

Hur mycket "mjölk" ska det vara i mjölken, och hur styr vi det?

Lovisa Nilsson





Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap
Institutionen för husdjursgenetik

Hur mycket "mjölk" ska det vara i mjölken, och hur styr vi det?

How much "milk" should there be in milk and how do we control it?

Lovisa Nilsson

Handledare:

Anne Lundén, SLU, Institutionen för husdjursgenetik

Examinator:

Freddy Fikse, SLU, Institutionen för husdjursgenetik

Omfattning: 15 hp

Kurstitel: Kandidatarbete i husdjursvetenskap

Kurskod: EX0553

Program: Agronomprogrammet–Husdjur

Nivå: Grund, G2E

Utgivningsort: Uppsala

Utgivningsår: 2012

Omslagsbild: Anton Zetterholm

Serienamn, delnr: Examensarbete / SLU, Institutionen för husdjursgenetik, 371

On-line publicering: <http://epsilon.slu.se>

Nyckelord: mjölk, avkastning, laktos, betalningssystem

Abstract

In most countries, the dairy industry focuses on the volume of milk produced instead of its composition. This results in a high content of water and a lower proportion of fat and protein. A high proportion of water is not desirable when processing the milk into various dairy products like cheese, cream and milk powder. High water content also increases the costs for transport and storage, and also an unnecessary, albeit marginal, strains on the world's water reservoir. The high profitability of producing large volumes of milk has resulted in Holstein cows, pure- and cross bred, becoming the most attractive breed on the market. This breed produces large milk volumes with a high proportion of water. The attractiveness of Holstein cows could change with a payment with more focus on the milk fat and protein content.

Research studies the possibility of regulating the composition of milk genetically. A higher dry matter content can be achieved through lowering the amount of water and/or to increase the content of fat and protein. Various genes have been shown to have influence on the water, fat and protein content.

Sammanfattning

I Sverige och i många andra länder är dagens mjölkföretag inriktade på produktion av stor mjölkvolym snarare än mjölkens sammansättning. Detta resulterar i en mjölk med högt innehåll av vatten och en lägre andel fett och protein. En hög andel vatten är inte önskvärt vid vidareförädling av mjölken till olika mejeriprodukter som ost, grädde och mjölkpulver. Vattnet innebär också extra kostnader vid transport och lagring samt en onödig, om än marginell, påfrestning på världens färskvattentillgångar.

Lönsamheten i att producera stora volymer mjölk har lett till att Holstein-kor, både renrasiga och korsningar, har blivit den mest eftertraktade rasen på marknaden eftersom rasen producerar stora volymer med hög andel vatten. Efterfrågan på Holstein-kor skulle kunna ändras med ett betalningssystem riktat mot mjölkens innehåll av fett och protein.

Forskningen tittar på möjligheten att reglera mjölkens sammansättning genetiskt. En mjölk med högre torrsubstanshalt kan uppnås genom att sänka mängden vatten och/eller att öka syntesen av fett och protein. Olika gener har visats ha påverkan på vatteninnehållet samt fett- och proteininnehållet.

Inledning

Stor del av världens mjölkföretag lägger fokus på mängden mjölk som produceras per ko. Det avspeglas i att betalningssystemen till mjölkbonden betalar efter volym snarare än mjölkens innehåll. I Sverige har mejerierna för att prissätta mjölkkråvaran enats om en "standardsammansättning" bestående av 4.2 % fett och 3.4 % protein, där avdrag görs för mjölk med lägre halter samt tillägg för mjölk med högre halter (Arnbratt, 2012 personligt meddelande). Som jämförelse kan nämnas att Brasilien i huvudsak baserar sitt betalningssystem på levererad volym (Cunha et al., 2010). Förekomsten av olika mjölkkoraser

har påverkats av mejeriernas betalningssystem och de flesta länder bygger sin produktion på raser som har hög avkastning volymmässigt sett. Statistik visar på en stadig ökning av Svensk Holstein (tidigare Svensk låglandsboskap (SLB)) i Sverige sedan 1960-talet (Svensk mjölk, 2011). Rasen står för den högsta avkastningen sett till volymen men har lägre protein- och fetthalt i jämförelse med Jersey (SJB) och Svensk röd boskap (SRB). År 2010 var rasfördelningen 50.9 % SLB, 42.1 % SRB samt 0,7 % SJB (Svensk Mjölk, 2011).

Länder har olika förutsättningar för mjölkproduktion vad gäller produktinriktning hos industrin, djurhållning, miljö mm. Flera jämförelser har gjorts mellan en produktion med hög andel Jerseyboskap och en produktion med hög andel Holstein. För att lönsamheten i en mjölkproduktion med Jersey-kor ska vara högre än med Holstein-kor behöver betalningssystemet i hög utsträckning premiera mjölkens innehåll av fett och protein (Garrick & Lopez-Villalobos, 1999).

I Sverige har exporten till länder utanför EU fördubblats mellan år 2000 till 2009 och exporten inom EU närapå fördubblats (Jordbruksverket, 2012a). Kostnader för att transportera mjölk för vidareförädling samt en hög andel laktosintoleranta i samhället har gjort att forskning börjar riktas mot mjölkens sammansättning. Laktos har ungefär samma koncentration i mjölk som fett och protein och är den viktigaste osmotiska faktorn, med andra ord reglerar vattenflödet till mjölkkörtlarna. Kopplingen mellan laktos och mjölk med lägre vatteninnehåll gör laktosen till en viktig mjölkkomponent för både mejeriindustrin och folkhälsan (Vilotte, 2002).

Syftet med denna litteraturstudie är att ur olika perspektiv titta på vattenhalten i mjölk, bland annat hur mejeriindustrin och djurhälsan påverkas, samt redogöra för tillgänglig forskning inom områden av relevans för mjölkens sammansättning.

Prissättning

Minskad ersättning för den levererade mjölken gör att mjölkproducenter måste anpassa sig på ett eller annat sätt. Det kan innebära att lägga ned produktionen, sänka levnadsstandarden eller att aktivt jobba för att effektivisera produktionen. Sätt att effektivisera kan vara att minska kostnaden per liter mjölk, öka avkastningen per ko men även att om möjligt öka värdet på mjölken. Betalningen till mjölkbonden avspeglas mer eller mindre väl av mjölkens värde för mejeriet. Ett betalningssystem som i hög utsträckning premierar innehållet av mjölkkomponenter kan öka intresset hos producenterna att producera en mer högkoncentrerad mjölk (Garrick & Lopez-Villalobos, 1999). Mycket forskning rörande betalningssystemens lönsamhet för olika raser samt mjölkens sammansättning har utförts i Brasilien och Nya Zeeland. Denna studie fokuserar på forskning i Brasilien och Nya Zeeland samt jämför den med utvecklingen i Sverige.

Sverige

Betalningen i Sverige styrs av mängden mjölk och dess innehåll av fett och protein. (Arnbratt, 2012 personligt meddelande). "Mjölkpolitiken" i Sverige och medlemsländerna inom EU (Europeiska unionen) domineras i dagsläget av mjölkkvoter. Länderna och den enskilda producenten tilldelas en mängd mjölk (kvot) som de får producera. Producenter får en större mängd om de betala en straffavgift (Jordbruksverket, 2012a). År 2015 kommer systemet att avvecklas (Jordbruksverket, 2012b). Eftersom kvoten avser mängden mjölk har lantbrukarna gynnats ekonomiskt av att producera mjölk med högre halter av fett och protein. Mjölakens fetthalt rapporteras också den in men styrs inte av någon fettkvot. I samband med att mejerierna rapporterar in uppköpt kvantitet mjölk rapporterar de också mjölakens fetthalt samt den fetthalts justerade kvantitet. Med dessa data räknar man sedan fram Sveriges totala kvantitet uppköpt mjölk, till vilken fetthalt samt den fetthalts justerade kvantitet, resultatet rapporteras sedan till EU-kommissionen som sammanställer alla länders rapporter (Gustafsson, 2012 personligt meddelande). Hur utvecklingen av mjölkproduktionen i Sverige kommer att se ut när mjölkkvoten tas bort, beror i stor grad bero på utformningen av betalningssystemet samt världsmarknaden för mjölk och mjölkprodukter.

Nya Zeeland

Nya Zeeland står för omkring 25 % av världens mjölkexport. Landets betalningssystem liknar det svenska då det baseras på mängden mjölk (C), protein (A) och fett (B). Systemet kallas $A+B\pm C$, betalningen för mjölkvolymen varierar beroende på mejeri och säsong (Livestock Improvement Corporation, 2012). Betalningen till lantbrukaren grundar sig på lönsamheten på mejerimarknaden, d.v.s. hur mycket mejerierna kan få betalt för mjölkprodukterna minus kostnader för marknadsföring och produktionskostnader. Landets produktion är riktad mot export, 90 % av mjölken exporteras (Lopez-Villalobos et al., 2000).

I en studie av Garrick et al. (1999) jämfördes mjölakens värde i två olika betalningssystem och man fann att värdet var beroende av vilken marknad som mjölken producerades för. Länder som exporterar en hög andel mejeriprodukter, som exempelvis Nya Zeeland, gynnas av att den producerade mjölken har höga halter av fett och protein. I mejeriprodukter som exporteras är vatteninnehållet förhållandevis lågt, att jämföra med dryckesmjölk som främst produceras för den lokala marknaden. I länder med stor export har raser som Jersey en fördel medan i länder som Sverige och Japan där efterfrågan på konsumtionsmjölk är hög, framstår Holstein-rasen som fördelaktigare på grund av att rasen är överlägsen volymmässigt sett (Garrick & Lopez-Villalobos, 1999).

Om mejerierna kunde ha separata tankar för mjölk med olika sammansättning, destinerade för olika mejeriprodukter, skulle produktionskostnaderna kunna minskas (Lopez-Villalobos et al., 2000). Man skulle då behöva särahålla mjölken redan från hämtningen på den enskilda gården. Mjölken skulle då inte blandas innan separering och standardisering. Det skulle dock krävas olika betalningssystem för mjölken beroende på dess användning. Ett alternativ vore att mjölkbonden producerade mjölk enligt ett kontrakt mellan producent och mejeri. Produktionskostnaden per kg mjölk kommer att delvis skilja sig beroende på vilken ras som används. Därför måste betalningssystemen vara uppbyggda så att lönsamheten vid produktion

av exempelvis mjölk med högre halter fett och protein inte är mindre än vid produktion av stora volymer mjölk med låga halter (Lopez-Villalobos et al., 2000). Exempel på detta finns redan i Holland och Belgien. Lantbrukarna kan följa mjölkens sammansättning via ett forum kallat "melkweb" på internet samt via teststationer. På detta sätt kan de genom utfodring påverka sammansättningen, ju bättre fettsammansättning desto bättre betalt. Betalningen skall täcka de extra kostnaderna som kan krävas för att genom utfodring förbättra fettsammansättningen. Om lantbrukaren uppnår en god sammansättning med lite kraftfoder och mycket bete samt utevistelse kommer den extra betalningen ge en extra inkomst (Friesland Campina, 2012).

Brasilien

I Brasilien har mejerierna börjat visat intresse för mjölkens sammansättning. Nuvarande prissättning baseras på mjölmängden och en mindre del på komponenterna men det börjar bli vanligare att landets mejerier sätter minimigränser för innehållet av fett och protein. Mejerier som ökat sitt intresse för mjölkens sammansättning riktar sin betalning allt mer mot halterna av protein och fett. Ett snabbt sätt för en mjölkbonde att öka mjölkens torrsubstanshalt är att öka antalet Jersey-kor i sin besättning men lönsamheten vid en sådan omställning behöver dock undersökas noggrant (Cunha et al., 2010). I Brasilien är utbredningen av Holstein-rasen stor och det vanligaste är att man använder renrasiga djur eller en korsning mellan Holstein och Zebu. Korsningarna innehåller dock en hög andel Holstein. Cunha et al. (2010) jämförde två olika betalningssystem, det ena grundades på volymen mjölk och det andra på innehållet av fett och protein. I jämförelsen användes mjölk från en Holstein-besättning med 3.72 % fett och 3.31 % protein i mjölken, och en Jersey-besättning som producerade en mjölk med 4.70 % fett och 3.87 % protein. För att en produktion med Jersey-kor skulle bli mer lönsam än en med Holstein-kor, krävdes ett bonussystem som ökade värdet för fett med 5 % per procentenhet fett som översteg den genomsnittliga fetthalten i mjölken från studiens Holstein-kor. På motsvarande sätt krävdes att priset per extra procentenhet protein ökade med 10 % . . Det betalningssystem som används av mejerier i Brasilien idag gynnar fortfarande en mjölkproduktion med Holstein-kor.

En fördel med Jersey-rasen var dess mindre kroppsstorlek och därmed lägre underhållsbehov än Holstein. Cunha et al. (2010) påpekar att en produktion med Jersey-kor skulle kräva ett ökat djurantal för att upprätthålla samma totalproduktion som med Holstein-kor. Därmed var det osäkert om den totala foderförbrukningen skulle bli lägre än vid produktion med Holstein-kor. Jersey-korna beräknades konsumera 22.1 % mindre foder än Holstein medan minskningen i avkastning uppgick till 31.0 %. Förhållandet mellan foderåtgång och avkastning (fodereffektiviteten) var därför mer gynnsam för Holstein. Detta kan förklaras av att det krävs ett mer högvärdigt foder för att producera mjölk med högre innehåll av fett och protein.

Djurhälsa

Mastit är den mest kostsamma sjukdomen bland mjölkkor (Kaneene & Hurd, 1990) och även den främsta anledningen till antibiotikabehandling (Emanuelson et al., 1988). Kostnader innefattar veterinärvård, förlorad mjölk i samband med antibiotikaanvändning, minskad

avkastning, utslagning och ersättning av djur samt ökad arbetsinsats (Eriksson, 1991). En betydande variation har visats i korrelationen mellan mjölkavkastning och mastitförekomst där skattningarna varierar mellan -0,10 till 0,50, men en tydlig trend visar på en positiv, men ogynnsam, genetisk korrelation (Norman & Vanveck, 1972; Emanuelson et al., 1988; Syväjärvi et al., 1986).

I ett försök jämförde man förekomsten av celltal och mastit mellan två linjer (SRB) som avlades för hög respektive låg fetthalt i mjölken men med samma totalproduktion av energi i mjölken (Byström, 1999). Resultat visade på en högre förekomst av mastit hos den linje som producerade mjölk med låg fetthalt. Totalt sett hade låglinjen en mastitförekomst på 24 % sammanlagt över fyra laktationer Medan höglinjen hade motsvarande 18 %. Dock visade resultaten inte på någon signifikant skillnad mellan linjerna vad gällde celltal. Linjen med lägre fetthalt hade högre avkastning sett till volymen.

Svensk statistik över kontrollåret 2010-2011 visar på att förekomsten av mastit hos SLB (14.7 %) var högre än för både SRB (11.3 %) och SJB (12.5 %), dock har det totala antalet fall minskat sedan 04/05 med enstaka höjningar 06/07 samt 09/10 (Svensk mjölk, 2010/2011).

Water footprint – påverkan på färskvattentillgång

Det har blivit allt vanligare att olika företag klimatmärker sina varor. Ett exempel är hamburgerkedjan Max som, i butik och genom reklam, anger hur mycket koldioxid som släpps ut i atmosfären vid framställning av deras olika produkter (Max Hamburgerrestaurang AB, 2012). På motsvarande sätt kan man ange industriernas och enskilda produkters påverkan på världens färskvattentillgångar (Water Footprint, 2012).

Metoden för att mäta påverkan på färskvattentillgången utgår från upprättandet av en livscykelanalys för den tänkta produkten. I en livscykelanalys tas alla steg i produktionen med, från insatser i odling av foder till transport från mejeri till konsument (Eide, 2002). I analysen bör även hänsyn tas till var produktionen sker. En produktion i ett klimat med begränsad tillgång till färskvatten innebär en högre påverkan på vattentillgången än om produktionen sker i en miljö där vattentillgången är god (Ridoutt et al., 2010).

Mjölkkornas belastning på jordens färskvattentillgångar är 19 % av den totala påverkan orsakad av animalieproducerande djur. Största delen (33 %) står kött djuren för. Jordbrukets totala förbrukning av färskvatten beräknas vara 2322 Gm³ (Giga kubikmeter) per år. Det är produktionen av foder till djuren som har störst påverkan, fodertillverkningen står för 98 % av den totala påverkan inom djurproduktionen (Mekonnen & Hoekstra, 2010). Fodrets effekt på färskvattentillgången påverkas också den av det geografiska läget. Konstbevattning av fodergrödor har stor effekt på animalieproduktionens påverkan (Ridoutt et al., 2010).

Ridoutt et al. (2010) undersökte förbrukningen av färskvatten vid produktion av mjölkpulver på en mjölkgård i sydöstra Australien. De kom fram till att 99 % av påverkan kom från produktionen av mjölk på gården där förbrukningen av elektricitet, diesel, gödning m.m. hade störst påverkan. Minst påverkan utgjorde transport, från gården till mejeri samt från mejeri till

butik, och packetering av vara. Vid en svensk jämförelse mellan två linjer av mjölkkor, avlade för hög respektive låg mjölkfetthalt men med samma totala produktion av energi i mjölken, visades att linjen med låg fetthalt hade ett högre intag av dricksvatten per ko. Dock hade linjen avlad för hög fetthalt ett högre intag per kilo producerad mjölk (Dahlborn et al., 1998). Med ökat foderintag följer också en ökad vattenförbrukning. Studier hos linjerna med hög respektive låg fetthalt, har visat att låg linjen har en högre foderkonsumtion men att foderomvandlingsförmågan inte skiljer sig nämnvärt (Åkerlind et al., 1999). Ridoutt et al. (2010) kom fram till att mejeriprodukter kan produceras med ”minimal” påverkan på färskvattentillgången men att fler studier krävs för att jämföra olika gårdar med olika förutsättningar.

Vad påverkar sammansättningen?

Att genom avel förbättra djurmaterialet är jämte utfodringsåtgärder ett sätt att förändra avkastningen av mjölkfett och -protein hos nötkreatur.

Laktos

Laktos är den huvudsakliga osmotiska regulatoren i komjölk. Den påverkar mjölkens vatteninnehåll genom att driva transporten av vatten från juvervävnadens epitelceller in till den sekretoriska vävnaden. Laktos bildas av enzymet laktosynthetas i juvercellernas Golgi-blåsor (Mao et al., 1991).

Försök har visat att laktos är en viktig komponent för en normal mjölkproduktion hos möss (Stacey et al., 1995). Vattenlevande däggdjur som exempelvis säl producerar dock en fet och näringsrik mjölk till sina ungar helt utan laktosinnehåll (Ashworth et al., 1966).

Mjölkteiner

De sex huvudsakliga mjölkteinerna, α_{s1} -kasein, α_{s2} -kasein, β -kasein, κ -kasein, α -laktalbumin och β -lactoglobulin, kodas av gener lokaliserade till tre kromosomer (5, 6 och 11) hos nötkreatur (Schopen et al., 2011). Men uttrycket av generna styrs även av genregioner på ett flertal andra kromosomer (Schopen et al., 2011). Mjölkteinerna delas in i två grupper, vassleproteiner och kaseiner. De skiljs åt genom att kaseinerna fälls ut vid pH 4.6 och 20°C. Kvar i ”mjölkvattnet” (vasslen) är vassleproteiner (Yada et al., 2004). Av den totala teinensammansättningen utgör vassleproteiner (α -laktalbumin och β -lactoglobulin) ca 20 % och kaseinerna (α_{s1} -kasein, α_{s2} -kasein, β -kasein och κ -kasein) ca 80 % (Hinrichs, 2001).

Vassleproteinernas huvudsakliga funktioner i kroppen inkluderar transport av vitamin A, laktosyntes, transport av fettsyror samt del i immunförsvaret (de Wit, 1998).

Kaseinerna ökar innehållet av kalcium och fosfor i mjölken genom att forma miceller med dessa två ämnen. Kasein koagulerar med hjälp av kymosin i löpe, koaguleringen är viktig för framställningen av ost (Tuckey, 1964).

Mjölkfett

Fett är en viktig komponent i mjölk, fettet transporterar vitaminerna A, D, E och K samt olika smakämnen. Fettet bildas under jäsningsprocessen i våmmen och tillförs också med fodret. Man har funnit 400 olika fettsyror av varierande storlek i mjölk (Svensk mjölk, 2010). Denna studie fokuserar inte på gener och enzymer som påverkar fettets sammansättning men forskning inom området finns (Bouwman et al., 2011; Grisart et al., 2002; Rincon et al., 2011).

Gener

α -laktalbumin

α -laktalbumin (α -LA) genen som kodar för α -laktalbumin är belägen på kromosom 5 (Threadgill & Womack, 1990). Tillsammans med β 1,4-galaktosyltransferas bygger α -laktalbumin upp enzymet laktosyntetas, vars uppgift är att syntetisera laktos. På grund av sin inblandning i syntesen av laktos har α -laktalbumin visat sig spela en viktig roll i regleringen av vattenhalten i mjölk. Koncentrationen av α -LA i mjölk visar positiv korrelation till laktoshalten och även till halterna av fett och protein i mjölk (Bleck et al., 2009)

Två mutationer, i position +15 (Bleck & Bremel, 1993b) och -1689 (Voelker et al., 1997), i den regulatoriska delen av genen för α -LA har visats påverka mjölkens sammansättning. Mutationerna resulterar i båda fallen i två olika genetiska varianter (alleler), A och B. Bleck och Bremel (1993a) fann att +15 mutationen endast kunde påträffas hos Holstein, den ras som har högst avkastning sett till volymen. Senare forskning har dock visat att mutationen även finns hos andra raser t.ex. SRB (Lundén & Lindersson, 1998).

Lundén och Lindersson (1998) undersökte frekvensen av A- och B-varianterna i positionerna +15 och -1689 i två SRB besättningar, båda selekterade för hög respektive låg fetthalt men med samma totala produktion av energi i mjölken, samt hos SLB. De fann att frekvensen av A-varianten inom -1689 var högre hos linjerna selekterade för låg fetthalt hos båda SRB besättningarna. A-varianten i detta locus var också associerad med mjölk med högre laktoshalt. Variationen i +15 var inte associerad med någon av de analyserade egenskaperna. Detta stämmer inte överens med resultaten från Bleck och Bremel (1993a) som i sin studie visar att B-varianten i +15 resulterar i högre mjölkvolym och högre fett- och protein innehåll. I studier med transgena möss fann man att de med homozygot uppsättning av två α -laktalbumin knock-out (icke fungerande) gener producerade mjölk med hög viskositet, högt innehåll av fett och protein samt utan laktos. Dock är mjölken för trögflytande för att ungar skall kunna dia. Möss med heterozygot uppsättning producerade en likartad mjölk som icke transgena möss, halten α -laktalbumin måste därför mer än halveras för att påverka innehållet av laktos (Stacey et al., 1995) α -laktalbumin utgör en viktig källa till essentiella aminosyror och det är därför en risk för en viss negativ påverkan på allmänhälsan om man tar bort den helt ur mjölken (Vilotte, 2002).

Bleck et al. (2009) fann i sin studie att koncentrationen av α -laktalbumin var högst hos Jerseykor och föreslog att detta kunde bero på det höga proteininnehållet i mjölken. Den starka korrelationen mellan α -laktalbumin och proteininnehåll iaktogs inte i de andra raserna

(Holstein, Brown Swiss och Ayrshire). Bleck et al. (2009) har ändå visat på att ett högt innehåll av α -laktalbumin inte behöver betyda att mjölken innehåller stora mängder vatten. α -laktalbumin hade även en positiv korrelation till procenthalten laktos men korrelationen mellan laktos och protein var negativ.

β 1,4-galaktosyltransferas

β 1,4-galaktosyltransferas (B4GALT1) genen ingår i en stor enzymfamilj som kallas galaktosyltransferas. Koncentrationen av enzymet β 1,4-galaktosyltransferas i mjölk visar positiv korrelation till fett och proteininnehåll samt en negativ korrelation till laktoskoncentration och mjölmängd (Bleck et al., 2009).

Möss med två icke fungerande B4GALT1 (knock-outalleler) visade samma mönster avseende mjölkproduktionen som möss utan fungerande α -laktalbumin gener. Möss som har en fungerande B4GALT1-gen producerar mjölk med hälften så mycket laktos som normala möss, och kan även föda upp avkommor. Detta tyder på att B4GALT1 är ett effektivare verktyg än α -laktalbumin när det gäller att sänka laktoshalten i mjölk (Asano et al., 1997).

Effekten av β 1,4-galaktosyltransferas är inte lika väl studerad som effekten av α -laktalbumin hos nötkreatur. Mutationer har visserligen påvisats på B4GALT1genen (Shahbazkia et al., 2010) men inga resultat som tyder på att de har någon effekt på mjölkens sammansättning har ännu redovisats.

Acyl-CoA: diacylglycerol

Coppieters et al. (1998) fann i en studie ett Quantitative Trait Locus (QTL) på kromosom 14 som påverkade avkastningen och sammansättningen hos mjölken från Holstein-Friesian-kor. Cases et al. (1998) identifierade *acyl-CoA: diacylglycerolacyltransferas* (DGAT1)-genen som kodar för enzymet acyl-CoA: diacylglyceroltransferas. Enzymet katalyserar det slutliga steget i syntesen av triglycerider som är en av de viktigaste komponenterna för lagring av energi i den eukaryota cellen. Grisart et al. (2002) visade att DGAT1-genen var lokaliserad till kromosom 14 hos nötkreatur och var synonym med det QTL som Coppieters et al. (1998) fann starkt påverka mjölkavkastning och mjölksammansättning.

Grisart et al. (2002) visade att mutationer i DGAT1 påverkade både fett- och proteininnehållet i mjölk. Två alleler (K och A) och tre genotyper påvisades i position K232A. Genotypen KA var den mest frekventa medan AA var associerad med störst avkastning sett till volym och komponenter. Genotypen KK var den som gav störst ökning av koncentrationen av komponenter och den som Molee et al. (2011) fann ha störst värde om man vill ändra mjölkens sammansättning av fett och protein. Frekvensen av A-allelen har visats vara högst i tidigare presenterade linjer av SRB som skiljer sig åt i mjölkens fetthalt. Dock var frekvensen av K-allelen signifikant högre hos linjen med högre fetthalt. Frekvensen hos linjen med högre fetthalt var 0.82 för A-allelen respektive 0.18 för K-allelen. I linjen med lägre fetthalt var frekvensen 0.99 respektive 0.01 (Näslund et al., 2008). Flera studier av DGAT1 har utförts och resultaten har visat att genens effekt varierar mellan olika raser och populationer (Molee et al., 2011).

Jämförelse mellan Holstein/ Friesian och Jersey

Förutsatt att en stor del av mjölken förädlas till mejeriprodukter som ost, smör och grädde och att detta avspeglas i priset till mjölkbonden, kommer det vara lönsamt för lantbrukaren att producera en mer koncentrerad mjölk. Även mejeriets transportkostnader kan påverkas genom att man transporterar mindre vatten. Produktionen kan också bli energisnålare om mindre vatten behöver indunstas i samband med produktion av mjölkpulver (Geary et al., 2010).

Ett sätt att öka avkastningen av mjölk samt fett och protein är genom selektion i kombination med korsningsavel (Lopez-Villalobos et al., 2000). Flera studier har jämfört (Holstein-)Friesian, en svart-vit ras av samma ursprung som den populärare Holstein-rasen och som används mycket bl. a. i Nya Zeeland och som har relativt hög avkastning avseende volym, med Jersey som har lägre avkastning men som producerar mjölk med högre halter av fett och protein. I försöket inkluderades även korsning mellan Holstein-Friesian och Jersey. Nedan redogörs för några av studierna.

Produktavkastning

Lopez-Villalobos et al. (2000) utförde en studie där de beräknade förändringen i avkastning efter 25 år med inriktad avel mot antingen Holstein-Friesian, Jersey eller korsning mellan dessa. Vid en given mängd foder eller (betes-)areal ökade den totala produktionen av torrmjölksprodukter med 10 % vid uppgradering till Holstein-Friesian medan produktionen av smör samt kasein ökade med 39 % respektive 123 % vid uppgradering till Jersey, alla förändringar uttrycktes som jämförelse med "basåret" 1996/97. Korsningen mellan Holstein-Friesian/ Jersey hade en avkastning som låg kring medelvärdet mellan de båda "renrasiga". Smörpriset visade sig avgörande för om man skulle korsa in Jersey eller Holstein-Friesian.

Kostnader och intäkter

Wiles (1987) utgick i sin studie från att det endast producerades helmjölkspulver och av det extraherade fettet producerades smör. På grund av att mjölkens laktosinnehåll till fullo kan utnyttjas i mjölkpulver och att priset på helmjölkspulver är relativt högt får Friesian-rasen en fördel. Om produktionen istället är inriktad på smörproduktion får Jersey-rasen en fördel på grund av den höga fettavkastningen. Om man istället för att mäta mjölkavkastningen per ko mäter mjölkavkastningen per hektar finner man att Friesian inte är lika överlägsen Jersey vad gäller lönsamheten vid produktion av helmjölkspulver. Samma sak gällde i jämförelsen om nettoinkomsten från mjölkproduktionen baserades på inkomst per hektar istället för per ko. Detta på grund av att det generellt i studien hölls fler Jersey-kor per hektar. Siffrorna var insamlade från 70 gårdar med Friesian-kor och 90 gårdar med Jersey-kor. Friesian-rasens överlägsenhet vid produktion av helmjölkspulver vägdes upp av att Jersey-mjölk hade högre smörutbyte. Resultatet blev att nettoinkomsten för lantbrukaren vid produktion av helmjölkspulver blev den samma oberoende av ras.

Enligt studien av Lopez-Villalobos et al. (2000) resulterade avel inriktad mot Holstein-Friesian i den största ökningen i intäkter från kött men medförde samtidigt den största

ökningen av kostnader i form av mjölk tankar och transportkostnader, jämfört med Jersey. Totalt sett gav uppgraderingen till Holstein-Friesian minskade kostnader för gården på grund av att det krävdes färre djur. Slaktutbytet för Holstein-Friesian var större än för Jersey och därför ökade intäkten från köttet trots ett minskat antal djur. Uppgradering till Jersey resulterade i den största intäkten från mejeriprodukter samt den minsta ökningen av transport- och tankkostnader.

Sammantaget, efter 25 år av riktad avel resulterade uppgraderingen till Holstein-Friesian i den bästa lönsamheten för mjölkproduktion per hektar (Lopez-Villalobos et al., 2000).

Diskussion

Syftet med detta arbete var att belysa mjölkens vatteninnehåll ur en rad olika aspekter, bland annat ur mejeri- och djurhälsosynpunkt, samt redogöra för relevant forskning inom området.

Mjölkens betalningssystem är en av de viktigaste faktorerna att inrikta sig på om man vill förändra sammansättningen i den mjölk som produceras, eftersom lönsamheten för lantbrukaren till stor del styr produktionen.

En risk med att EU avskaffar mjölkkvoterna år 2015 är att intresset för sammansättningen minskar. Kanske skulle det vara lämpligt att se över betalningssystemet i samband med avskaffandet så att halterna av fett och protein inte riskerar att minska kraftigt. Dock är risken relativt låg i Sverige där man inte till fullo utnyttjat sin mjölkkvot.

I Brasilien där Cunha et al. (2010) rapporterade att intresset för sammansättningen just nu ökar har man tidigare haft problem med alltför låga halter. Där har man infört minimigränser för innehållet av fett och protein för att mjölken skall hålla en standard som är positiv för hälsan. Tyvärr anger inte Cunha et al. (2010) vilka gränsvärden som gäller i Brasilien eller vad som händer om mjölken inte uppfyller dessa, något som hade varit intressant att veta. Flera studier som undersökt lönsamheten hos olika mjölkkraser har kommit fram till att inom de flesta tempererade regioner är Holstein den ras med högst lönsamhet med rådande betalningssystem. Dock är rasen inte anpassad för varma och fuktiga klimat, där är korsningsraser med Holstein och inhemska raser vanligare, och lönsamheten är därav lägre i dessa regioner. För att öka lönsamheten för raser som t.ex. Jersey krävs ett betalningssystem som premierar innehållet av fett och protein.

Lopez-Villalobos et al. (2000) kom fram till att lönsamheten för raserna Holstein och Jersey skilde sig åt beroende på vilken slutprodukt som framställdes av mjölken. Garrik et al. (1999) fann att olika länder riktade sin produktion mot olika slutprodukter och kom fram till att ländernas produktion skulle gynnas av sinsemellan olika mjölksammansättning. Alternativt skulle man kunna dela upp landets mejeriindustri så att olika mejerier riktade sig mot olika slutprodukter samt införa olika betalningssystem beroende på önskad sammansättning. Härigenom skulle man kunna öka lönsamheten för lantbrukarna utan att behöva utesluta olika raser ur produktionen. De lantbrukare som valde att satsa på raser som Jersey, med högre produktion av fett och protein, skulle gynnas av det betalningssystemet som riktade sig mot dessa komponenter. De skulle även kunna leverera sin mjölk till mejerier som efterfrågar

produkter som gynnas av den mer koncentrerade Jersey-mjölken - vilket skulle kunna vara en form av kontraktsproduktion. Mejerierna kunde självklart ha en bred produktion och lösa detta med att ha olika tankar för olika mjölk. De skulle då slippa separera mjölken innan förädling. Länder med hög efterfrågan av en specifik produkt, på grund av export eller egen konsumtion, skulle även de gynnas av olika betalningssystem. De skulle på så sätt kunna utveckla lantbruket genom att satsa på användning av bättre lämpade raser.

Holstein, Friesian och korsningar mellan dessa raser är populära i många länder och förklaringen till detta blir tydlig i rapporten från Lopes-Villalobos et al. (2000). På grund av deras höga mjölkavkastning kan antalet djur minskas och detta minskar i sin tur utgifterna för gården. Dock har den ökade användningen av Holstein-kor bidragit till att halterna av fett och protein minskat i mjölken.

Cunha et al. (2010) tar upp fördelen med att Jersey har en mindre kroppsmassa samt att den kräver lägre underhållsfoder. Man ser detta som en fördel genom att man kan hålla ett större antal djur och på så sätt få en högre mjölkavkastning. Denna studie genomfördes i Brasilien där djuren hålls på bete året runt och detta kan vara en bidragande faktor till att de tyckte att fler djur per besättning var positivt. Man ansåg att fler djur skulle ge högre avkastning av kött samt protein och fett i mjölken. Under svenska förhållanden skulle det sannolikt krävas större stallar vilket är mer kostsamt, även om Jersey-kor kräver mindre båsutrymme än Holstein. Även Wiles (1987) visar på att användningen av Jersey-kor inte är lika ofördelaktig om man tittar på lönsamheten per hektar istället för per ko. Man kan också se en jämförelsevis högre lönsamhet hos Jersey-kor om man tittar på djurhälsan. Generellt sett har Jersey-korna lägre avkastning och detta gav färre fall av mastit. Höglakterande kor kräver oftare antibiotikainsatser på grund av de oftare får mastit än kor med lägre produktion. Mastit är också en kostsam sjukdom på grund av att den minskar avkastningen samt ökar utslagningen av sjuka djur. Något som skulle vara intressant, och som jag inte funnit några studier på, är hur avkastningen av protein och fett korrelerar med mastitförekomst. Om ökade halter av fett och/eller protein skulle vara positivt och då ogynnsamt korrelerat med mastit skulle detta vara negativt för att öka halterna i mjölken. När det gäller fettavkastning visade dock Byström (1999) på att linjen som producerade mjölk med låg fetthalt hade högre förekomst av mastit än linjen med hög fetthalt.

Problemet med Holstein är inte främst att man inte kan producera stora mängder fett och protein utan snarare att de producerar onödiga mängder vatten för att få fram dessa komponenter.

Studier av mjölkindustrins påverkan på färskvattentillgången visade att den största delen kom från driften på gårdsnivå. Korna kräver stora mängder dricksvatten för att producera mjölk. Dahlborn et al. (1998) visade att kor med hög andel vatten i mjölken hade ett högre behov av dricksvatten. Studier visade också att i torra områden var påfrestningen av mjölkproduktion på färskvattentillgången större än i områden med god tillgång. Detta stödjer tidigare teori att mjölkproduktionen borde anpassas till det geografiska område den ska produceras i (Mekonnen & Hoekstra, 2010). Med hjälp av kunskap om mjölkens detaljerade sammansättning på genetisk nivå kommer det bli lättare att via avel producera den typ av mjölk som efterfrågas på mejerimarknaden. Forskning på laktosens komponenter, α -

laktalbumin och β 1,4-galaktosyltransferas, har visat att genom att minska genuttrycket av dessa kan vattenhalten minskas. För att påverka sammansättningen kan man också inrikta sig på att öka innehållet av fett och protein. DGAT1 är en gen som visat sig påverka både fett- och proteininnehållet i mjölken.

I detta arbete har jag med hjälp av nuvarande forskning försökt belysa olika synvinklar och hur produktionen kan förändras. Det är svårt att i dagsläget veta vilken sammansättning på mjölken som kommer att efterfrågas i framtiden. Men så snart vi har riktningen klart för oss tror jag att det viktigaste steget att börja med är en översyn av betalningssystemen samt mejeristrukturen. Lönsamheten i att använda Holstein är i dagsläget så pass hög att det inte är rimligt för den enskilda producenten att byta ras med rådande betalningssystem. I Sverige används, förutom Holstein, en stor andel SRB-kor. Mjolkproduktionen bygger i stort sett på dessa raser och eftersom jag i detta arbete inte tagit upp SRB-rasen i mina jämförelser vore det intressant med studier som jämför dessa två. Men vi borde fundera på om vi bedriver en optimal mjolkproduktion utifrån djurhälsa, miljöpåverkan samt lönsamhet i mjolkproduktionen som helhet. Kanske vi bör omvärdera Holstein-rasen jämfört med raser som har mer koncentrerad mjolk?

Tack till

Anne Lundén, som varit min handledare under arbetet, för att du fick mitt intresse samt min nyfikenhet att växa hela tiden!

Referenser

- Arnbratt, A. Mars 2012. Personligt meddelande. Ekoansvarig, konceptkoordinator, GBSMS, Arla Foods.
- Asano, M., Furukawa, K., Kido, M., Matsumoto, S., Umesaki, Y., Kochibe, N., Iwakura, Y. 1997. Growth retardation and early death of beta-1,4-galactosyltransferase knockout mice with augmented proliferation and abnormal differentiation of epithelial cells. *Embo Journal* 16, 1850-1857.
- Ashworth, U. S., Ramaiah, G. D., Keyes, M. C. 1966. Species difference in composition of milk with special reference to northern fur seal. *Journal of Dairy Science* 49, 1206-1211.
- Bleck, G. T., Bremel, R. D. 1993a. Correlation of the alpha-lactalbumin (+15) polymorphism to milk-production and milk-composition of holsteins. *Journal of Dairy Science* 76, 2292-2298.
- Bleck, G. T., Bremel, R. D. 1993b. Sequence and single-base polymorphisms of the bovine alpha-lactalbumin 5'-flanking region. *Gene* 126, 213-218.
- Bleck, G. T., Wheeler, M. B., Hansen, L. B., Chester-Jones, H., Miller, D. J. 2009. Lactose Synthase Components in Milk: Concentrations of alpha-Lactalbumin and beta 1,4-Galactosyltransferase in Milk of Cows from Several Breeds at Various Stages of Lactation. *Reproduction in Domestic Animals* 44, 241-247.
- Bouwman, A.C., Bovenhuis, H., Visker, M. HPW., van Arendonk, J. AM. 2011. Genome-wide association of milk fatty acids in Dutch dairy cattle. *BMC Genetics* , 12:43.
- Byström, S. 1999. Effekter av selektion för hög respektive låg fetthalt i mjölken på celltal och förekomst av mastit hos SRB-kor. Sveriges Lantbruksuniversitet. Husdjursvetenskapliga fakulteten, Agronomprogrammet husdjur. Examensarbete

- Cases, S., Smith, S. J., Zheng, Y. W., Myers, H. M., Lear, S. R., Sande, E., Novak, S., Collins, C., Welch, C. B., Lusic, A. J., Erickson, S. K., Farese, R. V. 1998. Identification of a gene encoding an acyl CoA : diacylglycerol acyltransferase, a key enzyme in triacylglycerol synthesis. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 95, 13018-13023.
- Coppieters, W., Riquet, J., Arranz, J. J., Berzi, P., Cambisano, N., Grisart, B., Karim, L., Marcq, F., Moreau, L., Nezer, C., Simon, P., Vanmanshoven, P., Wagenaar, D., Georges, M. 1998. A QTL with major effect on milk yield and composition maps to bovine Chromosome 14. *Mammalian Genome* 9, 540-544.
- Cunha, D. d. N. F. V. d., Pereira, J. C., Campos, O. F. d., Gomes, S. T., Braga, J. L., Martuscello, J. A. 2010. Simulation of Holstein and Jersey profitability by varying milk price payment system. *Revista Brasileira de Zootecnia* 39, 913-923.
- Dahlborn, K., Åkerlind, M., Gustafson, G. 1998. Water Intake by Dairy Cows Selected for High or Low Milk-Fat Percentage when Fed Two Forage to Concentrate Ratios with Hay or Silage. *Swedish Journal of agricultural Research*, 167-176.
- Eide, M. H. 2002. Life Cycle Assessment (LCA) of industrial milk production. *International Journal of Life Cycle Assessment* 7, 115-126.
- Emanuelson, U., Danell, B., Philipsson, J. 1988. Genetic-parameters for clinical mastitis, somatic-cell counts, and milk-production estimated by multiple-trait restricted maximum-likelihood. *Journal of Dairy Science* 71, 467-476.
- Eriksson, J. Å., Owen, J.B., Axford, R. F. E. 1991. Mastitis in cattle: Breeding for disease resistance in farm animals. 394-411. *Melksham: Redwood Press Ltd.*
- Friesland Campina. 2012. Maj 2012.
<http://www.frieslandcampina.com/english/innovation/innovations/drinks-and-desserts/campina-milk-unsaturated-fatty-acids-outdoor-grazing-selected-farmers.aspx>
- Garrick, D. J., Lopez-Villalobos, N. 1999. Potential for economic benefits to the producer from altering the composition of milk. *Massey University, Palmerstone North, New Zealand: Institute of Veterinary, Animal and Biomedical Science.*
- Geary, U., Lopez-Villalobos, N., Garrick, D. J., Shalloo, L. 2010. Development and application of a processing model for the Irish dairy industry. *Journal of Dairy Science* 93, 5091-5100.
- Grisart, B., Coppieters, W., Farnir, F., Karim, L., Ford, C., Berzi, P., Cambisano, N., Mni, M., Reid, S., Simon, P., Spelman, R., Georges M., Snell, R. 2002. Positional candidate cloning of a QTL in dairy cattle: Identification of a missense mutation in the bovine DGAT1 gene with major effect on milk yield and composition. *Genome Research* 12, 222-231.
- Gustafsson, M. Juni 2012. Personligt meddelande. *Marknadsstödsenheten, Jordbruksverket.*
- Hinrichs, J. 2001. Incorporation of whey proteins in cheese. *International Dairy Journal* 11, 495-503.
- Jordbruksverket. April 2012a.
http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/handel/politikochframtid/eusjordbrukspolitik/mjol_kochmejeriprodukter.4.6beab0f111fb74e78a78000989.html
- Jordbruksverket. April 2012b.
<http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/stod/eusjordbrukspolitik/jordbrukspolitikframtil/ar2013.4.16e6006a121394e9dba8000206.html>
- Kaneene, J. B., Hurd, H. S. 1990. The national animal health monitoring-system in michigan 3. Cost estimates of selected dairy-cattle diseases. *Preventive Veterinary Medicine* 8, 127-140.
- Livestock Improvement Corporation. *New Zealand Dairy statistics 2009-10.* April 2012b.
<http://www.lic.co.nz/pdf/DAIRY%20STATISTICS%2009-10-WEB.pdf>

- Lopez-Villalobos, N., Garrick, D. J., Holmes, C. W., Blair, H. T., Spelman, R. J. 2000. Effects of selection and crossbreeding strategies on industry profit in the New Zealand dairy industry. *Journal of Dairy Science* 83, 164-172.
- Lundén, A., Lindersson, M. 1998. -Lactalbumin polymorphism in relation to milk lactose. *Proceedings of the 6th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*, 11-16 January 1998, Armidale, Australia, vol. 25: 47-50.
- Mao, F. C., Bremel, R. D., Dentine, M. R. 1991. Serum concentrations of the milk-proteins alpha-lactalbumin and beta-lactoglobulin in pregnancy and lactation - correlations with milk and fat yields in dairy-cattle. *Journal of Dairy Science* 74, 2952-2958.
- Max Hamburgerrestauranger AB. April 2012. <http://www.max.se/koldioxidmarkning.aspx>
- Mekonnen, M. M., Hoekstra, A. Y. 2010. The green, blue and grey water footprint of farm animals and animal products. Twente Water Centre, University of Twente, Enschede.
- Molee, A., Duanghakang, N., Na-Lampang, P. 2011. Effects of Acyl-CoA:diacylglycerol acyl transferase 1 (DGAT1) gene on milk production traits in crossbred Holstein dairy cattle. *Tropical Animal Health and Production*, 1-5.
- Norman, H. D., Vanvleck, L. D. 1972. Type appraisal .3. Relationships of first lactation production and type traits with lifetime performance. *Journal of Dairy Science* 55, 1726-1734.
- Näslund, J., Fikse, W. F., Pielberg, G. R., Lundén, A. 2008. Frequency and Effect of the Bovine Acyl-CoA:Diacylglycerol Acyltransferase 1 (*DGAT1*) K232A Polymorphism in Swedish Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science* 91:2127-2134.
- Ridoutt, B. G., Williams, S. R. O., Baud, S., Fraval, S., Marks, N. 2010. Short communication: The water footprint of dairy products: Case study involving skim milk powder. *Journal of Dairy Science* 93, 5114-5117.
- Rincon, G., Islas-Trejo, A., Castillo, A.R., Bauman, D.E., German, B.J., Medrano, J.F. 2011. Polymorphisms in genes in the SREBP1 signaling pathway and SCD are associated with milk fatty acid composition in Holstein cattle. *The Journal of Dairy Research* 79, 66 -75.
- Schopen, G. C. B., Visker, M., Koks, P. D., Mullaart, E., van Arendonk, J. A. M., Bovenhuis, H. 2011. Whole-genome association study for milk protein composition in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 94, 3148-3158.
- Shahbazkia, H. R., Aminlari, M., Tavasoli, A., Mohamadnia, A. R., Cravador, A. 2010. Polymorphisms of the beta-1,4 galactosyltransferase-I gene in Holsteins. *Livestock Science* 131, 297-300.
- Stacey, A., Schnieke, A., Kerr, H., Scott, A., McKee, C., Cottingham, I., Binas, B., Wilde, C., Colman, A. 1995. Lactation is disrupted by alpha-lactalbumin deficiency and can be restored by human alpha-lactalbumin gene replacement in mice. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 92, 2835-2839.
- Svensk mjölk. 2011- Husdjursstatistik. Mars 2012. <http://www.svenskmjolk.se/Global/Dokument/Dokumentarkiv/Statistik/Husdjursstatistik%202011%20-%20webb.pdf>
- Svensk mjölk. Redogörelse för husdjursorganisationens djurhälsovård 2010/2011. Mars 2012. <http://www.svenskmjolk.se/Global/Dokument/Dokumentarkiv/Statistik/Djurh%C3%A4lsov%C3%A5rd%202010-2011.pdf>.
- Svensk mjölk. 2010. Mjölakens fett- fördjupning. Maj 2012 <http://www.svenskmjolk.se/Mjolk-smor-och-ost/Naring/Mjolkfett/Mjolkens-fett---fordjupning/>
- Syväjärvi, J., Saloniemi, H., Grohn, Y. 1986. An epidemiologic and genetic-study on registered diseases in finnish ayrshire cattle .4. Clinical mastitis. *Acta Veterinaria Scandinavica* 27, 223-234.
- Threadgill, D. W., Womack, J. E. 1990. Genomic analysis of the major bovine-milk protein genes. *Nucleic Acids Research* 18, 6935-6942.

- Tuckey, S. L. 1964. Properties of Casein Important in Making Cottage Cheese. *Journal of dairy science* 47, 324-326.
- Vilotte, J. L. 2002 Lowering the milk lactose content in vivo: potential interests, strategies and physiological consequences. *Reproduction Nutrition Development* 42, 127-132.
- Voelker, G. R., Bleck, G. T., Wheeler, M. B. 1997. Single-Base Polymorphisms Within the 5' Flanking Region of the Bovine α -Lactalbumin Gene. *Journal of Dairy Science* 80, 194-197.
- Water Footprint. April 2012. <http://www.waterfootprint.org/?page=files/home>
- de Wit, J. N. 1998. Nutritional and functional characteristics of whey proteins in food products. *Journal of Dairy Science* 81, 597-608.
- Wiles, P. G. 1987. Cost model comparing differences in returns for milk produced by friesian and jersey type herds. *New Zealand Journal of Dairy Science and Technology* 22, 221-240.
- Yada, R. Y., Fox, P. F., Kelly, A. L. 2004. The Caseins. In: *Proteins in food processing*, 29-62. Woodhead Publishing Limited.
- Åkerlind, M., Holtenius, K., Bertilsson, J., Emanuelsson, M. 1999 Milk composition and feed intake in dairy cows selected for high or low milk fat percentage. *Livestock Production Science* 59, 1-11.