

## **FRAMTIDENS MJÖLK – GENETISKA MÖJLIGHETER ATT PÅVERKA MJÖLKENS SAMMANSÄTTNING OCH TEKNOLOGISKA EGENSKAPER**

### **BAKGRUND**

Avkastningsökningen mätt som producerad mjölmängd, fett- och proteinmängd för Svensk röd och vit boskap (SRB) och Svensk Holstein (SLB) har varit mycket stor under de senaste 25 åren. Den ökande andelen mjölk som processas kräver större kunskap om mjölkråvarans sammansättning och teknologiska egenskaper. Avelsarbetet har varit en drivande kraft i utvecklingen mot allt högre avkastning per ko och år, men sambanden mellan kornas gener och mjölkens sammansättning och processbarhet är ofullständiga. Nya tekniker för genotypning och mer noggranna bestämningar av mjölksammansättningen finns nu tillgängliga, vilket gör det möjligt att förstå dessa samband.

I Sverige har Nötcenter Viken en kärnbesättning med en hög andel tjurmodrar. Mjölkkavkastningen samt fett- och proteinmängden per ko på Nötcenter Viken är 31%, 19% respektive 35% högre jämfört med medelavkastningen per ko för gårdar i Sverige. Genom deras höga avelsvärden återspeglar korna på Nötcenter Viken den förväntade produktionskapaciteten hos våra framtida svenska kor och kan på så sätt klassas som elitkor. Detta ger möjlighet att jämföra framtida mjölksammansättning och teknologiska egenskaper med dagens mjölk, samt att korrigera och anpassa inriktningen av avelsarbetet.

Hypotesen är att kornas gener har en avgörande betydelse för mjölkens sammansättning och teknologiska egenskaper. Genom att studera samband mellan olika gener och mjölkens komponenter i relation till mjölkens teknologiska egenskaper ges möjlighet att värdera och styra framtidens mjölkråvara. Den nya kunskapen kan i förlängningen leda till förbättrad produktkvalitet och ge möjlighet att motsvara de krav som i framtiden kommer att ställas på mjölken vid framställning av nya mejeriprodukter. I förlängningen ger projektet kunskap för att styra mot en optimal råvarukvalitet genom avel.

Den övergripande målsättningen med projektet är att utveckla och värdera kunskap om genernas betydelse för mjölkens sammansättning och teknologiska egenskaper. Frekvensen av den genetiska uppsättningen av leptin, acyl-CoA:diacylglycerol acyltransferas (DGAT), genetiska varianter av kaseiner och  $\beta$ -laktoglobulin studeras i relation till mjölkens protein-, lipid- och kolhydratprofil och processbarhet. Dessutom jämförs mjölk från låg- och högproducerande kor. Det långsiktiga målet är att identifiera genotyper med potential att styra mot en framtida högkvalitativ mjölkråvara.

### **MATERIAL OCH METODER**

I projektet har sammansättning och teknologiska egenskaper studerats på både gårds- och individnivå i mjölk från Nötcenter Viken. På individnivå har dessutom den genetiska uppsättningen av utvalda gener och genetiska proteinvarianter bestämts.

På gårdsnivå har analys av mjölkens protein-, lipid- och kolhydratprofil gjorts i mjölk från kor med känd genetisk bakgrund ur försöksbesättningen vid Nötcenter Viken. Dessa profiler har jämförts med motsvarande analyser av mjölk från en SRB-besättning, en SLB-besättning samt

med silomjök från Falköpings Mejeri som använts som referens. Besättningarna är lokaliserade i samma geografiska område och har likvärdiga utfodringssystem. I mjölkens proteinfraktion har analys gjorts av bl.a. total proteinhalt, kaseiner, vassleprotein, kaseinmicellstorlek och urea. Lipidfraktionen har analyserats med avseende på fettsyrasammansättning, fettkulestorlek och fria fettsyror. Mjölkens kolhydrater i form av laktos och laktat har bestämts. Dessutom har ur mejerisympunkt viktiga teknologiska egenskaper för ostutbyte och produkters hållbarhet studerats. Prover har tagits ut två gånger under vintermånaderna (januari samt februari 2007) och två gånger under sommarmånaderna (augusti 2007) för både gårdsmjök och silomjök.

På individnivå har motsvarande analyser gjorts på mjölkens sammansättning och teknologiska egenskaper som för gårdsnivå. Förutom dessa analyser har koncentrationen av fritt kalcium bestämts samt har djupare studier på oststruktur och ostegenskaper gjorts. Allel- och genotypbestämning av leptin och DGAT samt genetisk variation av  $\beta$ - och  $\kappa$ -kasein samt  $\beta$ -laktoglobulin har utförts. Individuella kor från Nötcenter Viken har valts ut baserat på fenotypvärden (låg- respektive högmjökande) och både SRB- samt SLB-kor har studerats. Mjök- och blodprover har tagits ut en gång under hösten (september 2008) från totalt 48 kor.

Följande tekniker har använts för att analysera genupsättning på individnivå samt mjölsammansättning och teknologiska egenskaper på både gårds- och individnivå, om inget annat anges:

Bestämning av genotyper har gjorts för:

- Leptin (endast individnivå)
- DGAT (endast individnivå)
- $\beta$ - och  $\kappa$ -kasein samt  $\beta$ -laktoglobulin (endast individnivå)

Proteinprofilen har bestämts med följande tekniker:

- Total proteinhalt med Kjeldahl
- Kaseiner och vassleprotein med Kjeldahl
- Urea med IR-metodik
- Lösligt kväve och icke-proteinkväve med Kjeldahl

Lipidprofilen har bestämts med följande tekniker:

- Total lipidhalt med Röse-Gottlieb
- Fettsyrasammansättning med gaskromatografi
- Fria fettsyror med Auto-Analyzer

Kolhydratprofilen har bestämts med följande tekniker:

- Laktoshalt med enzymatisk teknik
- Laktat med enzymatisk teknik (endast gårdsnivå)

Mineraler har bestämts med följande tekniker:

- Kalcium och fosfor med ICP-MS
- Kalium, magnesium och zink med ICP-MS (endast gårdsnivå)
- Fritt kalcium med jonselektiv elektrod (endast individnivå)

Teknologiska egenskaper har studerats på följande sätt:

- Löpekoagulering med reologi
- Modellostar med texturmätning och ostutbyte (endast individnivå)
- Fettkulestorlek med ljusspridning
- Kaseinmicellstorlek med fotonkorrelationspektroskopi (PCS)

- Oxidation med analys av primär- samt sekundärprodukter i oxidationsprocessen (endast gårdsnivå)
- Antioxidativ kapacitet med en spektrofotometrisk metod (endast gårdsnivå)
- Zeta-potential med ljusspridning (endast gårdsnivå)

### Statistisk bearbetning

Statistiska utvärderingar har utförts med Minitab version 14 (Minitab Ltd., U.K.). ANOVA (ANalysis Of VAriance = variansanalys) har använts för att bestämma medelvärden och standardavvikelser. Signifikanta skillnader mellan besättningar, grupperingar samt årstider har analyserats med t-test. Pearsons korrelationskoefficient ( $r$ ) har beräknats för att utvärdera korrelationer (samband) mellan olika analyserade parametrar och metoden general linear model har använts för att utvärdera samband mellan den genetiska uppsättningen och mjölkens sammansättning och teknologiska egenskaper. För alla statistiska utvärderingar har signifikansnivån valts till  $P < 0.05$ . Principalkomponentanalys (PCA) har utförts med Unscrambler version 9.0 (CAMO AS, Oslo, Norge) för att grafiskt studera samband mellan mjölksammansättning och teknologiska egenskaper. Genom att jämföra lokaliseringen av komponenter/egenskaper i grafen fås en uppfattning om hur dessa parametrar samverkar.

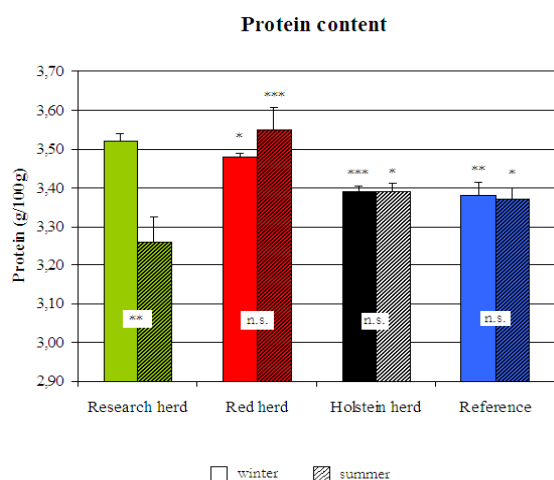
## RESULTAT

Nedan presenteras ett urval av resultaten från delmoment 1-4. Övriga ovannämnda komponenter finns analyserade och presenteras i publicerade artiklar, manuskript som ska skickas in för publicering (se publikationer) samt i rapporter till projektgruppen.

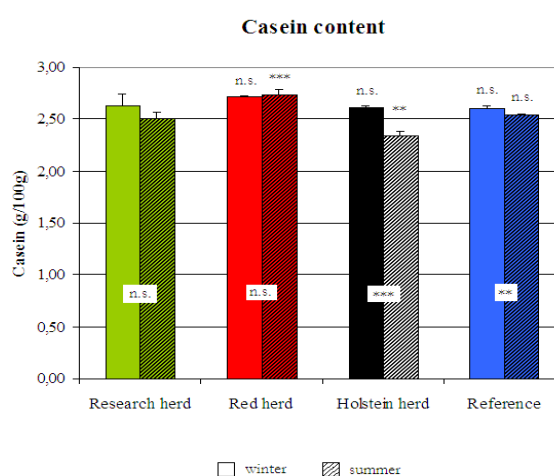
### Delmoment 1: Jämförelse av mjölkens protein-, fett- och kolhydratprofil

#### Mjölksammansättning

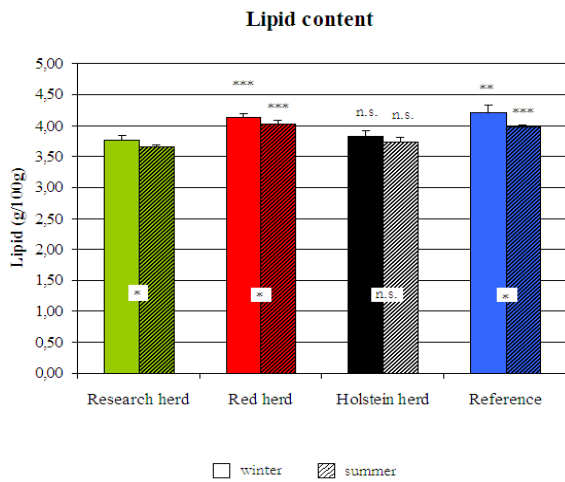
Resultat från analyserna av mjölkens huvudkomponenter, såsom protein-, kasein-, fett- och laktoshalt presenteras i figur 1-4 nedan. Därtill har även ett flertal mindre komponenter analyserats för att ge ökad kunskap om mjölksammansättningen. I figurerna presenteras medelvärde och standardavvikelse. Signifikanta skillnader mellan försöksbesättningen och SRB-besättningen, SLB-besättningen och Referensen visas i figurerna ovanför staplarna, samt signifikanta skillnader mellan vinter- och sommarprov mellan staplarna ( $P < 0.05 = *$ ,  $P < 0.01 = **$ ,  $P < 0.001 = ***$ , icke signifikant = n.s.).



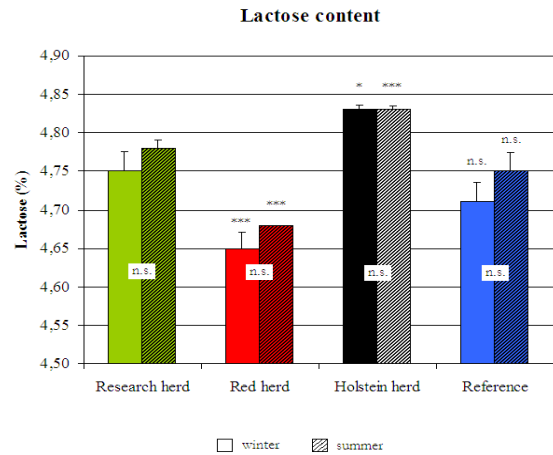
Figur 1. Proteinhalt i %. Research herd=försöksbesättning på Nötcenter Viken; Red herd=SRB-besättning; Holstein herd=SLB-besättning; Reference=silomjolk från Falköpings Mejeri.



Figur 2. Kaseinhalt i %. Research herd=försöksbesättning på Nötcenter Viken; Red herd=SRB-besättning; Holstein herd=SLB-besättning; Reference=silomjolk från Falköpings Mejeri.



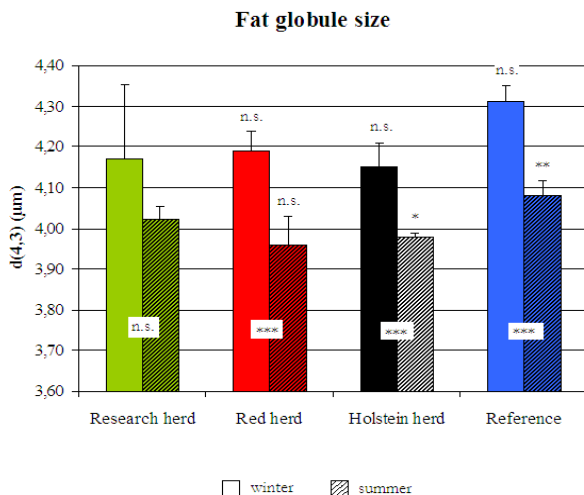
Figur 3. Fetthalt i %. Research herd=försöksbesättning på Nötcenter Viken; Red herd=SRB-besättning; Holstein herd=SLB-besättning; Reference=silomjolk från Falköpings Mejeri.



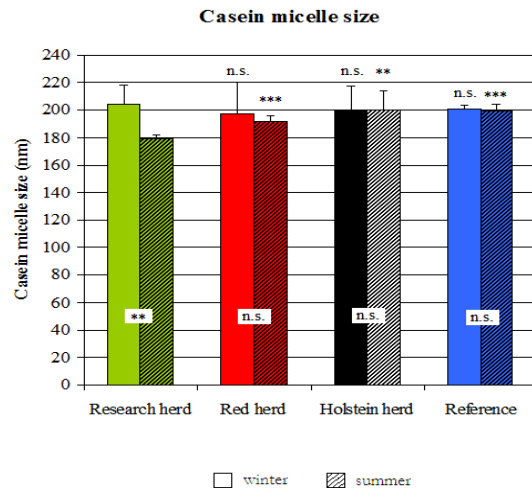
Figur 4. Laktoshalt i %. Research herd=försöksbesättning på Nötcenter Viken; Red herd=SRB-besättning; Holstein herd=SLB-besättning; Reference=silomjolk från Falköpings Mejeri.

### Teknologiska egenskaper

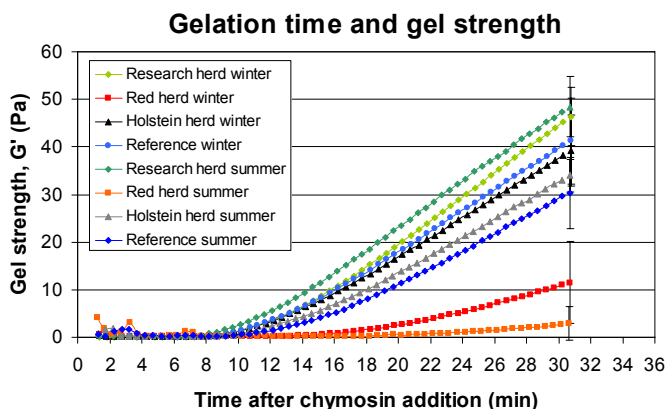
Resultat från analyserna av fettkulestorlek, kaseinmicellstorlek och koagulerings- samt gelstyrka presenteras i figur 5, 6 och 7 nedan.



Figur 5. Fettkulestorlek. Research herd=försöksbesättning på Nötcenter Viken; Red herd=SRB-besättning; Holstein herd=SLB-besättning; Reference=silomjolk från Falköpings Mejeri.



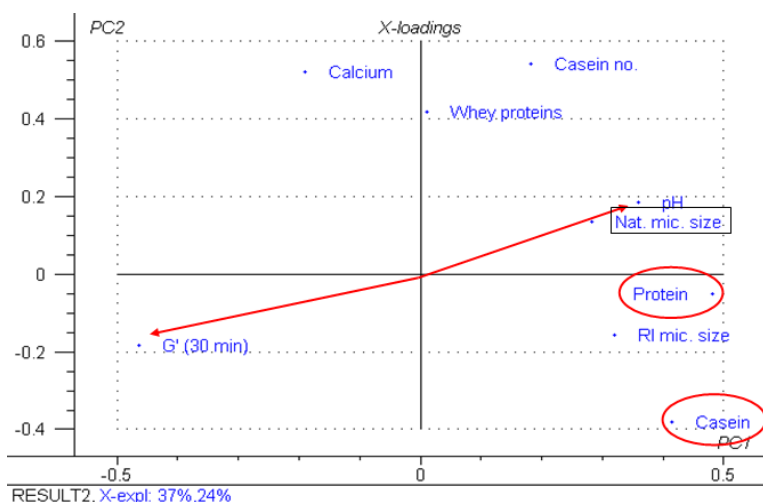
Figur 6. Kaseinmicellstorlek. Research herd=försöksbesättning på Nötcenter Viken; Red herd=SRB-besättning; Holstein herd=SLB-besättning; Reference=silomjolk från Falköpings Mejeri.



Figur 7. Koagulerings- och gelstyrka. Research herd=försöksbesättning på Nötcenter Viken; Red herd=SRB-besättning; Holstein herd=SLB-besättning; Reference=silomjolk från Falköpings Mejeri.

### Samband mellan parametrar

En del av parametrarna analyserades med PCA för att studera samband mellan mjölksammansättning och teknologiska egenskaper (Figur 8). Genom att jämföra lokaliseringen av komponenter/egenskaper i figuren fås en uppfattning om hur dessa parametrar samverkar.



Figur 8. Scores och X-loadings från principalkomponentanalys (PCA). Nat.mic.size = nativ kaseinmicellstorlek; RI mic.size = löpeinducerad kaseinmicellstorlek. Se förklaringar nedan.

I figur 8 ses att nativ kaseinmicellstorlek, det vill säga den storlek som kaseinmicellerna har naturligt i mjölken, är negativt korrelerad med gelstyrka ( $G'$  (30min)), vilket indikerar att mindre kaseinmiceller bildar en starkare gel. Detta ses i figuren genom att nativ kaseinmicellstorlek ligger i övre högra rutan medan gelstyrkan ( $G'$  (30min)) befinner sig i nedre vänstra rutan. Vidare är nativ kaseinmicellstorlek positivt korrelerad med pH, vilket innebär att ju högre pH i mjölken desto större kaseinmiceller. Detta ses i figuren genom att nativ kaseinmicellstorlek och pH ligger nära varandra i samma ruta. Protein- och kaseinhalt tenderar att korrelera positivt, d.v.s. ju högre proteinhalt desto högre kaseinhalt, vilket ses genom att även de befinner sig nära varandra i samma ruta.

## Delmoment 2: Screening av den genetiska uppsättningen av leptin, DGAT, kaseiner och $\beta$ -laktoglobulin

DNA utgör genomet eller arvsmassan hos alla levande organismer och består hos nötkreatur av ca tre miljarder baspar. Varje baspar består av två nukleotider som i sin tur är uppbyggda av en sockergrupp (deoxiribos), en fosfatgrupp och en av de fyra kvävebaserna adenin (A), tymin (T), guanin (G) och cytosin (C). Vid screening av den genetiska uppsättningen av en gen kan man studera SNP (Single Nucleotide Polymorphism), som är en positionsbestämd variation i arvs massa som berör en enda nukleotid. Från screeningen får man fram en individs alleler och därmed genotyp för en given position i genomet. En allel är en av två eller flera varianter av en gen, där variationen består av de fyra kvävebaserna A, T, G eller C. En genotyp anger i sin tur vilken kombination av alleler individen bär på. En gen har alltså två olika alleler (t.ex. A och T) som kan kombineras ihop till tre olika genotyper (i detta exempel AA, AT och TT).

Resultaten från screeningen av den genetiska uppsättningen av leptin och DGAT presenteras i tabell 1. Screeningen innefattar analys av SNP:arna A1457G, A252T, A59V och C963T på leptingenen, SNP T945M på leptinreceptorn samt DGAT.

Tabell 1. Allel- och genotypfrekvenser av leptin och acyl-CoA:diacylglycerol acyltransferas (DGAT) hos individuella kor.

| Genposition     | SNP    | Allel |   | Genotypfrekvens (%) |    |    | Allelfrekvens (%) |    |
|-----------------|--------|-------|---|---------------------|----|----|-------------------|----|
|                 |        | 0     | + | 00                  | 0+ | ++ | 0                 | +  |
| Leptin          | A1457G | A     | G | 20                  | 39 | 41 | 39                | 61 |
|                 | A252T  | A     | T | 67                  | 33 | 0  | 84                | 16 |
|                 | A59V   | C     | T | 65                  | 28 | 7  | 79                | 21 |
|                 | C963T  | C     | T | 22                  | 38 | 40 | 41                | 59 |
| Leptin receptor | T945M  | C     | T | 74                  | 26 | 0  | 86                | 14 |
| DGAT            |        | A     | G | 7                   | 16 | 77 | 15                | 85 |

I tabell 1 kan allel- och genotypfrekvenser hos kor på Nötcenter Viken ses. För de individuella korna på Nötcenter Viken finns det övervägande A allel och AA genotyp av leptin A252T, övervägande C allel och CC genotyp av leptin A59V, övervägande C allel och CC genotyp av leptin T945M samt övervägande G allel och GG genotyp av DGAT. För att få en uppfattning om det finns skillnader mellan raserna görs en uppdelning av den genetiska uppsättning av leptin och DGAT avseende ras, vilket kan ses i tabell 2.

Tabell 2. Allel- och genotypfrekvenser av leptin och acyl-CoA:diacylglycerol acyltransferas (DGAT) hos individuella kor uppdelat i raserna Svensk röd och vit boskap (SRB) samt Svensk Holstein (SLB).

| Genposition     | SNP    | Allel |   | Genotypfrekvens (%) |         |         | Allelfrekvens (%) |         |
|-----------------|--------|-------|---|---------------------|---------|---------|-------------------|---------|
|                 |        | 0     | + | 00                  | 0+      | ++      | 0                 | +       |
|                 |        |       |   | SRB/SLB             | SRB/SLB | SRB/SLB | SRB/SLB           | SRB/SLB |
| Leptin          | A1457G | A     | G | 2/18                | 15/24   | 30/11   | 10/29             | 38/23   |
|                 | A252T  | A     | T | 17/50               | 31/2    | 0/0     | 33/51             | 15/1    |
|                 | A59V   | C     | T | 46/19               | 2/26    | 0/7     | 46/33             | 1/20    |
|                 | C963T  | C     | T | 2/20                | 16/22   | 31/9    | 10/31             | 39/20   |
| Leptin receptor | T945M  | C     | T | 35/39               | 13/13   | 0/0     | 41/45             | 7/7     |
| DGAT            |        | A     | G | 0/7                 | 2/14    | 49/28   | 1/14              | 50/35   |

I tabell 2 ses att SRB inte har DGAT AA eller leptin A59V TT genotyper, medan de har en stor andel AT genotyp samt T allel av leptin A252T. SLB däremot har en stor andel CT genotyp samt T allel av leptin A59V, en stor andel CC genotyp av leptin C963T och en stor andel A allel av DGAT.

Frekvensen av genetiska varianter av  $\beta$ -laktoglobulin samt  $\beta$ - och  $\kappa$ -kasein presenteras i tabell 3.

Tabell 3. Frekvensen av genetiska varianter av  $\beta$ -laktoglobulin,  $\beta$ -kasein och  $\kappa$ -kasein hos individuella kor.

| Protein                | Genetisk variant | Frekvens (%) | Protein          | Genetisk variant | Frekvens (%) |
|------------------------|------------------|--------------|------------------|------------------|--------------|
| $\beta$ -laktoglobulin | AA               | 45           | $\kappa$ -kasein | AA               | 30           |
|                        | AB               | 40           |                  | AB               | 25           |
|                        | BB               | 15           |                  | AE               | 20           |
| $\beta$ -kasein        | A1A1             | 5            |                  | BB               | 10           |
|                        | A1A2             | 60           |                  | BE               | 10           |
|                        | A2A2             | 35           |                  | EE               | 5            |
|                        |                  |              |                  |                  |              |

I tabell 3 ses att frekvenserna av  $\beta$ -laktoglobulin AA och AB är likvärdiga, medan det finns en övervägande andel av  $\beta$ -kasein A1A2 hos de studerade elitkorna.

### Delmoment 3: Samband mellan genetisk uppsättning och mjölkens innehåll av protein, fett, laktos samt mjölmängd

I tabell 4 presenteras signifikanta samband mellan utvalda gener samt  $\beta$ -laktoglobulin och mjölkens sammansättning.

Tabell 4. Exempel på signifikanta samband ( $P < 0.05$ ) mellan mjölmängd, genotyper av acyl-CoA:diacylglycerol acyltransferas (DGAT), leptin A252T samt leptin T945M och mjölk-sammansättning.

| Modell: | Mjölmängd       | Genotyp                   |                |                          |
|---------|-----------------|---------------------------|----------------|--------------------------|
|         |                 | DGAT                      | Leptin A252T   | Leptin T945M             |
|         | Protein**       | Fria fettsyror*           | Mjölmängd*     | pH*                      |
|         | Kasein*         | Mättade FA <sup>1</sup> * | Protein**      | Fritt kalcium vid 32°C** |
|         | Vassleprotein** | Enkelomättade FA*         | Kasein*        |                          |
|         |                 | C20 och >C20 FA*          | Vassleprotein* |                          |

<sup>1</sup> FA = fettsyror

\*:  $P < 0.05$ ; \*\*:  $P < 0.01$ ; \*\*\*:  $P < 0.001$

I tabell 4 kan ses att genotyperna av leptin A252T har effekt på både mjölmängd och mjölkens proteinfraktion. En djupare statistisk analys av resultaten i tabell 4 visar att leptin A252T AT genotypen ger en ökad halt av protein, kasein samt vassleprotein, medan AA genotypen ger en ökad mjölmängd. Vidare kan ses att DGAT har effekt på mjölkens fettfraktion och fettsyrsammansättning. En jämförelse mellan låg- och högproducerande elitkor visar att kor med en lägre mjölkproduktion producerar mjölk med högre protein-, kasein- och vassleproteinhalt.

### Delmoment 4: Samband mellan genetisk uppsättning och mjölkens teknologiska egenskaper

I tabell 5 presenteras signifikanta samband mellan utvalda gener samt  $\beta$ -laktoglobulin och mjölkens teknologiska egenskaper.

Tabell 5. Exempel på signifikanta samband ( $P < 0.05$ ) mellan mjölmängd, genotyper av leptin A252T, leptin T945M samt  $\beta$ -laktoglobulin ( $\beta$ -Lg) och teknologiska egenskaper.

| Modell: | Mjölmängd            | Genotyp               |              |                              |
|---------|----------------------|-----------------------|--------------|------------------------------|
|         |                      | Leptin A252T          | Leptin T945M | $\beta$ -Lg                  |
|         | Ostutbyte*           | Gelstyrka*            | Gelstyrka*   | Koaguleringsstid*            |
|         | Kaseinmicellstorlek* | Kaseinmicellstorlek** | Osthårdhet*  | Motstånd mot gelnedbrytning* |

\*:  $P < 0.05$  ; \*\*:  $P < 0.01$ ; \*\*\*:  $P < 0.001$

Genotyper av de analyserade generna har även effekt på mjölkens teknologiska egenskaper, vilket kan ses i tabell 5. En djupare statistisk analys av resultaten i tabell 5 indikerar att leptin A252T AT genotypen ger en ökad gelstyrka och minskad kaseinmicellstorlek. Enligt resultaten från publikation 2 skulle en selektivitet för dessa parametrar förbättra mjölkens koaguleringsegenskaper.  $\beta$ -laktoglobulin AA associerar med en snabb gelbildning och ett högt motstånd mot gelnedbrytning, vilket tyder på bra gelegenskaper vid osttillverkning.

## DISKUSSION

När man studerar mjölkavkastning hos kor är det viktigt att studera både halter av komponenter och mängden av dessa. Resultaten visar att korna på Nötcenter Viken (högt avkastande och höga avelsvärden) har högre avkastning för komponenter i protein-, fett- och kolhydratprofiler liksom för mineraler, medan vissa halter av mjölkkomponenterna har minskat, t.ex. fetthalt och halten av vassleprotein, jämfört med kontrollgrupperna. En lägre halt av mjölkkomponenter kan påverka mjölkens näringsvärde och processbarhet. Dock visar mjölk från Nötcenter Viken bra löpeinducerade koaguleringsegenskaper, medan den är mer känslig för oxidation och har en lägre total antioxidativ kapacitet. Detta demonstrerar att avelsstrategier påverkar mjölkens sammansättning, avkastningen av olika beståndsdelar samt mjölkens processbarhet betydligt, vilket visar på möjligheterna att förändra mjölkens kvalitet genom avel. Dessutom är resultaten viktiga för att öka förståelsen om effekterna av genetisk selektion. Studien visar även att det är svårt att öka både mängden mjölk och halten av mjölkens komponenter på samma gång (resultat i publikation 1). Vidare visar studien på möjligheten att förbättra löpeinducerade koaguleringsegenskaper genom att avla för mindre kaseinmicellstorlek i mjölk, vilket i sin tur skulle kunna optimera det initiala steget vid osttillverkning (resultat i publikation 2).

Bestämning av genotyper av leptin och DGAT visar att det finns en variation för de studerade SNP samt att det finns skillnader i allelfrekvens mellan de olika raserna hos korna på Nötcenter Viken. Resultaten är av stor vikt för att kunna justera och anpassa inriktningen av avelsarbetet. Vidare indikerar studien att kornas gener har betydelse för både mjölkens sammansättning och teknologiska egenskaper och att olika genotyper av de analyserade generna ger upphov till varierande sammansättning och funktionella egenskaper. Detta visar på möjligheten att förändra mjölkens sammansättning och processbarhet efter de svenska mejeriernas behov genom ett selektivt avelsarbete (resultat i publikation 3-5). Studien är baserad på ett begränsat antal kor, men trots detta har vi sett effekter på både mjölksammansättning och teknologiska egenskaper. Detta projekt kan därför betraktas som ett pilotprojekt till framtida projekt med möjlighet att i större skala studera genernas samband med mjölkens kvalitet och processbarhet.

Sambanden mellan de analyserade generna och mjölkens kvalitet visar att de utvalda generna påverkar olika fraktioner i mjölken. Resultaten visar till exempel på att DGAT har betydelse



för mjölkens fettfraktion och fettsyrasammansättning, vilket öppnar upp för möjligheter att möta nya krav på fettsammansättningen i mjölk och mejeriprodukter som ett led i konsumenternas ökade medvetenhet om hälsoaspekter. Leptin däremot visar på samband med mjölkens proteinfraktion och funktionella egenskaper hos mjölk som kan kopplas till proteinfraktionen, såsom oststruktur och ostegenskaper. Detta ger i sin tur möjligheter att redan på gårdsnivå optimera och förbättra osttillverkningen. Studien som helhet ger på så sätt möjligheter att välja ut kvigor/kor som producerar mjölk med önskad sammansättning och funktionella egenskaper och kan i förlängningen bidra till ökad lönsamhet inom mjölkproduktionen och mejeriindustrin (resultat i publikation 3-5) .

### **Slutsats**

Projektet har alltså visat på möjligheter att förändra mjölkens sammansättning och teknologiska egenskaper efter de svenska mejeriernas behov genom ett selektivt avelsarbete. Resultaten är en viktig del av den framtida råvarukunskapen och ger möjlighet för att kunna styra och optimera mjölkråvarans användning på ett snabbare och mer önskvärt sätt. Projektet ger unik information på forskningsnivå om samband mellan gener och mjölkkomponenter som i förlängningen kommer att vara praktiskt tillämpbar i avelsarbetet för att optimera både råvarans och produkternas kvalitet, stabilitet och hållbarhet.

### **PUBLIKATIONER**

Publikation 1: Glantz M., Lindmark Månsson H., Stålhammar H., Bårström L-O., Fröjelin M., Knutsson A., Teluk C. and Paulsson M. 2009. Effects of animal selection on milk composition and processability. *Journal of Dairy Science*. 92:4589–4603.

Publikation 2: Glantz M., Devold T.G., Vegarud G.E., Lindmark Månsson H., Stålhammar H. and Paulsson M. Importance of casein micelle size and milk composition for milk gelation. *Inskickad till Journal of Dairy Science*.

Publikation 3: Glantz M., Lindmark Månsson H., Stålhammar H. and Paulsson M. Impact of genetic polymorphism on milk composition and milk yield. *Under bearbetning*.

Publikation 4: Glantz M., Dejmek P., Lindmark Månsson H., Stålhammar H. and Paulsson M. Impact of genetic polymorphism on technological properties of milk – structural studies on cheese. *Under bearbetning*.

Publikation 5: Glantz M., Stålhammar H., Lindmark Månsson H. and Paulsson M. Genomic selection in relation to milk components. *Under bearbetning*.

### **ÖVRIG RESULTATFÖRMEDLING TILL NÄRINGEN**

En delmängd av resultaten har presenterats som poster eller muntlig presentation vid följande konferenser:

- Posterpresentation på IDF World Dairy Summit 2007, Dublin, Irland den 29 september – 4 oktober 2007.
- Posterpresentation på IDF World Dairy Summit 2008, Mexico City, Mexico den 11-14 november 2008.
- Muntlig presentation på Dairy Structures – Health and Functionality, NordForsk Network, Wadahl, Norge den 25-27 mars 2009.

Projektet har informerats om i:

- Kärnfullt, nr 3/2007
- Forskning Special, utgiven 2007-08-23
- Livsmedel i Fokus, nr 1/2008
- Forskning Special, nr 10/2009

Projektet och resultaten har även presenterats vid följande tillfällen:

- Svensk-Danskt symposium om mjölkkvalitet, Svensk Mjölk, Lund (2006-11-29)
- Seminarium vid avdelningen för Livsmedelsteknik, Lunds Universitet (2006-12-01)
- Uppdragsutbildningen Mejeriteknologi, Lunds Universitet (2007-04-19, 2008-04-03, 2009-04-21)
- Svensk-Danskt symposium om mjölkkvalitet, Mejeriföreningen, Köpenhamn, Danmark (2007-06-11)
- Uppdragsutbildningen Mejeriprocesser, Lunds Universitet (2007-10-12, 2008-10-07)
- Nordic seminar on milk coagulation, SLU, Uppsala (2007-11-22 – 2007-11-23)
- Norrmejerier, Umeå (2008-02-27)
- Seminarium vid avdelningen för Livsmedelsteknik, Lunds Universitet (2008-05-30)
- Temadagar om mjölkkvalitet, Svensk Mjölk, Lund (2008-09-04 – 2008-09-05)
- Svensk-Danskt symposium om mjölkkvalitet, Århus Universitet, Foulum, Danmark (2008-09-10)
- Uppdragsutbildningen Mejeribranschens & LTH:s utbildning – Produkt- & processtekniker – mejeri, Lunds Universitet (2009-01-12)
- Arla Foods, Götene (2009-05-12)

Projektet finns beskrivet på följande hemsida:

- Avdelningen för Livsmedelsteknik, Lunds Univeristet  
[http://www.food.lth.se/english/contacts/personnel/personal\\_home\\_pages/mariag/](http://www.food.lth.se/english/contacts/personnel/personal_home_pages/mariag/)