



Selektion for højere frekvens af kappa-kasein variant B hos malkekøer

13 FEB. 1991



Jørn Pedersen

687

Beretning

Foulum 1990

STATENS HUSDYRBRUGSFORSØG

Foulum, Postboks 39, 8830 Tjele. Telf.: 86 65 25 00

Statens Husdyrbrugsforsøg, oprettet 1883, er en institution under Landbrugsministeriet.

Institutionens mål er gennem forskning vedrørende avl, ernæring og miljø m.v. at øge den biologiske viden på husdyrbrugsområdet samt at udvikle nye metoder og ny teknik til fremme af dansk husdyrbrug.

Forskningen finansieres over statsbudgettet suppleret med bevillinger fra statslige og private fonde og landbrugets organisationer. Institutionen består af følgende afdelinger:

Dyrefysiologi og biokemi
Forsøg med kvæg og får
Forsøg med svin og heste

Forsøg med fjerkræ og kaniner
Forsøg med pelsdyr
Landbrugsdrift

Administration

NATIONAL INSTITUTE OF ANIMAL SCIENCE

Foulum, Postboks 39, 8830 Tjele, Denmark

Telephone: +45 86 65 25 00

The National Institute of Animal Science was founded 1883 and is a governmental research institute under the Ministry of Agriculture.

The aim of the institute is to investigate genetical, nutritional and environmental factors in farm animal production and to develop new methods and technology for the promotion of animal husbandry in Denmark.

The institute is financed by the State budget supplemented by grants from governmental, agricultural and private foundations.

The institute consists of the following departments:

Animal Physiology and Biochemistry
Research in Cattle and Sheep
Research in Pigs and Horses

Research in Poultry and Rabbits
Research in Fur Animals
Farm Management

Administration

687

Beretning fra
Statens Husdyrbrugsforsøg

Report from the National Institute of Animal Science, Denmark

Jørn Pedersen

**Selektion for højere frekvens af
kappa-kasein variant B hos malkekøer**

With English summary and subtitles

Manuskriptet afleveret december 1990

Trykt i Frederiksberg Bogtrykkeri a.s 1990



FORORD

Gennem de senere år har der både i Danmark og i udlandet været en stigende interesse for den arvelige variation i mælkens kaseinfraktion. Statens Mejeriforsøg har gennemført to projekter med det formål at belyse effekten af de genetiske varianter af kaseinproteiner på ydelse og især på mælkens teknologiske egenskaber. Både disse undersøgelser og udenlandske undersøgelser har afsløret, at specielt den arvelige variation i kappa-kasein kan have betydning for mælkens egnethed til osteproduktion. Disse resultater har bevirket, at der i nogle malkekvægracer er påbegyndt en registrering af genotypen for kappa-kasein hos køer og tyre. Formålet med denne beretning er at belyse, hvorledes disse registreringer bedst kan udnyttes i avlsarbejdet.

Vid. ass. Thorkild Liboriussen og vid. ass. Just Jensen takkes for en kritisk gennemgang af manuskriptet, og Else Marie Pedersen og Inger Olsen, Landskontoret for Kvæg, for omhyggelig redigering og renskrivning af beretningen.

INDHOLDSFORTEGNELSE

FORORD.....	3
INDHOLDSFORTEGNELSE.....	4
SAMMENDRAG.....	5
1. INDLEDNING.....	6
2. NEDARVNING AF KAPPA-KASEINVARIANTERNE.....	8
3. FREKVENS AF VARIANTER AF KASEINARVEANLÆG HOS RDM, SDM OG JERSEY..	10
4. METODE TIL BEREKNING AF AVLSMÆSSIG FREMGANG.....	13
4.1 Avlsplanen.....	13
4.2 Selektionsstrategier.....	14
4.3 Beregning af avlsmæssig fremgang.....	14
5. RESULTATER.....	18
5.1 Avlsmæssig fremgang i ydelse og frekvens af B-varianten..	18
5.2 Sammenligning af selektionsstrategier.....	19
5.3 Merværdien af mælk fra genotype BB.....	20
5.4 Bidrag fra de enkelte kategorier af avlsdyr.....	20
5.5 Gennemsnitsydelse og marginal værdi af ydelse.....	23
5.6 Omkostninger, diskonteringsfaktor og planlægningshorisont..	24
6. KONKLUSION.....	26
7. LITTERATUR.....	28

SAMMENDRAG

Mælkens protein kan deles op i 2 fraktioner: Kasein og valleprotein. Kaseinet udgør 75-80% af mælkproteinet og er sammensat af 4 forskellige proteinstoffer: Alfa-s1-, alfa-s2-, beta- og kappa-kasein. Hver af disse 4 proteinstoffer forekommer i forskellige genetiske varianter.

Danske og udenlandske undersøgelser har samstemmende vist, at mælk fra køer, der kun producerer B-varianten af kappa-kasein har bedre teknologiske egenskaber end mælk fra køer, der kun producerer A-varianten. Enkelte undersøgelser har også vist, at denne overlegenhed kan give sig udslag i større osteudbytte.

Disse resultater har medført, at der i nogle malkekvægracer er påbegyndt en registrering af køers og tyres genotype for kappa-kasein. Formålet med nærværende undersøgelse er at belyse nogle af de avlsmæssige aspekter omkring selektion for højere frekvens af B-varianten af kappa-kasein. Undersøgelsen blev gennemført ved en deterministisk simulering af en avlsplan (Geneflow-metoden).

De vigtigste konklusioner af undersøgelsen er, at selektion for højere frekvens af B-varianten af kappa-kasein med fordel kan gennemføres, hvis værdien af mælken fra køer med genotype BB er mere end 1% større end værdien af mælken fra køer med genotype AA. Hvis der skal gennemføres en selektion for at forøge frekvensen af B-varianten af kappa-kasein, bør det ske ved en indeksselektion, hvor ingen genotype på forhånd udelukkes fra avlsarbejdet, men hvor der i stedet sker en afvejning i forhold til merværdien af mælk fra køer, der producerer mælk med B-varianten af kappa-kasein.

Først når merværdien af mælk fra køer, der producerer B-varianten af kappa-kasein er fastlagt mere præcist, vil det blive muligt at beslutte, om genotypen for kappa-kasein bør inddrages i avlsarbejdet. Derudover vil det være ønskværdigt at få belyst, hvilken virkning de genetiske varianter af de øvrige kaseinproteiner har på osteproduktion og ydelse.

1. INDLEDNING

Den mængde ost, der kan fremstilles ud fra en given mængde mælk, afhænger både af mælkenes sammensætning og af kvaliteten af de enkelte bestanddele i mælken. Det er velkendt, at mælkenes sammensætning kan påvirkes både miljømæssigt og avlsmæssigt. Gennem de sidste par år har specielt een kvalitetsfaktor været genstand for stor opmærksomhed. Det drejer sig om den genetisk betingede sammensætning af kaseinproteinerne.

Kaseinet udgør i komælk ca. 80% af den totale proteinmængde og består af 4 forskellige proteinstoffer, som har følgende internationale betegnelser: α_{s1} -, α_{s2} -, β - og κ -kasein (alfa-s1-, alfa-s2-, beta-, og kappa-kasein). Hvert af disse proteinstoffer findes i forskellige genetiske varianter, der almindeligvis betegnes med store bogstaver (A, B, C, o.s.v.). De forskellige genetiske varianter adskiller sig kun på nogle få punkter fra hinanden. Ernæringsmæssigt er forskellene sandsynligvis uden betydning, men ved de kemiske processer, som foregår bl.a. under ostefremstillingen, kan de genetiske varianter have betydning.

I rå mælk findes kaseinproteinerne som meget små partikler (miceller), der svæver rundt i mælken (partiklerne binder store mængder calcium, og der eksisterer en teori om, at kaseinets oprindelige, specielle funktion har været at dække de nyfødte kalves calciumbehov). Ved ostefremstillingen sker en række kemiske processer, bl.a. spaltes κ -kasein i 2 proteinstoffer af osteløben. Herved omdannes de små kaseinpartikler til et sammenhængende netværk, der kan tilbageholde mælkenes fedt. Tætheden, styrken og stabiliteten af dette kasein-netværk er afhængig af koncentrationen af kasein (kaseinprocenten), men også af hvilke genetiske varianter af kaseinproteinerne, der indgår.

Danske og udenlandske undersøgelser har samstemmende vist, at mælk fra køer, der kun producerer B-varianten af κ -kasein, har de bedste teknologiske egenskaber (mælken koagulerer hurtigere, og der opnås større fasthed af ostemassen). Nogle undersøgelser har også vist, at der opnås større osteudbytte ud fra en given mængde mælk med konstant fedtprocent (0% - 10%). Disse resultater er dog kun opnået ved produktion af parmesanost og cheddarost. For de øvrige kaseinproteiner er der også fundet forskelle mellem de genetiske va-

rianter med hensyn til ydelse og teknologiske egenskaber, men resultaterne har ikke på samme måde været entydige og helt samstemmende.

En mere detaljeret beskrivelse af de genetiske varianterers indflydelse på ydelse og osteproduktion kan findes hos bl.a. Ng-Kwai-Hang et al. (1984, 1986, 1987), McLean et al. (1984, 1987), Schaar et al. (1985), Marzailli & Ng-Kwai-Hang (1986a, 1986b, 1986c), Bech & Kristiansen (1990) og Aleandri et al. (1990).

Selvom det eksakte merudbytte ved osteproduktion ud fra mælk, der kun indeholder κ -kasein variant B, endnu ikke er fastlagt præcist, kan de avlsmæssige konsekvenser tages op til overvejelse. Formålet med denne undersøgelse er:

- at undersøge, hvor stor den økonomiske værdi B-varianten skal være (i forhold til A-varianten), før selektion for øget frekvens af B-varianten med fordel kan inddrages i avlsarbejdet. Selektion for at øge frekvensen af B-varianten vil sænke intensiteten i avlsarbejdet for andre egenskaber.

For at gøre resultaterne lettere gennemskuelige, tages der i denne undersøgelse kun hensyn til en faldende intensitet i selektionen for mælkeydelse. Det ændrer dog ikke resultaternes gyldighed, hvis der anvendes et selektionsindeks (S-indeks) med vægtfaktorer, der skaber økonomisk ligevægt mellem de forskellige egenskaber. Derudover er de omkostninger, der er forbundet med at identificere avlsdyrenes genotyper, taget i betragtning.

- at vurdere 3 forskellige selektionsstrategiers effektivitet (præselektion af BB-genotyper, præselektion af både AB- og BB-genotyper, selektionsindeks).

- at undersøge, hvilke kategorier af avlsdyr, der eventuelt skal inddrages i denne selektion (brugstyre, tyrefædre, tyremødre).

2. NEDARVNINGEN AF KAPPA-KASEINVARIANTERNE

Varianterne af κ -kasein kaldes genetiske varianter, fordi deres forekomst udelukkende er arveligt betinget. Hver ko er bærer af 2 arveanlæg, og hvert arveanlæg kan producere en bestemt variant af κ -kasein. Kappa-kasein findes i 2 varianter, A og B. Det medfører, at alle køer tilhører een af følgende 3 grupper (genotyper):

- Genotype AA: Køer, hvis mælk kun indeholder κ -kasein variant A, dvs. begge arveanlæg for κ -kasein producerer A-varianten. Mælken fra disse køer er kaldt AA-mælk.
- Genotype BB: Køer, hvis mælk kun indeholder κ -kasein variant B, dvs. begge arveanlæg for κ -kasein producerer B-varianten. Mælken fra disse køer er kaldt BB-mælk.
- Genotype AB: Køer, hvis mælk både indeholder κ -kasein variant A og B, det vil sige at kørerne har et arveanlæg både for A- og B-varianten. Der eksisterer en - ikke særlig veldokumenteret - formodning om, at de 2 arveanlæg producerer nogenlunde lige store mængder af κ -kasein. Mælken fra disse køer er kaldt AB-mælk.

De samme arveanlæg findes selvfølgelig også i tyrene. Hos kørerne kan genotypen for κ -kasein (og for de øvrige kaseinproteiner) med en relativ simpel, velkendt metode bestemmes på grundlag af en mælkeprøve (ved elektroforese). Hos tyrene må anvendes metoder, som langt fra er færdigudviklede (DNA-teknologi). Endnu kan kun genotypen for κ -kasein og β -lactoglobulin bestemmes. Ved prøven anvendes sæd, en blodprøve eller andet cellemateriale. Det medfører, at genotypen allerede kan bestemmes hos kalve, eventuelt i fosterstadiet eller på embryoner.

Ved reproduktionen videregives et af individets arveanlæg for κ -kasein til ægget eller sædcellen. Det er helt tilfældigt, hvilken af de 2 arveanlæg, der overføres. Når en ægcelle og en sædcelle smelter sammen som begyndelsen på et nyt individ, bliver arveanlæggene igen samlet parvis. Den nye kombination af arveanlæg er fuldstændigt bestemmende for, hvilken type κ -kasein, der kan findes i mælken hos afkommet.

Samme nedarvningsmønster er gældende for de øvrige kaseinproteiner, når de betragtes enkeltvis. Ser man på nedarvningen af de fire kaseinproteiner samlet, bliver forholdene lidt mere komplicerede, fordi arveanlæggene rent fysisk er placeret meget tæt på hinanden. Der vil derfor være en stærk tendens til, at de nedarves i grupper, som kan spores tilbage over mange generationer. Af og til vil grupperne dog blive brudt op (ved overkrydsning), og der kan opstå nye kombinationer.

**3. FREKVENNS AF VARIANTER AF KASEINARVEANLÆG
HOS RDM, SDM OG JERSEY**

Hyppigheden af de enkelte varianter af kaseinproteinerne og af vallepoteinstoffet, β -lactoglobulin, i de danske malkekvægracer er fastlagt i flere undersøgelser (Tabel 1):

Tabel 1. Hyppigheden (pct.) af genetiske varianter af α_{S1} -, β -, og κ -kasein og af β -lactoglobulin hos RDM, SDM og Jersey.

Race	RDM				SDM			Jersey		
Undersøgelse*	1	2	3	4	1	3	4	1	3	4
Antal køer	282	1344	169	176	118	223	182	142	157	180
α_{S1} -kasein										
Variant A	0.5	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
B	98.4	100.0	99.4	99.7	99.6	97.0	98.1	95.0	70.0	81.7
C	1.1	0.0	0.3	0.3	0.4	3.0	1.9	5.0	30.0	18.3
β -kasein										
Variant A	95.4	96.3	94.0	94.6	92.0	94.0	92.3	65.0	65.0	77.8
herunder A^1	-	-	71.0	72.4	-	55.0	50.8	-	7.0	6.4
A^2	-	-	23.0	22.2	-	39.0	40.4	-	58.0	71.4
A^3	-	-	0.0	0.0	-	3.0	1.1	-	0.0	0.0
B	4.4	3.7	6.0	5.4	8.0	3.0	7.7	35.0	35.0	22.2
C	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
κ -kasein										
Variant A	74.0	63.0	81.0	61.6	68.0	85.0	58.5	52.0	31.0	32.2
B	26.0	37.0	19.0	38.4	32.0	15.0	41.5	48.0	69.0	67.8
β -lactoglobulin										
Variant A	10.0	14.0	11.0	13.6	50.0	54.0	52.5	42.0	31.2	37.5
B	90.0	86.0	89.0	86.4	50.0	46.0	47.5	58.0	68.2	61.1
C	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	1.4

- * 1: Larsen & Thymann (1966). Datamaterialet blev indsamlet i begyndelsen af 60'erne. Variant A af β -kasein blev ikke opdelt i undergrupper (A^1 , A^2 , A^3).
- 2: Madsen et al. (1987). Datamaterialet blev indsamlet ca. 1980. Variant A af β -kasein blev ikke opdelt i undergrupper (A^1 , A^2 , A^3).
- 3: Bech & Kristiansen (1990). Datamaterialet blev indsamlet i 1985.
- 4: Datamateriale indsamlet af Statens Mejeriforsøg i 1989 (Kristiansen, 1990).

- I begyndelsen af 60'erne blev der gennemført en undersøgelse af mødrene til kvierne på afkomsprøvestationerne af Larsen & Thyman (1966).
- I forbindelse med mastitisprojektet (Madsen et al., 1987) blev kaseingenotypen bestemt hos 1344 RDM-køer, for at påvise en eventuel sammenhæng mellem mastitisforekomst og kaseingenotype. Der fandtes dog ingen sammenhæng (Madsen et al., 1987). Dette datamateriale blev indsamlet på Sjælland i årene omkring 1980.
- I 1985 blev genotyperne bestemt hos udvalgte køer i 8 besætninger (Trollesminde, Foulum, Skølvad, Næsgård, Kalø, Assendrup, Torntofte og Rosenfelt). Resultater fra denne undersøgelse er offentliggjort af Bech & Kristiansen (1990).
- I 1989 er genotyperne bestemt i en ny undersøgelse på Statens Mejeriforsøg (Kristiansen, 1990). Datamaterialet er indsamlet i 26 Nordsjællandske besætninger.

Resultaterne i Tabel 1 kan opsummeres på følgende måde:

α_{s1} -kasein: Hos RDM og SDM var frekvensen af B-varianten næsten 100% i alle undersøgelser, mens frekvensen af C-varianten var 3% eller mindre. Hos Jersey var frekvensen af B-varianten kun 70-80% i de nyeste undersøgelser, mens den var 95% hos Larsen & Thyman (1966). A-varianten er kun fundet hos RDM.

α_{s2} -kasein: Frekvensen er ikke anført i Tabel 1, idet kun A-varianten er fundet i de danske malkekvægracer (B- og C-varianten er kun fundet hos asiatiske kvægracer).

β -kasein: Hos alle 3 racer (RDM, SDM og Jersey) var A-varianten dominerende (frekvens: 90-95% hos RDM og SDM, 65-75% hos Jersey). Inden for A-gruppen er A^3 kun fundet hos SDM, hvor der iøvrigt er en nogenlunde ligelig fordeling af A^1 - og A^2 -varianten. Hos RDM er 70-75% af arveanlæggene A^1 -varianten, mens A^2 -varianten er dominerende hos Jersey.

κ -kasein: I undersøgelsen på Statens Mejeriforsøg i 1989 fandtes nogle ret afvigende resultater vedrørende frekvensen af B-varianten af κ -kasein hos RDM og SDM. Frekvensen var knapt 40%, mens den i 1985-undersøgelsen var knapt 20% hos begge racer. Til sammenligning fandt Larsen & Thyman (1966) frekvenser på henholdsvis 26% og 32% hos RDM og SDM, og Madsen et al. (1987) fandt en frekvens af B-varianten på 37% i RDM. Hos Jersey viste både undersøgelsen i 1985 og 1989 en frekvens af B-varianten på knap 70%, hvilket er en stigning

siden undersøgelsen af Larsen & Thymann (1966). Her var frekvensen af B-varianten kun 50%.

β -lactoglobulin: β -lactoglobulin er et valleprotein. Nogle undersøgelser har vist en positiv sammenhæng mellem forekomsten af B-varianten og mælkens fedt- og proteinprocent (f.eks. Aleandri et al. (1990)). Hos RDM og SDM findes kun A- og B-varianten. Hos RDM er frekvensen af B-varianten ca. 90%, mens den er ca. 50% hos SDM og ca. 60% hos Jersey. Hos Jersey er desuden fundet den sjældne C-variant.

4. METODE TIL BEREGNING AF DEN AVLSMÆSSIG FREMGANG

4.1 Avlsplanen

Undersøgelsen blev gennemført ved - i en traditionel avlsplan - at beregne den avlsmæssige fremgang, der kan opnås ved et års avlsarbejde. Forudsætningerne for den anvendte avlsplan er anført i Tabel 2. Enheden i beregningerne er en genetisk spredningsenhed på mælkeydelse. For de store racer (RDM og SDM) svarer det til ca. 500 kg mælk. Hvis der ikke tages hensyn til avlsdyrenes genotype for k-kasein, vil den anvendte avlsplan give en fremgang på 0.252 genetiske spredningsenheder pr. år ($= 0.252 * 500 \text{ kg mælk} = 126 \text{ kg mælk}$). Hvis køernes gennemsnitsydelse er 14 genetiske spredningsenheder ($= 14 * 500 \text{ kg mælk} = 7000 \text{ kg mælk}$), svarer denne fremgang til 1.8% pr. år.

Tabel 2. Definition af den anvendte avlsplan.

	Alder på selektionstidspunktet, år						
	1	2	3	4	5	6	7
Tyrefædre (TF)							
Fordeling af afkom, %	0	0	0	0	0	50	50
Sikkerhed (r_{AI})	0	0	0	0	0.89	0.92	0.93
Antal kandidater	0	0	0	0	450	450	450
Antal selekteret	0	0	0	0	0	10	10
Tyremødre (TM)							
Fordeling af afkom, %	0	0	0	40	30	20	10
Sikkerhed (r_{AI})	0	0	0.50	0.60	0.65	0.67	0.69
Antal kandidater	22000	21000	20000	16000	12000	9000	5000
Antal selekteret	0	0	0	800	600	450	250
Ungtyre og brugstyre (UT og BT)							
Fordeling af afkom, %	0	40	0	0	30	30	0
Sikkerhed (r_{AI})	0	0	0	0	0.89	0.92	0.93
Antal kandidater	900	450	450	450	450	450	450
Antal selekteret	0	450	0	0	45	45	0
Brugskøer (BK)							
Fordeling af afkom, %	0	40	30	18	9	3	0
Sikkerhed (r_{AI})	0	0	0.50	0.60	0.65	0.67	0.69
Antal kandidater*	220	210	200	150	90	45	15
Antal selekteret*	0	210	190	143	85	43	14

* 1000 stk

4.2 Selektionsstrategier

Selektionsstrategi uden selektion på genotype er kaldt STRATEGI 0. Den er sammenlignet med 3 andre strategier, hvor der ved selektionen af tyrefædre, tyremødre og brugstyre tages hensyn til dyrenes genotype for κ -kasein:

STRATEGI 1: Kun BB-genotyper accepteres som avlsdyr, mens AA- og AB-genotyperne udelukkes.

STRATEGI 2: Kun avlsdyr med genotyperne AB og BB accepteres, mens AA-genotyperne udelukkes.

STRATEGI 3: Ingen genotyper udelukkes på forhånd, men BB- og AB-genotyperne sikres en fortrinsstilling ved at forhøje ydelsesindekserne med en værdi, der svarer til den forøgede økonomiske værdi af den mælk, de producerer. Det nye selektionsindeks kan beregnes med følgende formler:

$$\text{AA-genotyper: } A_{NY} = A_{NU} + 0$$

$$\text{AB-genotyper: } A_{NY} = A_{NU} + (A_{NU} + g) * v_p / (2 * 100)$$

$$\text{BB-genotyper: } A_{NY} = A_{NU} + (A_{NU} + g) * v_p / 100$$

hvor

A_{NY} er den avlsværdi for ydelse, som anvendes ved udvælgelsen.

A_{NU} er den oprindelige avlsværdi for ydelse (f.eks. Y-indekset), beregnet uden hensyntagen til dyrets genotype.

g er racens gennemsnitsydelse.

v_p er merværdien (procent) af BB-mælk i forhold til værdien af AA-mælk.

På forhånd må det forventes, at STRATEGI 3 giver det bedste resultat, men STRATEGI 1 og 2 er meget enkle at arbejde med i praksis og vil appellere til avlere. Hvis resultatet for STRATEGI 1 eller 2 ikke afviger væsentligt fra det resultat, der kan opnås med STRATEGI 3, kunne det måske være fordelagtigt at anvende en af de mere enkle selektionsstrategier fremfor STRATEGI 3.

4.3 Beregning af avlsmæssig fremgang

Sammenligning af forskellige avlsplaner og avlsstrategier foretages almindeligvis ved hjælp af "den avlsmæssige fremgang pr. år".

Avlsmæssig fremgang pr. år er et fortrinligt resultatmål, når forskellige avlsplaners og avlsstrategiers biologiske effektivitet skal sammenlignes. Der opstår imidlertid problemer, når avlsarbejdets omkostninger skal inddrages i beregningerne. I denne forbindelse drejer det sig specielt om omkostningerne ved at identificere genotyperne.

Desuden opfattes avlsmæssig fremgang pr. år normalt som en konstant, der ikke ændres fra år til år, og som ikke er påvirket af resultaterne i de foregående generationer. Når der selekteres for at ændre frekvensen af et bestemt arveanlæg, vil den avlsmæssige fremgang være afhængig af frekvensen af arveanlægget på det tidspunkt, der selekteres. Derfor vil den avlsmæssige fremgang blive afhængig af den selektion, der er gennemført i de foregående generationer.

For at komme ud over disse problemer er anvendt den såkaldte "geneflow-metode" til beregning af avlsmæssig fremgang (se f.eks. Hill (1974) eller Pedersen (1985)). Ved denne metode fokuseres på den selektion, der foretages i et bestemt år. I reglen vil man se et billede, hvor virkningen af selektionen efter nogle fluktuationer i de første år, stabiliserer sig på et bestemt niveau (dette niveau vil være lig med den genetiske fremgang pr. år). For at finde den samlede effekt af et års selektion, skulle de årlige bidrag i teorien summeres i det uendelige, men i reglen opsummeres virkningen kun i en afgrænset periode, planlægningshorisonten. For avlsplaner med malkekvæg anvendes ofte en planlægningshorisont på 20 år.

Omkostningerne vil løbe på i det år, selektionen foretages (år 0), mens indtægterne først viser sig på et senere tidspunkt. For at kunne foretage en korrekt sammenvejning af indtægter og udgifter vil alle økonomiske værdier blive diskonteret tilbage til starttidspunktet.

Uanset hvilken selektionsstrategi, der anvendes, vil den avlsmæssige fremgang være afhængig af frekvensen af B-varianten ($p(B)$). De biologiske resultater vil ved STRATEGI 3 desuden afhænge af gennemsnitsydelsen (g), og værdien af BB-mælk (v_p), fordi den vægt, der lægges på henholdsvis ydelse og genotype vil afhænge af disse to faktorer. Derudover vil det samlede økonomiske resultat afhænge af den marginale værdi af mælk (v_m), omkostningerne ved at identificere genotyperne hos køer (v_c) og tyre (v_s), samt af planlægningshorisonten (l) og diskonteringsfaktoren (d). I det følgende er

de valgte forudsætninger vedrørende $p(B)$, v_p , g , v_m , v_c , v_s , l og d beskrevet:

$p(B)$: Frekvensen af B-varianten i populationen i det år, der selekteres (startfrekvensen af B-varianten). Frekvensen er varieret i intervallet 25.0% til 93.75%. Ifølge Tabel 1 er $p(B)$ for RDM og SDM mellem 20% og 40%, og i Jersey ca. 70%.

v_p : Merværdien af BB-mælk i forhold til AA-mælk. Den beregnes ved:

$$v_p = \frac{(\text{Salgsværdi af BB-mælk} - \text{salgsværdi af AA-mælk})}{(\text{salgsværdi af AA-mælk})}$$

Forskellige udenlandske undersøgelser har vist, at osteudbyttet er 0 - 10% større, når der anvendes BB-mælk frem for AA-mælk. I Danmark anvendes 1/3 - 1/2 af mælkeprotein- et til osteproduktion. Hvis merudbyttet af BB-mælk er 10% og halvdelen af mælkeprotein- et anvendes til osteproduktion, vil den totale merværdi af BB-mælk være $10\% * 1/2 = 5\%$. Hvis merudbyttet af BB-mælk kun er 3% og en trediedel af mælkeprotein- et anvendes til osteproduktion, vil den to- tale merværdi blive $3\% * 1/3 = 1\%$. Denne undersøgelse er gennemført for v_p lig med 0.25%, 0.50%, 0.75%, 1%, 3% og 5%).

g : Gennemsnitsydelsen. I de fleste beregninger er det forud- sat, at gennemsnitsydelsen er 14 gange den genetiske spredning på ydelse (svarer til ca. 7000 kg mælk i RDM og SDM), men der er desuden gennemført beregninger med en højere ($g = 16$) og en lavere værdi ($g = 12$).

v_m : Den marginale værdi af AA-mælk. I de fleste beregninger er det forudsat, at v_m er 0.40, hvilket svarer til, at den marginale fortjeneste ved mælkeproduktion er 40% af salgsværdien. Der er endvidere gennemført beregninger med $v_m = 0.2$ og $v_m = 0.6$.

Den marginale fortjeneste på 40% kunne være fremkommet ved følgende beregning (eksempel):

Salgsværdi, kr. pr. kg	2.50 kr.
Foder, 0.6 FE a 2.00 kr.	1.20 kr.
Andre variable omkostninger	0.30 kr.
Marginal fortjeneste	1.00 kr.

En marginal fortjeneste på 1.00 kr pr. kg mælk svarer til 40% af salgsprisen på 2.50 kr.

- v_s : Omkostningerne ved at identificere tyrenes genotype for κ -kasein. Som standardværdi er fastsat en værdi svarende til 2 gange salgsværdien af en genetisk spredningsenhed af AA-mælk. Hvis salgsværdien af 1 kg mælk er 2.50 kr. vil v_s være: $2 * 500 * 2.50$ kr. = 2500 kr. Prisen for en afprøvning er betydelig mindre, men beløbet skal også dække omkostningerne til bl.a. dataadministration.
- v_c : Omkostningerne ved at identificere køernes genotype for κ -kasein. Som standardværdi er fastsat salgsværdien af 0.4 genetiske spredningsenheder af AA-mælk. Hvis salgsværdien af 1 kg mælk er 2.50 kr., vil v_c være: $0.4 * 500 * 2.50$ kr. = 500 kr. De laboratoriemæssige omkostninger vil sandsynligvis være ca. 100 kr., men hertil kommer omkostninger ved administration.
- l: Planlægningshorisont. Som standardværdi anvendes en planlægningshorisont på 20 år.
- d: Diskonteringsfaktoren (rentefod). Som standardværdi er fastsat $d = 0.10$.

5. RESULTATER

5.1 Avlsmæssig fremgang i ydelse og frekvens af B-varianten

De resultater, som er vist i Tabel 3 - 9, er i alle tilfælde målt som afvigelser fra de resultater, der kan opnås ved anvendelse af STRATEGI 0 (ingen selektion for øget frekvens af variant B).

I Tabel 3 er vist den avlsmæssige fremgang, der kan opnås som følge af et års avlsarbejde. Beregningerne i Tabel 3 kan beskrives med følgende eksempel:

Hvis frekvensen af B-varianten på selektionstidspunktet er 25% og STRATEGI 1 anvendes (kun BB-genotyper godkendes), vil et års avlsarbejde medføre, at ydelsesniveauet bliver hævet med 33.7 kg, og at frekvensen af B-varianten stiger med 10.4 procentenheder (til ialt $25 + 10.4 = 35.4\%$) i løbet af 20 år.

Da alle resultater måles som afvigelse fra den avlsmæssige fremgang, der kan opnås med STRATEGI 0 (ingen selektion på genotype), er ydelsesresultaterne i Tabel 3 opstået ved følgende beregning:

Resultat ved STRATEGI 1..... + 33.7 kg mælk
 Resultat ved STRATEGI 0..... +126.0 kg mælk
 Forskel (Tabel 3)..... - 92.3 kg mælk

Det tilsvarende resultat vedrørende ændringen i frekvenser af variant B er fremkommet ved:

Resultat ved STRATEGI 1..... + 10.4 %
 Resultat ved STRATEGI 0..... 0.0 %
 Forskel (Tabel 3)..... + 10.4 %

Tabel 3. Genetisk fremgang pr. år i ydelse og frekvens af κ -kasein variant B. Resultat ved selektion efter STRATEGI 1, 2 eller 3 minus resultat ved selektion efter STRATEGI 0. Forudsætninger: $v_m = 0.4$; $g = 14 * 500 = 7000$ kg mælk

	Ændring i ydelse (kg mælk)					Ændring i frekvens af B (%)				
	STRATEGI					STRATEGI				
Startfre-	2		3 ved v_p			1	2	3 ved v_p		
kvens af										
B-variant			1%	3%	5%					
25 %	-92.3	-21.7	-1.0	-8.7	-20.6	10.4	4.5	1.2	3.5	5.4
50 %	-38.8	-7.2	-1.2	-8.3	-17.0	7.0	2.3	1.4	3.7	5.1
75 %	-14.8	-1.6	-0.8	-4.8	-8.8	3.5	0.7	1.0	2.3	2.9
87.5 %	-6.7	-0.4	-0.4	-2.5	-4.4	1.7	0.2	0.5	1.2	1.5
93.75 %	-3.2	-0.1	-0.2	-1.3	-2.2	0.9	0.1	0.3	0.6	0.8

Af Tabel 3 fremgår, at den avlsmæssige fremgang i ydelse bliver reduceret, uanset hvilken selektionsstrategi, der anvendes (STRATEGI 1, 2 eller 3). Reduktionen er størst ved anvendelse af STRATEGI 1 (kun BB-genotyper godkendes), mindre ved STRATEGI 2 (AB- og BB-genotyper godkendes), mens reduktionen i ydelse ved STRATEGI 3 (indeksstrategi) afhænger af værdien af BB-mælk.

Forøgelsen i frekvensen af variant B modsvarer mere eller mindre reduktionen i ydelsesfremgangen, således at fremgangen er størst ved STRATEGI 1, mindre med STRATEGI 2, mens fremgangen ved STRATEGI 3 vil afhænge af værdien af BB-mælk.

5.2 Sammenligning af selektionsstrategier

I Tabel 4 er vist det samlede økonomiske resultat beregnet ved anvendelse af STRATEGI 1, 2 eller 3. Resultaterne opstår ved at trække værdien af ydelsestabet (reduceret avlsmæssig fremgang) fra merværdien af mælken (opstået som følge af øget frekvens af B-varianten) og sætte denne forskel i forhold til det økonomiske resultat, der ville være opnået, hvis der ikke blev taget hensyn til genotypen i avlsarbejdet. Derudover er omkostningerne til bestemmelse af avlsdyrenes genotyper inkluderet, ligesom der er taget højde for, at resultaterne akkumuleres over en planlægningshorisont på 20 år.

Det fremgår af Tabel 4, at hvis merværdien af BB-mælk kun er 1%, vil hverken STRATEGI 1 eller STRATEGI 2 give positive resultater. Reduktionen i ydelsesfremgangen vil være så stor, at den ikke kan

Tabel 4. Ekstra udbytte ved anvendelse af STRATEGI 1, 2 eller 3 i procent af udbyttet ved anvendelse af STRATEGI 0. Forudsætninger: $g = 14$, $v_m = 0.4$, $v_s = 2$, $v_c = 0.4$, $d = 0.10$, $l = 20$

Startfre- kvens af B-varianten	STRATEGI 1 (BB godkendes)			STRATEGI 2 (AB og BB godkendes)			STRATEGI 3 (In- deksstrategien)		
	v_p			v_p			v_p		
	1%	3%	5%	1%	3%	5%	1%	3%	5%
25 %	-67.9	-39.0	-10.2	-13.1	-0.4	12.3	0.5	7.0	19.6
50 %	-25.4	-6.1	13.1	-3.2	-3.3	9.9	0.8	8.1	20.5
75 %	-8.4	1.2	10.8	-0.6	1.4	3.3	0.5	5.2	12.4
87.5 %	-3.7	1.1	5.9	-0.3	0.3	0.8	0.2	2.8	6.6
93.75 %	-1.8	0.6	3.0	-0.2	-0.1	0.1	0.0	1.4	3.3

opvejes af merværdien af mælken. Ved STRATEGI 3 opnås et lille, men positivt resultat, og afhængigt af frekvensen af B-varianten på selektionstidspunktet vil værdien af den avlsmæssige fremgang være forøget med 0.0 - 0.7%.

Når værdien af BB-mælk bliver større end 1%, forøges udbyttet af at inddrage avlsdyrenes genotype i avlsarbejdet og bliver efterhånden positivt for alle tre strategier. STRATEGI 3 vil under alle omstændigheder give langt det bedste resultat.

5.3 Merværdien af mælk fra genotype BB

I Tabel 5 er kun resultater fra STRATEGI 3 anført (STRATEGI 1 og 2 vil ikke blive omtalt yderligere). Resultaterne er også illustreret i figur 1.

Så længe resultaterne i Tabel 5 er positive, vil det i princippet være fordelagtigt at inddrage selektion for genotype. Af Tabel 5 fremgår det, at når den økonomiske merværdi af BB-mælk er lav ($v_p = 1\%$), bliver merudbyttet højst 0.7% (af den avlsmæssige fremgang, der kan opnås med STRATEGI 0). I så fald vil de avlsmæssige ressourcer sandsynligvis med større fordel kunne anvendes på forbedring af andre egenskaber.

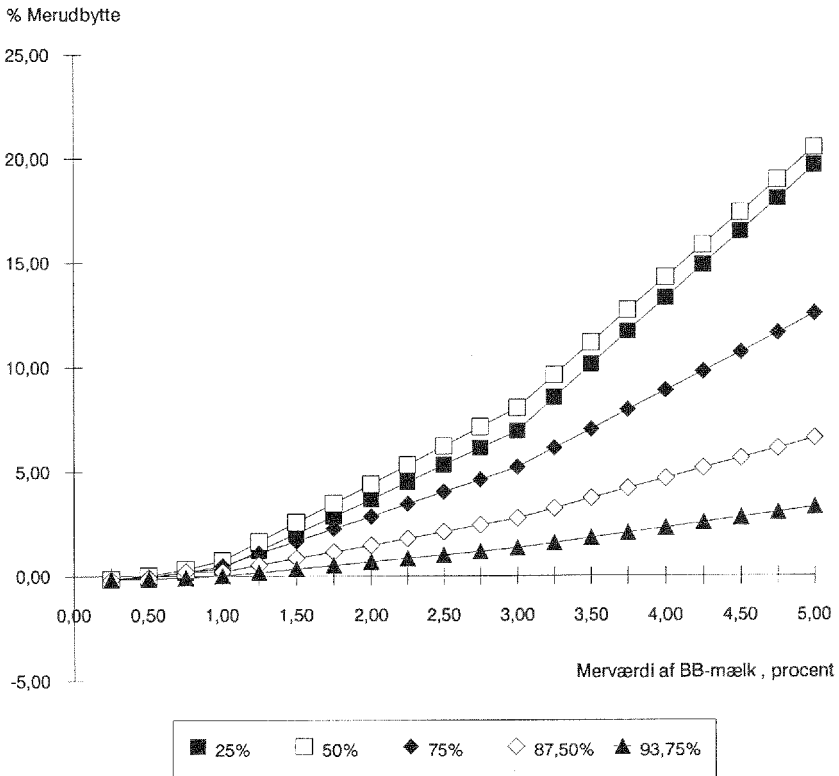
Af Tabel 5 og Figur 1 fremgår det, at det største merudbytte opnås, når startfrekvensen ($p(B)$) af B-varianten er ca. 50%. I takt med at startfrekvensen afviger fra 50%, vil de udvalgte avlsdyr i stigende grad være bærere af enten A-varianten ($p(B) < 50\%$) eller B-varianten ($p(B) > 50\%$). Når startfrekvensen ($p(B)$) nærmer sig 0% eller 100%, vil det derfor være de samme avlsdyr, der udvælges, uanset om der anvendes STRATEGI 3 (indeksstrategien) eller STRATEGI 0 (ingen selektion på genotype). Heraf må det sluttes, at avl for højere frekvens af B-varianten med tiden vil give et aftagende merudbytte.

5.4 Bidrag fra de enkelte kategorier af avlsdyr

I Tabel 6 er bidragene fra de enkelte kategorier af avlsdyr anført. Summen af bidragene er selvfølgelig lig med det samlede resultat, som var anført i Tabel 5. Det fremgår, at ved høj værdi af BB-mælk (v_p mellem 1% og 5%) er bidragene fra TM, BT og TF nogenlunde lige store. Når v_p nærmer sig 1%, falder bidraget fra TM kraftigt, specielt hvis startfrekvensen, $p(B)$, samtidig er høj.

Tabel 5. Ekstra udbytte ved anvendelse af STRATEGI 3 (indeksstrategien) i procent af udbyttet ved anvendelse af STRATEGI 0. Forudsætninger: $g = 14$, $v_m = 0.4$, $v_s = 2$, $v_c = 0.4$, $d = 0.10$, $l = 20$

Startfrekvens af B-varianten	Merværdi af BB-mælk (v_p)					
	0.25%	0.50%	0.75%	1%	3%	5%
25%	-0.17	-0.05	0.17	0.50	6.95	19.63
50%	-0.14	0.03	0.34	0.75	8.05	20.50
75%	-0.15	-0.02	0.20	0.50	5.21	12.43
87.5%	-0.16	-0.09	0.04	0.21	2.78	6.60
93.75%	-0.18	-0.13	-0.07	0.02	1.35	3.30



Figur 1. Illustration af resultaterne i Tabel 5. Ekstra udbytte ved anvendelse af STRATEGI 3 (indeksstrategien) i procent af udbyttet ved anvendelse af STRATEGI 0 Forudsætninger: $g = 14$, $v_m = 0.4$, $v_s = 2$, $v_c = 0.4$, $d = 0.10$ $l = 20$.

Tabel 6. Ekstra udbytte ved anvendelse af STRATEGI 3 (indeksstrategien) i procent af udbyttet ved anvendelse af STRATEGI 0. Bidrag til det samlede resultat i Tabel 5 fra tyrefædre (TF), brugstyre (BT) og tyremødre (TM). Forudsætninger: $g = 14$, $v_m = 0.4$, $v_s = 2$, $v_c = 0.4$, $d = 0.10$, $l = 20$

Startfrekvens af B-varianten	Merværdi af BB-mælk (v_p)					
	0.25%	0.50%	0.75%	1%	3%	5%
	Bidrag fra tyrefædre (TF)					
25%	0.00	0.05	0.12	0.22	2.27	6.32
50%	0.01	0.06	0.16	0.29	2.50	6.26
75%	0.00	0.04	0.11	0.20	1.60	3.73
87.5%	-0.00	0.02	0.06	0.11	0.86	1.97
93.75%	-0.01	0.01	0.03	0.05	0.44	1.00
	Bidrag fra brugstyre (BT)					
25%	-0.02	0.03	0.11	0.23	2.46	6.84
50%	-0.01	0.06	0.16	0.31	2.89	7.43
75%	-0.01	0.03	0.11	0.21	1.92	4.70
87.5%	-0.02	0.00	0.05	0.11	1.05	2.53
93.75%	-0.02	-0.01	0.01	0.05	0.53	1.29
	Bidrag fra tyremødre (TM)					
25%	-0.15	-0.12	-0.06	0.04	2.13	6.27
50%	-0.14	-0.09	0.01	0.15	2.57	6.62
75%	-0.14	-0.10	-0.02	0.08	1.63	3.97
87.5%	-0.14	-0.11	-0.07	-0.02	0.83	2.04
93.75%	-0.14	-0.13	-0.11	-0.08	0.36	0.97

Ved meget lave værdier af BB-mælk (Tabel 6) vil bidraget fra selektion blandt tyremødre næsten altid være negativt. Bidraget fra selektion blandt brugstyre vil blive negativt for den laveste værdi af BB-mælk ($v_p = 0.25\%$), mens v_p skal være mindre end 0.25% , før selektion blandt tyrefædre giver negativt bidrag. Hvis den økonomiske værdi af BB-mælk er lav, og der måske hersker tvivl om den eksakte størrelse, kunne det derfor være hensigtsmæssigt kun at selekttere på genotype blandt tyrefædre og eventuelt brugstyre. Derimod skal selektionen blandt tyremødre kun tages i anvendelse, hvis værdien af BB-mælk (v_p) er over 1% og er bestemt med rimelig stor sikkerhed.

5.5 Gennemsnitsydelse og marginal værdi af ydelse

I Tabel 7 og 8 er anført resultaterne fra beregninger med alternative værdier for g (gennemsnitsydelsen) og v_m (marginal fortjeneste ved mælkeproduktion). Beregningerne er gennemført for 6 alternativer:

1. $g = 12$ genetiske spredningsenheder (= $12 \cdot 500$ kg mælk = 6000 kg mælk), altså lavere gennemsnitsydelse (Tabel 7). Den lavere gennemsnitsydelse bevirker, at fordelene ved at øge frekvensen af

Tabel 7. Ekstra udbytte ved anvendelse af STRATEGI 3 i procent af udbyttet ved anvendelse af STRATEGI 0. Alternative forudsætninger vedrørende g og v_m . Forudsætninger: $v_s = 2$, $v_c = 0.4$, $d = 0.10$, $l = 20$

Startfrekvens af B-varianten	Samlet udbytte (TF + BT + TM)								
	$g = 12, v_m = 0.4$			$g = 14, v_m = 0.6$			$g = 12, v_m = 0.6$		
	v_p			v_p			v_p		
	1%	3%	5%	1%	3%	5%	1%	3%	5%
25%	0.3	5.0	14.5	0.1	1.0	2.8	0.1	2.2	6.5
50%	0.5	6.0	15.6	0.1	1.2	3.0	0.2	2.7	7.5
75%	0.3	3.9	9.7	0.1	0.8	1.9	0.1	1.8	4.8
87.5%	0.1	2.1	5.1	0.1	0.4	1.0	0.0	1.0	3.4
93.75%	-0.0	1.0	2.5	0.0	0.2	0.5	-0.0	0.6	1.7

Tabel 8. Ekstra udbytte ved anvendelse af STRATEGI 3 i procent af udbyttet ved anvendelse af STRATEGI 0. Alternative forudsætninger vedrørende g og v_m . Forudsætninger: $v_s = 2$, $v_c = 0.4$, $d = 0.10$, $l = 20$

Startfrekvens af B-varianten	Samlet udbytte (TF + BT + TM)								
	$g = 16, v_m = 0.4$			$g = 14, v_m = 0.2$			$g = 16, v_m = 0.2$		
	v_p			v_p			v_p		
	1%	3%	5%	1%	3%	5%	1%	3%	5%
25%	0.7	9.2	25.3	2.4	26.6	65.0	3.3	34.2	82.2
50%	1.0	10.4	25.8	3.3	27.4	61.7	4.4	34.4	75.2
75%	0.7	6.6	15.6	2.2	16.4	34.6	2.9	20.2	41.6
87.5%	0.3	3.5	8.2	1.0	8.5	17.7	1.4	10.5	21.2
93.75%	0.1	1.7	4.1	0.4	4.2	8.8	0.6	5.2	10.6

- B-varianten bliver mindre. Det medfører, at det procentvise udbytte reduceres til ca. 2/3 af resultaterne i Tabel 5 (ved $g = 14$).
2. $v_m = 0.6$ (Tabel 7). Større marginal fortjeneste på mælkeproduktion bevirker, at værdien af en ydelsesstigning bliver forøget. Denne forudsætning vil bevirke, at det procentvise udbytte vil reduceres til 1/5 - 1/7 af resultaterne i Tabel 5 (ved $v_m = 0.4$).
 3. I det tredje alternativ i Tabel 7 er alternativ 1 og 2 kombineret, og resultaterne bliver et vægtet gennemsnit af resultaterne i alternativ 1 og 2 (effekten af ændringen i v_m vejer mest).
 4. $g = 16$ genetiske spredningsenheder (= $16 * 500$ kg mælk = 8000 kg mælk), altså højere gennemsnitsydelse (Tabel 8). Den højere gennemsnitsydelse bevirker, at fordelene ved at øge frekvensen af B-varianten bliver større. Det medfører, at det procentvise udbytte forøges med 25% - 50% i forhold til resultaterne i Tabel 5 (ved $g = 14$).
 5. $v_m = 0.2$ (Tabel 8). Mindre marginal fortjeneste på mælkeproduktion bevirker, at værdien af en ydelsesstigning bliver reduceret. Denne forudsætning vil bevirke, at det procentvise udbytte forøges med 3 - 5 gange (forholdsvis mest ved lave frekvenser af B-varianten og ved lave værdier af v_p).
 6. I det sidste alternativ i Tabel 8 er alternativ 4 og 5 kombineret ($g = 16$ genetiske spredningsenheder og $v_m = 0.2$), og resultatet bliver et vægtet gennemsnit af resultaterne i alternativ 4 og 5 (effekten af ændringen i v_m vejer mest).

Udbyttet af selektion på kasein-genotype udviser altså betydelig følsomhed over for ændringer i forudsætningerne, specielt vedrørende den marginale værdi af ydelse (v_m), men også vedrørende gennemsnitsydelsen (g).

5.6 Omkostninger, diskonteringsfaktor og planlægningshorisont

Tabel 9 viser endeligt resultaterne for nogle alternative forudsætninger vedrørende omkostningerne ved identifikation af avlsdyrenes genotyper (v_s og v_c halveret), vedrørende diskonteringsfaktorerne (reduceret fra 0.10 til 0.075), og vedrørende planlægningshorisonten (reduceret fra 20 år til 15 år). Ingen af disse 3 faktorer kunne dog påvirke resultaterne i væsentlig grad.

Tabel 9. Ekstra udbytte ved anvendelse af STRATEGI 3 i procent af udbyttet ved anvendelse af STRATEGI 0. Alternativer vedrørende omkostninger (v_S og v_C), diskonteringsfaktor (d) og planlægningshorisont (l). Forudsætninger når intet andet er anført: $v_m = 0.4$, $g = 14$, $v_S = 2$, $v_C = 0.4$, $d = 0.10$, $l = 20$

Startfrekvens af B-varianten	Samlet udbytte (TF + BT + TM)								
	$v_S = 1, v_C = 0.2$			$d = 0.075$			$l = 15$		
	v_p			v_p			v_p		
	1%	3%	5%	1%	3%	5%	1%	3%	5%
25%	0.4	6.8	19.3	0.6	7.1	20.0	0.7	7.3	20.1
50%	0.7	7.9	20.3	0.8	8.2	20.7	0.9	8.3	20.8
75%	0.5	5.1	12.4	0.5	5.3	12.6	0.6	5.3	12.7
87.5%	0.2	2.7	6.6	0.2	2.8	6.7	0.3	2.9	6.7
93.75%	-0.0	1.3	3.3	0.1	1.4	3.3	0.1	1.5	3.4

6. KONKLUSION

Konklusionerne af denne undersøgelse kan opsummeres i følgende hovedpunkter:

- Frekvensen af B-varianten af κ -kasein er ifølge 2 nyere danske undersøgelser omkring 0.7 hos Jersey. Frekvensen af B-varianten er ikke fastlagt med samme nøjagtighed hos RDM og SDM. I den første undersøgelse var frekvensen 0.2 og i den anden 0.4 hos begge racer.
- Der kan med fordel gennemføres selektion for større frekvens af B-varianten af κ -kasein, hvis værdien af mælk fra køer med genotype BB er mere end 1% større end værdien af mælk fra køer med genotype AA. Det gælder under forudsætning af, at den marginale fortjeneste ved mælkeproduktion er ca. 40% af salgsværdien, og at gennemsnitsydelsen er ca. 14 genetiske spredningsenheder.
- Hvis den økonomiske merværdi af mælk fra køer med genotype BB er 1% eller mindre, eller der er usikkerhed omkring den eksakte størrelse af merværdien, skal selektion på genotypen blandt tyremødre og eventuelt blandt brugstyre udelades. Det gælder kun under forudsætning af, at den marginale fortjeneste ved mælkeproduktion er ca. 40% af salgsværdien, og at gennemsnitsydelsen er ca. 14 genetiske spredningsenheder.
- Hvis der skal gennemføres en selektion for at forøge frekvensen af B-varianten af κ -kasein, bør det ske ved en indeksselektion, hvor ingen genotype på forhånd udelukkes fra avlsarbejdet. Kun ved meget stor værdi af mælk fra BB-genotypen og ved meget høj frekvens af B-varianten vil præselektion af BB-genotyper være næsten konkurrencedygtig med indeksstrategien.
- Beregning af udbyttet ved selektion for øget frekvens af B-varianten af κ -kasein viste sig at være meget følsom overfor ændringer i den marginale værdi af ydelse. Reduceres den marginale værdi af ydelsen, vil det økonomiske udbytte stige kraftigt, mens større marginal værdi af ydelse vil reducere udbyttet.
- Beregningerne af udbyttet ved selektion for øget frekvens af B-varianten af κ -kasein var også følsom overfor ændringer i forudsætningerne vedrørende gennemsnitsydelse. Følsomheden var dog betydeligt mindre end ved marginal værdi af ydelsesfremgang. Lavere gennemsnitsydelse vil reducere udbyttet af selektion på

genotypen, mens højere gennemsnitsydelse vil forøge udbyttet.

- Omkostningerne til identifikation af genotyperne har derimod ikke særlig stor effekt på resultaterne. Det samme gælder for effekt af diskonteringsfaktor og planlægningsperiodens længde.

Før det besluttet, om genotype for κ -kasein skal inddrages i avlsarbejdet, er der tre parametre, som bør være kendt: Merværdien af mælk fra køer med genotype BB i forhold til værdien af mælk fra genotype AA, den marginale værdi af ydelsesfremgangen, og derudover vil det være fordelagtigt at have et mere præcist kendskab til frekvensen af B-varianten hos RDM og SDM. Først når disse faktorer er bestemt med en rimelig sikkerhed, vil det være muligt at udarbejde et mere konkret beslutningsgrundlag for de enkelte racer.

Den tætte kobling mellem arveanlæggene for kaseinproteinerne vil bevirke, at selektion for øget frekvens af B-varianten også vil påvirke frekvensen af varianterne for de øvrige kaseinproteiner. Derfor vil det være ønskværdigt at få belyst virkningen af genetiske varianter af de øvrige kaseinproteiner på osteproduktion og ydelse, samt at få klarlagt koblingsmønsteret for kaseinproteinerne.

7. LITTERATUR

- Aleandri R.; Buttazzoni L.G.; Schneider J.C.; Caroli A.; Davoli R.: 1990. The effects of milk protein polymorphisms on milk components and cheese-producing ability. *J. Dairy Sci.* 73:241-255.
- Bech A.M.; Kristiansen K.R.: 1990. Milk protein polymorphism in Danish dairy cattle and the influence of genetic variants on milk yield. *J. Dairy Res.* 57:53-62.
- Hill W.G.: 1974. Prediction and evaluation of response to selection with overlapping generations. *Anim. Prod.* 18:117-139.
- Kristiansen K.R.: 1990. Personlig meddelelse.
- Larsen B.; Thymann M.: 1966. Studies on milk protein polymorphism in Danish cattle and the interaction of the controlling genes. *Acta Vet. Scand.* 7:189-205.
- Madsen P.; Nielsen S.M.; Rasmussen M.D.; Klastrup O.; Jensen N.E.; Jensen P.T.; Madsen P.S.; Larsen B.; Hyldgaard-Jensen J.: 1987. Undersøgelser over genetisk betinget resitens mod mastitis. 621. Beretning fra Statens Husdyrbrugsforsøg. København. 227pp.
- Marzialli A.S.; Ng-Kwai-Hang K.F.: 1986a. Relationships between milk protein polymorphisms and cheese yielding capacity. *J. Dairy Sci.* 69:1193-1201.
- Marzialli A.S.; Ng-Kwai-Hang K.F.: 1986b. Effects of milk composition and genetic polymorphism on coagulation properties of milk. *J. Dairy Sci.* 69:1793-1798.
- Marzialli A.S.; Ng-Kwai-Hang K.F.: 1986c. Effects of milk composition and genetic polymorphism on cheese composition. *J. Dairy Sci.* 69:2533-2542.

- McLean D.M.; Graham E.R.B.; Ponzoni R.W.; McKensie H.A.: 1984. Effects of milk protein genetic variants on milk yield and composition. *J Dairy Res.* 51:531-546.
- McLean D.M.; Graham E.R.B.; Ponzoni R.W.; McKensie H.A.: 1987. Effects of milk protein genetic variants and composition on heat stability of milk. *J Dairy Res.* 54:219-235.
- 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.
- Ng-Kwai-Hang K.F.; Hayes J.F.; Moxley J.E.; Monardes H.G.: 1986. Relationships between milk protein polymorphisms and major milk constituents in Holstein-Friesian cows. *J. Dairy Sci.* 69:22-26.
- Ng-Kwai-Hang K.F.; Hayes J.F.; Moxley J.E.; Monardes H.G.: 1987. Variation in milk protein concentrations with genetic polymorphism and environmental factors. *J. Dairy Sci.* 70:553-570.
- Pedersen J.: 1985. Miljømæssige og genetiske parametre for protein-ydelsen hos RDM, SDM og Jersey. 586. Beretning fra Statens Husdyrbrugsforsøg. København. 111pp.
- Schaar J.; Hansson B.; Petterson H.-E.: 1985. Effects of genetic variants of κ -kasein and β -lactoglobulin on cheesemaking. *J. Dairy Res.* 52:429-437.