



MJÖLKNINGSFREKVENSENS INVERKAN PÅ MJÖLKFETTETS KVALITET

Effect of milking frequency on milk fat quality

av

Anna-Karin Båvius



**Institutionen för husdjurens
utfodring och vård**

Examensarbete 232

**Swedish University of Agricultural Sciences
Department of Animal Nutrition and Management**

Uppsala 2006



MJÖLKNINGSFREKVENSENS INVERKAN PÅ MJÖLKFETTETS KVALITET

Effect of milking frequency on milk fat quality

av

Anna-Karin Båvius

Handledare: Kerstin Svennersten-Sjaunja

**Institutionen för husdjurens
utfodring och vård**

Examensarbete 232

**Swedish University of Agricultural Sciences
Department of Animal Nutrition and Management**

Uppsala 2006

Innehållsförteckning

SAMMANFATTNING	3
ABSTRACT	4
Juveranatomi och mjölkbildning.....	6
Mjölakens beståndsdelar	9
Laktos.....	10
Mjölkfett.....	10
Mjölprotein.....	12
Citronsyra.....	13
Enzymer	13
Aska	14
Vitaminer m.m.	14
Syntes av mjölkfett.....	14
Fettkulemembranet.....	15
Vilka faktorer påverkar mjölkfettet?.....	17
Utfodring	17
Laktationsstadium, laktationsnummer och ras	17
Mjölkningsfrekvens och mjölkningsintervall.....	18
Mjölkningsrutiner.....	19
Mjölkningsutrustning	19
SYFTE OCH HYPOTES	20
MATERIAL OCH METODER	20
Djurmaterial.....	20
Inhysning och utfodring	20
Försöksupplägg	21
Registrering och provtagning.....	22
Analysmetoder.....	22
Statistisk bearbetning	23
RESULTAT	24
Kontroller av juverhälsan	24
Mjölmängd	25
Fetthalt och fettmängd.....	26
Proteinhalt och proteinmängd	27
Laktoshalt och laktosmängd	28
Innehåll av fria fettsyror i mjölken	29

Fettsyrasammansättning	32
Fettkulemembranet – aktivitet av enzymet γ -glutamyltranspeptidas	33
DISKUSSION	34
Mjölmängd, fett-, protein- och laktosinnehåll	34
Citronsyrahalt och citronsyramängd	35
FFA-innehåll.....	35
Fettsyrasammansättning	36
Fettkulornas storlek och fettkulemembranet	36
Ökade FFA-halter i AM-system	37
KONKLUSIONER	38
ACKNOWLEDGEMENTS	39
REFERENSER	40

Sammanfattning

Mjölproduktionen har utvecklats i en snabb takt de senaste åren. Dagens kor mjölkar allt mer och produktionsenheterna går mot stordrift med ett stort antal djur per produktionsenhet samt mindre tillgång på arbetskraft. Automatiska mjölkningssystem (AM) har introducerats som ett led i denna förändring. Med AM-systemen har även mjölkningsrutinerna förändrats. Korna kan inom vissa gränser själv välja när och hur ofta de önskar bli mjölkade, vilket i de flesta fall har medfört att korna mjölkas mer än två gånger per dag. Men hur inverkar då mjölkningsfrekvensen på mjölkens sammansättning?

Syftet med denna studie var att undersöka hur mjölkningsfrekvensen inverkar på mjölkfettets kvalitet. Försöket genomfördes vid Kungsängens forskningscentrum, Institutionen för husdjurens utfodring och vård, Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU) i Uppsala. Elva kor av rasen svensk röd och vit boskap (SRB) studerades. De var inhysta i ett konventionellt stall där de mjölkades med en mobil mjölkningsmaskin, speciellt framtagen för separat mjölkning av juverfjärdedelar. Försöket var en halvjuverstudie som genomfördes under två perioder. Varje period omfattade fem dagar. Under den första perioden mjölkades korna två gånger per dygn på båda juverhalvorna. Under andra perioden mjölkades korna två gånger per dygn på den ena juverhalvan samt fyra gånger per dygn på den motsatta juverhalvan. Mjölmängden registrerades och mjölkprover för analys av fett-, protein och laktosinnehåll togs vid varje mjölkningstillfälle per juverhalva. Mjölkprover för analys av fria fettsyror (FFA) insamlades vid morgon- och kvällsmjölkningen dag 5 i båda försöksperioderna. Mjölkprov för analys av fettsyrasammansättning, fettkulestorlek och γ -glutamyltranspeptidas insamlades vid morgon- och kvällsmjölkningen under försöksdag 3 och 5 i båda perioderna. Mjölakens FFA-innehåll analyserades både i färsk mjölk och i mjölk som kylagrats under 24 timmar. Vid tre tillfällen under försöket insamlades även mjölkprover från varje juverfjärdedel för analys av mjölkens celltal.

Mjölmängden och laktosmängden ökade signifikant i den juverdel som mjölkades mer frekvent medan proteinhalten minskade signifikant på den juverhalva som mjölkades mer frekvent. För fett-, protein- och citronsyrämängden samt för fett- och laktoshalten kunde inga signifikanta skillnader påvisas orsakade av den ökade mjölkningsfrekvensen. Skillnad i FFA-innehållet i mjölken mellan juverhalvorna som mjölkats två respektive fyra gånger per dygn observerades endast i mjölken som lagrats i 24 timmar, där FFA-halten ökade signifikant. Andelen fleromättade fettsyror var lägre i mjölken från den juverhalva som mjölkades fyra gånger per dygn jämfört med den juverhalva som enbart mjölkades två gånger per dygn. *De novo*-syntesen av mjölkfettet påverkades inte av mjölkningsfrekvensen, eftersom andelen av fettsyror C_4 - C_{14} i mjölken var oförändrad mellan mjölkning två respektive fyra gånger per dygn. Mjölk från den juverhalva som mjölkades mer frekvent innehöll fettkulor som i medeltal hade signifikant större diameter. Viktigt för fettkulemembranets hållbarhet och motståndskraft mot lipolys är mängden tillgängligt material till membransyntes. För att mäta denna mängd av material i mjölken studerades aktiviteten av γ -glutamyltranspeptidas. Inga signifikanta skillnader på effekten av γ -glutamyltranspeptidas till följd av den ökade mjölkningsfrekvensen kunde urskiljas, varken i den totala aktiviteten i helmjölken eller då den var korrigerad i avseende på fettinnehåll.

Slutsatsen från denna studie är att mjölkningsfrekvensen har en inverkan på mjölk kvaliteten och att förändringen orsakas av lokala reglermekanismer i juvret. Med en ökad mjölkningsfrekvens ökar riskerna för att fria fettsyror bildas under mjölkens lagring vilket kan ge försämringar av den slutgiltiga produkten.

Abstract

The milk production has developed rapidly the last years. The milk production per cow is increasing and the production units are larger with an increasing number of animals and a decreasing number of workers. Many milk producers invest in automatic milking systems (AM) to meet this change. In these systems the cows can voluntary decide milking frequency and usually the milking frequency are higher than two times per day. But how does the milking frequency effect the composition of the milk?

The aim of the present study was to study the effect of milking frequency on the milk composition and the milk fat quality. The experiment was carried out at Kungsängen Research Centre, Department of Animal Nutrition and Management at The Swedish University of Agricultural Sciences (SLU) in Uppsala. Eleven cows from the experimental herd of the Swedish Red and White Breed were used in the study. They were kept in a tied-up system and were milked with a specially designed milking machine for milking and sampling at each separate udder quarter. The experiment included two periods. Each period lasted for 5 days. During the first period the cows were milked two times a day at each udder half. In the second period the cows were milked two times a day on one udder half and the opposite udder half four times a day. The milk yield was measured and milk samples for analyses of fat, protein and lactose content were taken at each milking in both periods. Samples for analyses of free fatty acids (FFA) were taken at day 5 in the morning and evening milking in both periods. Fatty acid composition, fat globule size and γ -glutamyl transpeptidase were taken at day 3 and 5 in the morning and evening milking in both periods. FFA content was analysed both in fresh milk and milk cold stored for 24 hours. Three times under the total experiment period, samples for estimation of the cell count in the milk were collected at each separate udder quarter.

The milk and the lactose yield were significantly higher in the more frequently milked udder half while the percent of protein decreased. No differences were observed in the fat- and protein yield between two and four times daily milking. The FFA levels increased significantly in the stored milk, collected from the more frequent milked udder half, while no differences were observed in the fresh milk. The proportion of polyunsaturated fatty acids was lower in milk from the udder half milked four times compared with the twice daily milked udder half. The *de novo* synthesis of milk fat was not affected by milking frequencies, since the proportion of C₄-C₁₄ in milk was invariant between two and four times daily milking. Milk from the half udder milked four times per day contained fat globules with a significantly larger average diameter compared with milk from the udder half milked two times daily. The amount of membrane material is an important factor for the resistance of milk fat globule to lipolysis. To quantify the amount of membrane material in milk, activity of γ -glutamyl transpeptidase was used as a marker. No significant effect on the activity of γ -glutamyl transpeptidase upon milking frequencies could be found, neither in total activity in whole milk nor when adjusted for fat content.

The results from the present study indicate that the milking frequency has an effect on the milk quality and is coursed by local mechanisms in the udder. Increased milking frequency stimulates to an increased level of FFA in the stored milk and could also have an impact on the milk product.

Inledning

Dagens mjölkproduktion genomgår stora förändringar. Antalet mjölkbönder minskar i takt med att besättningsstorleken ökar, vilket leder till att en högre grad av mekanisering är nödvändig. Automatiska mjölkningssystem (AM) har introducerats i många besättningar för att lätta arbetsbördan för mjölkbönderna. Dessa system är intressanta ur många synvinklar. En av fördelarna med systemet är att korna kan mjölkas så ofta de själva vill och när som helst under dygnet, dock inom vissa förutbestämda tidsintervall. Mjölkning två gånger per dygn har tidigare varit det mest vanliga i våra besättningar men med AM är möjligheterna till en ökad mjölkningsfrekvens stora och ofta medför dessa system att korna mjölkas fler än två gånger per dygn. Systemet verkar vara optimalt för kon, men hur påverkas mjölk kvaliteten av en ökad mjölkningsfrekvens och oregelbundna mjölkningsintervall?

Den ekonomiska aspekten är inte betydelslös vare sig för dagens mjölkbönder eller för mejeribranschen. Det är av stor vikt att mjölken som levereras håller en hög kvalitet eftersom dess sammansättning är grunden för mejeriprodukternas kvalitet och näringsinnehåll. Mjölk som har en sämre kvalitet eller en avvikande sammansättning kan leda till ett sämre utbyte vid tillverkningen av mejeriprodukter. Även hållbarheten på mejeriprodukterna kan försämrats om mjölken t.ex. innehåller höga koncentrationer av fria fettsyror (FFA).

Vad en ökad FFA-halt beror på är ännu inte helt klarlagt trots att många studier gjorts i ämnet. Det kan vara både biologiska och tekniska orsaker som ligger bakom. Fler studier visar dock på att en ökad mjölkningsfrekvens leder till förändringar av mjölkfettet t.ex. en ökning av fria fettsyror. Då korna mjölkas oftare blir det totala mjölkflödet per mjölkning lägre och luftinblandningen därmed proportionellt sett större. Den ökade luftinblandningen medför att mjölkens fettkuler utsätts för en mer ovarsam behandling, vilket kan skada fettkulemembranet. Även transporten av mjölken har betydelse. Långa rörledningar och slangar ökar påfrestningen på fettkulemembranet och därmed ökar även risken för höga FFA-halter. Mjölkens sammansättning kan även påverkas av ett flertal yttre faktorer såsom t.ex. avel, utfodring och skötsel. För att öka förståelsen om hur olika mjölkningssystem och behandlingar av mjölken påverkar dess sammansättning och egenskaper är det viktigt att fler studier genomförs i detta ämne.

Syftet med denna studie har varit att undersöka hur mjölkfettets sammansättning och kvalitet förändras då mjölkningsfrekvensen ökas från två gånger per dygn till fyra gånger per dygn. Studien har genomförts som ett halvjuverförsök för att på så sätt begränsa effekten av behandling till att påverka juvrets lokala reglermekanismer. Genom att öka mjölkningsfrekvensen i den ena juverhalvan har vi undersökt hur och i vilken omfattning mjölmängden och mjölk kvaliteten i denna juverhalva påverkades av den ökade mjölkningsfrekvensen.

Litteraturstudie

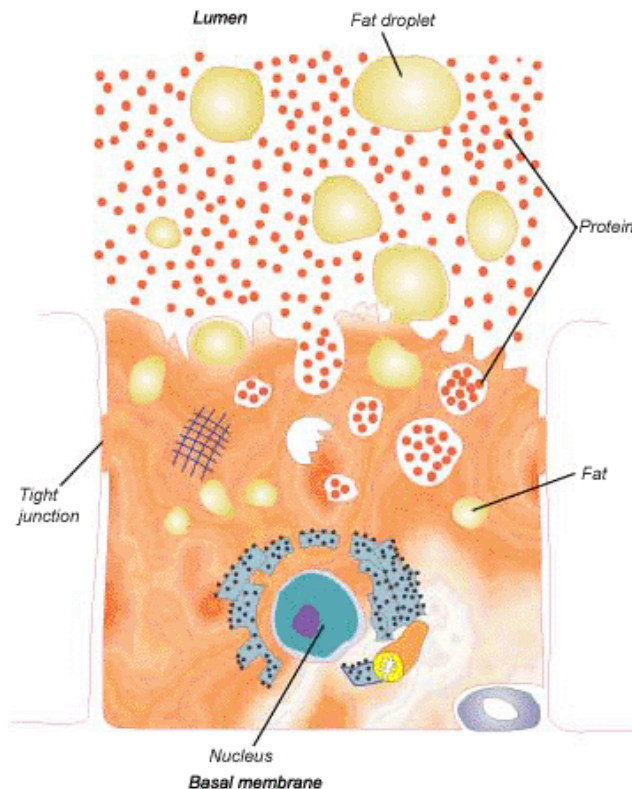
Juveranatomi och mjölkbildning

Mjölkkörteln har i stort sett samma grundläggande struktur hos alla däggdjursarter. Kons förmåga att producera mjölk är i hög grad beroende av mängden sekretorisk vävnad i juvret. Genom hormonell reglering bildas och utvecklas de mjölkbildande cellerna i samband med djurets dräktighet till att bli fullt utvecklade och syntetiserande celler fram till dagen då avkomman föds. Olika hormoner t.ex. östrogen, progesteron och tillväxthormon är betydande för den strukturella utvecklingen av mjölkkörteln (Walstra & Jenness, 1984). Utvecklingen av mjölkkörteln startar tidigt i fosterutvecklingen hos nötkreatur. Från det att kvigkalven föds och fram till könsmognaden startar, tillväxer juvret isometriskt d.v.s. juvret växer i samma takt som övriga organ i kroppen (Akers, 2002). Vid könsmognad väger juvret omkring 2 kg och består till ungefär 2/3 av fettvävnad och 1/3 av sekretorisk vävnad (Widebeck, 1997). En betydelsefull fas för utvecklingen av den sekretoriska vävnaden i juvret infaller runt tiden för könsmognad. Om kvigan är fet under denna period finns risk för att en mindre mängd sekretorisk vävnad utvecklas, vilket kan påverka den framtida mjölkproduktionen. Kring könsmognaden infaller en period då juvret tillväxer allometriskt, d.v.s. juvret växer snabbare än övrig vävnad i kroppen. Tillväxten av juvervävnaden återgår därefter till att återigen tillväxa isometriskt. Även under senare delen av dräktigheten sker en kraftig tillväxt av juvret (Akers, 2002).

Juvret hos en mjölkko består av fyra separata körtlar. Mjölk som syntetiseras i en körtel kan inte passera över till en annan körtel eftersom dessa är helt separerade från varandra. Gränsen mellan det högra och det vänstra körtelparet är tydlig. Mellan körtlarna på samma kroppshalva finns däremot ingen tydlig gräns, men mjölkgångarna är helt åtskilda. Juvret är upphängt med ett antal starka bindvävsblad. Två av dessa par fäster upptill i ett kraftigt ligament mot bäckenet. Det mellersta bindvävsbladet innehåller mer elastisk bindväv än de övriga (Björnhag, 1989a). Det faktum att juvret består av fyra separata mjölkkörtlar har utnyttjats i ett flertal olika mjölkkningsstudier för att undersöka hur mjölkens sammansättning och egenskaper förändras utifrån olika behandlingar av de olika juverdelarna. Man har gjort jämförande studier både på halvjuvernivå (Knight *et. al.*, 1992; Hillerton *et. al.*, 1990) och på fjärdedelsnivå (Svennersten *et. al.*, 1990; Svennersten *et. al.*, 1991). Genom att t.ex. variera spenstimuli eller mjölkkningsfrekvens av separata juverdelar och jämföra med övriga delar av juvret, kan man dra slutsatsen att effekten beror nästan uteslutande av påverkan på lokala reglermekanismer i juvret eftersom juverdelarna har samma endokrina och nutritionella miljö.

Juvret är försett med en mycket kraftfull blodförsörjning. Vardera juverhalvan förses med blod från en stor artär från bäckenregionen, vilken grenar upp sig så att hela juverhalvan nås. Det venösa blodet samlas upp i vener, som huvudsakligen går parallellt med artärerna. Från juvrets framsida går ett par vener under buken och på juvrets baksida ytterligare ett par. Mellan juverhalvorna finns venförbindelser framtill och baktill. En vencirkel bildas, som kan låta blod passera från ena juverhalvan till den andra. Ett kojuver behöver mellan 400 och 500 liter blod för att kunna producera en liter mjölk vilket betyder att upp till 20 000 liter blod per dygn kan strömma genom juvervävnaden hos en höglakterande ko (Björnhag, 1989a).

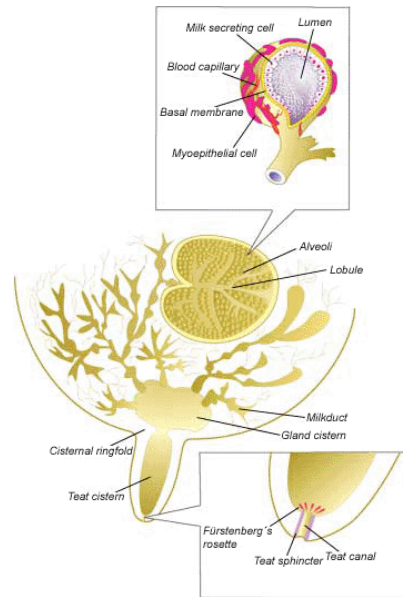
Mjölken syntetiseras kontinuerligt i specialiserade epitelceller, s.k. sekretoriska celler från näringsämnen som tas upp via blodet (Mephram, 1976). Varje sekretorisk cell bildar komplett mjölk. Många av mjölkens beståndsdelar syntetiseras i de sekretoriska cellerna medan andra enbart transporteras genom cellerna. De sekretoriska cellerna är grupperade i ett enkelt lager på basalmembranet i en sfärisk struktur s.k. alveol (Figur 1) (Walstra & Jenness, 1984).



Figur 1. Schematisk bild av en alveolcell (DeLaval, 2005)

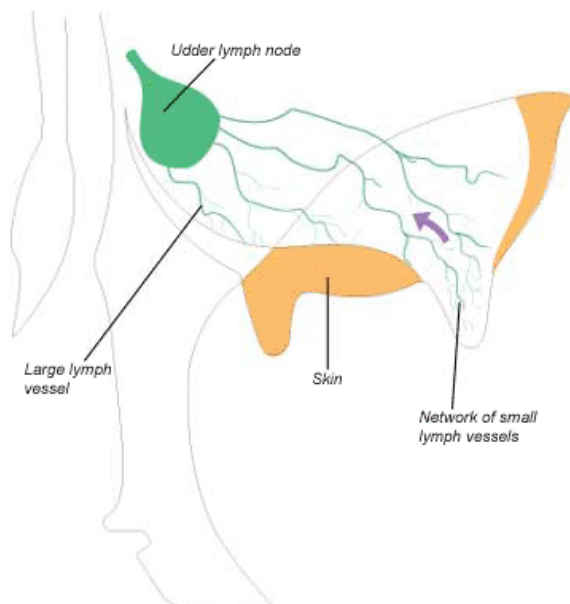
Alveolerna kan vara olika stora beroende på hur mycket mjölk de innehåller. I genomsnitt är diametern 0,1 mm (Björnhag, 1989a). Runt omkring alveolen ligger platta, förgrenade celler som har förmågan att dra ihop sig. När dessa s.k. korgceller kontraherar pressas mjölken ut ur alveolen. Alveolerna hålls samman av ett tunt lager av bindväv som innehåller nerver och blodkärl. Flera alveoler bildar tillsammans en lob. Utförselgångarna från alveolerna samlar efterhand upp mjölken i allt grövre gångar som slutligen mynnar i mjölkcisternen. Mjölken lagras i alveolerna och i mjölkgångar, juver- och spencisterner mellan mjölkningarna. Volymen av grövre mjölkgångar tillsammans med mjölkcisternen utgör en mindre del av den totala juvervolymen, vilket medför att den övervägande delen av mjölken lagras i alveolerna och de finare gångarna (Björnhag, 1989a).

Spenen består av en spencistern och en spenkanal (Figur 2). Där dessa två möts finns sex till tio veck som bildar den s.k. Fürstenbergs rosetten, vilken är involverad i det lokala försvaret mot mastiter (juverinflammationer). Spenkanalen är omgärdad av glatt muskulatur vilken har till uppgift att hålla spenkanalen stängd mellan mjölkningstillfällena. Spenkanalen är även utrustad med keratin eller keratinliknande substanser som fungerar som barriär för patogena bakterier mellan mjölkningarna. I huden på spenarna finns sensoriska nerver som reagerar på beröring såsom kalvens diande. Juvret är också utrustat med nerver som är sammankopplade med den glatta muskulaturen i mjölkgångarna (Tanhuanpää, 1995).



Figur 2. Schematisk bild av juvrets anatomi (DeLaval, 2005)

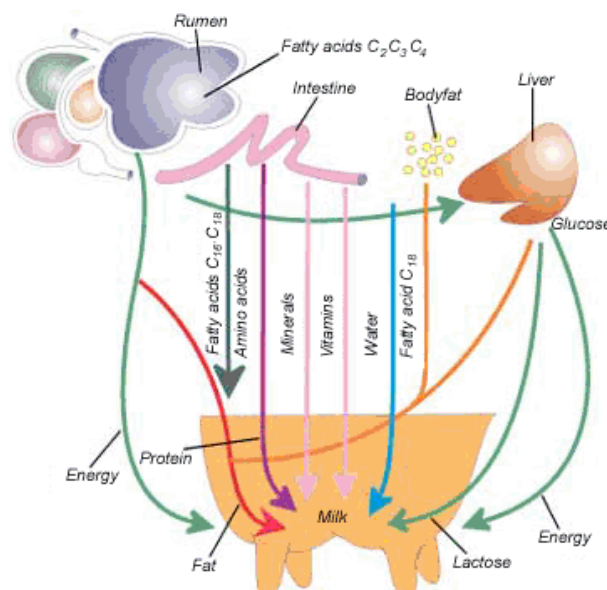
Juvret har ett väl utvecklat lymfkärlesystem (Figur 3) med en stor lymfknuta i varje juverhalva (Tanhuanpää, 1995). Juvrets lymfoida system har till uppgift att transportera bort restprodukter från juvret. Lymfknutorna fungerar som ett filter som förstör främmande substanser men har också en uppgift att hålla ett lager av lymfocyter vilka motverkar infektioner.



Figur 3. Schematisk bild av juvrets lymfsystem (DeLaval, 2005)

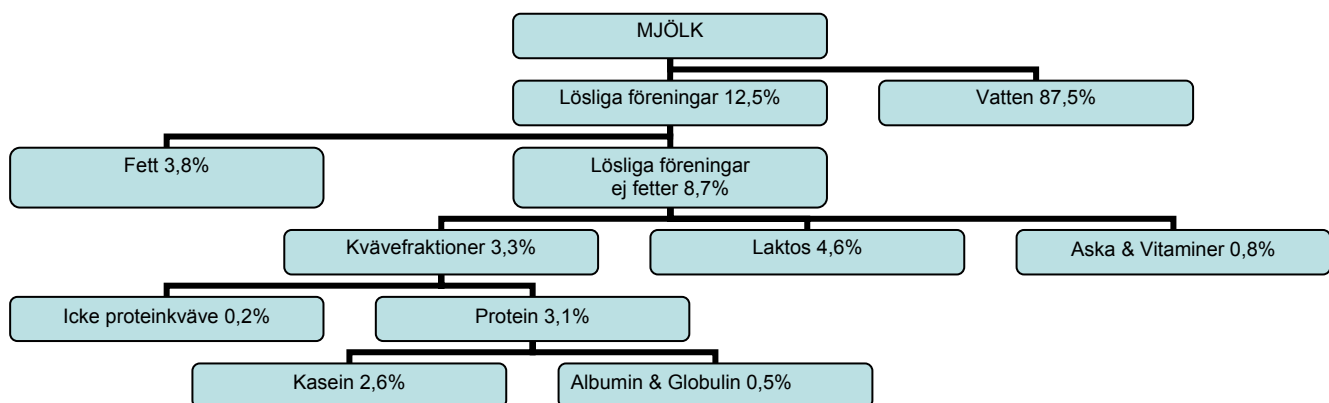
Mjölakens beståndsdelar

Så gott som alla av mjölakens huvudbeståndsdelar (Figur 4) syntetiseras i juvret från olika försubstanter som selektivt absorberas från blodet. Fodret är den största källan till det material som används under mjölksyntesen och variationer i mängden och typ av foder påverkar därför både mjölmängden och mjölakens sammansättning. De beståndsdelar från fodret som absorberas av vommen och tunntarmen in i blodomloppet beror inte enbart på vad djuret äter utan också på de typer av mikroorganismer som är verksamma i vommen. Sambandet mellan djurets diet och mjölakens beståndsdelar är därför mycket komplext. Beståndsdelar som behövs för syntes av protein, laktos och fett syntetiseras i cytosolen och i mitokondrierna. Proteinerna och fetterna syntetiseras i det endoplasmatiska nätverket medan laktosyntesen, modifieringar av proteinerna och ihopsättningen av kaseinmicellerna sker i golgiapparaten. Citrat syntetiseras i mitokondrierna och kan diffundera genom mitokondriemembranet in i cytosolen (Castle & Watkins, 1984).



Figur 4. Mjölakens beståndsdelar och dess transport till platser där syntesen av fett, protein och laktos sker (DeLaval, 2005).

Vatten är den huvudsakliga beståndsdel i mjölk (Figur 5) och utsöndras tillsammans med vattenlösliga beståndsdelar. Mängden vatten i mjölken och med det även mjölmängden, är starkt sammankopplat med den mängd laktos som utsöndras i juvret. Laktos är den huvudsakliga kolhydraten i mjölken och den produceras från glukosen i blodet. Mjölkfettet utgörs till största delen av triglycerider som innehåller både omättade och mättade fettsyror. Mjölakens fettsyror härstammar från fettsyror från blodets triglycerider eller syntetiseras från acetat och β -hydroxybuterat från blodplasman. Mjölksprotein, som till största delen finns i form av kasein, härstammar främst från aminosyrorna från blodet. Asknen i mjölken består av huvudkomponenterna kalcium, fosfor och magnesium tillsammans med natrium, kalium och klor samt en mängd spårelement bl.a. järn, mangan och jod. Dessutom finns även en ansevärd mängd av vitamin A och B i mjölk samt mindre mängder av vitamin C, D, E och K. Vitaminerna syntetiseras inte i juvret utan absorberas från blodet (Castle & Watkins, 1984).



Figur 5. Exempel på mjölkens genomsnittliga sammansättning angivet efter vikt (från Castle & Watkins, 1984)

Laktos

Laktos utgör den huvudsakliga delen av kolhydraterna i mjölk. Denna sockerart kan man hitta hos de flesta däggdjursarter och den återfinns endast i mjölk (Walstra & Jenness, 1984). Hos kor innehåller mjölken i genomsnitt 4,6 % laktos men den kan variera mellan 3,8 och 5,3 %. Laktos är en disackarid som består av två sockerarter, glukos och galaktos (Walstra *et. al.*, 1999). Glukos är den enda grundsubstans som krävs för laktosyntesen. Glukos transporteras med blodet till mjölkkörtelns epitelceller där galaktos bildas av glukos. Laktosyntas katalyserar syntesen av laktos från galaktos och glukos. Laktos i mjölken finns i fri form eller är bunden till oligosakarider. Enzymer från olika laktobaciller bryter ner glukos och galaktos till olika syror, vilken den viktigaste är mjölksyra. I normal mjölk är laktos den viktigaste osmotiska komponenten. Ungefär 40 % av det osmotiska trycket i mjölk uppkommer då laktos passerar genom alveolepitelet endast i en riktning. Alveolernas epitel är mycket vattengenomsläppligt, vilket gör att vatten och laktos kan transporteras in i alveolerna (Kaartinen, 1995).

Studier har gjorts huruvida laktoskoncentrationen påverkas vid förändrad mjölkkningsfrekvens. Resultaten visar att koncentrationen av laktos påverkades mycket lite (Davies *et.al.*, 1998) eller inget alls (Wangler *et. al.*, 2002) vid en ökad mjölkkningsfrekvens.

Mjölkfett

Mjölk från samtliga arter som studerats genom tiderna har visat sig till största delen, ca 97 – 98 %, innehålla fettklassen triglycerider (Fox, 1995) men ett flertal andra fettklasser finns även representerade i mjölk (Tabell 1). Komjölk består av ca 4 % fett (Walstra & Jenness, 1984) men kan variera beroende på individen och olika miljöfaktorer.

Tabell 1. Fettklasser i komjolk samt dess procentuella innehåll i mjölken. Spännvidden täcker variationer under laktationen (Bitman & Wood, 1990)

Fettklass	Procent
Triglycerider	95,8 – 97,4
Fosfolipider	0,56 – 1,11
Kolesterol	0,30 – 0,53
Diglycerider	1,01 – 2,25
Monoglycerider	0,03 – 0,08
Fria fettsyror	0,18 – 0,28
Kolesterylestrar	0,02 – 0,05

För fettbildningen i alveolcellerna använder idisslarna huvudsakligen acetat och butyrat från fodrets jäsning i vommen. Acetatet omvandlas först till β -hydroxybutyrat. Med detta utgångsmaterial kan man bilda fettsyror med jämt antal kolatomer. Små mängder av fettinnehållet i mjölken består av fria fettsyror, monoglycerider och diglycerider, vilka är resultatet av antingen en ofullständig syntes eller en ofullständig nedbrytning av triglycerider, steroider eller fosfolipider. Triglyceriderna innehåller en mängd fettsyror och skiljer sig åt bl.a. vad det gäller kedjelängden på fettsyror samt antalet och placeringen av dubbelbindningar mellan kolatomerna. Man har kunnat identifiera mer än 450 fettsyror i mjölkfett från ko. De flesta av dessa existerar i mycket små mängder och enbart ett drygt dussintal (Tabell 2) av fettsyror brukar nämnas mer i detalj (Rajah & Burgess, 1991).

Tabell 2. De huvudsakliga fettsyrorerna i komjolk (Jensen, 2002).

Fettsyra (antal kolatomer samt dubbelbindningar i kolkedjan)	Medelintervall (viktprocent)
4:0	2 - 5
6:0	1 - 5
8:0	1 - 3
10:0	2 - 4
12:0	2 - 5
14:0	8 - 14
15:0	1 - 2
16:0	22 - 35
16:1	1 - 3
17:0	0,5 – 1,5
18:0	9 - 14
18:1	20 - 30
18:2	1 - 3
18:3	0,5 - 2

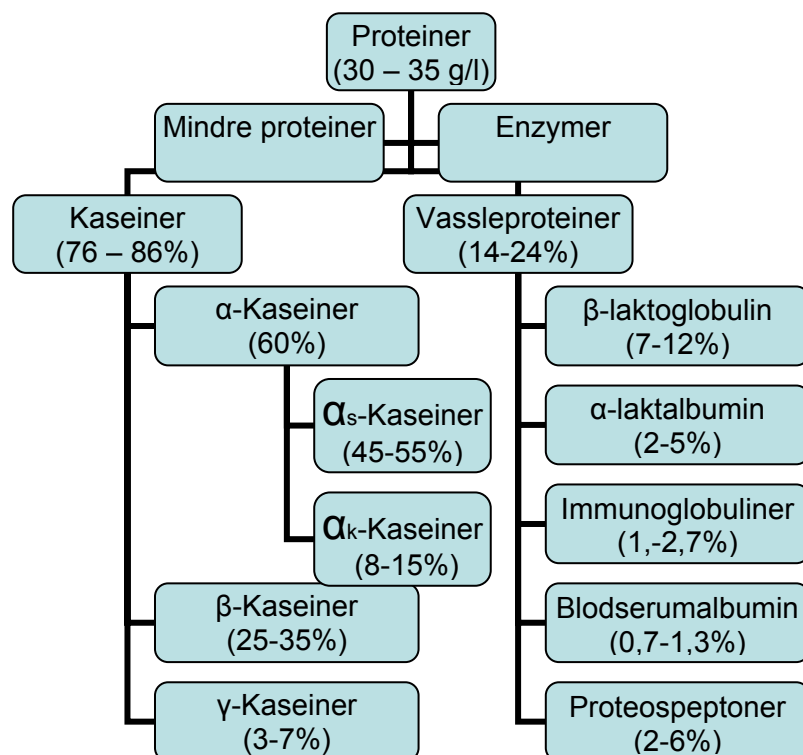
En stor del av idisslarnas mjölk består av kortkedjiga fettsyror ($C_4 - C_{14}$) (Spreer, 1998). Dessa har en lägre smältpunkt än de långa fettsyrorerna (Björnhag, 1989b) och de flesta syntetiseras i mjölkörteln från acetat och β -hydroxybutyrat som härstammar från vommen och som sedan tas upp via blodet. Fettsyror som innehåller mellan 12 och 16 kolatomer bildas delvis från acetat och tas delvis upp direkt från blodfettet (Kaartinen, 1995). Långkedjiga

fettsyror (C_{18} och längre) finns både i mättad och i omättad form och absorberas från blodet. Förhållandet mellan dem påverkas huvudsakligen av utfodringen. På sommaren är andelen omättade fetter högre än under vintern (Spreer, 1998).

Hur mjölkningens frekvensen påverkar fetthinnehållet i mjölken har studerats i en mängd olika studier med varierande resultat. Erdman & Varner (1995) som gjort en sammanställning av 19 olika rapporter kom fram till att mer frekvent mjölkning än två gånger per dygn, tenderar att sänka fetthalten men effekterna var inte stora och i många fall inte heller signifikanta. I en hellaktationsstudie fann Österman och Bertilsson (2003) ingen skillnad i fetthalt mellan kor som mjölkades 2 respektive 3 gånger per dygn under en 12 månaders laktation, däremot under en 18 månaders laktation var fetthalten lägre hos kor som mjölkades 3 gånger per dygn. I en korttidsstudie som Svennersten-Sjaunja *et. al.* (2002) genomförde, kunde man påvisa en ökning av den totala fettmängden. I sistnämnda studie samt i Wiktorssons *et. al.* (2000) studie kunde inga signifikanta skillnader av koncentrationen fett påvisas.

Mjolkprotein

Normal komjölk innehåller ungefär 34 gram protein per liter mjölk. Ungefär 80 % av mjölkproteinerna är kaseiner och de återstående 20 % är vassleproteiner, vilket är en grupp innehållande α -lactalbumin, β -lactoglobulin, blodserumalbumin och immunoglobuliner (Mantere-Alhonen, 1995) Mjolkproteinerna kasein, α -lactalbumin och β -lactoglobulin syntetiseras främst i mjölkkörteln medan blodserumalbumin och immunoglobulinerna absorberas från blodet (Schmidt, 1971).



Figur 6. Mjolkproteinfraktioner (O'Connor, 1995).

Kasein och vassle

Kaseiner är uppbyggda av ett flertal olika beståndsdelar och är därmed en heterogen grupp (Figur 6). Generellt sett har kaseinerna ett högt fosforinnehåll, ett lågt svavelinnehåll och påverkas inte nämnvärt av måttlig värme. I närvaro av kalciumjoner (Ca^{2+}) reagerar kaseinerna genom att bilda kaseinmiceller. Ungefär 95 % av kaseinet i mjölken finns i micellform. Oftast är dessa miceller sfäriska i sin form och har en diameter mellan 40 och 300 nm (O'Connor, 1995). Det finns ett antal olika kaseiner i mjölk och dessa kan vara svåra att helt separera från varandra. Då kasein faller ut från mjölk med olika metoder såsom centrifugering, syra- eller löpofällning får man fram en blandning av olika kaseiner. Med hjälp av en elektroforesutrustning kan de tre olika klasserna, α -, β - och γ -kasein separeras från varandra (Walstra *et. al.*, 1999).

De viktigaste vassleproteinerna är β -laktoglobulin, α -laktalbumin, immunoglobuliner och serumalbuminer (Figur 6). Huvuddelen av vassleproteinerna i mjölk består av β -laktoglobulin (Mantere-Alhonen, 1995). Utöver dessa finns även en liten mängd andra kväveinnehållande beståndsdelar i mjölken såsom urea, β_2 -mikroglobulin, laktoferrin och transferrin.

Citronsyra

Citronsyra ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$) är en trikarboxylsyra och förekommer i citratformen (anjon) vid normalt mjölk-pH ($\approx 6,7$). Citronsyra är trots den relativt låga koncentrationen (ca 0,18 %) den fjärde största komponenten i mjölk. Utmärkande för den är att den visar en relativt stor variation. En del av denna variation kan förklaras med att citronsyra har en metabolisk funktion. Vid syntes av korta och medellånga fettsyror i juvret hos kon, bidrar citrat med att reducera NADPH som behövs vid fettsyrsyntesen. Citronsyrans centrala funktion gör att förändringar i fettsyrsyntesen som orsakas av miljömässiga faktorer också visar sig i en förändring av mjölkens citrathalt. Ett ökat fettillskott i foderstaten kan därför höja citrathalten i mjölken. Det finns också studier som tyder på att mjölkens citrathalt beror på en genetisk variation hos djuren. Citrat spelar även en viktig roll för jämvikten av mineraler i mjölk eftersom den har en förmåga att komplexbinda positiva joner. Den mest förekommande formen är ett starkt men lösligt komplex med kalcium (CaCit). Genom att citrat komplexbinder kalcium styr mjölkens citrathalt fördelningen av kalcium mellan dess kolloidala och lösliga faser. Detta påverkar i sin tur mjölkproteinets förmåga att aggregera vid löpokoagulering och upphettning. En kraftig variation av citrat i mjölken kan på detta sätt inverka på mjölkens råvaruegenskaper (Hellander *et. al.*, 1989). Tidigare studier (Deshmukh *et. al.*, 1987; Larsson, 1998) har inte kunnat påvisa någon skillnad i citrathalt som kan härledas till en ökad mjölkkningsfrekvens.

Enzymer

Varje enzymaktivitet är specifik och varje enzym katalyserar enbart en typ av reaktion. Temperatur och pH är de viktigaste faktorerna som påverkar enzymaktiviteten. Många av enzymerna utnyttjas vid kvalitetskontroll av mjölk och mjölkprodukter. De viktigaste som kan nämnas är peroxidase och fosfatase, som används för att kontrollera att pastöriseringen fortlöpt som den ska, katalase som speglar juverhälsan och lipase som frisätter fria fettsyror vilka kan orsaka en härsken smak. Andra mjölkensymer är xanthine oxidase, laktase, protease, amylase, lysozym, aldolase och ribonuklease (Mantere-Alhonen, 1995).

γ -glutamyltranspeptidase är ett membranbundet enzym som är vanligt i ett flertal vävnader hos däggdjur och som även finns i mjölk. Enzymets uppgift är att katalysera omvandlingen av γ -glutamylrester till aminosyror eller peptider (Baumrucker, 1979). Enzymet använder fria aminosyror, främst cystin, för att bilda γ -glutamyltranspeptidasaminosyror som transporteras

in i cellerna där fria aminosyror sedan åter bildas. γ -glutamyltranspeptidas aktivitet har visat sig vara hög i mjölk och är också mycket viktig för mjölkkörtelns upptag av aminosyror vilket är en förutsättning för mjölkproteinsyntesen (Johnston *et. al.*, 2004).

Aska

Askinnehållet i mjölk är ungefär 0,7 %. Aska består av olika mineralsubstanser vilka bara en del är i lös form (ca 40 % av kalciumet, 75 % av magnesiumet och 38 % av fosforet). Svavel finns huvudsakligen i form av sulfat och fosfor som fosfat. Mineralinnehållet i mjölk är inte samma sak som saltinnehållet. Saltinnehållet i mjölk varierar beroende på individuella olikheter hos djuret som t.ex. ras, laktationsstadie och hälsa samt av andra faktorer som t.ex. mineralinnehåll i fodret. Spårelementinnehållet i mjölken är också viktig. Mängden av vissa spårelement kan kompletteras via fodret medan andra inte kan tillföras den vägen (Mantere-Alhonen, 1995).

Vitaminer m.m.

Vitaminer, mineraler, salter och antikroppar överförs från blodet genom cellcytoplasman till alveollumen. Vitaminerna delas upp i två huvudkategorier, vattenlösliga vitaminer (vitaminer i B- och C-grupperna) och fettlösliga vitaminer (vitamin A, D, E och K). Mängden av vattenlösliga vitaminer i mjölk är relativt stabil och de flesta härstammar ur vommikrobernas biosyntes. Mängden fettlösliga vitaminer kan variera mycket beroende på omkringliggande faktorer så som utfodring och tillgången på solljus. Ett medelvärde av vitamininnehållet i mjölk redovisas i nedanstående tabell (Tabell 3) (Mantere-Alhonen, 1995).

Tabell 3. Vitaminer i komjölk (Mantere-Alhonen, 1995).

Fettlösliga vitaminer		Vattenlösliga vitaminer	
A	0,3 mg/l	B ₁ (thiamin)	0,4 mg/l
D	0,4 µg/l	B ₂ (riboflavin)	2 mg/l
E (α -tokofenol)	1 mg/l	Niacin	0,94 mg/l
K	80 µg/l	Pantoteninsyra	3,5 mg/l
		Pyridoxin	0,5 g/l
		Biotin	30 µg/l
		Folsyra	50 µg/l
		B ₁₂ (cyanokobalamin)	4,3 µg/l
		C (askorbinsyra)	20 mg/l

Syntes av mjölkfett

Som tidigare beskrivits bildas mjölkfettet i de sekretoriska cellerna i mjölkkörteln. Förstadiet till mjölkfettet bildas i det endoplasmatiska retikulet och transporteras genom cytosolen som små triglyceriddroppar omgärdade av ett lager polära fosfolipider och proteiner. Under transporten växer dropparna i storlek och vid det apikala membranet utsöndras dropparna från epitelcellen. Det finns två olika teorier om hur fett dropparna utsöndras. Den ena teorin är genom s.k. avknoppning. Detta innebär att fett droppen buktar ut cellmembranet tills den är helt omgiven av membran för att därefter avsnöras och transporteras ut i alveollumen (Mather & Keenan, 1998). Den andra teorin bygger på att fett dropparna slås samman med sekretoriska vesikler i det apikala membranet och att innehållet därefter genom exocytos släpps ut i alveollumen (Wooding, 1973). Den först nämnda teorin är dock den mest accepterade

(Wiking, 2005). Hormonerna prolaktin och oxytocin påverkar även frisättningen av fettkulorna och de tros även ha en effekt på den slutliga storleken av fettkulorna (Ollivier-Bousquet, 2002). Sammansättningen av mjölkfettkulans yttre membran är mycket likt det apikala membranet på den sekretoriska cellen (Wiking, 2005). Fettkulemembranet är elektriskt laddat vilket leder till att fettdropparna repellerar varandra. Fettet hålls i suspension, men om mjölken får stå orörd en längre stund kommer fettets att flyta upp till ytan. Gravitationen är större än de elektriska laddningarnas krafter och fett är lättare än vatten (Björnhag, 1989b). Genom att fettets utsöndras i form av fettkolor omgärdade av ett membran är det möjligt att dess struktur kan bibehållas och att dess existens i vattenfasen kan upprätthållas (Fox, 1995).

Fettkulorna kan variera i storlek. Diametern på fettkulorna kan variera mellan 0,1 – 12 μm med ett medelvärde kring 4,5 μm (Wiking, 2005). Enligt en studie genomförd av Wiking *et. al.*, (2004) ökar fettkulorna i diameter med ökad fetthalt. De största fettkulorna befinner sig nära det apikala membranet (Kaartinen, 1995).

Mjölkkörtlarna hos idisslare använder acetat direkt till fettsyntesen. Acetatet kommer från nedbrytningen av cellulosa i vommen och är utgångsmaterialet för fettsyror som innehåller 4 – 16 kolatomer. Alla fettsyror som innehåller färre än 12 kolatomer syntetiseras från acetat. Fettsyror som innehåller mellan 12 och 16 kolatomer bildas delvis från acetat och tas delvis upp direkt från blodfettet (Kaartinen, 1995). Långkedjiga fettsyror d.v.s. de som innehåller 16 eller fler kolatomer, transporteras till mjölkkörteln via blodet och kommer direkt från fodret eller från fettvävnaden. Vissa av palmitinsyrorna (C16:0) syntetiseras via fermentation av kolhydrater i vommen. De flesta palmitinsyror (C16:0) och stearinsyror (C18:0) passerar oförändrade genom vommen medan omättade fettsyror omvandlas med hjälp av mikroorganismerna i vommen, vilket huvudsakligen leder till att stearinsyra och en mindre mängd oljesyra (C18:1) bildas (Børsting *et. al.*, 2003).

Fettkulemembranet

Varje fettkula i mjölken har ett omkringliggande lager, ett membran, som har till uppgift att skydda fettkolor från att smälta samman. Membranet består huvudsakligen av proteiner, fosfolipider, kolesterol, glycerider och vatten. Fettkulemembranets utformning är inte helt klarlagd, men den grundläggande strukturen är troligtvis ett enkelt fettlager omgärdat av ett lager proteiner. Utanför dessa lager finns ett dubbelt fettlager som är uppblandat med proteiner, vilka en del sticker ut i mjölkplasman. Den genomsnittliga tjockleken på fettkulemembranet är omkring 15 nm men kan variera från 10 till 20 nm (Walstra *et. al.*, 1999).

Ca 60 % av komjölkens fosfolipider återfinns i fettkulemembranen medan resten finns i skummjölkfasen (Patton & Keenan, 1975). Membranets fosfolipider som bildar det basala membranet där de opolära ”svansarna” placerar sig sida vid sida och de polära ”huvudena” är vända mot den omgivande vattenfasen, innehåller höga halter palmitinsyra och oljesyra. I de korta och medellånga fettsyrorerna finns dessa i mycket små mängder (Mcpherson & Kitchen, 1983). Sammansättningen av membranets fosfolipider kan ändras genom utfodringen av kon på samma sätt som övrig sammansättning av mjölkfettet.

Lipolys

Lipolys i mjölk katalyseras av mjölkens egna enzymer eller av bakteriella enzymer. Summan av all lipolytisk aktivitet är ett resultat av spontan lipolys, inducerad lipolys och mikrobiell lipolys (Suhren *et. al.*, 1981). Lipaser som bildas av bakterier eller jäst är ingen avgörande

faktor för lipolys av mjölken om den lagras väl och håller en god hygienisk kvalitet förrän efter en längre tids lagring (Wiking, 2005). Det viktigaste lipolytiska enzymet är mjöklipoprotein lipas (LPL).

Faktorer som kan medverka till spontan lipolys kan vara mjölkkningsfrekvens, juverhälsa, pumpnings- och temperaturförändringar. Den spontana lipolysen kan alltså förekomma i mjölk från vissa kor utan att mjölken utsatts för någon mekanisk bearbetning annat än kylagring. Inducerad lipolys föregås av någon typ av aktivering, t.ex. homogenisering, temperaturförändring, skakning eller luft rörelse. Gemensamt för dessa händelser är att de alla skadar fettkulemembranet.

Lipolys kan påskyndas av flera faktorer, men vilken lipolyshastighet som uppnås beror på mjölkens känslighet för lipolys. Enligt Wikings *et. al.* (2003) studie är större fettkuler mer känsliga för lipolys än mindre fettkuler. Mjölkens känslighet påverkas också av flera andra faktorer som t.ex. foderstat, mjölkproduktion, laktationsstadium eller dräktighetsstatus, hormonstörningar och mastit. Mjölkningsintervallens längd och mjölkkningsmaskinens utförande kan också påverka graden av lipolys. I mjölkkningsmaskinen har bl.a. spengummits utformning, mjölkslangarnas längd, utformning av trånga passager och graden av luftinblandning betydelse för hur mjölkens känslighet för lipolys påverkas. Känsligheten skiljer sig också mellan olika individer.

LPL, som är den huvudsakligen orsaken till lipolys av färsk mjölk, härstammar från mjölkörteln där det medverkar vid upptaget av blodlipider till mjölksyntesen. Dess optimala temperatur för aktivitet är 33°C och optimalt pH är kring 8,5. I mjölk hänger LPL huvudsakligen ihop med kaseinmicellerna (Hohe *et. al.*, 1985). Det är när fettkulemembranet brister som triglyceriderna kommer i kontakt med LPL. Enzymet aktiveras då apo-lipoprotein CII från blodet möjliggör LPL att binda till fettkulan (Bengtsson & Olivecrona, 1982). Trots den höga andelen LPL i mjölk, begränsas lipolys av mjölkfett genom att fettkulorna skyddas av fettkulemembranet samt att färsk mjölk normalt lagras vid temperaturer långt under LPLs optimala temperatur. Dessutom kan enzymet inhiberas av dess egna slutprodukter som erhålls då det verkar på mjölkfettet. Speciellt har långkedjiga fettsyror den inhiberande verkan (Walstra & Jenness, 1984).

Fria fettsyror (FFA)

Produkterna som bildas vid hydrolys av triglycerider, fria fettsyror (FFA), inhiberar enzymet genom att FFA binder till LPL. Flera studier har visat att LPL i helmjölk inte är kopplat till FFA-innehållet i färsk mjölk (Bachman & Wilcox, 1990; Cartier & Chillard, 1990), men å andra sidan har andra studier visat att aktiviteten av LPL kan relateras till graden av lipolys (Ahrne & Björck, 1985; Bachman & Wilcox, 1990; Cartier & Chillard, 1990).

Bildningen av FFA tros bero på fettkulornas känslighet för lipaser. LPL hydrolyserar i första hand fettsyror i position sn-1 och sn-3. Fettsyror som till hög grad är placerade på dessa positioner är C4, C6, C18 och C18:1 (Jensen, 2002). Detta stämmer väl överens med de studier (Quattara *et. al.*, 2004) som visat att C4, C6 och C18:1 var de mest frekventa fria fettsyrorerna i en blandning av färsk och pastöriserad mjölk som lagrats vid 4°C i 48 timmar.

Att svagheter i fettkulorna eller i fettkulemembranet orsakar förhöjda nivåer av FFA i mjölken vid ökade mjölkkningsfrekvenser och efter lagring av mjölken har bl.a. påvisats av Slaghuis *et. al.* (2004). Ökningen av FFA i mjölken under lagring har visat sig vara som störst under de 24 första timmarna (Wiking *et. al.*, 2002). Suhren *et. al.*, (1981) och Ahrne & Björck

(1985) visade även i sina studier att högre nivåer av FFA i mjölken kunde påvisas då korna mjölkades med kortare mjölkningsintervall (8-9 timmar) jämfört med längre intervall (15-16 timmar).

Den härska smak som uppkommer från lipolysen beskrivs ofta som en tvålsmak och trots att många studier har gjorts har man inte helt kunnat visa sambandet mellan halten FFA och det karaktäristiska smakfelet. Vad man vet är att risken för smakfel alltid ökar med en ökad koncentration FFA och att smakfelet i hög grad påverkas av sammansättningen av FFA.

Vilka faktorer påverkar mjölkfettet?

Mängden och sammansättningen av mjölkfettet kan variera kraftigt beroende på t.ex. diet, laktationsstadium, laktationsnummer, ras och årstid (Fox, 1995). Då sammansättningen av mjölkfetterna i leverantörmjölken är avgörande för mejeriprodukternas innehåll och hållbarhet, är det viktigt att ta hänsyn till så många bidragande faktorer som möjligt för att få en så optimal produkt som möjligt. De mest betydelsefulla faktorerna i anknytning till mjölkningen vilka påverkar mjölkens sammansättning är mjölkningsintervall, mjölkningsfrekvens, mjölkningsrutiner och mjölkningsutrustning.

Utfodring

Vommens mikrober har betydelse för syntesen av triglycerider genom att de påverkar sammansättningen av fettsyror som tas in via födan. Omättade fettsyror mätas helt eller delvis i vommen och nya fettsyror bildas innan de absorberas i tunntarmen. Energiintaget hos idisslare baseras inte på hydrolys av kolhydrater till glukos så som hos enkelmagade djur. Vommikroberna fermenterar kolhydraterna i fodret till mjölksyra och flyktiga fettsyror (den s.k. *de novo*-syntesen), som därefter absorberas genom vomväggen och tas upp i blodet. De flyktiga fettsyrorerna är den huvudsakliga energikällan hos kor (närmare 70 %) (Kaartinen, 1995).

Vilka fria fettsyror som bildas i vommen beror till stor del på utfodringen. Cellulosarik föda ökar proportionen acetat medan kraftfoder ökar andelen propionat. De flyktiga fettsyrorerna består i medeltal av ca 65 % acetat, 20 % propionat, 10 % butyrat och 5 % isovalerat och isobutytrat (Kaartinen, 1995).

En stor mängd omättade fettsyror resulterar i att en ofullständig omvandling i vommen sker och detta kan leda till att vissa av linol- (C18:2) och linolensyrorna (C18:3) omvandlas till konjugerade linolsyror. Vissa isomerer av dessa tillsammans med *trans*-C18:1 kan ha en negativ effekt på *de novo*-syntesen i vommen vilket kan resultera i en lägre fetthalt i mjölken (Bessa *et. al.*, 2000).

De huvudsakliga fleromättade fettsyrorerna i mjölk är linolensyra C18:3 (omega-3 fettsyra) och linolsyra C18:2 (omega-6 fettsyra). Försök har gjorts (Goodridge *et. al.*, 2001) för att försöka höja andelen fleromättade fettsyror i mjölken genom att via utfodring tillsätta en högre andel linol- och linolensyra. Nackdelen med att öka mängden omättade fettsyror visade sig vara dess förmåga till oxidation vilket resulterade i en ökad risk för smakfel av mjölken.

Laktationsstadium, laktationsnummer och ras

Laktationsstadium är en källa till variation i mjölkens koncentration av fria fettsyror. Mjölk från senare delen av laktationen har en högre FFA-halt än mjölk från tidigare delen av laktationen (Klei *et. al.*, 1997; Ahrné & Björck, 1985; Sapru *et. al.*, 1997). Kons

laktationsstadium påverkar även fettsyrasammansättningen i mjölken. Generellt sett kan man säga att innehållet av korta fettsyror ökar under de första laktationsmånaderna för att vara som högst under fjärde och femte laktationsmånaden. Därefter börjar de avta fram till sinläggningen. De längre fettsyrorna förekommer i hög koncentration i början och i slutet av laktationen och i lägre koncentration i laktationens mitt (Karijord *et. al.*, 1982). Karijord *et. al.* (1982) påvisar i sin studie att 2-23,5 % av variationen i fettsyrainnehållet i mjölkfettet kan förklaras av laktationsstadium.

I ovan nämnda studie framgick det att det även finns en betydande signifikant variation i fettsyrasammansättning mellan olika kogrupper efter olika tjurfäder. Skillnader i mjölkens FFA-halt har också konstaterats mellan olika koraser. Holsteinkor gav mjölk med högre FFA-halt än jerseykor då dessa kor mjölkades två gånger per dygn med tolv timmars mjölkkningsintervall.

Även kons laktationsnummer kan ha betydelse för mjölkens FFA-halt. Klei *et. al.*, (1997) jämförde i sin studie kor i första respektive andra laktationen och konstaterade att kons laktationsnummer har betydelse för mjölkens FFA-halt under de först 100 dagarna i laktationen. Kor i andra laktationen producerade mjölk med något högre FFA-halt än kor i första laktationen.

Mjölkningsfrekvens och mjölkkningsintervall

Då korna mjölkas mer än två gånger per dygn ökar i regel mjölmängden (Hillerton *et. al.*, 1990; Österman & Bertilsson, 2003) medan fett- och proteinhalt har en tendens att minska (Erdman & Varner, 1995). Den totala produktionen (mängden) fett och protein är dock som regel större än vid mjölkning två gånger per dygn (Rao & Ludri, 1984).

Mjölkningsfrekvensens inverkan på FFA-halten i mjölk har studerats i flera försök. Klei *et. al.*, (1997) redovisar i sitt försök att kor som mjölkas tre gånger per dygn har en signifikant högre FFA-halt i mjölken jämfört med kor som endast mjölkas två gånger per dygn. I ett annat försök som Sapru *et. al.*, (1997) genomförde visade resultaten att kor som mjölkades tre gånger per dygn producerar mjölk med lägre fetthalt och högre FFA-halt än kor som mjölkas två gånger per dygn.

Man har i olika försök studerat hur *de novo*-syntesen av mjölkfett påverkas av en förändrad mjölkkningsfrekvens. Resultaten är varierande. Vissa studier visade på att en ökad mjölkkningsfrekvens inte förändrade fettsyrasammansättningen (Knight *et. al.*, 1992; Svennersten-Sjaunja *et. al.*, 2002). Andra studier har påvisat motstridiga resultat. Smith *et. al.* (1982) kunde i sitt hellaktationsförsök påvisa att de kortkedjiga fettsyrorna minskade medan de långkedjiga fettsyrorna ökade både i viktprocent och i mängd.

Mer frekvent mjölkning medför också att mjölkkningsintervallens längd förändras. I vissa fall kan dessa förändringar leda till att intervallen blir ojämna och oregelbundna, vilket Svennersten-Sjaunja (2002) sammanfattar i sin rapport. Om olika långa mjölkkningsintervall praktiseras inom dygn får man en låg mjölmängd, med högst fett- och proteinhalt vid det korta intervallet som ofta uppstår vid kvällsmjölknigen medan det vid morgonmjölknigen efter det långa intervallet är högst mjölmängd och lägst fett- och proteinhalt. Det är framför allt mjölkfettet som uppvisar stor variation mellan morgon och kvällsmjölk. Fetthalten i kvällsmjölk vid ojämna intervall kan skilja ett par procentenheter medan proteinet endast skiljer tiondels procentenheter. Även sammansättningen på mjölkfettet tenderar att påverkas av mjölkkningsintervallens längd. Man har via studier (Emanuelson, 1989) kunnat påvisa att det finns mer långkedjiga fettsyror vid morgonmjölknigen efter ett längre mjölkkningsintervall,

vilket skulle kunna vara en effekt av utfodringsrutinerna. Om korna utfodras sen eftermiddag i samband med kvällsmjölknigen och nästa gång vid morgonmjölknigen dagen efter, skulle skillnader i fettsyreinnehållet kunna bero på att kroppsfett används för mjölksyntesen under natten.

Kor vars mjölk är känslig för lipolys får väsentligt högre FFA-halter i mjölken vid kortare mjölkkningsintervall medan kor som producerar mer ”okänslig mjölk” endast får en något förhöjd FFA-halt i mjölken. När olika juverdelar på samma ko mjölkades med olika intervall reagerade varje juverdel oberoende av de andra juverfjärdedelarna (Jellema, 1986). Vid mycket långa mjölkkningsintervall minskar även den totala fetthalten. Om känsligheten för lipolys i mjölken ökas, d.v.s. i samband med t.ex. sent laktationsstadium eller vid låg mjölmängd, ökas också effekten av ett kort mjölkkningsintervall. Jellema påpekar också att om mjölken inte är känslig är inte effekten av korta mjölkkningsintervall lika uttalad förrän vid mycket korta intervall såsom 2-3 timmar. Vissa studier (O'Brien *et. al.*, 1998) visade dock att det inte kan påvisas någon skillnad i FFA-halt vid ojämna mjölkkningsintervall. Olika studier påvisar alltså olika resultat då det gäller mjölkkningsintervallens påverkan på FFA-halten i mjölken. En förklaring till dessa skiljaktigheter i resultat skulle kunna vara att orsaken till mängden fria fettsyror i mjölken troligtvis beror på både biologiska (ökad aktivitet i de mjölkbildande cellerna, ändrad fettsyrasammansättning, fettkulestorlek m.m.) och tekniska (ökad luftinblandning i mjölken under mjölktransport och andra påfrestningar på fettkulemembranet) faktorer som samspelar (Svennersten-Sjaunja, 2002).

Mjölkkningsrutiner

Mjölkkningsrutinen inklusive spenstimuli har en viss betydelse för mjölkens sammansättning (Svennersten *et. al.*, 1990; Svennersten *et. al.*, 1991). En väl genomförd förstimulering av juver och spenar samt övrig positiv stimulering i samband med mjölkningen t.ex. utfodring under mjölkningen (Johansson *et. al.*, 1999), leder till en mer effektiv juvertömning som kan leda till en viss avkastningsökning. I en del fall har även en ökad stimulering lett till en ökad fettsyntes. I samband med mjölkningen aktiveras i juvret lokala neurogent relaterade reglermekanismer. En aktivering av dessa har rapporterats ha betydelse för mjölkens sammansättning. I studier där spenen utsatts för ökad stimulering har energiinnehållet i mjölken ökat. Fetthalten ökade med ca 7 % (Svennersten *et. al.*, 1990; Svennersten *et. al.*, 1991). Dessutom påverkades fettsyrasammansättningen. Andelen kortkedjiga fettsyror ökade medan långkedjiga minskade (Svennersten & Barrefors, 1991).

Själva juvertömningsprocessen kan delvis ha betydelse för mjölkens sammansättning och egenskaper. Under mjölkkningsförloppet sker en ökning av fetthalten vilket innebär att den först utvunna mjölken har relativt låg fetthalt medan mjölken som utvinns i slutet av mjölkningen har en betydligt högre fetthalt. Under en mjölkning kan fetthalten variera mellan ca 1 och 16 % (Johansson *et. al.*, 1952). Om hormonet oxytocin får verka ordentligt under nedgivningsprocessen och alveolen töms optimalt, minskar mängden residualmjölk varvid fetthalten höjs i den utvunna mjölken. Även mjölkens fysikaliska egenskaper borde därmed påverkas eftersom andelen stora fettkulor ökar med stigande fetthalt.

Mjölkkningsutrustning

Hur mjölken behandlas t.ex. vid transport är också en viktig faktor för den slutliga FFA-nivån i mjölken. Det är välkänt att mjölkkningsutrustningen kan påverka mjölkfettets kvalitet. Mekanisk bearbetning och luftinblandning påverkar emulsionens stabilitet och därmed också till att triglyceriderna kan exponeras för lipas med en ökad halt fria fettsyror som följd. Ett högt flöde genom mjölkledningarna leder till att en högre friktion uppstår, dels inom

vätskefasen men även mellan mjölken och mjölkledningen. Hur stor denna flödespåverkan blir beror bl.a. på hur högt flödet är, hur stor mjölkledningsdiametern är samt hur långa och hur komplicerade vägar mjölken tar i ledningen. Även faktorer som tillgången på luft, vilken temperatur mjölken håller och dess fettsammansättning påverkar stabiliteten av fettkulorna under den mekaniska behandlingen av mjölken (Wiking, 2005).

Man har i ett flertal studier undersökt hur AM-systemen påverkar mjölk kvaliteten bl.a. med avseende på FFA-halten i mjölken. Både i danska (Justenssen & Rasmussen, 2000) och holländska (Vorst & Hogeveen, 2000) studier framgår det att FFA-halten steg då AM introducerades. I den holländska studien använde man sig av konventionella gårdar som kontroll där mjölkning förekom både två och tre gånger dagligen. Vad en ökad FFA-halt beror på är ännu inte helt klarlagt. Det kan vara både biologiska och tekniska orsaker som ligger bakom. Fler studier visar dock på att en ökad mjölkning frekvens leder till förändringar av mjölkfettet t.ex. en ökning av fria fettsyror.

Syfte och hypotes

Syftet med studien har varit att undersöka hur mjölkning frekvensen inverkar på mjölkfettets kvalitet så som halten av fria fettsyror (FFA), fettkulornas storlek och dess stabilitet. Studien genomfördes som halvjuverexperiment. Hypotesen inför studien var att det inte är någon skillnad i mjölmängd eller på mjölkens sammansättning mellan de båda juverhalvorna under förutsättning att juvret är friskt och då mjölkning frekvensen är den samma på båda juverhalvorna, men då mjölkning frekvensen ökas i den ena juverhalvan påverkas produktionen i denna halva.

Material och metoder

Studien har genomförts vid Kungsängens forskningscentrum, Institutionen för husdjurens utfodring och vård, Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU), Uppsala. Projektet är ett samarbete med Institutionen för livsmedelsvetenskap vid institutet för jordbruksforskning, Foulum i Danmark, vilket är orsaken till att en del av analyserna har genomförts där.

Djurmaterial

I studien ingick 11 kor av rasen svensk röd och vit boskap (SRB). För att vara säkra på att korna var friska i juvret vid försöksstarten, valdes djuren ut efter att provtagningar skett avseende mjölkens celltal. Korna i studien befann sig mellan laktationsvecka 11 till 55 och deras status vid studiens början redovisas i tabell 4.

Inhysning och utfodring

Samtliga 11 kor som valts ut till studien var inhysta i ett konventionellt, uppbundet stall där mjölkning sker 2 ggr/dygn, kl. 06.00 och 16.00. Djuren utfodrades fyra gånger om dagen vid tidpunkterna 6, 10, 12 och 16. De utfodrades enligt referensen för svenska utfodringsrekommendationer (Spörndly, 2003) med fri tillgång på ensilage, 1 kg hö samt kraftfoder utifrån individuell mjölmängd enligt principen 60 MJ ME (metaboliserbar energi) för underhållsbehov och 5 MJ ME per kg ECM (energikorrigerad mjölk) (Sjaunja *et. al.*, 1990).

Tabell 4. Kornas status i kg ECM, fett-, protein- och laktoshalt (%) och celltal (SCC/ml mjölk x 1000) vid provmjölkning då försökskorna valdes ut

Konr.	Lakt. nr.	Lakt. vecka	Hög (H)/ Låg (L) Fetthaltko ¹	ECM (kg)		Fett (%)		Prot. (%)		Lakt. (%)		SCC (x1000)	
				morg.	kväll	morg.	kväll	morg.	kväll	morg.	kväll	morg.	kväll
848	4	41	H	14,20	9,00	4,51	7,60	4,10	4,31	4,97	4,80	7	12
864	4	37	H	17,00	8,40	4,67	7,50	3,68	3,99	4,38	4,27	54	87
871	4	34	H	11,20	7,20	4,07	6,04	4,02	4,09	4,73	4,63	82	170
891	4	21	L	24,00	12,60	2,92	6,25	2,87	2,93	4,84	4,66	7	1785*
897	4	21	L	21,20	15,40	2,73	6,91	3,00	3,25	4,92	4,63	15	35
927	3	51	H	12,60	6,80	4,82	7,48	3,78	4,12	4,67	4,56	52	87
936	3	23	L	19,60	11,80	3,49	6,04	3,32	3,81	4,94	4,65	40	78
988	3	8	L	24,00	15,20	2,10	5,59	2,95	3,16	4,94	4,72	12	20
1020	2	50	H	16,00	9,70	4,30	6,68	3,56	3,75	4,39	4,41	34	48
1043	2	30	L	14,80	9,60	3,86	6,01	3,57	3,66	4,70	4,59	26	51
1129	1	39	L	17,20	9,60	2,99	5,54	3,11	3,66	4,79	4,46	22	29

¹ Anger om korna är selekterade för hög eller låg mjölkfetthalt.

*Grynigt prov (mycket högt celltalsvärde). Det höga celltalsvärdet beror troligen på analysfel.

Försöksupplägg

Försöket var en halvjuverstudie som genomfördes i två perioder. Period ett föregicks av två dagars invänjning till 12 timmars mjölkningsintervall. Varje period omfattade fem dagar.

Korna delades in i två grupper (A och B) för att underlätta provtagningsrutinerna.

Gruppindelningen av korna skedde utifrån praktiska synvinklar vid mjölkningen såsom mjölmängd, mjölkningsutrustning och uppställningsplats. Korna mjölkades med en mobil mjölkningsmaskin, speciellt framtagen för separat mjölkning av juverfjärdedelar. Spenarna rengjordes med en våt pappershandduk och kontrollmjölk handmjölkades från varje separat juverfjärdedel före mjölkningen påbörjades. Förstimulering skedde under ca 30 till 60 sekunder.

Under den första perioden mjölkades korna två gånger per dygn på båda juverhalvorna, kl. 06.00 och kl. 18.00. Under andra perioden mjölkades korna två gånger per dygn, kl. 06.00 och kl. 18.00 på den ena juverhalvan samt fyra gånger per dygn på motsatta juverhalva, kl. 06.00, 12.00, 18.00 och 24.00.



Korna mjölkades med en mobil mjölkmaskin, speciellt framtagen för separat mjölkning av juverfjärdedelar.

Registrering och provtagning

Period 1. Dag 1, 3 och 5 registrerades mjölmängden för varje juverdel genom vägning vid båda mjölkningstillfällena (kl. 06.00 och 18.00). Dessa dagar togs också mjölkprover ut för analys av fett-, protein-, laktos- och citronsyrainnehåll. Dag 3 och 5 togs mjölkprover för analys av fettsyrasammansättning, fettkulestorlek och γ -glutamyltranspeptidas. Dag 5 togs även mjölkprover för analys av FFA-innehåll.

Period 2. Under fem dagar i period två mjölkades, som tidigare nämnts, korna fyra gånger (kl. 06.00, 12.00, 18.00 och 24.00) på den ena juverhalvan och två gånger (kl. 06.00 och 18.00) på den andra juverhalvan. Uppgifter om mjölmängder samt mjölkprov för analys av fett-, protein-, laktos och citronsyrainnehåll togs vid samtliga mjölkningstillfällen. Provtagning för övriga analyser (se ovan) skedde vid morgonmjölkningen kl. 06.00 och vid kvällsmjölkningen kl. 18.00.

Mjölkprover som togs ut för bestämning av FFA-halter analyserades på både färsk mjölk och mjölk som kylagrats. Två identiskt lika mjölkprover togs ut från varje juverhalva. Det ena provet placerades direkt i rör innehållande en lipolysinhiberande lösning medan det andra provet lagrades i 5°C i 24 timmar innan lösningen tillsattes, detta för att kunna jämföra FFA-innehållet i mjölken direkt efter mjölkningen med halten då mjölken kylagrats.

Mjölkproverna tagna för analys av FFA-innehållet förvarades i frysskåp (-20°C) till analyserna genomfördes. Försökets första (6/12) och sista (17/12) dag samt mitt i försöksperioden (13/12) togs mjölkprov efter avslutad mjölkning från alla fyra separata juverdelar för analys av mjölkens celltal för kontroll av juverhälsan.

Analysmetoder

Analysen av mjölkprover har skett i samarbete med Svensk Mjölk i Lund och Folum i Danmark. I försöket analyserades innehållet av fett, protein, laktos och citronsyra i mjölken med mid infraröd spektroskopi (MilkoScan FT 120, FossElectric, Hillerød, Danmark). Mjölkens celltal (SCC, somatic cell count) analyserades med elektronisk fluorescensbaserad cellräkning (Fossomatic 5000, A/S N. Foss Electric, Danmark).

Analys av fettinnehåll

- Innehållet av fria fettsyror (FFA) analyserades genom ”Auto analyser II method” (Lindqvist *et. al.*, 1975).
- Bestämningen av fettkulestorleken genomfördes med hjälp av laserljusbestrålning med en Mastersizer 2000 (Wiking *et. al.*, 2004).
- Fettsyreinnehållet i mjölken bestämdes genom gaskromatografiseparation och beräkningar som är beskrivna av Wiking *et. al.*, (2003).
- Analysen av γ -glutamyltranspeptidas i mjölken bestämdes enligt metod beskriven av Wiking *et. al.*, (2004).

Statistisk bearbetning

Den statistiska analysen genomfördes med statistikdataprogrammet SAS (SAS Institute inc., 2004) och baserades på parat t-test. Differensen mellan juverhalvorna i de båda perioderna beräknades och test gjordes för att undersöka om differensen var skild från noll. För variablerna fettsyrasammansättning, fettkulornas storlek och aktivitet av enzymet γ -glutamyltranspeptidas gjordes ett t-test där ett medelvärde över de båda juverhalvorna i period ett beräknades och jämfördes med juverhalvorna som mjölkats 2 respektive 4 gånger per dygn i period två (Wiking *et. al.*, 2006).

Resultat

Vissa delar av resultaten i denna studie redovisas även i Annica Edvardssons examensarbete ”Mjölkningsfrekvensens påverkan på mjölkproteinets sammansättning och kvalitet” (2006).

Resultaten avseende fettsyrasammansättning, fettkulornas storlek samt fettkulemembranet är redan publicerat i en vetenskaplig artikel, då studien varit ett samarbete mellan Sveriges Lantbruksuniversitet och Institutet för jordbruksforskning Foulum i Danmark, och delar av resultaten ingår i Lars Wikings doktorsavhandling ”Milk Fat Globule Stability” (2005).

Kontroller av juverhälsan

Vid försökets första (6/12) och sista (17/12) dag samt mitt i försöksperioden (13/12) togs mjölkprov från alla fyra separata juverdelar för analys av mjölkens celltal för kontroll av juverhälsan. Av resultatet framgår att juverhälsoläget var bra hos 10 av de 11 korna. Ko nummer 927 tenderade att ha något förhöjt celltal i mjölken i mitten och slutet av försöket (Tabell 5).

Tabell 5. Celltal vid provmjölkning under försöksperioden (SCC/ml mjölk x1000)

6dec.					13dec.				17dec.			
konummer	hf	hb	vb	vf	hf	hb	vb	vf	hf	hb	vb	vf
848	57	37	39	30	44	17	24	32	42	29	30	33
864	275	374	168	335	325	294	106	103	129	189	61	85
871	198	182	128	202	130	114	71	96	71	103	54	58
891	41	35	42	38	28	35	28	30	31	29	26	44
897	74	224	72	64	68	109	128	62	50	55	39	42
927	85	57	75	193	505	569	377	502	521	380	330	531
936	137	120	43	348	192	104	34	257	121	83	15	166
988	33	18	94	34	15	9	34	13	34	12	18	11
1020	219	53	48	190	162	98	59	96	119	70	42	57
1043	212	474	162	417	57	67	58	113	47	85	51	127
1129	56	46	46	56	78	31	37	43	53	48	28	31

Mjölmängd

I period 1 var det ingen signifikant skillnad i mjölmängd mellan de båda juverhalvorna. I period 2 var totala mjölmängden signifikant ($p < 0,05$) högre i den juverhalva som mjölkades fyra gånger per dygn jämfört med den juverhalva som mjölkades två gånger per dygn (Tabell 6).

Tabell 6. Mjölmängd (kg) i juverhalva som mjölkats två respektive fyra gånger per dygn. Medelvärde och standardavvikelse samt differenser mellan juverhalvor. $n = 11$.

PERIOD 1	2X mjölkning	2X mjölkning ¹	Differens
Mjölmängd (kg)			
Morgon	7,53 ^a (2,41)	7,34 ^a (2,26)	0,19 (0,50)
Lunch	-	-	-
Kväll	6,79 ^a (2,06)	6,86 ^a (1,84)	-0,07 (0,47)
Natt	-	-	-
Totalt per dygn	14,32 ^a (4,35)	14,20 ^a (3,95)	0,12 (0,84)

PERIOD 2	2X mjölkning	4X mjölkning ¹	Differens
Mjölmängd (kg)			
Morgon	7,55 ^a (2,38)	5,57 ^b (1,23)	1,98 (1,30)
Lunch	-	2,85 (1,18)	-
Kväll	7,21 ^a (3,02)	4,68 ^b (1,22)	2,53 (1,85)
Natt	-	2,50 (1,44)	-
Totalt per dygn	14,77 ^a (5,26)	15,42 ^b (4,76)	-0,65 (1,43)

¹ Juverhalva som mjölkades 2 gånger under försöksperiod 1 och 4 gånger under försöksperiod 2.

^{a,b}Värden inom rad med olika exponent indikerar en signifikant skillnad mellan juverhalvor vid olika mjölkningsfrekvens i period 2 ($p < 0,05$).

Fetthalt och fettmängd

För den totala fetthalten och fettmängden fanns inga statistiskt signifikanta skillnader till följd av den ökade mjölkningens frekvensen (Tabell 7). Dock kunde en tendens till minskad fetthalt skönjas då mjölkningens frekvensen ökade.

Tabell 7. Fetthalt (%) och fettmängd (g/kg) i juverhalva som mjölkats två respektive fyra gånger per dygn. Medelvärde och standardavvikelse samt differenser mellan juverhalvor. n = 11.

PERIOD 1	2X mjölkning	2X mjölkning ¹	Differens
Fetthalt (%)			
Morgon	4,32 (0,71)	4,30 (0,64)	0,02 (0,15)
Lunch	-	-	-
Kväll	4,83 (0,68)	4,85 (0,63)	-0,02 (0,25)
Natt	-	-	-
Totalt per dygn	4,56 (0,67)	4,57 (0,58)	-0,01 (0,17)
Fettmängd (g/kg)			
Totalt per dygn	0,63 (0,14)	0,63 (0,14)	0,001 (0,10)

PERIOD 2	2X mjölkning	4X mjölkning ¹	Differens
Fetthalt (%)			
Morgon	4,56 (0,84)	4,51 (0,88)	0,05 (0,24)
Lunch	-	4,49 (0,80)	-
Kväll	4,84 (0,74)	4,85 (0,82)	-0,01 (0,43)
Natt	-	4,25 (0,83)	-
Totalt per dygn	4,71 ^a (0,70)	4,59 ^a (0,68)	0,12 (0,24)
Fettmängd (g/kg)			
Totalt per dygn	0,68 (0,23)	0,69 (0,16)	-0,01(0,08)

¹Juverhalva som mjölkades 2 gånger under försöksperiod 1 och 4 gånger under försöksperiod 2. Exponenter skrivna med kursiv stil indikerar en tendens (p<0,07) till skillnad mellan juverhalvor vid olika mjölkningens frekvens i period 2.

Proteinhalt och proteinmängd

Proteinhalten var signifikant ($p < 0,05$) lägre i den juverhalva som mjölkades fyra gånger per dygn jämfört med den juverhalva som mjölkades två gånger per dygn (Tabell 8). Dock var den faktiska skillnaden mycket liten. En tendens till ökad proteinmängd kunde skönjas i den juverhalva som mjölkades fyra gånger per dygn.

Tabell 8. Proteinhalt (%) och proteinmängd (g/kg) i juverhalva som mjölkats två respektive fyra gånger per dygn. Medelvärde och standardavvikelse samt differenser mellan juverhalvor. $n = 11$.

PERIOD 1	2X mjölkning	2X mjölkning ¹	Differens
Proteinhalt (%)			
Morgon	3,59 ^a (0,60)	3,59 ^a (0,58)	0,002 (0,04)
Lunch	-	-	-
Kväll	3,82 ^a (0,57)	3,81 ^a (0,55)	-0,01 (0,03)
Natt	-	-	-
Totalt per dygn	3,70 ^a (0,58)	3,69 ^a (0,56)	0,01 (0,04)
Proteinmängd (g/kg)			
Totalt per dygn	0,51 ^a (0,10)	0,50 ^a (0,08)	0,01 (0,03)
PERIOD 2	2X mjölkning	4X mjölkning¹	Differens
Proteinhalt (%)			
Morgon	3,49 ^a (0,58)	3,46 ^a (0,58)	0,03 (0,04)
Lunch	-	3,63 (0,55)	-
Kväll	3,64 ^a (0,58)	3,61 ^a (0,56)	0,03 (0,06)
Natt	-	3,44 (0,52)	-
Totalt per dygn	3,56 ^a (0,58)	3,53 ^b (0,55)	0,03 (0,04)
Proteinmängd (g/kg)			
Totalt per dygn	0,51 ^a (0,13)	0,53 ^a (0,10)	-0,02 (0,05)

¹Juverhalva som mjölkades 2 gånger under försöksperiod 1 och 4 gånger under försöksperiod 2.

^{a,b}Värden inom rad med olika exponent indikerar en signifikant skillnad mellan juverhalvor vid olika mjölkningsfrekvens i period 2 ($p < 0,05$) Exponenter skrivna med kursiv stil indikerar en tendens ($p < 0,07$) till skillnad mellan juverhalvor vid olika mjölkningsfrekvens i period 2.

Laktoshalt och laktosmängd

Inga signifikanta skillnader av laktoshalten kunde påvisas mellan juverhalvorna som mjölkats fyra resp. två gånger per dygn. För laktosmängden kunde däremot signifikanta skillnader påvisas vid den totala dygnsavkastningen ($p < 0,05$) (Tabell 9). Den totala laktosmängden per dygn ökade med 4 % för den juverhalva som mjölkades mer frekvent.

Tabell 9. Laktoshalt (%) och laktosmängd (g/kg) i juverhalva som mjölkats två respektive fyra gånger per dygn. Medelvärde och standardavvikelse samt differenser mellan juverhalvor. $n = 11$.

PERIOD 1	2X mjölkning	2X mjölkning ¹	Differens
Laktoshalt (%)			
Morgon	4,52 ^a (0,22)	4,54 ^a (0,19)	-0,02 (0,05)
Lunch	-	-	-
Kväll	4,49 ^a (0,21)	4,50 ^a (0,18)	-0,01 (0,05)
Natt	-	-	-
Totalt per dygn	4,51 ^a (0,21)	4,52 ^a (0,18)	-0,01 (0,04)
Laktosmängd (g/kg)			
Totalt per dygn	0,65 ^a (0,21)	0,64 ^a (0,19)	0,01 (0,04)
PERIOD 2	2X mjölkning	4X mjölkning¹	Differens
Laktoshalt (%)			
Morgon	4,49 ^a (0,23)	4,52 ^a (0,20)	-0,03 (0,06)
Lunch	-	4,50 (0,18)	-
Kväll	4,45 ^a (0,19)	4,47 ^a (0,18)	-0,02 (0,05)
Natt	-	4,45 (0,20)	-
Totalt per dygn	4,47 ^a (0,21)	4,49 ^a (0,18)	-0,02 (0,05)
Laktosmängd (g/kg)			
Totalt per dygn	0,66 ^a (0,25)	0,69 ^b (0,22)	-0,03 (0,07)

¹Juverhalva som mjölkades 2 gånger under försöksperiod 1 och 4 gånger under försöksperiod 2.

^{a,b}Värden inom rad med olika exponent indikerar en signifikant skillnad mellan juverhalvor vid olika mjölkningsfrekvens i period 2 ($p < 0,05$).

Innehåll av fria fettsyror i mjölken

I tabellerna 10, 11 och 12 har resultat av FFA-innehållet i mjölken redovisats.

Inga signifikanta skillnader av FFA-innehållet i färsk mjölk kunde påvisas mellan juverhalvorna som mjölkats fyra respektive två gånger per dygn (Tabell 10).

Tabell 10. Innehåll av fria fettsyror (FFA) i färsk mjölk (meqv./liter mjölk) i juverhalva som mjölkats två respektive fyra gånger per dygn. Medelvärde och standardavvikelse samt differenser mellan juverhalvor. n = 11.

PERIOD 1	2X mjölkning	2X mjölkning ¹	Differens
FFA (meqv./liter)			
Morgon	0,30 (0,04)	0,29 (0,04)	0,01 (0,03)
Kväll	0,33 (0,04)	0,33 (0,04)	0,005 (0,02)
PERIOD 2	2X mjölkning	4X mjölkning¹	Differens
FFA (meqv./liter)			
Morgon	0,32 (0,03)	0,33 (0,03)	-0,01 (0,02)
Kväll	0,33 (0,04)	0,36 (0,06)	-0,02 (0,04)

¹Juverhalva som mjölkades 2 gånger under försöksperiod 1 och 4 gånger under försöksperiod 2.

Efter lagring i 5°C i 24 timmar, fanns en signifikant ökning av FFA-innehållet i den juverdel som mjölkats fyra gånger per dygn jämfört med den juverhalva som mjölkats två gånger per dygn oberoende av om resultaten presenteras som FFA/liter mjölk (Tabell 11) eller FFA/100 gram fett (Tabell 12).

Tabell 11. Innehåll av fria fettsyror (FFA) i mjölk som kyllagrats i 24 timmar (meqv./liter mjölk) i juverhalva som mjölkats två respektive fyra gånger per dygn. Medelvärde och standardavvikelse samt differenser mellan juverhalvor. n = 11.

PERIOD 1	2X mjölkning	2X mjölkning ¹	Differens
FFA (meqv./liter)			
Morgon	0,54 ^a (0,30)	0,50 ^a (0,21)	0,04 (0,09)
Kväll	0,84 ^a (0,991)	0,67 ^a (0,425)	0,17 (0,578)
PERIOD 2	2X mjölkning	4X mjölkning¹	Differens
FFA (meqv./liter)			
Morgon	0,51 ^a (0,15)	0,61 ^b (0,21)	-0,10 (0,08)
Kväll	0,54 ^a (0,17)	0,72 ^b (0,29)	-0,18 (0,15)

¹Juverhalva som mjölkades 2 gånger under försöksperiod 1 och 4 gånger under försöksperiod 2.

^{a,b}Värden inom rad med olika exponent indikerar en signifikant skillnad mellan juverhalvor vid olika mjölkningsfrekvens i period 2 (p<0,01)

Tabell 12. Innehåll av fria fettsyror (FFA) i mjölk som kyllagrats i 24 timmar (meqv./100gram fett) i juverhalva som mjölkats två respektive fyra gånger per dygn. Medelvärde och standardavvikelse samt differenser mellan juverhalvor. n = 11.

PERIOD 1	2X mjölkning	2X mjölkning ¹	Differens
FFA (meqv./liter) /100g fett			
Morgon	1,22 ^a (0,58)	1,14 ^a (0,41)	0,08 (0,19)
Kväll	1,62 ^a (1,62)	1,33 ^a (0,68)	0,29 (0,98)
PERIOD 2	2X mjölkning	4X mjölkning¹	Differens
FFA (meqv./liter) /100g fett			
Morgon	1,14 ^a (0,46)	1,44 ^b (0,68)	-0,30 (0,242)
Kväll	1,14 ^a (0,42)	1,55 ^b (0,77)	-0,41 (0,41)

¹Juverhalva som mjölkades 2 gånger under försöksperiod 1 och 4 gånger under försöksperiod 2.

^{a,b}Värden inom rad med olika exponent indikerar en signifikant skillnad mellan juverhalvor vid olika mjölkningsfrekvens i period 2 (p<0,01).

Citronsyrahalt och citronsyramängd

Den totala citronsyramängden och citronsyrahalten gav inga signifikanta skillnader orsakade av den ökade mjölkningsfrekvensen (Tabell 13). Däremot kunde en signifikant minskning av citronsyrahalten påvisas i morgonmjölken från den juverhalva som mjölkats mer frekvent.

Tabell 13. Innehåll av citronsyrahalt (%) och citronsyramängd (g/kg) i juverhalva som mjölkats två respektive fyra gånger per dygn. Medelvärde och standardavvikelse samt differenser mellan juverhalvor. n = 11.

PERIOD 1	2X mjölkning	2X mjölkning ¹	Differens
Citronsyrahalt (%)			
Morgon	0,136 ^a (0,022)	0,136 ^a (0,021)	0,32 ⁻⁵ (0,002)
Lunch	-	-	-
Kväll	0,168 ^a (0,029)	0,167 ^a (0,027)	0,001 (0,003)
Natt	-	-	-
Totalt per dygn	0,151 ^a (0,025)	0,151 ^a (0,023)	0,83 ⁻⁶ (0,002)
Citronsyramängd (g/kg)			
Totalt per dygn	0,022 ^a (0,009)	0,022 ^a (0,008)	0,0003 (0,002)
PERIOD 2	2X mjölkning	4X mjölkning¹	Differens
Citronsyrahalt (%)			
Morgon	0,144 ^a (0,024)	0,136 ^b (0,020)	0,008 (0,008)
Lunch	-	0,161 (0,028)	-
Kväll	0,167 ^a (0,029)	0,168 ^a (0,028)	-0,001 (0,004)
Natt	-	0,158 (0,024)	-
Totalt per dygn	0,155 ^a (0,026)	0,153 ^a (0,024)	0,002 (0,003)
Citronsyramängd (g/kg)			
Totalt per dygn	0,024 ^a (0,012)	0,024 ^a (0,010)	-0,0006(0,003)

¹Juverhalva som mjölkades 2 gånger under försöksperiod 1 och 4 gånger under försöksperiod 2.

^{a,b}Värden inom rad med olika exponent indikerar en signifikant skillnad mellan juverhalvor vid olika mjölkningsfrekvens i period 2 (p<0,01).

Fettsyrasammansättning

Ökad mjölkningssfrekvens påverkade inte fettsyrasammansättningen i mjölken. Det var bara innehållet av fleromättade fettsyror i mjölken som gav signifikanta ($p < 0,01$) skillnader då mjölkningssfrekvensen förändrades (Tabell 14). Andelen fleromättade fettsyror var lägre i mjölken från den juverhalva som mjölkades fyra gånger per dygn jämfört med den juverhalva som enbart mjölkades två gånger per dygn, som i sin tur också var lägre än i mjölken från period 1 (Wiking, 2005).

Tabell 14. Fettsyrasammansättning (viktprocent) i juverhalva som mjölkats två respektive fyra gånger per dygn. Medelvärde och standardavvikelse mellan juverhalvor. $n = 11$. (Wiking, 2005).

	Period 1	Period 2	
	2X mjölkning	2X mjölkning	4X mjölkning
C4-14	28,22 ^a (0,18)	28,12 ^a (0,29)	28,30 ^a (0,25)
C16	29,15 ^a (0,35)	29,15 ^a (0,26)	29,60 ^a (0,28)
C18	11,11 ^a (0,28)	12,07 ^a (0,38)	11,97 ^a (0,35)
Enkelomättade fettsyror	26,34 ^a (0,15)	25,91 ^a (0,21)	25,53 ^a (0,21)
Fleromättade fettsyror	5,02 ^a (0,07)	4,74 ^b (0,11)	4,59 ^c (0,11)

^{a,b}Värden inom rad med olika exponent indikerar en signifikant skillnad mellan mjölkningssfrekvenser och perioder ($p < 0,01$)

Fettkulornas storlek

Mjolk från den juverhalva som mjölkades fyra gånger per dygn innehöll fettkulor som i medeltal hade signifikant ($p < 0,001$) större diameter ($d_{(4,3)}$) jämfört med mjolk från den juverhalva som endast mjölkades två gånger per dygn. Man kan se en signifikant ökning av fettkulorna D(0,9) men däremot ingen ökning av D(0,1) till följd av den ökade mjölkningssfrekvensen (Tabell 15). D(0,1) och D(0,9) är 10% respektive 90% percentilen (Wiking, 2005).

Tabell 15. Volymbaserad diameter, D(0,1) och D(0,9) i juverhalva som mjölkats två respektive fyra gånger per dygn. Medelvärde och standardavvikelse mellan juverhalvor. $n = 11$. (Wiking, 2005).

	Period 1	Period 2	
	2X mjölkning	2X mjölkning	4X mjölkning
Volymbaserad diameter			
($d_{(4,3)}$), μm	4,213 ^a (0,041)	4,282 ^a (0,063)	4,357 ^b (0,072)
D(0,1), μm	2,130 ^a (0,029)	2,128 ^a (0,041)	2,137 ^a (0,056)
D(0,9), μm	6,833 ^a (0,068)	6,980 ^b (0,106)	7,154 ^c (0,126)

^{a,b}Värden inom rad med olika exponent indikerar en signifikant skillnad mellan juverhalvor vid olika mjölkningssfrekvens i period 2 ($p < 0,001$). Exponenter skrivna med kursiv stil indikerar en lägre signifikant skillnad ($p < 0,05$).

Fettkulemembranet – aktivitet av enzymet γ -glutamyltranspeptidas

Inga signifikanta skillnader på effekten av γ -glutamyltranspeptidas till följd av den ökade mjölkningfrekvensen kunde urskiljas, varken i den totala aktiviteten i helmjölken eller då den var korrigerad i avseende på fetthinnehåll (Tabell 16) (Wiking, 2005).

Tabell 16. Aktivitet av γ -glutamyltranspeptidas ($\Delta\text{abs min}^{-1} 10^{-3}$) i helmjolk i juverhalva som mjölkats två respektive fyra gånger per dygn. Medelvärde och standardavvikelse mellan juverhalvor. n = 11. (Wiking, 2005).

	Period 1 2X mjölkning	Period 2 2X mjölkning	4X mjölkning
Total aktivitet	364,1 (9,8)	371,7 (16,9)	368,8 (14,6)
Aktivitet/g fett	15,87 (0,43)	16,19 (0,73)	15,89 (0,74)

Diskussion

Hypotesen i denna studie var att det inte är någon skillnad i mjölmängd och mjölkens sammansättning mellan de båda juverhalvorna under förutsättning att juvret är friskt och då mjölkningens frekvensen är den samma på båda juverhalvorna. Genom att öka mjölkningens frekvensen i den ena juverhalvan ville vi utifrån vår hypotes undersöka hur och i vilken omfattning produktionen i denna juverhalva påverkades. Om en förändring kunde påvisas borde denna effekt kunna hänföras till juvrets lokala reglermekanismer, eftersom båda juverhalvorna har samma endokrina och nutritionella miljö.

Före och under försökets gång togs mjölkprov efter avslutad mjölkning från varje separat juverfjärdedel på samtliga kor för att kontrollera juverstatus med avseende på celltalen i mjölken. Celltalen i så kallad eftermjölk är alltid högre än i samlingsmjölk (Östensson *et. al.*, 1988). Med stöd av detta bedömdes juverhälsoläget för samtliga kor i studien vara god, vilket ledde till slutsatsen att resultaten som framkom i studien, d.v.s. skillnader mellan juverdelar, således borde bero på en behandlingseffekt.

Mjölmängd, fett-, protein- och laktosinnehåll

Det är allmänt känt att mjölkning mer än två gånger om dagen leder till en ökad mjölkavkastning. Ökningar mellan 5 och 25 % har rapporterats, men vanligen ligger ökningen mellan 10-15 % (för översikt se Svennersten, 1993). I halvjuverstudier, visade Knight *et. al.* (1992) att mjölmängden ökade med 14 % genom att mjölka fyra gånger per dygn jämfört med två gånger per dygn. Även Hillerton *et. al.* (1990), påvisade en 10 % ökning av mjölmängden i den juverhalva som mjölkades fyra gånger per dygn jämfört med den juverhalva som endast mjölkades två gånger per dygn. I denna studie ökade mjölmängden i genomsnitt med 4,5 %, vilket stämmer väl överens med tidigare studier.

Det finns däremot olika forskningsresultat huruvida mjölkningens frekvensen påverkar mjölkens sammansättning. Vissa studier rapporterar att koncentrationen av fett, protein och laktos blir lägre (Allen, *et. al.*, 1986; Barnes, *et. al.*, 1990; Sapru, *et. al.*, 1997). Andra studier rapporterar att det inte blir någon signifikant skillnad i sammansättningen vid mer frekvent mjölkning (Amos, *et. al.*, 1985; DePeters, *et. al.*, 1985). Erdman & Varner (1995) har kommit fram till att mer frekvent mjölkning än två gånger per dygn, tenderar att sänka fett- och proteinhalten men effekterna var inte stora och i många fall inte heller signifikanta. I två svenska korttidsstudier med SRB-kor ökade mjölmängden medan koncentrationerna av fett inte ökade signifikant (Wiktorsson, *et. al.*, 2000; Svennersten-Sjaunja *et. al.*, 2002). I en längre studie kunde Klei *et. al.* (1997) påvisa att fettmängden från kor som mjölkades tre gånger per dygn genom hela dess laktation, var 4,7 % högre än från kor som mjölkades två gånger per dygn. I samma studie påvisades även att proteinhalten sjönk vid mjölkning tre gånger per dygn jämfört med mjölkning två gånger per dygn oberoende av laktationsstadium. Proteinmängden ökade däremot med 7,3 % hos kor som mjölkades tre gånger per dygn. Wangler *et. al.* (2002) studerade under tre års tid effekten av ojämna intervall i en AMS-besättning. Man fann då att laktoshalten i mjölken var oberoende av mjölkningsintervallets längd och antalet mjölkningar per dygn. Proteinhalten varierade beroende på antalet mjölkningar medan fetthalten varierade med såväl antalet mjölkningar per dygn som tiden mellan mjölkningarna.

Inga statistiskt signifikanta skillnader av fetthalten eller fettmängden kunde påvisas i denna studie till följd av den ökade mjölkningens frekvensen, vilket överensstämmer väl överens med Amos *et. al.* (1985) och De Peters *et. al.* (1985). Signifikanta skillnader kunde däremot

påvisas då det gäller proteinhalten. Den visade sig minska något på den juverhalva som mjölkades mer frekvent, vilket stämmer väl överens med resultaten i studien av Klei *et. al.* (1997). Trots att skillnaden var statistiskt signifikant är den så liten att det inte går att dra slutsatsen att det är en biologisk effekt. Däremot kunde inga förändringar av den totala proteinmängden påvisas.

Inga skillnader i laktoshalten kunde påvisas i denna studie, vilket stämmer väl överens med studien genomförd av Wangler *et. al.* (2002). Den totala laktosmängden ökade däremot med 4 % för den mer frekvent mjölkade juverhalvan, vilket överensstämmer med den ökade mjölmängden.

Citronsyrahalt och citronsyramängd

Hellander *et. al.* (1989) visade i sina studier att genmaterialet och foderstatens sammansättning har stor betydelse för variationen av citrathalten i mjölken. Huruvida citrat påverkas av mjölkkningsrutinerna och då framför allt frekvent mjölkning, är inte studerat i någon större omfattning. I en indisk studie genomförd med korsningsboskap kunde man inte påvisa någon skillnad i citrathalt då korna mjölkades två, tre eller fyra gånger per dygn (Deshmukh *et. al.*, 1987). Även en svensk studie där mjölkning två och tre gånger per dygn jämfördes, kunde man inte heller påvisa någon skillnad i citrathalt som kunde härledas till den ökade mjölkkningsfrekvensen (Larsson, 1998).

Eftersom citrat bl.a. behövs vid syntes av korta och långkedjiga fettsyror i kons juver är det rimligt att anta att citratet inte är förändrat om inte fetthalten förändras. I likhet med tidigare gjorda studier kunde inga signifikanta skillnader av den totala citronsyrahalten och citronsyramängden påvisas i detta försök. Däremot kunde en signifikant minskning påvisas av citronsyrahalten i morgonmjölken från den juverhalva som mjölkats mer frekvent. Orsaken till att vi ser en minskning av citronsyrahalten i morgonmjölken skulle kunna bero på den minskade fetthalten, då citrathalten varierar med fetthalten.

FFA-innehåll

Då fria fettsyror diskuteras och analysresultat för fria fettsyror jämförs, är det viktigt att uppmärksamma att det finns olika analysmetoder och olika sätt man kan ange innehållet på. De olika fettsyror som kan återfinnas i mjölk detekteras i olika grad, beroende på vilken metod som används. Med den s.k. BDI-metoden som bygger på bestämning av FFA i fettfasen, kommer de kortkedjiga fettsyrorerna som är vattenlösliga inte att detekteras, medan i den s.k. Auto-Analyzer metoden kommer även större delen av de kortkedjiga fettsyrorerna att analyseras. FFA-halten i mjölken kan presenteras antingen som mekv/liter mjölk eller som mmol/100 gram fett. Det är också viktigt att vid jämförelser av analysresultat komma ihåg att provhanteringen även har betydelse. Om mjölkproverna har lagrats eller inte före provberedningen har också betydelse för FFA-halten (Svennersten-Sjaunja, 2002).

Flera tidigare studier visar att FFA-innehållet ökar med ökad mjölkkningsfrekvens. Klei *et. al.* (1997) observerade högre nivåer FFA i mjölk från kor som mjölkades tre gånger per dygn jämfört med kor som enbart blev mjölkade två gånger per dygn i mitten av laktationsperioden. Även Slaghuis *et. al.* (2004) redovisade i sin studie ökade FFA-nivåer vid ökad mjölkkningsfrekvens. Till skillnad från ovan nämnda studier har denna studie baserats på ett halvjuverförsök för att kunna utesluta faktorer som skillnader mellan kor, laktationsstadium, utfodring och andra yttre faktorer som kan tänkas ha en påverkan på FFA-innehållet, eftersom hela juvret har samma nutritionella och endokrina miljö. Jellema (1986) genomförde en liten studie med en liknande halvjuverteknik som innefattade studier av två kor under ett dygn.

Resultatet blev ökade nivåer FFA i mjölken från den juverhalva som mjölkades tre gånger jämfört med den juverhalva som mjölkades enbart två gånger per dygn.

Denna studie indikerar att svagheter i fettkulorna eller i fettkulemembranet orsakar förhöjda nivåer av FFA i mjölken vid ökade mjölkningsfrekvenser, eftersom den största skillnaden i FFA-innehållet i mjölken från de två olika mjölkningsfrekvenserna uppkommer efter lagring i 24 tim. Liknande resultat har påvisats av Slaghuis *et. al.* (2004) och Svennersten *et. al.*, (2002). Det faktum att nivån av FFA-innehållet visar sig vara tidsberoende gör att teorin med att mer frekvent mjölkning skulle orsakas av en otillräcklig triglyceridsyntes ställs på sin spets (Wiking, 2005). Färsk mjölk lagras normalt i två till tre dagar i tanken hos lantbrukaren och ökningen av FFA är störst under de 24 första timmarna av lagringen (Wiking *et. al.*, 2002). Denna studie visar även att en förhöjd nivå av FFA sker redan fem dagar efter det kon utsätts för den ökade mjölkningsfrekvensen.

Resultat från olika studier står i konflikt med varandra om huruvida olika långa mjölkningsintervall påverkar lipolys av mjölken. Högre nivåer av FFA har funnits i mjölk där korna mjölkats i kortare mjölkningsintervall (8-9 timmar) jämfört med längre intervall (15-16 timmar) (Suhren *et. al.*, 1981; Ahrne & Björck, 1985). Däremot har O'Brien *et. al.*, (1998) inte kunnat påvisa signifikanta skillnader mellan mjölkningsintervall och FFA-innehåll i sin studie. Inga signifikanta skillnader i FFA-halten i mjölken kunde i denna studie påvisas direkt efter mjölkning.

Fettsyrasammansättning

Endast innehållet av fleromättade fettsyror i mjölken visade signifikanta skillnader orsakade av den ökade mjölkningsfrekvensen i denna studie. Andelen fleromättade fettsyror visade sig vara lägre i mjölken från den juverhalva som mjölkades mer frekvent. Detta resultat visar på att *de novo*-syntesen av mjölkfett inte påverkas av förändrad mjölkningsfrekvens eftersom andelen fettsyror C₄ – C₁₄ i mjölken förblev oförändrad (Wiking, 2005). Resultatet stämmer väl överens med en studie som genomfördes av Svennersten-Sjaunja *et. al.*, (2002) där man visade att ökad mjölkningsfrekvens inte förändrade fettsyrasammansättningen. Knight *et. al.* (1992) påvisade i en studie att aktiviteten av acetyl-CoA-karboxylas och fettsyresyntetas, vilka medverkar vid *de novo*-syntesen av mjölkfettet i juvervävnaden, inte visade sig vara högre i den juverhalva som mjölkades fyra gånger per dygn jämfört med den juverhalva som endast mjölkades två gånger per dygn. Motstridiga resultat har påvisats i andra studier. Hillerton *et. al.* (1990) visade i sitt försök att både acetyl-CoA-karboxylas och fettsyresyntetas ökade vid mer frekvent mjölkning. I ett hellaktationsförsök genomfört av Smith *et. al.* (1982), påvisades att de kortkedjiga fettsyrorna C₆ – C₁₄ minskade, medan både viktsprocent och mängd av fettsyrorna C₁₆, C₁₈ och cisC_{18:1} ökade. Ökningen av mängden långkedjiga fettsyror i mjölkfettet tros i detta fall kunna bero på att kroppsdepåerna av fett tagits i anspråk vid syntesen av mjölkfett.

Fettkulornas storlek och fettkulemembranet

Enligt en studie genomförd av Wiking *et. al.*, (2004) ökar fettkulorna i diameter med ökad fetthalt. Fetthalten ökade inte i denna studie men man kan däremot se en signifikant ökning av fettkulorna D(0,9), men däremot ingen ökning av D(0,1) till följd av den ökade mjölkningsfrekvensen. Detta indikerar att produktionen av mindre fettkolor är konstant, medan en ökning av produktionen av större fettkolor sker på bekostnad av medelstora och större fettkolor. Motstridiga uppgifter finns om sambanden mellan fetthalt och fettkulestorlek kontra lipolys. Jellema (1986) visade att det inte finns några samband mellan lipaskänslighet och fetthalt, inte heller till fettkulornas storlek eller till ytan av fettkulorna. Enligt Wikings *et. al.* (2003) studie är större fettkolor mer känsliga för lipolys än mindre fettkolor.

Fettkulemembranet skyddar mjölkfettet från lipolys vilket leder till att tillräcklig syntes av membranmaterial är en mycket viktig faktor för att motverka att lipolys sker. För att mäta denna mängd av material i mjölken studerades aktiviteten av γ -glutamyltranspeptas, som kan användas som en indikator på detta. Resultatet av denna studie visar att även om de sekretoriska cellerna i mjölkkörteln producerar mjölk i en högre hastighet, är produktionen av material till fettkulemembranet tillräcklig för att tillgodose de nybildade, större fettkulorna med membran. Troligtvis är detta möjligt eftersom fettmängden inte ökar i denna studie (Wiking, 2005).

Ökade FFA-halter i AM-system

Resultaten av denna studie belyser den problematik som kan uppstå då de automatiska mjölkningssystemen (AM) blir allt mer förekommande i våra ladugårdar. Systemet med AM som ger flexiblare mjölkningsrutiner för både djur och djurskötare har också en baksida. Mer frekvent mjölkning leder visserligen till ökade mjölmängder, men resulterar också i en förändring av mjölkens beståndsdelar som kan ha inverkan på mjölk kvaliteten. Med en ökad mjölkningsfrekvens kan mjölkens fettkvalitet försämrans genom att fettkulornas storlek ökar och stabiliteten i fettkulemembranet försämrans vilket kan resultera i ökade FFA-halter, speciellt i samband med lagring av mjölken. Höga FFA-halter kan leda till smakfel av mjölken och försämringar i mjölkens processegenskaper som även kan påverka de ekonomiska förutsättningarna både för lantbrukaren och för mejerierna. Forskning på detta område är därför av största vikt för att få mer kunskap och förståelse i ämnet och därigenom även förbättra förutsättningarna för lantbrukarna, industrin och konsumenterna.

Konklusioner

- Mjölmängden ökade signifikant med ca 4,5 % på den juverdel som mjölkades mer frekvent vid jämförelse inom juver.
- Den totala fettmängden och fetthalten gav inga signifikanta skillnader orsakade av den ökade mjölkkningsfrekvensen. Dock kunde en tendens till minskad fetthalt mellan mjölkkningsfrekvenser urskiljas.
- Den totala laktosmängden ökade signifikant med 4 % på den mer frekvent mjölkade juverhalvan. Däremot kunde inga signifikanta skillnader i laktoshalten påvisas orsakade av den ökade mjölkkningsfrekvensen.
- Den totala citronsyramängden och citronsyrahalten gav inga signifikanta skillnader orsakade av den ökade mjölkkningsfrekvensen. Däremot kunde signifikanta skillnader påvisas av citronsyrahalten i morgonmjölken från den juverhalva som mjölkats mer frekvent.
- Inga signifikanta skillnader av FFA-halten i mjölken kunde påvisas vid ökade mjölkkningsfrekvenser vid analyser på färsk mjölk analyserad direkt efter mjölkning. Man kunde dock se en tendens till ökade FFA-nivåer i morgonmjölken då värden från samtliga kor beräknades. Denna tendens kan inte urskiljas då ko nummer 848 exkluderas. Däremot påvisades signifikant förhöjda nivåer av FFA i mjölken från den juverhalva som mjölkats mer frekvent då mjölken lagrats i 24 timmar.
- Innehållet av fleromättade fettsyror i mjölken minskade signifikant då mjölkkningsfrekvensen förändrades. Andelen fleromättade fettsyror var lägre i mjölken från den juverhalva som mjölkades fyra gånger per dygn jämfört med den juverhalva som enbart mjölkades två gånger per dygn, som i sin tur var lägre än i mjölken från kontrollperioden.
- Mjölk från den juverhalva som mjölkades mer frekvent innehöll fettkulor som i medeltal hade signifikant större diameter.
- Viktigt för fettkulemembranets hållbarhet och motståndskraft mot lipolys är mängden tillgängligt material till membransyntes. För att mäta denna mängd av material i mjölken studerades aktiviteten av γ -glutamyltranspeptidas. Inga signifikanta skillnader på effekten av γ -glutamyltranspeptidas till följd av den ökade mjölkkningsfrekvensen kunde urskiljas, varken i den totala aktiviteten i helmjölken eller då den var korrigerad i avseende på fettinnehåll.

Denna studie visar att mjölkkningsfrekvensen har en inverkan på mjölk kvaliteten och att behandlingseffekterna visar sig relativt snabbt efter genomförd förändring. Resultaten visar även på att förändringen i mjölkens sammansättning orsakas av lokala reglermekanismer i juvret eftersom juverdelarna har samma endokrina och nutritionella miljö. Med en ökad mjölkkningsfrekvens ökar riskerna för att mjölkens sammansättning förändras och att fettet minskar i stabilitet, vilket kan ge försämringar av den slutgiltiga produkten. Att mjölken är av god kvalitet och har goda processegenskaper är en viktig förutsättning för en hållbar mjölkproduktion.

Acknowledgements

Ett stort och varmt tack vill jag rikta till alla er som gjort denna studie möjlig att genomföra! Utan all den hjälp och det stöd som visats från omgivningen skulle denna studie inte varit genomförbar!

Ett speciellt tack vill jag dock rikta till:

Min handledare **Kerstin Svennersten-Sjaunja** för allt ditt stöd, alla goda råd och för all den hjälp du givit och den tid du lagt ner. Du har alltid ställt upp då frågorna hopat sig och tagit dig tid då behovet av stöd och av goda råd varit stort. Tack för din ovärderliga hjälp med att bearbeta och tyda vårt siffermaterial! Med ditt otroliga engagemang och din kunskap, har detta arbete under hela processen varit ett rent nöje!

Märta Blomqvist för den viktiga information du har delgett angående korna under hela försöket. Din kunskap om varje individ har vid upprepade tillfällen varit ovärderlig!

Annica Edvardsson för ett trevligt samarbete under hela den tid vi har arbetat ihop med denna studie och för alla trevliga diskussioner och glada skratt vi fått under arbetets gång.

Börje och **Lena** m.fl. på laboratoriet på Kungsängen, för all den tid och det goda arbete som ni lagt ner på analyser av våra mjölkprover samt för de trevliga små pratstunder som lättade upp för- och efterarbetet i samband med iordningställandet av proverna.

Stallpersonalen på Kungsängens försöksgård, för allt ert tålamod, ert stora förståelse och för den hjälp vi fick i samband med mjölkningar och provtagningar. Även ett stort tack till er som hoppade in och hjälpte till vid vissa provtagningar för att underlätta arbetsbördan då dygnet blev som längst!

Svensk Mjök och **Forskningscentrum Foulum i Danmark** för gott samarbete med genomförda mjölkprovsanalyser.

Stiftelsen Lantbruksforskning som genom sin finansiering gav oss möjlighet att genomföra denna studie.

Martin för allt ditt stöd och den service du ställt upp med både under mjölkningsförsöket och på hemmaplan.

Referenser

- Ahrné, L. & Björck, L. 1985. Lipolysis and the distribution of lipase activity in bovine milk in relation to stage of lactation and time of milking. *Journal of Dairy Research* 52, 55-64.
- Akers, R.M. 2002. *Lactation and the Mammary Gland*. The Iowa State Press, Iowa.
- Allen, D.B. DePeters, E.J. & Laben, R.C. 1986. Three times a day milking: effects on milk production, reproductive efficiency and udder health. *Journal of Dairy Science* 69, 1441.
- Amos, H.E. Kiser, T. & Loewenstein, M. 1985. Influence of milking frequency on productive and reproductive efficiencies of dairy cows. *Journal of Dairy Science* 68, 732.
- Bachman, K.C. & Wilcox, C.J. 1990. Effect of blood and high density lipoprotein preparations upon lipase distribution and spontaneous lipolysis in bovine milk. *Journal of Dairy Science* 73, 3393-3401.
- Barnes, M.A. Pearson, R.E. & Luke-Wilson A.J. 1990. Effects of milking frequency and selection for milk yield on productive efficiency of Holstein cows. *Journal of Dairy Science* 73, 1603.
- Baumrucker, C.R. 1979. γ -Glutamyl Transpeptidase of bovine milk membranes: distribution and characterization. *Journal of Dairy Science* 62, 253-258.
- Bengtsson, G. & Olivecrona, T. 1982. Activation of lipoprotein lipase by apolipoprotein CII: Demonstration of an effect of the activator on the binding of the enzyme to milk-fat globules. *FEBS Letters* 147, 183-187.
- Bessa, R.J.B. Santos-Silva, J. Ribeiro, J.M.R. & Portugal, A.V. 2000. Reticulo-rumen biohydrogenation and the enrichment of ruminant edible products with linoleic acid conjugated isomers. *Livestock Production Science* 63, 201-211.
- Bitman, J. & Wood, D.L. 1990. Changes in milk fat phospholipids during lactation. *Journal of Dairy Science* 73, 1208-1216.
- Björnhag, G. 1989a. Fortplantningsorganen, 267- 282. *Husdjur – ursprung, biologi och avel*. Björnhag G., Jonsson E., Lindgren E. och Malmfors B. Borås: LTs förlag.
- Björnhag, G. 1989b. Mjölkbildning och tillväxt, 299- 312. *Husdjur – ursprung, biologi och avel*. Björnhag G., Jonsson E., Lindgren E. och Malmfors B. Borås: LTs förlag.
- Børsting, C.F. Hermansen, J.E. & Weisbjerg, M.R. 2003. Fedtforsyningens betydning for mælkeproduktionen, 133-152. *Kvægets ernæring og fysiologi, bind 2 – Fodring og produktion*. DJf rapport, husdyrbrug nr. 54. (Eds. Strudsholm, F. og Sejersen, K.). Danish Institute of Agricultural Sciences, Foulum, Denmark.
- Cartier, P. & Chilliard, Y. 1990. Spontaneous lipolysis in bovine milk: combined effects of nine characteristics in native milk. *Journal of Dairy Science* 73, 1178-1186.

- Castle M. & Watkins P. 1984. *Modern Milk Production - its principles and applications for students and farmers*, 2nd ed. Trowbridge, Redwood Burn Ltd.
- Davies, S.R. Farr, V.C. Copeman, P.J.A. Carruthers, V.R. Knight, C.H., Stelwagen, K. 1998. Partitioning of milk accumulation between cisternal and alveolar compartments of the bovine udder: relationship to production loss during once daily milking. *Journal of Dairy Research* 65, 1-8.
- DePeters, E.J. Smith, N.E. & Acedo-Rico, J. 1985. Three or two times daily milking of older cows and first lactation cows for entire lactation. *Journal of Dairy Science* 68, 123.
- Deshmuk, B.T. & Ludri, R.S. 1987. Citric acid in milk of crossbred cows at different frequencies of milking and stages of lactation. *Indian Journal of Animal Science* 59, 474.
- Emanuelson, M. 1989. Rapseed products of double low cultivators to dairy cows. Effects of long-term feeding and studies on rumen metabolism. Rapport 189, *Institutionen för Husdjurens utfodring och vård, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala*.
- Erdman, R.A. & Varner, M. 1995. Fixed Yield responses to increased milking frequency. *Journal of Dairy Science* 78, 1199.
- Fox P.F. 1995. *Advanced Dairy Chemistry. Volume 2 – Lipids*. 2nd ed. Chapman & Hall, UK.
- Goodridge, J. Ingalls, J.R. & Crow, G.H. 2001. Transfer of omega-3 linolenic acid and linoleic acid to milk fat from flaxseed or Linola protected with formaldehyde. *Canadian Journal of Animal Science* 81, 525-532.
- Hellander, E. Sjaunja, L.O. & Schaar, J. 1989. Citrathaltens variation i komjölk och leverantörmjölk. Rapport 87. *Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för husdjursförädling och sjukdomsgenetik, Uppsala*.
- Hillerton, J.E. Knight, C.H. Turvey, A., Wheatley, S.D. & Wilde, C.J. 1990. Milk yield and mammary function in dairy cows milked four times daily. *Journal of Dairy Research* 57, 285-294.
- Hohe, K.A. Dimick, P.S. & Kilara, A. 1985. Milk lipoprotein lipase distribution in the major fractions of bovine milk. *Journal of Dairy Science* 68, 1067-1073.
- Jellema, A. 1986. Some factors affecting the susceptibility of raw milk to lipolysis. *Milchwissenschaft* 41 (9) 553-558.
- Jensen, R.G. 2002. The Composition of bovine milk lipids, Invited Review. *Journal of Dairy Science* 85, 295-350.
- Johansson, B. Uvnäs-Moberg, K. Knight, C.H. & Svennersten-Sjaunja, K. 1999. Effect of feeding before, during and after milking on milk production and the hormones oxytocin, prolactin, gastrin and somatostatin. *Journal of Dairy Research* 66, 151.
- Johansson, I. Korkman, N. & Nelson, N.J. 1952. Studies on udder evacuation in dairy cows. I. The rise in fat percentage during milking. *Acta Agr. Scand.* 2, 43

Johnston, S.L., Kitson, K.E., Tweedie, J.W., Davis, S.R. & Lee, J. 2004. γ -Glutamyl Transpeptidase inhibition suppresses milk protein synthesis in isolated ovine mammary cells. *Journal of Dairy Science* 87, 321-329.

Justensen, P. & Rasmussen, M.D. 2000. *Improvement of milk quality by the Danish AMS self-monitoring programme*. In Robotic milking, Proc. of the Int. Symp. held in Lelystadt, The Netherlands, 17-19 August, 2000. p 83.

Kaartinen, L. 1995. Physiology of the bovine udder, 14-23. The Bovine Udder and Mastitis. Sandholm M., Honkanen-Buzalski T., Kaartinen L., Pyörälä S. (eds.) 1995. *University of Helsinki, Faculty of Veterinary Medicine*. Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä.

Karijord, O. Standal, N. & Syrstad, O. 1982. Sources of variation in composition of milk fat. *Z. Tierzuchtg. Zuchtgsbiol.* 99, 81-93.

Klei, L.R. Lynch, J.M. Barbano, D.M. Oltenacu, P.A. Lednor, A.J. & Bandler, D.K. 1997. Influence of milking three times daily on milk quality. *Journal of Dairy Science* 80, 427-436.

Knight, C.H., Hillerton, J.E., Kerr, M.A., Teverson, R.M., Turvey, A. & Wilde, C.J. 1992. Separate and additive stimulation of bovine milk yield by the local and systemic galactopoietic stimuli of frequent milking and growth hormone. *Journal of Dairy Research* 59, 243-252.

Larsson, U. 1998. Daglig registrering av mjölkavkastning och mjölksammansättning vid mjölkning två respektive tre gånger dagligen. *Sveriges lantbruksuniversitet, Inst. för Husdj. Utf och vård*. Examensarbete 102.

Lindqvist, B. Roos, T. and Fujita, H. 1975. Auto-Analyzer determination of free fatty acids in farm milk. Modification of present method to simplify transportation of the sample. *Milchwissenschaft*, 30, 12 -17.

Mantere-Alhonen, S. 1995. Composition of milk, 24-30. The Bovine Udder and Mastitis. Sandholm M., Honkanen-Buzalski T., Kaartinen L., Pyörälä S. (eds.) 1995. *University of Helsinki, Faculty of Veterinary Medicine*. Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä.

Mather, I.H. & Keenan, T.W. 1998. Origin and secretion of milk lipids. *Journal of mammary gland biology and neoplasia* 3, 259-273.

Mcperson, A.V. & Kitchen, B.J. 1983. Reviews of the progress of Dairy Sciences: The bovine milk fat globule membrane – its formation, composition, structure and behaviour in milk and dairy products. *Journal of Dairy Research* 50, 107-133.

Mepham, B. 1976. *The Secretion of Milk*. The Institute of Biology's Studies in biology 60, London.

O'Brien, B. O'Connell, J. & Meaney, W.J. 1998. Short-term effect of milking interval on milk production, composition and quality. *Milchwissenschaft* 53 (3), 123-126.

- O'Connor C. B. 1995. *Rural Dairy Technology*. International Livestock Research Institute, Addis Ababa, Ethiopia.
- Ollivier-Bousquet, M. 2002. Milk lipid and protein traffic in mammary epithelial cells: joint and independent pathways. *Reproduction Nutrition Development* 42, 149-162.
- Patton, S. & Keenan, T.W. 1975. The milk fat globule membrane. *Biochimica et Biophysica Acta* 415, 273-309.
- Persson, S. 2001. Mjölkningsfrekvensens inverkan på mjölkfettets kvalitet och sammansättning. *Sveriges lantbruksuniversitet, Inst. för Husdjurens utfodring och vård*. Examensarbete 159.
- Quattara, G.C. Jeon, J.I., Hart-Thakur, R.A. & Schmidt, K.A. 2004. Fatty acids released from milk fat by lipoprotein lipase and lipolytic psychrotrophs. *Journal of Food Science* 69, 659-664.
- Rajah K.K. & Burgess K.J. (eds.) 1991. *Milk Fat – Production, Technology and Utilization*. The Society of Dairy Technology, Cambridgeshire.
- Rao, I.V. & Ludri, R.S. 1984. Effect of increasing milking frequency on the efficiency of milk production and its organic constituents in crossbred cows. *Indian Journal of Animal Science* 54 (1), 33-37.
- Sapru, A. Barbano, D.M. Yun, J.J. Klei, L.R., Oltenacu, P.A. & Bandler, D.K. 1997. Cheddar Cheese: Influence of milking frequency and stage of lactation on composition and yield. *Journal of Dairy Science* 80, 437-446.
- SAS. Institute inc., 2004. Version 9.1.
- Schmidt G.H. 1971. *Biology of Lactation*. Freeman & Company, United States of America.
- Sjaunja L-O. Baevre L. Junkarinen L. Pedersen J. & Setälä J. 1990. *A Nordic proposal for an energy corrected milk (ECM) formula*. ICEPMA, 27th session. July 2-6, Paris, France.
- Slaghuis, B.A. Bos, K. de Jong, O. Tudos, A.J. teGiffel, M.C. & de Koning, C.J.A.M. 2004. Robotic milking and free fatty acids, 341-347. *A better understanding – Automatic milking*. Meijering, A., Hogeveen, H. & de Konig, C.J.A.M. eds. 2004. Wageningen Academic, Wageningen, The Netherlands.
- Smith, N.E., Franke, A.A. DePeters, E.J. & Dunkley, W.L. 1982. Effects of milking frequency on animal performance and excretion of fatty acids in milk fat. ADSA meeting. *Journal of Dairy Science Supplement* (1) 65,159.
- Spreer E. 1998. *Milk and Dairy Product Technology*. Marcel Dekker, Inc., United States of America.
- Spörndly, R. (red.) 2003. Fodertabeller för idisslare 2003. *Sveriges lantbruksuniversitet, Inst. för Husdjurens utfodring och vård*, Uppsala.

Suhren, G., Hamann, J., Heeschen, W. & Tolle, A. 1981. On the influence of animal Individual factors, the udder fraction and the milking interval on the content of free fatty acids (FFA) in raw milk. *Milchwissenschaft* 36, 150-153.

Svennersten, K. 1993. Ska korna mjölkas tre gånger dagligen? Faktablad nr.19 Husdjur. *Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala*.

Svennersten, K. & Barrefors, P. 1991. Effect of local stimulation on fatty acid composition in bovine milk. *Milchwissenschaft* 46, 507.

Svennersten, K. Claesson, C.O. & Nelson, L. 1990. Effect of local stimulation on one udder quarter on milk production and milk components. *Journal of Dairy Science* 73, 970.

Svennersten, K. Nelson, L. & Claesson, C.O. 1991. Effect of local stimulation on one udder quarter on fat production, fat distribution and residual milk in cows milked at equal intervals. *Milchwissenschaft* 46, 157.

Svennersten-Sjaunja, K. 2002. *Kan mjölkens sammansättning och egenskaper påverkas av mjölkningsrutinen?* Rapport nr 7036-P. 2002-12-20. Svensk Mjölk.

Svennersten-Sjaunja, K. Persson, S. & Wiktorsson, H. 2002. *The effect of milking interval on milk yield, milk composition and raw milk quality, V-43-V48*. In Proc. of the international Symp. The first North American Conference on Robotic milking, Toronto.

Tanhuanpää, E. 1995. The structure of the udder, 7-13. *The Bovine Udder and Mastitis*. Sandholm M., Honkanen-Buzalski T., Kaartinen L., Pyörälä S. (eds.) 1995. University of Helsinki, Faculty of Veterinary Medicine. Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä.

Van der Vorst, Y. & Hogeveen, H. 2000. *Automatic milking systems and milk quality in the Netherlands*. In Root Milking, Proc. of the Symp. held in Lelystadt, The Netherlands, 17-19 August, 2000. p 73.

Walstra P., Geurts T.J., Nomen A., Jellema A. & van Boekel M.A.J.S. 1999. *Dairy Technology- Principles of Milk Properties and Processes*. Marcel Dekker, Inc., New York.

Walstra P. & Jenness R. 1984. *Dairy Chemistry and Physics*. John Wiley & Sons, Inc., United States of America.

Wangler, A. Sanftleben, P. & Weiher, O. 2002. *Milk yield and constituents under conditions of different milking frequencies in automatic milking systems*. In The first North American Conference On Robotic Milking, March 20-22, Toronto, Canada. V-76.

Widebeck, L. 1997. Rekryteringskvigan, 87-101. *Mjölkkor*. Bergsten, C., Bratt, G., Everitt, B., Gustafsson, A.H., Gustafsson, H., Hallén-Sandgren, C., Olsson, A.C., Olsson, S.O., Plym-Forshell, K. & Widebeck, L. Helsingborg: LTs förlag.

Wiking L. 2005. Milk Fat Globule Stability. Dctoral Thesis No 2005:49. *The University of Agriculture, Faculty of Natural Resources and Agricultural Sciences*, Sweden.

Wiking, L. Björck, L. & Nielsen, J.H. 2003. Influence of feed composition on stability of fat globules during pumping of raw milk. *International Dairy Journal* 13, 797-803.

Wiking, L., Frost, M.B., Larsen, L. & Nielsen, J.H. 2002. Effects of storage conditions on lipolysis, proteolysis and sensory attributes in high quality raw milk. *Milchwissenschaft* 57, 190-194.

Wiking, L. Nielsen, J.H. Båvius, A-K. Edvardsson, A. & Svennersten-Sjaunja, K. 2006. Impact of milking frequencies on the level of free fatty acids in milk, fat globule size and fatty acid composition. *Journal of Dairy Sciences* 89, 1004-1009.

Wiking L. Stagstedt, J. Lennart, B. & Nilsen, J.H. 2004. Milk fat globule size is affected by fat production in dairy cows. *International Dairy Journal* 14, 909 – 913.

Wiktorsson, H. Svennersten-Sjaunja, K. & Salomonsson, M. 2000. *Short or irregular milking intervals in dairy cows – effects on milk quality, milk composition and cow performance, 128-129*. In Proc. of International Symposium Robotic milking, Lelystad, The Netherlands.

Wooding, F.B. 1973. Formation of the milk fat globule membrane without participation of the plasmalemma. *Journal of Cell science* 13, 221-235.

Östensson, K. Hageltorn, M. & Åström, G. 1988. Differential cell counting in fraction collected milk from dairy cows. *Acta vet. Scand.* 29, 493-500.

Österman, S. & Bertilsson, J. 2003. Extended calving interval in combination with milking two or three times per day: effects on milk production and milk composition. *Livestock Production Science* 82, 139-149.

Hemsidor

DeLaval: www.delaval.com/Dairy_Knowledge/EfficientMilking/The_Mammary_Gland_2005-12-03

Bilder publicerade med tillstånd från DeLaval.

Nr	Titel och författare	År
222	Påverkas hästars intresse för människan av sociala och skötsel-mässiga aktiviteter? Does social activity and management routines affect the horses interest for humans? Lotta Sundqvist	2006
223	Fodersammansättningens betydelse för tillväxt hos häst Effects of diet composition on growth in foals Petra Forsmark	2006
224	Variation i växande halvblodshingstars viktökning och närings-utnyttjande Rose-Mari Åkerström	2006
225	Magnesiumstatus hos mjölkkor – en fältstudie Magnesium status in dairy cows – a field study Elin Briland	2006
226	Effekter av högt kaliumintag på magnesiumbalansen hos mjölkkor Effects of high potassium intake on the magnesium balance in dairy cows Cecilia Kronqvist	2006
227	Bagged silage – Comparison between two bagging machines and two harvesting systems with respect to silage quality and density Slangensilering – Jämförelse mellan två slangpressar och två två bärgningsmetoder med avseende på ensilagekvalitet och densitet Per Godin	2006
228	"Är korta spenar ett problem i samband med mjölkning?" "Are short teats a problem when milking?" Anna Israelsson	2006
229	Betydelsen av tillgång till dricksvatten och duschar på mjölkproduktion, beteende och värmestress hos Murrah bufflar The effect of drinking water allowance and use of water sprinklers on milk production and behaviour in Murrah buffaloes Maria Svanfelt	2006
230	Konsekvenser av NORFOR-systemet vid beräkning av foderstater för mjölkkor Consequences from using the NORFOR feed evaluation system when calculating feed rations for dairy cows Charlotte Silfving	2006
231	Mjölkningsfrekvensens påverkan på mjölkproteinets sammansättning och kvalitet The effect of milking frequency on milk protein composition and quality Annica Edvardsson	2006

I denna serie publiceras examensarbeten (motsvarande 10 eller 20 poäng i agronomexamen) samt större enskilda arbeten (10-20 poäng) vid Institutionen för husdjurens utfodring och vård, Sveriges Lantbruksuniversitet. En förteckning över senast utgivna arbeten i denna serie återfinns sist i häftet. Dessa samt tidigare arbeten kan i mån av tillgång erhållas från institutionen.

DISTRIBUTION:
Sveriges Lantbruksuniversitet
Institutionen för husdjurens utfodring och vård
Box 7024
750 07 UPPSALA
Tel. 018-67 28 17
