: sen ollessa sama ovat rotujen väliset erot pieniä.



Kuvio 1. Ruotsin karjarotujen valkuaispitoisuudet eri rasvapitoisuuksilla (Roos, 1971). SJB = Jersey, SKB = nupokarja, SLB = friisiläiskarja, SRB - punakirjava karja.
 Figure 1. Protein content of Swedish cattle breeds at different fat content levels (Roos, 1971). SJB = Jersey, SKB = Polled, SLB = Friesian, SRB = Red and White.



Kuvio 2. Ruotsin karjarotujen valkuais/rasva-suhteet eri rasvapitoisuuksilla (Roos, 1971). Rotuselitykset kuten kuviossa 1.
 Figure 2. Protein/fat ratios of Swedish breeds at different levels of fat content (Roos, 1971). Breeds as in Fig. 1.

Useat tutkijat ovat saamiensa tai kirjallisuudesta löytämiensä periytymisasteiden, hajonnan ja vuorosuhteiden arvioiden nojalla laskeneet eri valinta-perusteita käyttäen odotettavissa olevat perinnölliset edistymisnopeudet sukupolvea kohti sekä itse valitussa ominaisuudessa että muissa ominaisuuksissa. Taulukkoa 8 varten kerättiin tulokset 11 tutkimuksesta, mutta ne oli keskiarvojen laskua varten muunnettava suhteellisiksi luvuiksi, koska mm. hajonnat olivat eri tutkimuksissa olleet erilaisia.

Taulukon lukuja voidaan verrata lähinnä vain sarakkeiden sisällä, mutta jotakin voidaan päätellä myös rivien sisäisistä vertailuista. Taulukosta tehtävät tärkeimmät johtopäätökset ovat seuraavat:

- 1) Tuotosmääriin perustuva valinta johtaa kohtalaiseen edistymiseen myös muiden tuotosten jalostuksessa.
- 2) Kunkin tuotoksen jalostuksessa päästään parhaiten eteenpäin siihen itseensä kohdistuvalla valinnalla. Esimerkkinä poikkeuksista voidaan mainita maitotuotoksiin perustuvan valinnan vaikutukset kokonaiskuiva-aineen ja rasvattoman kuiva-aineen tuotoksiin sekä rasvattoman kuiva-aineen tuotoksiin perustuvan valinnan vaikutus valkuais- ja rasvatuotoksiin. Nämä poikkeukset perustuvat kuitenkin harvoihin tutkimuksiin.
- 3) Tuotosmääriin perustuva valinta pyrkii useissa tapauksissa alentamaan maidon väkevyyttä. Kuitenkin rasva- tai valkuais- ja rasvatuotoksiin perustuva valinta johtaa hienoiseen pitoisuuksienkin paranemiseen. Eroa näillä on lähinnä siinä, että rasvatuotosvalinta heikentää valkuais-/rasvasuhdetta, kun taas valkuais- ja rasvatuotosvalinta parantaa sitä jonkin verran.
- 4) Erään tutkimuksen mukaan (SYRSTAD, 1971) järjestelmä, jossa lehmät valitaan maitomäärien perusteella ja sonnit valkuais- ja rasvatuotosten perusteella, johtaa valkuais- ja rasvatuotosten jalostuksessa 97 %:n tehoon suoraan valintaan verrattuna. Maitotuotosvalinta antaa 91 % ja rasvatuotosvalinta 88 % tehoon. Täten tähänastisen jalostustyön voidaan päätellä palvelleen paljolti myös valkuais- ja rasvatuotosten kehittämistä. Kääntäen on pääteltävissä, ettei valkuais- ja rasvatuotosten jalostukseen siirtyminen merkitse oleellista muutosta jalostustyössä.
- 5) Pitoisuuksiin perustuva valinta vaikuttaa heikentävästi useimpiin tuotoksiin, lukuunottamatta rasva- ja valkuais- ja rasvatuotoksia.
- 6) Pitoisuuksiin perustuvat valintajärjestelmät edistävät huomattavasti myös muiden ainesosien pitoisuuksien kehittämistä, mutta rasva-%:iin tai kuiva-aine-%:iin perustuvat valinnat heikentävät valkuais- ja rasvasuhdetta.
- 7) Valkuais- ja rasva-%:iin perustuva valinta heikentää maidon, rasvan ja energian tuotoksia, mutta edistää jonkin verran valkuaisen ja rasvattoman kuiva-aineen tuotoksia. Samoin se edistää valkuais-%:ia, mutta alentaa rasva-%:ia ja kuiva-aine-%:ia.

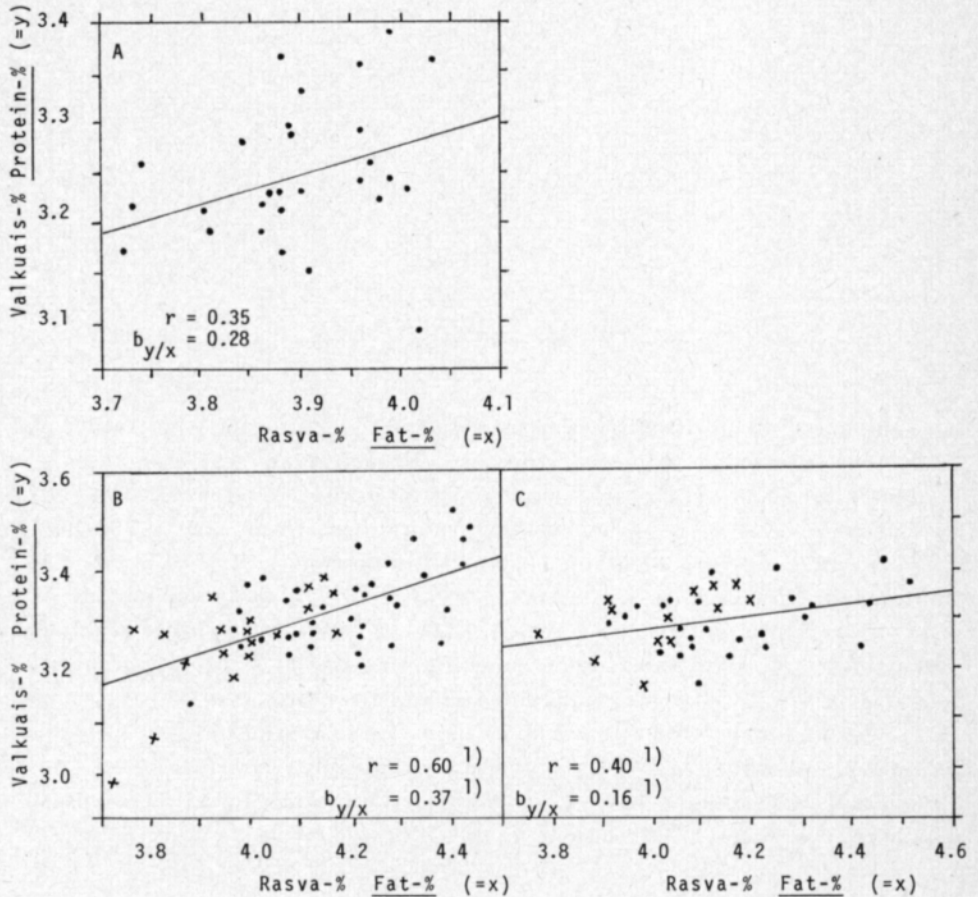
Taulukko 8. Odotettu suhteellinen perinnöllinen edistyminen sukupolvessa erilaisia valintaperusteita käytettäessä. Valintaero = 1 hajonnan yksikkö, Kaikkiaan 11 tutkimusta. Tutkimusten luku ilmoitettu kunkin arvion oikeassa yläkulmassa.

Table 8. Expected relative genetic progress per generation using different selection criteria. Selection differential = 1 unit of standard deviation. Altogether 11 studies. The number of studies is given in the upper right corner of each estimate.

| Suhteellinen edistyminen, kun suora valinta = 100 Relative progress when direct selection = 100 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|--|
| Valintaperuste Selection criterion | | M | R | V | 4%M FCM | K | rK | VST | ST | R-% | V-% | K-% | rK-% | SVT-% | V/R | rK/R | |
| | | M | F | P | FCM | TS | SNF | PLM | LM | F-% | P-% | TS-% | SNF-% | PLM-% | P/F | SNF/F | |
| a) Tuotokset Yields | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| M - M | 100 ¹¹ | 83 ¹¹ | 91 ¹¹ | 92 ³ | 102 ⁴ | 100 ² | 103 ¹ | 112 ¹ | 112 ¹ | -21 ¹¹ | -22 ¹¹ | -34 ⁴ | -12 ² | -31 ¹ | 4 ⁴ | 20 ¹ | |
| R - F | 81 ¹¹ | 100 ¹¹ | 88 ¹¹ | 90 ³ | 89 ⁴ | 82 ² | 64 ¹ | 87 ¹ | 87 ¹ | 21 ¹¹ | 4 ¹¹ | 10 ⁴ | 16 ² | 8 ¹ | -29 ⁴ | -30 ¹ | |
| V - P | 83 ¹¹ | 83 ¹¹ | 100 ¹¹ | 86 ³ | 88 ⁴ | 77 ² | 86 ¹ | 71 ¹ | 71 ¹ | 1 ¹¹ | 13 ¹¹ | 2 ⁴ | 17 ² | 18 ¹ | 12 ⁴ | -1 ¹ | |
| 4 % M - FCM | 88 ³ | 97 ³ | 89 ³ | 100 ² | | | | | | -6 ³ | -15 ³ | -30 ¹ | | | -17 ² | | |
| ♀ M - M, ♂ 4 % M - FCM | 92 ¹ | 91 ¹ | 87 ¹ | 100 ¹ | | | | | | -15 ¹ | -25 ¹ | | | | -6 ¹ | | |
| ♀ M - M, ♂ V - P | 85 ¹ | 81 ¹ | 97 ¹ | 91 ¹ | | | | | | -20 ¹ | 0 ¹ | | | | 23 ¹ | | |
| ♀ 4 % M - FCM, ♂ V - P | 83 ² | 86 ³ | 96 ² | 92 ² | | | | | | -4 ² | 7 ² | | | | 14 ¹ | | |
| ♀ R - F, ♂ V - P | 83 ¹ | 88 ¹ | 93 ¹ | 92 ¹ | | | | | | 5 ¹ | 10 ¹ | | | | | | |
| K - TS | 86 ⁴ | 91 ⁴ | 99 ⁴ | 83 ¹ | 100 ⁴ | 98 ² | 90 ¹ | 105 ¹ | 105 ¹ | -11 ⁴ | -9 ⁴ | -10 ⁴ | 8 ² | -7 ¹ | 0 ² | 1 ¹ | |
| rK - SNF | 92 ² | 74 ² | 104 ² | 98 ² | 98 ² | 100 ² | | 109 ¹ | 109 ¹ | -12 ² | -3 ² | -6 ² | 4 ² | | 4 ¹ | 16 ¹ | |
| V + S + T - P + L + M | 91 ¹ | 91 ¹ | 99 ¹ | 107 ¹ | 107 ¹ | 94 ¹ | 100 ¹ | | | -30 ¹ | -18 ¹ | -24 ¹ | | -13 ¹ | | | |
| S + T - L + M | 88 ¹ | 63 ¹ | 75 ¹ | 90 ¹ | 90 ¹ | | | 100 ¹ | 100 ¹ | -13 ¹ | -12 ¹ | -10 ¹ | -1 ¹ | | 8 ¹ | 18 ¹ | |
| b) Pitoisuudet Contents | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R-% - F-% | 39 ¹⁰ | 39 ¹⁰ | 8 ¹⁰ | -11 ² | -25 ⁴ | -34 ² | -76 ¹ | -41 ¹ | -41 ¹ | 100 ¹¹ | 59 ¹⁰ | 92 ⁴ | 57 ² | 76 ¹ | -75 ³ | -100 ¹ | |
| V-% - P-% | 33 ¹⁰ | 12 ¹⁰ | 27 ¹⁰ | -23 ² | -10 ⁴ | -6 ² | -35 ¹ | -26 ¹ | -26 ¹ | 53 ¹⁰ | 100 ¹¹ | 72 ⁴ | 66 ² | 70 ¹ | 26 ³ | -25 ¹ | |
| K-% - TS-% | 67 ⁴ | 33 ⁴ | 41 ⁴ | -40 ¹ | -40 ⁴ | -18 ² | -61 ¹ | -32 ¹ | -32 ¹ | 88 ⁴ | 95 ⁴ | 100 ⁴ | 87 ² | 102 ¹ | -48 ² | -77 ¹ | |
| rK-% - SNF-% | 31 ² | 39 ² | 67 ² | 22 ² | 22 ² | 11 ² | | -6 ¹ | -6 ¹ | 56 ² | 97 ² | 83 ² | 100 ² | | 4 ¹ | -26 ¹ | |
| VST-% - PLM-% | 60 ¹ | 23 ¹ | 44 ¹ | -18 ¹ | -18 ¹ | | -29 ¹ | | | 64 ¹ | 88 ¹ | 83 ¹ | | 100 | | | |
| c) Suhteet - Ratios | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| V/R - P/F | 17 ³ | 45 ³ | 11 ³ | -9 ¹ | -2 ² | 8 ¹ | 12 ¹ | 12 ¹ | 12 ¹ | -56 ³ | 27 ³ | -32 ² | 1 ¹ | | 100 ⁴ | 74 ¹ | |
| rK/R - SNF/F | 44 ¹ | 57 ¹ | -3 ¹ | 3 ¹ | 3 ¹ | 37 ¹ | 50 ¹ | 50 ¹ | 50 ¹ | -86 ¹ | -33 ¹ | -66 ¹ | -24 ¹ | | | 100 | |

Sonnien jälkeläisarvostelu valkuaispitoisuuden suhteen

Joissakin tutkimuksissa on pyritty myös selvittämään sonnien jälkeläisarvostelun mahdollisuuksia ja merkitystä tyttärien maidon valkuaispitoisuuden suhteen. BERGMANN (1969) arvosteli 29 sonnia vähintään 15 tyttären perusteella sekä ROOS (1971) 56 sonnia ensikkotyttärien perusteella ja 41 sonnia 3. lypsykauden tyttärien perusteella. Tytäriryhmien samanaikaiset hajonnat rasva-%:n ja valkuais-%:n mukaan on esitetty kuviossa 3. Siitä nähdään,



Kuvio 3. Sonnien jälkeläisryhmien rasva-%:n ja valkuais-%:n välinen riippuvuus. A. Ruskea sveitsiläinen (BERGMANN, 1969), B ja C. Ruotsalaiset SRB (.) ja SLB (x) (Roos, 1971). B = ensikot, C = III lypsykausi, 1) = rotujen sisäisesti

Figure 3. Interdependence between protein and fat contents of progeny groups of bulls. A. Brown Swiss (BERGMANN, 1969), B and C. Swedish Red & White (.) and Friesian (x) (Roos, 1971). B = 1st lactation, C = 3rd lactation, 1) = within breeds.

että valkuais-% nousee rasva-%:n mukana myös sonnien jälkeläisarvostelutuloksissa, mutta että samallakin rasvapitoisuustasolla on sonnien kesken ilmeistä vaihtelua valkuaispitoisuudessa. Nykyisin, kun sonnilta voi olla

tallessa 20–30 tuhatta pakastesiemenannosta, voidaan äärimmäisiä tapauksia esim. V/R-suhteessa käyttää tehokkaasti hyväksi jalostuksessa, mikäli se katsotaan aiheelliseksi.

Taulukko 9. Tyttären valkuaispitoisuuden mukaan kolmeen ryhmään jaettujen ruskeiden sveitsiläissonnien tyttären ominaisuuksia (29 sonnia BERGMANNIN tutkimuksesta 1969).

Table 9. Characteristics of progeny groups of Brown Swiss bulls grouped according to daughters' protein content (29 bulls from the study by BERGMANN, 1969).

| | Eri ominaisuuksien keskiarvot | | |
|-----------------------------------|---|-------|-------|
| | Average performance in different traits | | |
| | I | II | III |
| Sonnien luku — No. of bulls | 10 | 10 | 9 |
| Valkuais-% — Protein-% | 3.322 | 3.232 | 3.166 |
| Rasva-% — Fat-% | 3.931 | 3.892 | 3.842 |
| V/R — P/F | 84.53 | 83.09 | 82.44 |
| Maitoa kg — Milk kg | 3838 | 3782 | 3824 |
| Valkuaista kg — Protein kg | 127.5 | 122.2 | 121.1 |
| Rasvaa kg — Fat kg | 150.9 | 147.2 | 146.9 |

Taulukossa 9 on BERGMANNIN arvostelemat sonnit jaettu tyttären valkuais-%:n perusteella kolmeen ryhmään. Jos verrataan parhaimman ja heikoimman ryhmän keskiarvoja nähdään, että 0.156 %:n eroa valkuais-%:ssa on seurannut 0.089 %:n suuruinen samansuuntainen ero rasva-%:ssa, 2.09 %:n ero V/R-suhteessa, 6.4 kg:n ero valkuaiustuotoksessa ja 4.0 kg:n ero rasvatuotoksessa. Rasvatuotoksen mukaan ryhmiteltäessä oli eroa rasvatuotoksessa 17.26 kg ja valkuaiustuotoksessa 12.06 kg, kun taas valkuaiustuotoksen mukainen ryhmittely antoi eroksi rasvatuotoksessa 14.7 kg ja valkuaiustuotoksessa 14.5 kg. Tuotosten mukainen ryhmittely antoi siis tässäkin monta kertaa suuremman eron tuotoksissa kuin valkuaispitoisuuksien mukainen ryhmittely. Valkuaiustuotosten mukaisen ryhmittelyn aiheuttamassa erossa oli valkuais/rasva-suhde $14.5/14.7 = 98.6\%$, kun tämä luku rasvatuotosten mukaisen ryhmittelyn jälkeen oli $12.06/17.26 = 69.9\%$.

Tiivistelmä

Jalostuksellisia mahdollisuuksia maidon koostumuksen muuttamiseen tarkasteltiin kirjallisuustietojen perusteella. Mm. seuraavat johtopäätökset näyttivät oikeutetuilta:

- 1) Useimpien maidon ainesosien pitoisuuksissa esiintyy selvää vaihtelua. Rasva-%:n muuntelu on noin 1.7 kertaa laajempaa kuin valkuais-%:n (Taul. 1.).
- 2) Rotujen välillä on huomattavia eroja. Roduilla, joilla on korkea rasva-%, on myös keskimääräistä korkeampi valkuais-%, rasvattoman

kuiva-aineen % ja kokonaiskuiva-aine-%, mutta niiden valkuais/rasva-suhde on alhainen (Taul. 2.).

- 3) Pitoisuuksien toistuvuudet ovat suhteellisen suuria, 60–70 %, niin että yhden vuoden määritykset riittävät yksilöiden arvosteluun (Taul. 3.).
- 4) Useimpien pitoisuuksien samoin kuin valkuais/rasva-suhteenkin periytymisasteet ovat noin 50 %, mikä tekee yksilövalinnan mahdolliseksi (Taul. 4.).
- 5) Maitotuotoksen ja tärkeitten ainesosien pitoisuuksien välillä on sekä ilmiäsuisesti että perinnöllisesti ilmeinen antagonismi (Taul. 5.).
- 6) Pitoisuuksien keskinäiset ilmiäsuiset vuorosuhteet ovat useimmissa tapauksissa myönteisiä (Taul. 6.).
- 7) Tuotosten kuten myös pitoisuuksien keskinäiset perinnölliset vuorosuhteet ovat hyvin kiinteitä ja myönteisiä. Tuotosten ja pitoisuuksien väliset perinnölliset vuorosuhteet ovat löyhiä ja eräissä tapauksissa jopa kielteisiä. Korkea valkuais/rasva-suhde on antagonistinen suurlle rasvan tai kokonaiskuiva-aineen tuotoksille (Taul. 7.).
- 8) Väkevyyyteen perustuva valinta johtaa maitotuotosten alenemiseen ja sen seurauksena heikkoon edistymiseen ko. ainesosan tuotoksessa. Valinta on siten perustettava tuotoksiin, ja pitoisuuksien määrittämisen tarkoituksena on voida arvioida nämä tuotokset. Paras edistyminen tietyn ainesosan tuotoksen suhteen voidaan saavuttaa sen suoralla valinnalla. Valkuaistuotosvalinta parantaa vähitellen myös valkuais/rasva-suhdetta. Lähes täydellinen teho voidaan saavuttaa valitsemalla vain sonnit valkuaiustuotosten perusteella ja lehmät vain maitotuotosten perusteella (Taul. 8.).

KIRJALLISUUSLUETTELO — REFERENCES

- BERGMANN, J. 1969. Der Eiweissgehalt in der Milch des schweizerischen Braunviehs. Züchterische Grundlagen für die Einbeziehung des Eiweissgehaltes in die Selektion. Diss. Göttingen, 133 p.
- ROOS, A. 1969. Mjölakens sammansättning ur avelssynpunkt. (= Composition of milk from a breeding point of view). Swedish with an English summary. SHS Meddelande 41. 41. 110 p.
- SYRSTAD, O. 1971. Seleksjon for proteininnhald i mjølk. Summary: Selection for protein content in milk. Meld. fra Norges landb. høgsk. 50 (27): 11 p.

Luettelo taulukoissa käytetystä kirjallisuudesta saatavissa kirjoittajalta.
List of references cited in the Tables is obtainable from the author.