

Slutrapport SLF-projekt H1230001

Fortsättningsansökan till SLF-projekt V0930028: Milk genomics – genernas betydelse för variationen i sammansättning och teknologiska egenskaper i svensk-dansk mjölk

*Prof. Marie Paulsson, Dr. Maria Glantz och Dr. Frida Gustavsson
Institutionen för Livsmedelsteknik, Lunds Universitet*

Bakgrund

Milk genomics syftar till forskning om gener som kontrollerar och påverkar mjölkproduktionen hos ett däggdjur och i förlängningen sammansättningen och teknologiska egenskaper av mjölk och olika mejeriprodukter. En bättre förståelse för hur det bovina genomet påverkar nämnda faktorer kan leda till en förbättrad avel av mjölkkor. Detta projekt är en fortsättning (år 4) på det SLF-finansierade doktorandprojektet ”Milk genomics – genernas betydelse för variationen i sammansättning och teknologiska egenskaper i svensk-dansk mjölk” (SLF-projekt V0930028). Det svensk-danska milk genomics initiativet har som övergripande mål att koppla samman den genetiska uppsättningen med variationer i mjölkens sammansättning och teknologiska/näringsmässiga egenskaper. Huvudsyftet är att identifiera genmarkörer hos kor med potential att genom avel styra mot en framtida mjölkråvara med önskade kvalitetsegenskaper. I denna avslutande del i doktorandprojektet (år 4 i ursprungsansökan) har mjölkens kalciuminnehåll (fritt/bundet) i relation till storleken på kaseinmicellerna i mjölk från individuella kor med känd genuppsättning studerats. Projektet ger ny information om hur man genom avel kan optimera storlek på och kalciuminnehåll i mjölkens kaseinmiceller, vilket har stor betydelse för mjölkens näringsmässiga innehåll samt teknologiska egenskaper vid produktion av ost och fermenterade produkter.

Projektet är del utav ett samarbete, det svensk-danska milk genomics initiativet, mellan Lunds Universitet, Sveriges Lantbruksuniversitet, LRF Mjölk och VikingGenetics i Sverige samt Århus Universitet och Arla Foods i Danmark. I initiativet har tre av de vanligaste koraserna i Sverige och Danmark, Svensk Röd och Vit boskap (SRB), Dansk Holstein och Dansk Jersey, studerats med avseende på genetik, mjölksammansättning och teknologiska egenskaper vid produktion av t.ex. ost och yoghurt.

Hypotesen är att kornas gener påverkar mjölkens kalciuminnehåll, både fritt i serumfasen och bundet i kaseinmicellerna, och därmed kaseinmicellernas storlek och egenskaper som är betydelsefulla för mjölkprodukters kvalitet. Det övergripande målet i detta avslutande projekt var att identifiera samband mellan kornas gener och mjölkens kalciuminnehåll. Syftet var att i mjölk från kor med tidigare i projektet kartlagd genetisk uppsättning, komplettera bilden av mjölkens sammansättning genom att studera kalciuminnehåll, både fritt i serumfasen och bundet i kaseinmicellerna, i relation till storleken på kaseinmicellerna i mjölk och i förlängningen i relation till mjölkens löpe- och syrainducerade koaguleringssegenskaper.

Material och metoder

Inom ramen för SLF-projekt V0930028, samlades mjölk- och blodprover in från drygt 400 kor av rasen SRB på 20 gårdar runt om i Västergötland, Småland och Östergötland, under våren och hösten 2010 samt under våren 2011. Majoriteten av korna var i laktationsnummer

1-3 (1% i laktationsnummer 4) och i laktationsvecka 7-40 (2% före vecka 7 och 10% efter vecka 40). Alla SRB-kor som är inkluderade i studien har ett celltal lägre än 300 000 celler/ml. Foderinformation och mjölkavkastning samlades in för varje gård respektive ko.

Analys av mjölkens totala kalciuminnehåll bestämdes med inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy (ICP-AES) medan fritt kalcium bestämdes med en kalciumjonselektiv elektrod. Analyserna gjordes på 97 mjölkprov av SRB-rasen med känd genetisk uppsättning. Teknologiska egenskaper avseende löpekoagulering och storleksbestämning av kaseinmiceller analyserades även på de 97 SRB-proverna. Löpeinducerad koagulering undersöktes med lågampplitud-oscillation med en Stresstech reometer (ReoLogica AB, Lund, Sverige) vid kontrollerad deformation vid 0.01 och frekvensen 1 Hz. Kymosin tillsattes till proverna (0.09 IMCU/ml mjölk) varefter mätningarna utfördes vid 32°C. Analyserna ger en simulering av löpeinducerad aggregering av kaseinmicellerna i mjölken och därmed bildande av ostkoagel. Dynamisk ljusspridning användes för att bestämma den volymsviktade diametern, $D[4,3]$, på mjölkens kaseinmiceller. Dessutom användes asymmetrisk flödes-fältflödesfraktionering (AsFlFFF) kopplat med ljusspridning- och brytningsindex för att bestämma mängden kalcium bundet i kaseinmiceller av olika storlek.

För att koppla samman den genetiska uppsättningen med variationer i mjölkens kalciuminnehåll och storlek på kaseinmiceller har data använts på olika genetiska varianter av α_{S1} -, κ - och β -kasein samt β -laktoglobulin för de studerade individuella korna.

Statistiska utvärderingar har utförts med Unscrambler X software (version 10.2, Camo Software AS, Oslo, Norge). PLS-regression har använts för att undersöka vilka olika faktorer som påverkar löpekoagulering i mjölken, bland annat kalciuminnehåll och kaseinmicellstorlek. De faktorer som inkluderades i analysen var laktationsstadium (tidigt, mitten, sent, väldigt sent), antal kalvningar, fetthalt, proteinhalt, kaseinhalt, relativa koncentrationer av α -laktalbumin, β -laktoglobulin, α_{S1} -kasein, α_{S2} -kasein, β -kasein och κ -kasein. Vidare inkluderades pH, volymsviktad kaseinmicelldiameter samt koncentration av fritt kalcium, totalt kalcium och totalt fosfor. För alla statistiska utvärderingar har signifikansnivån valts till $P < 0.05$.

För att bestämma effekten av komposita β - κ -kasein genotyper på koncentration av fritt kalcium och totalt kalcium samt kaseinmicellstorlek har följande modell (linear mixed model) använts:

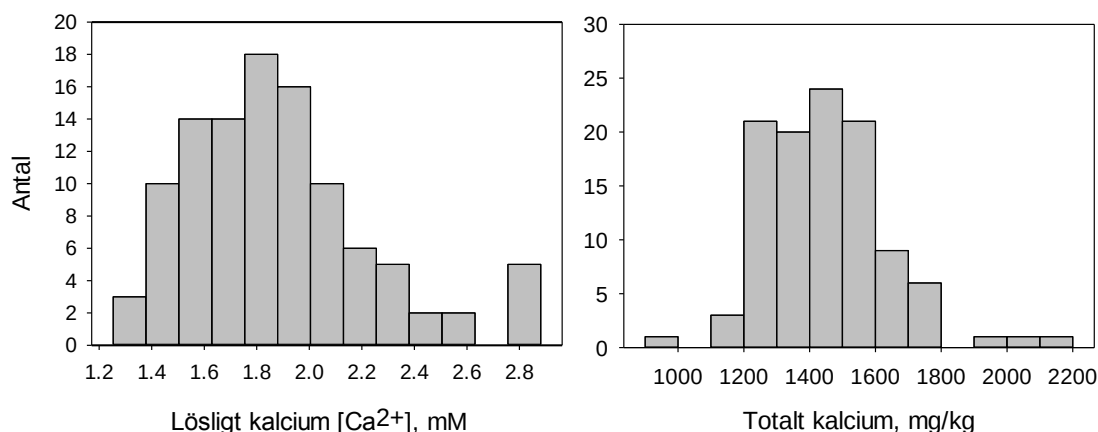
$$Y_{ijk} = \mu + \text{besättning}_i + \text{laktationsnr}_j + \text{laktationsstadie} + \text{kompngen}_2 + \text{kompngen}_3 + \text{kompngen}_4 + \text{kompngen}_5 + \text{kompngen}_6 + \text{kompngen}_7 + \text{kompngen}_8 + \text{kompngen}_9 + A_k + e_{ijk}$$

där Y_{ijk} är fenotypen av individ k i besättning i och laktationsnummer j , μ är medelvärdet för egenskapen, besättning är en fixerad effekt ($i = 1, 2, \dots, 21$), laktationsnummer är en fixerad effekt ($j = 1, 2, 3, 4$), laktationsstadie är en kovariat av antalet dagar sedan senaste kalvning (dag 18-427), kompngen är en vektor med 0 och 1 anpassad som en kovariat vilken ger den komposita β - κ -kasein genotypen av djuret. Kompngen₁ är den komposita genotypen A^1A^2/AE som är den vanligaste hos SRB. Kompngen₂₋₉ är de andra komposita genotyperna som finns representerade i fler än 2.5% av korna. A_k är den slumpmässiga additiva genetiska effekten av djur k och e_{ijk} är felresidualen. Modellen tog hänsyn till släktskap mellan djur vilket sträckte sig fem generationer tillbaka.

Resultat

Delmoment 1: Samband mellan genetisk uppsättning och fritt/bundet kalcium

Mjölken från SRB hade i medeltal 1.94 ± 0.36 mM fritt kalcium och 1440 ± 170 mg totalt kalcium/kg mjölk. Figur 1 nedan visar på variationen i kalciuminnehåll i de analyserade mjölkproverna.



Figur 1. Histogram som visar variationen i mängden totalt kalcium och mängden fritt kalcium i mjölk från de individuella korna.

Studien visade att kombinerade β - κ -kasein genotyper hade liten eller ingen effekt på mängden fritt kalcium och totalt kalcium (Tabell 1). Det fanns dock indikationer på att kor med den komposita genotypen β - κ -kasein A^1A^1/EE har lägre koncentration fritt kalcium än kor med den vanligaste komposita genotypen i SRB, β - κ -kasein A^1A^2/AE ($P < 0.1$). Genetiska varianter av β -laktoglobulin hade inte heller någon effekt på koncentrationen av fritt eller totalt kalcium.

Tabell 1. Uppskattade skillnader i koncentration av fritt och totalt kalcium mellan mjölk från kor med den vanligaste kombinerade β - κ -kasein genotypen i SR, A^1A^2/AE , och kor med andra kombinerade β - κ -kasein genotyper. P -värdet indikerar signifikansen för skillnaden.

β - κ -kasein genotyp	Fritt kalcium [Ca^{2+}], mM	P -värde	Totalt kalcium, g/kg	P -värde
A^1A^2/AE	0		0	
A^2A^2/AA	0.05 ± 0.13	0.37	-53.8 ± 64.9	0.28
A^1A^2/AB	-0.19 ± 0.16	0.20	-44.2 ± 83.1	0.34
A^1A^1/EE	-0.35 ± 0.19	0.07	-76.6 ± 97.4	0.29
A^1A^2/BE	-0.19 ± 0.18	0.22	-134.7 ± 88.2	0.12
A^1A^2/AA	-0.08 ± 0.11	0.31	6.9 ± 55.1	0.39
A^2A^2/AB	-0.06 ± 0.16	0.37	-48.1 ± 74.0	0.32
A^1A^1/AA	-0.19 ± 0.17	0.21	-19.5 ± 76.1	0.38
A^1A^1/AE	0.16 ± 0.14	0.21	28.3 ± 69.1	0.37

Delmoment 2: Samband mellan genetisk uppsättning, kalciuminnehåll och kaseinmicellstorlek

Asymmetrisk flödes-FFF (AsFlFFF) kopplades samman med ljusspridnings- och brytningsindexbestämningar för att erhålla mängden kalcium bundet i kaseinmiceller av olika storlek. Försök gjordes där fraktioner av kaseinmiceller av olika storlek samlades in och sedan analyserades med avseende på total kalciumkoncentration. Resultaten från försöken visade

ingen skillnad i kalciumkoncentration mellan proverna. Därför användes istället resultaten från kaseinmicellmätningarna med dynamisk ljusspridning. Proverna grupperades med avseende på medelstorlek på kaseinmicellerna för att undersöka om det fanns någon skillnad i kalciumkoncentration i prover med små kaseinmiceller jämfört med prover med stora kaseinmiceller (Tabell 2). Inga signifikanta skillnader kunde dock observeras i mängden fritt kalcium och totalt kalcium i prover med stora ($D[4,3] > 145$ nm) och små ($D[4,3] < 120$ nm) kaseinmiceller.

Tabell 2. Fritt och totalt kalciuminnehåll i mjölkprover inom olika storleksklasser för kaseinmiceller. Olika bokstäver i samma rad visar signifikant skillnad ($P < 0.05$). n = antal prov i respektive klass.

	Storleksklasser för kaseinmiceller			
	Stora (>145 nm) n = 25	Medium (121-144 nm) n = 51	Små (<120 nm) n = 21	P-värde
D[4,3], nm	145 ± 14^a	127 ± 3^b	120 ± 3^c	0.00
Fritt kalcium [Ca^{2+}], mM	1.99 ± 0.38	1.86 ± 0.37	1.84 ± 0.28	0.24
Totalt kalcium, mg/kg	1446 ± 150	1400 ± 205	1387 ± 163	0.47

Till skillnad från mängden fritt och totalt kalcium påverkades storleken på kaseinmicellerna av kombinerade β - κ -kasein genotyper (Tabell 3). Kor med de komposita β - κ -kasein genotyperna A^1A^2/AB , A^1A^2/AA och A^1A^1/AA hade mindre kaseinmiceller än kor med A^1A^2/AE , medan kor med β - κ -kasein A^2A^2/AA och A^1A^1/EE hade större kaseinmiceller.

Tabell 3. Uppskattade skillnader i volymsviktad kaseinmicellstorlek ($D[4,3]$) i mjölk från kor med den vanligaste kombinerade β - κ -kasein genotypen A^1A^2/AE och kor med andra kombinerade β - κ -kasein genotyper. P-värdet indikerar signifikansen för skillnaden.

β - κ -kasein genotyp	D[4,3], nm	P-värde
A^1A^2/AE	0	
A^2A^2/AA	10.4 ± 3.9	0.01
A^1A^2/AB	-13.1 ± 4.8	0.01
A^1A^1/EE	12.4 ± 5.5	0.03
A^1A^2/BE	-8.6 ± 5.2	0.10
A^1A^2/AA	-7.9 ± 3.3	0.02
A^2A^2/AB	-4.6 ± 4.6	0.24
A^1A^1/AA	-9.0 ± 4.9	0.07
A^1A^1/AE	-0.5 ± 4.2	0.39

Delmoment 3: Betydelse av kalciuminnehåll och kaseinmicellstorlek i relation till mjölkens löpe- och syrainducerade koaguleringssegenskaper

Inom projekten SLF-projekt V0930028 och Tvärlivsprojekt 222-2010-389 har mjölken analyserats för löpe- och syrainducerad koaguleringsförmåga med reologiska metoder. Detta ger information om tiden det tar innan en gel börjar bildas, dvs. koaguleringsstid (t_g), och styrkan på den bildade gelen, så kallad gelstyrka (G'). Dessutom erhålls information om gelens motstånd mot gelnedbrytning, yield stress (σ_Y). Studien visade att kaseinmicellstorleken har inverkan på koaguleringssegenskaper i både löpe- och syrainducerad mjölk (Tabell 4). Mjölk med stora kaseinmiceller bildar löpe- och syrageler med lägre motstånd mot gelnedbrytning än mjölk med små kaseinmiceller. I löpegeler ger mjölk med stora kaseinmiceller även högre gelstyrka efter 40 minuter (G'_{40}), men ingen skillnad kunde ses för gelstyrkan hos syrageler.

Tabell 4. Koaguleringssegenskaper i löpe- och syrageler inom olika storleksklasser för kaseinmiceller. Olika bokstäver i samma rad visar signifikant skillnad ($P < 0.05$). n = antal prov i respektive klass.

Storleksklasser för kaseinmiceller				
Egenskap ¹	Stora (>145 nm) n = 25	Medium (121-144 nm) n = 51	Små (<120 nm) n = 21	P-värde
D[4,3], nm	145±14 ^a	127±3 ^b	120±3 ^c	0.00
t _g , syragel, min	19.5±4.3	19.5±4.5	19.5±3.9	1.00
G' _{syragel} , Pa	237.4±62.0	250.0±61.2	258.1±80.1	0.55
σ _Y , syragel, Pa	10.1±7.8 ^a	15.1±8.7 ^{ab}	16.9±9.4 ^b	0.02
t _g , löpegel, min	21.3±13.4	18.0±11.1	16.5±11.0	0.34
G' _{löpegel} , Pa	47.2±49.0 ^a	74.3±70.3 ^{ab}	104.7±91.9 ^b	0.02
σ _Y , löpegel, Pa	10.1±7.8 ^a	15.1±8.7 ^{ab}	16.9±9.4 ^b	0.02

¹ D[4,3] = volymsviktad kaseinmicellstorlek, t_g = koaguleringsstid, G' = gelstyrka, σ_Y = yield stress

Både fritt kalcium och totalt kalcium har effekt på löpeinducerad koagulering (Tabell 5 och 6). En högre mängd fritt och totalt kalcium ger en kortare koaguleringsstid, högre gelstyrka samt mer motståndskraft mot nedbrytning. För syrageler visade resultaten en motsatt effekt då en kortare koaguleringsstid och en högre gelstyrka erhöles med en lägre halt kalcium (Tabell 5 och 6). Dock visade studien att kalciuminnehållet inte påverkade syragelens motstånd mot nedbrytning.

Tabell 5. Koaguleringssegenskaper i löpe- och syrageler inom olika koncentrationsklasser för fritt kalcium. Olika bokstäver i samma rad visar signifikant skillnad ($P < 0.05$). n = antal prov i respektive klass.

Klasser för koncentration av fritt kalcium				
Egenskap ¹	Låg (<1.52 mM) n = 22	Medium (1.53-2.34 mM) n = 42	Hög (>2.35 mM) n = 39	P-värde
[Ca ²⁺], mM	1.52±0.08 ^a	1.82±0.14 ^b	2.35±0.27 ^c	0.00
Totalt calcium, mg/kg	1325±128 ^a	1408±155 ^{ab}	1487±155 ^b	0.05
t _g , syragel, min	19.1±3.1	18.7±3.5	21.2±5.5	0.03
G' _{syragel} , Pa	230.8±55.7	259.4±64.8	240.2±71.1	0.21
σ _Y , syragel, Pa	27.1±6.5	31.3±12.2	32.1±10.8	0.27
t _g , löpegel, min	26.1±11.0	19.8±11.6	11.3±8.0	0.00
G' _{löpegel} , Pa	32.4±48.2	61.6±59.1	126.7±83.3	0.00
σ _Y , löpegel, Pa	26.1±11.0	19.8±11.6	11.3±8.0	0.00

¹ [Ca²⁺] = koncentration fritt kalcium, t_g = koaguleringsstid, G' = gelstyrka, σ_Y = yield stress

Tabell 6. Koaguleringssegenskaper i löpe- och syrageler inom olika koncentrationsklasser för totalt kalcium. Olika bokstäver i samma rad visar signifikant skillnad ($P < 0.05$). n = antal prov i respektive klass.

Klasser för koncentration av totalt kalcium				
Egenskap ¹	Låg (<1188 mg/kg) n = 22	Medium (1189-1563 mg/kg) n = 42	Hög (>1564 mg/kg) n = 39	P-värde
Totalt calcium, mg/kg	1188±35 ^a	1347±51 ^b	1564±85 ^c	0.00
[Ca ²⁺], mM	1.74±0.31 ^a	1.77±0.27 ^a	2.11±0.33 ^b	0.01
t _g , syragel, min	17.9±3.4 ^a	18.53±3.0 ^a	21.3±5.0 ^b	0.00
G' _{syragel} , Pa	241.1±67.5 ^{ab}	267.8±60.7 ^a	232.1±66.0 ^b	0.05
σ _Y , syragel, Pa	28.5±8.7	30.3±10.7	32.2±12.3	0.48
t _g , löpegel, min	21.4±13.5 ^a	22.4±12.1 ^a	12.7±7.2 ^b	0.00
G' _{löpegel} , Pa	53.6±53.7 ^a	47.9±57.5 ^a	115.5±81.2 ^b	0.00
σ _Y , löpegel, Pa	10.7±8.3 ^a	11.5±8.5 ^a	19.2±7.6 ^b	0.00

¹ t_g = koaguleringsstid, G' = gelstyrka, σ_Y = yield stress

Figur 2. Viktade regressionskoefficienter för PLS-regressioner för koagulerings- t_g), gelstyrka (G'_{40}) och motstånd mot gelnedbrytning (σ_Y).

Figur 2. Viktade regressionskoefficienter för PLS-regressioner för koagulerings- t_g), gelstyrka (G'_{40}) och motstånd mot gelnedbrytning (σ_Y).

Även här kunde det konstateras att högre koncentrationer av fritt kalcium och totalt kalcium var kopplade till kortare koagulerings- och gelstärkningstid och en starkare gel. Dessutom hade kaseinmicellstorlek en stark påverkan på de studerade egenskaperna. Vidare visade studien att proteinhalt har en effekt på gelstyrka och motstånd mot gelnedbrytning men effekten av den relativa koncentrationen av de individuella proteinerna visade sig vara svag. Resultaten visade även att kor i sen laktation gav mjölk med längre koagulerings- och gelstärkningstid och motstånd mot gelnedbrytning.

Inom SLF-projekt V0930028 identifierades en frekvens på 18% av mjölken som inte koagulerade inom 40 minuter efter tillsats av löpe. I de mjölkprover som undersöktes för kalciuminnehåll visade det sig att det var mindre fritt och totalt kalcium i de proverna som inte koagulerade jämfört med de som koagulerade. Skillnaden i totalt kalcium mellan prover som koagulerade och som inte koagulerade var i medeltal 160 mg/kg mjölk.

Diskussion

Resultaten från projekten visar på samband mellan genuppsättning och mjölkens kaseinmiceller och vidare med mjölkens löpe- och syrainducerade koaguleringssegenskaper hos SRB-kor. Kalcium är en viktig källa för näringsinnehållet i mjölk och projektet visade variation i mjölkens kalciuminnehåll, både fritt i serumfasen och bundet i kaseinmicellerna. Det är därför en viktig parameter att ta hänsyn till vid mjölkproduktion.

Projektet visade att proteinhalt, koncentrationen av fritt och totalt kalcium samt kaseinmicellstorlek var de viktigaste faktorerna för att förklara variationer i löpeinducerade gelbildningsegenskaper. Inom SLF-projekt V0930028 visade det sig att kor med de komposita β - κ -kasein genotyperna A^1A^2/AA , A^1A^2/AB , A^1A^2/BE , A^1A^1/AA och A^1A^1/AE ger mjölk med bättre koaguleringssegenskaper än kor med den vanligaste komposita β - κ -kasein genotypen A^1A^2/AE samt den komposita genotypen A^2A^2/AA . Dock hittades det i detta fortsättningsprojekt (SLF-projekt H1230001) inga samband mellan fritt/totalt kalcium och genetiska proteinvarianter, medan komposita β - κ -kasein genotyper hade effekt på kaseinmicellstorlek. Detta skulle kunna vara orsaken till tidigare publicerade skillnader i löpeinducerade gelbildningsegenskaper mellan komposita genotyper i det studerade materialet.

Inom SLF-projekt V0930028 identifierades en frekvens på 18% av mjölken som inte koagulerade inom 40 minuter efter tillsats av löpe. I detta fortsättningsprojekt (SLF-projekt H1230001) visade resultaten att icke-koagulerande mjölk var mer frekvent hos förstakalvare än kor i andra laktation. Dessutom hade icke-koagulerande mjölk mindre fritt och totalt kalcium samt lägre relativa halter av β -laktoglobulin än mjölk som koagulerade inom 40 minuter efter tillsats av löpe. Det lägre kalciuminnehållet i icke-koagulerande mjölk är ett problem eftersom skillnaden är fyra gånger så stor som mängden kalcium som normalt tillsätts vid osttillverkning.

Sammanfattningsvis har projektet visat att mjölkens kalciuminnehåll, både fritt i serumfasen och bundet i kaseinmicellerna, har stor betydelse för mjölkens koaguleringsförmåga i löpe- och syrainducerade geler. Vidare har projektet identifierat potentiella genetiska markörer för mjölkens kaseinmiceller, vilket skulle kunna användas inom avelsarbetet för att optimera mjölkens koaguleringssegenskaper vid produktion av ost och fermenterade produkter och därigenom gynna lönsamheten för både mjölkproducenter och mejeriindustrin.

Publikationer

Frida Gustavsson. 2014. Exploring Coagulation Properties in Bovine Milk Using Milk Genomics Approaches. *Doktorsavhandling*. Lunds Universitet.

F. Gustavsson, M. Glantz, A. J. Buitenhuis, H. Lindmark-Månsson, H. Stålhammar, A. Andrén and M. Paulsson. 2014. Factors influencing rennet-induced gelation of milk from individual dairy cows: major effects of casein micelle size and calcium. Inskickad till International Dairy Journal och under revision.

Glantz, M., Buitenhuis, A.J., Gustavsson, F., Lindmark-Månsson, H., Stålhammar, H., Andrén, A. and Paulsson, M. 2014. Effects of casein composite genotypes and genetic variants of caseins and β -lactoglobulin on acid-induced gelation properties in bovine milk. Manuscript.

Slutsatser

Sammanfattningsvis har projektet bidragit med ökad kunskap om hur kalciuminnehållet påverkar kaseinmicellstorlek och koaguleringssegenskaper i mjölk. Resultaten visade att proteinhalt, koncentrationen av fritt och totalt kalcium samt kaseinmicellstorlek var de viktigaste faktorerna för att förklara variationer i koaguleringssegenskaper. Projektet har även visat att det finns mindre kalcium i mjölk som inte koagulerar. Denna skillnad är så pass stor att det inte går att tillsätta kalcium till de mängder som krävs för att få en bättre koagulering på mejeriet vid osttillverkning. Eftersom kalciuminnehållet visade sig ha en betydande inverkan på dessa egenskaper, samtidigt som kalcium är ett av de viktigaste näringsämnena i mjölk, är det en viktig parameter att ta hänsyn till vid mjölkproduktion. Vidare har projektet identifierat potentiella genetiska markörer för mjölkens kaseinmiceller, vilket skulle kunna användas inom avelsarbetet för att optimera mjölkens koaguleringssegenskaper vid produktion av ost och fermenterade produkter. Detta skulle gynna lönsamheten för både mjölkproducenter och mejeriindustrin.

Resultatförmedling till näringen

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

- Mejeritekniskt forums årsmöte, Skellefteå, april 2014
- Forskningsmöte på Norrmejerier, Umeå, februari 2014
- Doktorand- och postdocdagar på Arla Foods, Århus, Danmark, december 2013
- LRF Mjölks temadagar inom mjölkqualität och nutrition, Stockholm, december 2013
- Forskningsmöte på Christian Hansen, Hörsholm, Danmark, november 2013
- IDF World Dairy Summit 2013, Yokohama, Japan, oktober 2013
- Forskningsmöte på Lactalis/Skånemejerier, Lund, september 2013

Projektet har informerats om i:

- Mjölk Special, 2013-12-16
- Tidningen Husdjur, maj 2014
- Tidningen Land Lantbruk, 2014-05-23

Projektet och resultaten har även presenterats/omnämnts vid följande tillfällen:

- Projektmöten inom det svensk-danska milk genomics initiativet, Århus Universitet Foulum och Lunds Universitet, 3 möten 2013-2014
- Advisory board möte inom det svensk-danska milk genomics initiativet, Århus Universitet Foulum, september 2013
- Mejeriteknologimöte med mejeriföretag (Arla Foods, Skånemejerier, Norrmejerier, TetraPak och LRF Mjolk), Lunds Universitet, 3 möten 2013-2014
- Uppdragsutbildningen Mejeriprocesser, Lunds Universitet, 3 gånger 2013-2014

Projektet finns beskrivet på följande hemsidor:

- Hemsida för det svensk-danska milk genomics initiativet, www.milkgenomics.dk
- Avdelningen för Livsmedelsteknik, Lunds Universitet
http://www.food.lth.se/english/contacts/personnel/personal_home_pages/frida_gustavsson_phd_student/