



Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap

Swedish University of Agricultural Sciences
Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science

Mjölfettsammansättningen som indikator på kons energibalans

Victoria Malmlund

Examensarbete / SLU, Institutionen för husdjurens utfodring och vård, **526**

Uppsala 2015

Degree project / Swedish University of Agricultural Sciences,
Department of Animal Nutrition and Management, **526**

Examensarbete, 15 hp

Kandidatarbete

Husdjursvetenskap

Degree project, 15 hp

Bachelor Thesis

Animal Science



Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap
Institutionen för husdjurens utfodring och vård

Swedish University of Agricultural Sciences
Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science
Department of Animal Nutrition and Management

Mjölkfettsammansättningen som indikator på kons energibalans

Milk fat composition as an indicator of the cow's energy balance

Victoria Malmlund

Handledare: Torsten Eriksson, SLU, Inst. för husdjurens utfodring och vård
Supervisor:

Ämnesansvarig: Sigrid Agenäs, SLU, Inst. för husdjurens utfodring och vård
Subject responsibility:

Examinator: Kerstin Svennersten-Sjaunja, SLU, Inst. för husdjurens utfodring och vård
Examiner:

Omfattning: 15 hp
Extent:

Kurstitel: Kandidatarbete i husdjursvetenskap
Course title:

Kurskod: EX0553
Course code:

Program: Agronomprogrammet - Husdjur
Programme:

Nivå: Grund G2E
Level:

Utgivningsort: Uppsala
Place of publication:

Utgivningsår: 2015
Year of publication:

Serienamn, delnr: Examensarbete / Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för husdjurens utfodring och vård, 526
Series name, part No:

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

Nyckelord: Mjölkfettsammansättning, negativ energibalans, ko, indikator, fettsyror
Key words: Milk fat composition, negative energy balance, cow, indicator, fatty acids

Abstract

The milk fatty acid composition is affected by many factors; one of these is the cow's energy balance. This review will focus on how different groups of fatty acids changes when the cow is in negative energy balance. The groups of fatty acids that will be discussed are saturated fatty acids, unsaturated fatty acids, mono unsaturated fatty acids and poly unsaturated fatty acids. The fatty acids are also divided into groups after length where the short-chain fatty acids have 4-10 carbon atoms, medium-chain fatty acids have 12-16 carbon atoms and long-chain fatty acids have more than 16 carbon atoms. The studies showed differences in milk fatty acid composition in cows in negative energy balance compared with cows in energy balance. The ratio between saturated fatty acids and unsaturated fatty acids increased as the energy balance was restored. The ratio of monounsaturated fatty acids and polyunsaturated fatty acids also showed differences between cows that had mild and severe negative energy balance since the ratio was higher in cows with severe negative energy balance. The results also showed that the monounsaturated fatty acid oleic acid (18: 1) was produced at greater proportion when the cow is in negative energy balance. However, it is difficult to be sure that the results depend only on the cow's energy balance since it is difficult to determine that.

Sammanfattning

Mjölkfettsammansättningen påverkas av många faktorer, en av dessa faktorer är kons energibalans. Denna litteraturstudie undersöker hur andelarna av olika grupper av fettsyror i mjölken ändras när kon är i negativ energibalans. De fettsyragrupper som tas upp är mättade fettsyror, omättade fettsyror, enkelomättade fettsyror och fleromättade fettsyror. Fettsyrorerna delas också in i grupper efter längden där korta fettsyror har 4-10 kolatomer, medellånga fettsyror har 12-16 kolatomer och långa fettsyror har över 16 kolatomer. Studierna visade skillnader i mjölkfettsammansättningen hos kor i negativ energibalans jämfört med kor i energibalans. Kvoten mellan mättade fettsyror och omättade fettsyror ökade i takt med att energibalansen återställdes. Kvoten mellan enkelomättade fettsyror och fleromättade fettsyror visade också skillnader mellan kor som hade mild och svår negativ energibalans då kvoten var högre hos korna med svår negativ energibalans. Resultatet visade också på att den enkelomättade fettsyran oljesyra (18:1) fanns i högre andel när kon är i negativ energibalans. Det är dock svårt att vara säker på att resultaten endast beror på kons energibalans då denna är svår att fastställa.

Introduktion

Negativ energibalans orsakar flera problem hos kor. De får bland annat nedsatt fertilitet, lägre mjölkproduktion och sämre immunförsvar (Scanes, 2011). Det är därför viktigt att snabbt kunna upptäcka om kon är i negativ energibalans. Kons energibehov ökar kraftigt i början av laktationen eftersom hon kan producera mjölk med ett energiinnehåll 3-4 gånger så stort som behovet för underhåll. Hon kan då få svårt att tillgodose energibehovet genom foderintaget de första veckorna i laktationen vilket leder till negativ energibalans. För att kompensera för det för låga energiintaget frisätts fettsyror från kroppens reserver (Sjaastad *et al.*, 2010). Detta leder till att mer av fettsyrorerna i mjölken kommer från kroppsfettet och mindre från *de novo*-syntesen i juret vilket ändrar mjölkfettsammansättningen (Gross *et al.*, 2011).

Fettsyrorna i mjölk kommer från fyra olika källor; från fodret, från bakteriell modifiering eller nedbrytning i våmmen, från *de novo*-syntesen i juvret och från frisättning av fettsyror från kroppsfett (Stoop *et al.*, 2009). Vid energibalans står *de novo*-syntesen för ungefär hälften av fettsyrorna i mjölken och de resterande, som transporteras och tas upp från blodet i form av kylomikroner eller very low-density lipoprotein (VLDL), står för den andra halvan (Sjaastad *et al.*, 2010). Fettsyror frigörs från fettvävnad genom att hormonkänsligt lipas, aktiverat av katekolaminer (till exempel epinefrin) hydrolyserar triglycerider till fria fettsyror och glycerol. Fettsyrorna kommer att användas av juvret till mjölken. Sammansättningen i mjölken beror på hur mycket av fettsyrorna som kommer från olika källor. Från *de novo*-syntesen kommer framförallt de korta fettsyrorna (4-8 kol) och medellånga fettsyrorna (10-14 kol) medan de långa fettsyrorna (mer än 16 kol) kommer från upptag från blodet. Fettsyrorna med 16 kol kan komma från alla källor (Chilliard *et al.*, 2000).

Det finns flera sätt att avgöra en kos energibalans. Genom att mäta värmeproduktionen och produktionen från kon och jämföra det med hur mycket energi fodret kon äter innehåller kan energibalansen fastställas. Att mäta värmeproduktion är komplicerat och arbetskrävande och därför önskas andra metoder för att mäta energibalansen. Förändring i hull är en annan metod som används för att avgöra om kon är i energibalans eller inte. Att bara titta på kons nuvarande hull är en bristfällig metod eftersom en fet ko endast är ett tecken på att kon varit en positiv energibalans någon gång i sitt liv men det betyder inte att den är det nu (McDonald *et al.*, 2011). En annan metod är att mäta halten fria fettsyror i plasma eftersom dessa ökar när kon är i negativ energibalans och fettsyror mobiliseras från kroppreserverna. Även andelen beta-hydroxybutyrat ökar när mobilisering av kroppsfett sker (Gross *et al.*, 2011). En ökad fetthalt i mjölken och en högre kvot mellan fett och protein har länge varit associerad med negativ energibalans (Grieve *et al.*, 1986). Duchaček *et al.* (2013) menar att en kvot mellan 1,2 och 1,4 är optimalt och att kon är i negativ energibalans när kvoten är över 1,4. Det är dock inte bara energibalansen som påverkar fetthalten i mjölken och därför har fokus i forskningen på senare år istället legat på att se om det finns skillnader i fettsammansättningen i mjölken hos kor med negativ energibalans jämfört med kor i energibalans (Stoop *et al.*, 2009; Gross *et al.*, 2011; Duchaček *et al.*, 2012).

Syftet med arbetet var att beskriva hur negativ energibalans påverkar fetthalten och fettsammansättningen i mjölken. Frågeställningen var om mjölkfettsammansättningen kan användas för att avgöra om kon är i energibalans eller inte. Fettsyrorna studerades i grupper utifrån mättnadsgrad och hur långa de är. Grupperna som tagits upp är mättade fettsyror, omättade fettsyror, enkelomättade fettsyror och fleromättade fettsyror. Kvoter mellan grupperna har också beaktas. Efter storlek delades fettsyrorna upp i korta fettsyror, medellånga fettsyror och långa fettsyror.

Huvudtext

Mjölfettets sammansättning vid energibalans

Mjölfettdropparna består till ca 98 % av triacylglycerider och resterande är diacyl- och monocylglycerider, fria fettsyror och retinolestrar. Fettsammansättningen i komjolk framgår i Tabell 1. Det som utmärker kors mjölfett är de korta och medellånga fettsyror. Den mest förekommande mättade fettsyran i mjölken är palmitinsyra (16:0) och den vanligaste omättade fettsyran är oljesyra (18:1) (Jensen, 2002).

Det finns många anledningar till skillnader i fettinnehållet i mjölken, till exempel ras, foder och laktationsstadium. Det har gjorts flera studier på hur olika foderstater påverkar fettsammansättningen. I en studie av van Knegsel *et al.* (2007) gjord på 16 Holstein-Frisiska kor där energibalansen fastställdes som bevarande kroppsmassa med hjälp av en andningskammare delades korna in i fyra grupper med olika dieter. Varje grupp hade två dieter som antingen var främst fettrik eller främst glukogen. Den visade att kor på en fettrik diet tenderade att ha högre fett- och energihalt i mjölken jämfört med de på en glukogen diet (diet med näringsämnen som kan bilda glukos). De på den glukogena dieten tenderade också att ha högre inlagring av fett i fettvävnader.

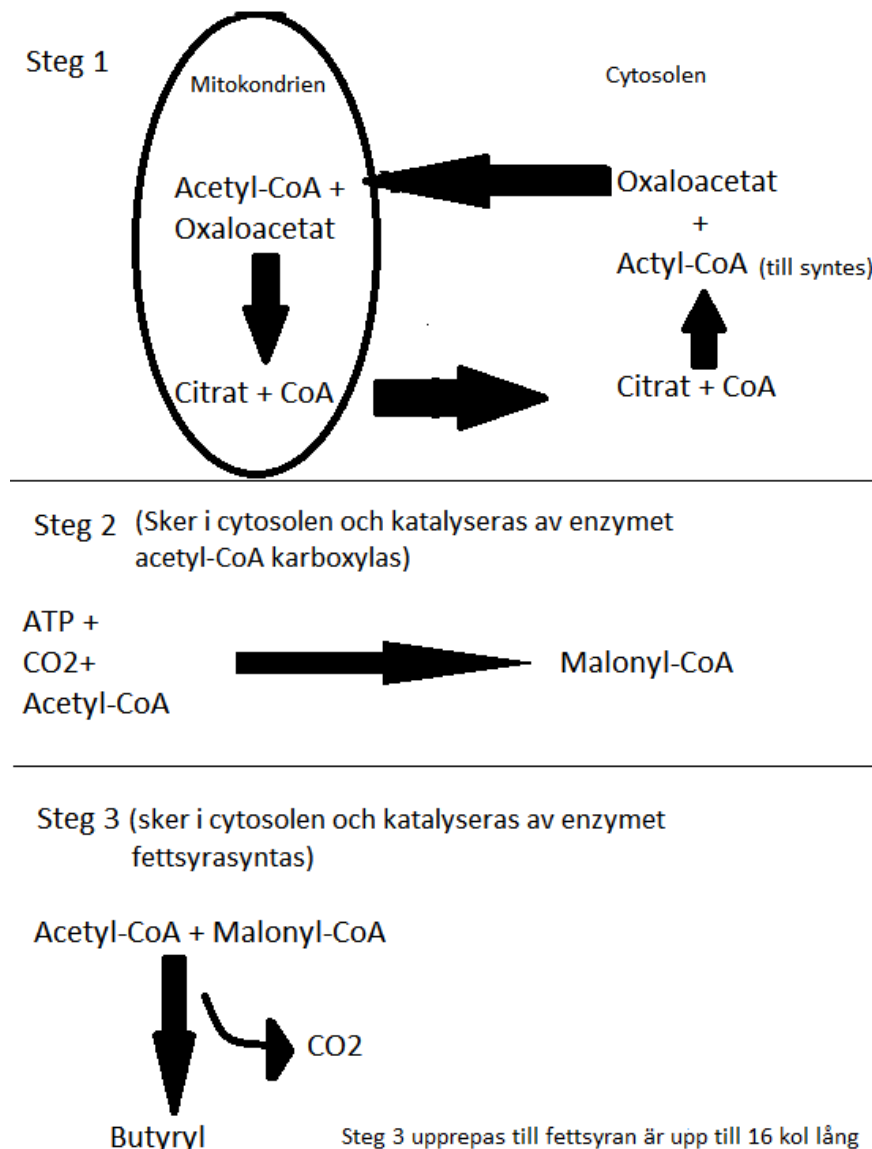
Tabell 1: Fettsammansättning i komjolk. Efter Jensen (2002) och Nogalski *et al.* (2012)

Fettsyra	Namn	Vikt% av totalt fett	Egenskaper
4:0	Smörsyra	2-5	Kort, mättad
6:0	Kaprinsyra	1-5	Kort, mättad
8:0	Kaprylsyra	1-3	Kort, mättad
10:0	Kaprinsyra	2-4	Kort, mättad
12:0	Laurinsyra	2-5	Medellång, mättad
14:0	Myristinsyra	8-14	Medellång, mättad
16:0	Palmitinsyra	22-35	Medellång, mättad
16:1	Palmitoljesyra	1-3	Medellång, enkelomättad
18:0	Stearinsyra	9-14	Lång, mättad
18:1	Oljesyra	20-30	Lång, enkelomättad
18:2	Linolsyra (omega 6)	1-3	Lång, fleromättad
18:3	Linolensyra (omega 3)	0,5-2	Lång, fleromättad

De novo-syntesen av fettsyror

De novo-syntesen i juvret är fettsyrasyntes från små komponenter, där acetat och butyrat är de viktigaste hos idisslare (Sjaastad *et al.*, 2010). Figur 1 visar enkelt hur syntesen går till. Första steget i fettsyrasyntesen är att transportera acetyl-CoA från mitokondrien ut i cytosolen där syntesen sker. Eftersom acetyl-CoA inte kan korsa det inre mitokondriemembranet kondenserar acetyl-CoA och oxaloacetat till citrat och fritt koenzym A som kan korsa membranet. Väl ute i cytosolen spjälkas citrat tillbaka till acetyl-CoA och oxaloacetat. Steg två är att bilda trekolsmolekylen malonyl-CoA genom karboxylering av acetyl-CoA. Detta katalyseras av enzymet acetyl-CoA karboxylas och är det hastighetsbestämmande steget för

syntesen. Denna reaktion kräver energi i form av ATP och tillgång till koldioxid. De resterande stegen i syntesen av fettsyror katalyseras av enzymet fettsyrsyntas där fettsyran blir två kol längre genom addering och dekarboxylering av en malonyl-CoA vilket resulterar i butyryl. Detta kan upprepas tills kedjan är 16 kol lång. Fettsyran kan förlängas med ännu två kol och bli 18 kol lång genom en elongering som sker i endoplasmatiska nätverket. Där kan även en mättning av fettsyran ske (Harvey & Ferrier, 2011). Juvret innehåller enzymer som gör att syntesen stannar vid korta och medellånga fettsyror och därför är det framförallt fettsyror upp till och med 14 kol som bildas här samt hälften av de med 16 kol (Chilliard *et al.*, 2000; Bauman & Griinari, 2001; McDonald *et al.*, 2011).



Figur 1: *De novo*-syntesen av fettsyror efter Harvey & Ferrier (2011).

Fettsyror från foder och kroppsvävnader

Fettsyror som tas upp från blodet kommer från absorption av foderfett i digestionskanalen, från mikrobiellt syntetiserat fett (flyktiga fettsyror som bildas vid jäsning av kolhydrater i vämmen) och från frisättning av fettsyror från kroppsfettet. Dessa transporteras i blodet i form

av kylomikroner, fria fettsyror eller VLDL (Chilliard *et al.*, 2000). Fettet i kons foder består till stor del av långa omättade fettsyror. Dessa mäts av våmmens bakterier vilket är en orsak till att mjölkfettet till stor del består av mättade fettsyror (McDonald *et al.*, 2011). När kon är i energibalans kommer cirka 10 % av fettsyrorerna i mjölken från kroppsfettet, men om kon är i negativ energibalans ökar andelen fett från kroppsfettet proportionellt med energiunderskottet (Bauman & Griinari, 2001).

Hur ser mjölkfettsammansättningen ut vid negativ energibalans?

Det finns en hel del forskning på mjölkfettsammansättningen hos kor. Ducháček *et al.* (2012) gjorde ett försök med 27 Holsteinkor från dag sju till dag 119 i laktationen för att ta reda på om fettsammansättningen i mjölk kan användas för att avgöra kons energibalans i början av laktationen. Korna som användes i studien var från olika laktationer och energibalansen avgjordes genom en mätning av förändring i hull. Hullet bedömdes på skalan 1-5 med ett intervall på 0,25. Fettsyrorerna analyserades med gaskromatografi och de studerade fettsyror var för sig samt grupper av fettsyror. De tittade också på kvoten mellan mättade fettsyror och omättade fettsyror, kvoten mellan enkelomättade fettsyror och fleromättade fettsyror samt kvoten mellan fett och protein. Resultatet visade att kvoten mellan fett och protein var högst i början av laktationen då energibalansen också var starkt negativ och kons hull sjönk till följd av frisättningen av fettsyror från kroppsreserverna. Kvoten mellan fett och protein sjönk ju längre fram i laktationen kon kom samtidigt som energibalansen rättades till. De kom fram till att kvoten mellan fett och protein kan användas som indikator för kons energibalans i början av laktationen.

Med kvoten mellan enkelomättade och fleromättade fettsyror kunde Ducháček *et al.* (2012) skilja mellan mild och svår negativ energibalans under de sju första laktationsveckorna, men sedan fanns inte längre någon skillnad. Mild negativ energibalans definierades som en minskning i hull med maximalt 0,5 poäng och svår negativ energibalans definierades som en minskning med mer än 0,5 poäng. Det var framförallt skillnader i andelen enkelomättade fettsyror som resulterade i skillnader i kvoten medan andelen fleromättade fettsyror var relativt oförändrad under försöket. Den mest förekommande enkelomättade fettsyran var oljesyra (18:1) även vid negativ energibalans och den minskade när energibalansen rättades till, till förmån för de mättade fettsyrorerna. Detta tyder på att minskning i enkelomättade fettsyror och minskning i kvoten mellan enkelomättade fettsyror och fleromättade fettsyror är relaterad till återvinning av energibalansen och att kvoten därför kan användas som indikator för negativ energibalans och även för hur svår negativ energibalans djuret är i. Andelen mättade fettsyror var lägre i början av laktationen och ökade i takt med att energibalansen återställdes, men det gick inte att skilja mellan mild och svår negativ energibalans.

I en stor studie av Stoop *et al.* (2009) på 2000 Holstein-kor undersöktes hur laktationsstadium och energibalans påverkade fetthalten och mjölkfettsammansättningen. Korna härstammade från 55 tjurar och kom från olika besättningar men minst tre stycken från samma besättning valdes. Negativ energibalans ansågs vara de kor som hade en ökning i kvoten mellan fett och protein och det fanns 247 kor i den gruppen. Resultatet visade att kor med negativ

energibalans hade högre mjölkfetthalt än kontrollgruppen och att andelen korta mättade fettsyror var lägre och andelen långa fettsyror högre. Deras resultat visade också en ökning i mättade fettsyror hos kor i negativ energibalans samt en lägre andel konjugerad linolsyra, som är en omättad fettsyra. Laktationsstadium spelade stor roll för fetthalten och fettsammansättningen och författarnas slutsats var att kvoten mellan fett och protein och ändringar i halten av vissa fettsyror inte är tillräckligt för att avgöra kons energibalans.

Gross *et al.* (2011) undersökte effekten av negativ energibalans på mjölkfettsammansättningen hos 40 Holstein-kor. Till skillnad från tidigare nämnda studier studerade de inte bara negativ energibalans i början av laktationen (från kalvning fram till vecka tolv i laktationen) utan också hur effekten av inducerad negativ energibalans påverkade fettsammansättningen 100 dagar in i laktationen (vecka 14). I tidig laktation var andelen mättade fettsyror som lägst när den negativa energibalansen var som högst och andelen ökade samtidigt som energibalansen blev bättre. Andelen enkelomättade fettsyror minskade istället samtidigt som energibalansen blev bättre. Andelen fleromättade fettsyror var relativt konstant under båda perioderna. Korta och medellånga fettsyror (upp till 16 kol) ökade när den negativa energibalansen minskade medan de långa fettsyrorerna (>16 kol) minskade samtidigt som energibalansen blev bättre. Detta förklarades med att frisättningen av fettsyror från kroppsfettet minskar när kon inte längre är i negativ energibalans. Efter laktationsdag 100 delades korna upp i två grupper där 20 kor försattes i negativ energibalans och 20 kor fungerade som en kontrollgrupp. Samma resultat påvisades här, ändringen skedde snabbt efter inducerad negativ energibalans men återgick även snabbt när energibalansen återställdes. Andelen oljesyra (18:1), som är en enkelomättad fettsyra, minskade när energibalansen förbättrades och därför drog författarna slutsatsen att oljesyra kan användas som indikator för negativ energibalans.

Duchaček *et al.* (2013) gjorde en studie med 50 Czech Fleckvieh kor i olika laktationer där de undersökte hur förändringar i hull och mjölkfettsammansättningen kunde användas som indikator för negativ energibalans de första fyra veckorna i laktationen. De använde förändringen i hullet och kvoten mellan fett och protein användes som indikator för negativ energibalans och definierade negativ energibalans som en kvot över 1,4. De undersökte hur andelarna mättade fettsyror, omättade fettsyror, enkelomättade fettsyror och fleromättade fettsyror ändrades under laktationen. Även här visar resultaten att andelen mättade fettsyror ökade när energibalansen återställdes och att andelen omättade fettsyror minskade, alltså en lägre kvot mellan mättade fettsyror och omättade fettsyror hos korna med negativ energibalans. De enkelomättade fettsyrorerna ökade litet i början av laktationen för att minska kraftigt efter vecka 3 i laktationen. För de fleromättade fettsyrorerna var det motsatt med en minskning i början för att sedan öka lite efter vecka tre, dock var skillnaden inte lika stor som för andelen enkelomättade fettsyror. Deras slutsats är därför att man kan använda andelarna mättade fettsyror och omättade fettsyror av mjölkfettet som en indikator för negativ energibalans och att 72 % mättade fettsyror är lägsta gränsen för att kons ska anses vara i energibalans.

Kons hull före kalvning spelar också roll för fettsammansättningen. En studie av Nogalski *et al.* (2012) på 42 Holstein-Frisiska kor visade att kor med högt hull före kalvning tenderade att ha större frisättning av fettsyror från fettvävnad vid negativ energibalans. Detta ledde till ett högt fettinnehåll i mjölken de första veckorna i laktationen och de hade i medeltal en högre fetthalt under hela laktationen. Nogalski *et al.* (2012) undersökte också om graden av negativ energibalans påverkade fettsyrasammansättningen i mjölken. Hos kor med liten förlust i hull, alltså en mild negativ energibalans, var andelen korta och medellånga fettsyror högre medan andelen långa fettsyror var lägre jämfört med kor som hade större förlust i hull (svår negativ energibalans). De visade även skillnader i kvoten mellan enkelomättade fettsyror och fleromättade fettsyror mellan gruppen med mild negativ energibalans och gruppen med svår negativ energibalans. Kvoten var högre hos korna med svår negativ energibalans vilket förklarades av den lägre andelen enkelomättade fettsyror hos dessa kor. Andelen fleromättade fettsyror var relativt stabil vilket gjorde att den totala andelen omättade fettsyror var lägre hos gruppen med mild negativ energibalans. Andelen oljesyra (18:1) var hög när kon var i negativ energibalans och sjönk i takt med att energibalansen återställdes. Den högre andelen omättade fettsyror i mjölken när kon är i negativ energibalans förklarades med att de flesta av de långa fettsyrorerna är omättade och de långa fettsyrorerna i mjölken kommer från fodret och kroppsvävnaderna. Vid negativ energibalans kommer en större andel av fettsyrorerna i mjölken från kroppsreserverna och *de novo*-syntesen i juvret bidrar med en mindre andel. Korna med mild negativ energibalans hade också högre andel omega-3-fettsyror i mjölken jämfört med korna med svår negativ energibalans. I Tabell 2 finns en sammanställning av de olika studiernas resultat för de olika grupperna av fettsyror.

Tabell 2: Förändring i andelar av olika fettsyragrupper i mjölken vid negativ energibalans

Studie	Mättade fettsyror	Omättade fettsyror	Enkelomättade fettsyror	Fleromättade fettsyror
<i>Duchaček et al.</i> , 2012	Ökar i takt med att energibalansen återställs	Inte angivet	Minskar i takt med att energibalansen återställs	Är relativt oförändrad vid negativ energibalans
Stoop <i>et al.</i> , 2009	Högre andel vid negativ energibalans	Lägre andel vid negativ energibalans	Inte angivet	Inte angivet
Gross <i>et al.</i> , 2011 Tidig laktation	Ökar i takt med att energibalansen återställs	Inte angivet	Minskar i takt med att energibalansen återställs	Är relativt oförändrad vid negativ energibalans
Gross <i>et al.</i> , 2011 Laktationsdag 100	Minskade vid negativ energibalans	Inte angivet	Ökade vid negativ energibalans	Är relativt oförändrad vid negativ energibalans
<i>Duchaček et al.</i> , 2013	Ökar i takt med att energibalansen återställs	Minskar i takt med att energibalansen återställs	Minskar i takt med att energibalansen återställs	Är relativt oförändrad vid negativ energibalans
Nogalski <i>et al.</i> , 2012	Högre hos de med mildare negativ energibalans jämfört med svår negativ energibalans	Lägre hos de med mildare negativ energibalans jämfört med svår negativ energibalans	Lägre hos de med mildare negativ energibalans jämfört med svår negativ energibalans	Ingen större skillnad mellan grupperna

Diskussion

De flesta av studierna har kommit fram till samma resultat. Den största skillnaden är att Stoop *et al.* (2009) visade att andelen mättade fettsyror ökar vid negativ energibalans medan den i de andra studierna minskade vid negativ energibalans. Eftersom *de novo*-syntesen, som bidrar med de korta och medellånga fettsyror, minskar vid negativ energibalans och andelen fettsyror från kroppsreserverna ökar är det logiskt att andelen mättade fettsyror minskar. De korta och medellånga fettsyror är ju mättade. Studien av Stoop *et al.* (2009) är gjord på betydligt fler kor i flera besättningar medan de andra studierna hade 27-50 kor och det kan tänkas att det finns många andra faktorer, som till exempel skillnader i fodret mellan besättningar, som kan spela roll för resultatet i den studien. De har använt kvoten mellan fett och protein för att fastställa att kon är i negativ energibalans men sedan angivit i sin diskussion att det är en bristfällig metod för att avgöra energibalans och att kvoten inte kan användas som indikator för en kos energibalans. Däremot tyder inget på att skillnader i analysmetoder av fettsyror skulle ligga bakom de skilda resultaten. Liknande analysmetoder (gaskromatografi) användes i både studien av Stoop *et al.* (2009) och i de andra försöken.

Studierna som beskrivits hade liknande förutsättningar. Alla studier är gjorda på kor på lösdrift och förutom studien av Ducháček *et al.* (2013) är korna av rasen Holstein. Eftersom den studien inte stack ut tyder det på att rasen inte spelade någon roll för resultatet. Det står inte så mycket om fodret i studierna vilket gör det svårt att jämföra om det skulle kunna förklara skillnader i resultatet. De studier som har använt förändring i hullet för att avgöra energibalansen hos korna har alla använt samma skala från 1-5 med intervallet 0,25 där 1 står för en smal ko och 5 är en fet ko.

Den enkelomättade fettsyran oljesyra (18:1) pekades ut av flera av studierna som en enskild fettsyra som kunde kopplas till negativ energibalans. Andelen oljesyra var högre vid negativ energibalans men sjönk i takt med att energibalansen återställdes och den skulle därför kunna användas som indikator för negativ energibalans.

Skillnader i kvoter mellan fettsyragrupper

I Tabell 3 finns en jämförelse av studierna med avseende på kvoterna mellan fett och protein och mellan olika fettsyragrupper. I alla studierna var kvoten mellan fett och protein högre hos korna i negativ energibalans. De flesta var också överens om att andelen mättade fettsyror var lägre vid negativ energibalans och ökade i takt med att energibalansen återställdes. Stoop *et al.* (2009) rapporterade dock till skillnad från de andra att andelen mättade fettsyror var högre hos kor med negativ energibalans. Både Ducháček *et al.* (2013) och Gross *et al.* (2011) ansåg att mättade fettsyror eller kvoten mellan mättade fettsyror och omättade fettsyror kunde användas som indikator för kons energibalans, något som Stoop *et al.* (2009) inte höll med om.

De studier som undersökte skillnaderna i enkelomättade fettsyror och fleromättade fettsyror kom fram till att andelen enkelomättade fettsyror var som högst när den negativa energibalansen var som högst men att andelen fleromättade fettsyror inte ändrades så mycket. Det gav en hög kvot mellan enkelomättade fettsyror och fleromättade fettsyror hos korna med negativ energibalans som sedan sjönk samtidigt som energibalansen återställdes. Ducháček *et al.* (2012), Nogalski *et al.* (2012) och Gross *et al.* (2012) kunde även se skillnader mellan de kor som hade svår negativ energibalans och mild negativ energibalans. Andelen enkelomättade fettsyror tenderade att vara högre hos kor med svår negativ energibalans och därför skulle kvoten mellan enkelomättade fettsyror och fleromättade fettsyror kunna användas inte bara för att se om kon är i negativ energibalans utan också för att avgöra i hur svår negativ energibalans hon är.

Tabell 3: Kvoter i mjölken mellan fett och protein samt mellan olika fettsyragrupper vid negativ energibalans

Studie	Fett/protein	Mättade fettsyror/omättade fettsyror	Enkelomättade fettsyror/fleromättade fettsyror
Duchaček <i>et al.</i> , 2012	Högre än normalt. Minskar i takt med att energibalansen återställs	Ökar i takt med att energibalansen återställs. Ingen skillnad mellan mild och svår negativ energibalans	Hög kvot vid svår negativ energibalans och låg kvot vid mild negativ energibalans
Stoop <i>et al.</i> , 2009	Högre än normalt	Högre än normalt	Inte angivet
Duchaček <i>et al.</i> , 2013	Högre än normalt	Ökar i takt med att energibalansen återställs	Minskar i takt med att energibalansen återställs
Nogalski <i>et al.</i> , 2012	Högre ju svårare negativ energibalans	Högre hos de med mild negativ energibalans	Hög kvot vid svår negativ energibalans och lägre kvot vid mild negativ energibalans

Andelar fettsyror av olika längd vid negativ energibalans

Tabell 4 visar att alla som studerade skillnader i längden på fettsyror vid negativ energibalans kom fram till samma sak, att andelen korta och medellånga fettsyror är lägre vid negativ energibalans och andelen långa fettsyror är högre vid negativ energibalans. Resultatet stämmer bra överens med en ökad andel långa fettsyror vid negativ energibalans eftersom fettsyror från kroppsreserverna framförallt är långa. Den minskade andelen korta fettsyror beror då på den minskade *de novo*-syntesen i juvret.

Tabell 4: Förändring i andel fettsyror av olika längd i mjölken hos kor i negativ energibalans

Studie	Korta fettsyror	Medellånga fettsyror	Långa fettsyror
Stoop <i>et al.</i> 2009	Lägre andel vid negativ energibalans	Lägre andel vid negativ energibalans	Högre andel vid negativ energibalans
Gross <i>et al.</i> 2011	Lägre andel vid negativ energibalans	Lägre andel vid negativ energibalans	Högre andel vid negativ energibalans
Nogalski <i>et al.</i> 2012	Lägre andel ju svårare negativ energibalans	Lägre andel ju svårare negativ energibalans	Högre andel ju svårare negativ energibalans

Slutsats

Kvoten mellan fett och protein har länge använts som indikator för negativ energibalans och studierna som beskrivits här visade också att kvoten är högre vid negativ energibalans. I kvoten mellan mättade fettsyror och omättade fettsyror kunde också en skillnad ses mellan kor in energibalans och kor i negativ energibalans, den tenderade att vara lägre hos djur i negativ energibalans och öka ti takt med att energibalansen återställdes. Detsamma gäller kvoten mellan enkelomättade fettsyror och fleromättade fettsyror, där kunde även skillnader i hur svår negativ energibalans djuret var i observeras. Oljesyra var en specifik fettsyra som pekades ut för användning som indikator för negativ energibalans. Detta tyder på att skillnader i fettsammansättning kan användas för att indikera negativ energibalans hos kor.

Referenser

- Bauman, D.E. & Griinari, J. M. (2001). Regulation and nutritional manipulation of milk fat: low-fat milk syndrome. *Livest. Prod. Sci.*, vol. 70, ss. 15–29.
- Chilliard, Y., Ferlay, A., Faulconnier, Y., Bonnet, M., Rouel, J. & Bocquier, F. (2000). Adipose tissue metabolism and its role in adaptations to undernutrition in ruminants. *Proceedings of the Nutrition Society*, vol. 59, ss. 127–134.
- Duchaček, J., Stadnik, L., Beran, J., Okrouhla, M., Vacek, M. & Doležalova, M. (2013). Body condition score and milk fatty acid composition in early lactating of Czech Fleckvieh cows. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, (LXI, No. 6, 2013), ss. 1621–1628.
- Duchaček, J., Vacek, M., Stadnik, L., Beran, J. & Okrouhla, M. (2012). Changes in milk fatty acid composition in relation to indicators of energy balance in Holstein cows. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis* (LX, No. 1, 2012), ss. 29–38.
- Grieve, D. G., Korver, S., Rijpkema, Y.S. & Hof, G. (1986). Relationship between milk composition and some nutritional parameters in early lactation. *Livestock Production Science*, vol 14, ss. 239–254.
- Gross, J., van Dorland, H A., Bruckmaier, R M. & Schwarz, F J. (2011). Milk fatty acid profile related to energy balance in dairy cows. *Journal of Dairy Research*, vol. 78, ss. 479–488.
- Harvey, R. A. & Ferrier, D.R. (2011). *Lippincott's illustrated reviews: Biochemistry*. 2. Ed. Kap 16. Baltimore. Lippincott Williams & Wilkins.
- Jensen, R.G. (2002). *Invited Review: The Composition of Bovine Milk Lipids*. *Journal of Dairy Science*, vol. 85, ss. 295–350
- McDonald, P., Edwards, R.A., Greenhalgh, J. F. D., Morgan, C. A., Sinclair, L.A. & Wilkinson, R.G. (2011). *Animal nutrition*. 7. ed. England. Pearson education limited.
- Nogalski, Z., Wroński, M., Sobczuk-Szul, M., Mochol, M. & Pogorzelska, P. (2012). The effect of body energy reserve mobilization on the fatty acid profile of milk in high-yielding cows. *Asian-Australasian journal of animal sciences*, vol. 25, No. 12, ss. 1712-1720.
- Scanes, C. (2011). *Fundamentals of animal science*. USA. Delmar, cengage learning. ss. 263.
- Sjaastad, ØV., Sand, O. & Hove, K. (2010). *Physiology of Domestic Animals*. 2. ed. Oslo: *Scandinavian Veterinary Press*. ss. 736-760.
- Stoop, W. M., Bovenhuis, H., Heck, J. M. L. & van Arendonk, J. A. M. (2009). Effect of lactation stage and energy status on milk fat composition of Holstein-Friesian cows. *Journal of Dairy Science*, vol. 92, ss. 1469–1478.
- van Knegsel, A. T. M., van den Brand, H., Dijkstra, J., van Straalen, W. M., Heetkamp, M. J. W., Tamminga, S. & Kemp, B. (2007). Dietary Energy Source in Dairy Cows in Early Lactation: Energy Partitioning and Milk Composition. *Journal of Dairy Science*, vol. 90, ss. 1467–1476.

I denna serie publiceras examensarbeten (motsvarande 15, 30, 45 eller 60 högskolepoäng) vid Institutionen för husdjurens utfodring och vård, Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionens examensarbeten finns publicerade på SLUs hemsida www.slu.se.

In this series Degree projects (corresponding 15, 30, 45 or 60 credits) at the Department of Animal Nutrition and Management, Swedish University of Agricultural Sciences, are published. The department's degree projects are published on the SLU website www.slu.se.

<p>Sveriges lantbruksuniversitet Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap Institutionen för husdjurens utfodring och vård Box 7024 750 07 Uppsala Tel. 018/67 10 00 Hemsida: www.slu.se/husdjur-utfodring-varld</p>	<p><i>Swedish University of Agricultural Sciences Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science Department of Animal Nutrition and Management PO Box 7024 SE-750 07 Uppsala Phone +46 (0) 18 67 10 00 Homepage: www.slu.se/animal-nutrition-management</i></p>
--	--