

Slutrapport: Betydelsen av mellangårds- och individskillnader i metabolisk status för fruktsamhet, hälsa och produktion hos mjölkkor. Effekt av glukogena substanser och markörer i praktiskt lantbruk

Bakgrund

I spåren av en framgångsrik avel för stigande mjölkproduktion ses världen över en sänkt fruktsamhet hos mjölkkor (Rodriguez-Martinez et al., 2008). Trots att fruktsamhetsegenskaper beaktats i avelsprogrammen i Sverige (Philipsson and Lindhé, 2003) ser vi nu också här en sänkt fruktsamhet. Antalet dagar från kalvning till senaste insemination (KSI) har under senaste decenniet ökat från 116 till 120 dagar hos SRB och från 122 till 135 dagar hos SLB/Svensk Holstein. Samtidigt har kalvningsintervallet ökat från 12,9 till 13,1 månader samt från 13,1 till 13,6 månader hos SRB respektive SLB (Svensk Mjolk, 2012). Den nedsatta fruktsamheten kostar svenska mjölkbönder betydande summor. Beräkningar från Svensk Mjolk visar att skillnader i fruktsamhet mellan besättningar motsvarar kostnader om 10-40 öre per kg mjölk (Hans Gustafsson, Svens Mjolk, pers. med). Med en vikande och starkt fluktuerande ekonomi för svensk mjölkproduktion är det väsentligt att reducera kostnader och optimera produktionen.

Energibalans och fruktsamhet, hälsa och mjölkproduktion

Eftersom kons foderintag under den första tiden efter kalvningen inte täcker energi- och glukosbehovet för mjölkproduktionen, befinner sig mjölkkor under denna period nästan alltid i en negativ energibalans (NEB) (Drackley et al., 1999). Vid NEB är kon beroende av glukoneogenes från alternativa substrat, till exempel glycerol som frisätts vid nedbrytning av fettvävnad. Samtidigt frisätts icke-förestrade fettsyror (NEFA) som oxideras i levern som en energikälla. När leverns oxidativa kapacitet överskrider ökar istället halten av ketonkroppar (till exempel halten av beta-hydroxy-smörtsyra ;BHB) eller så kan NEFA inlagras i form av triglycerider i levern och leda till så kallad hepatisk lipidosis (Drackley et al., 1999). Under NEB ändras även koncentrationen av flera ämnesomsättningsrelaterade hormoner. Bland annat minskar plasmanivåerna av insulin och Insulin-like growth factor-1 (IGF-1).

Många studier har funnit negativa associationer mellan NEB och nedsatt reproduktionsförmåga (till exempel Butler et al., 1981, Opsomer et al., 2000; Vanholder et al., 2005). NEB är också relaterat till en ökad sjukdomsfrekvens efter kalvningen, såsom fång, kalvningsförlamning, acetonemi och löpmagsförskjutning (Collard et al., 2000). Ökade halter av BHB, så kallad subklinisk acetonemi, har också visats ha en hämmande effekt på immunförsvaret (Hoeben et al., 1997) vilket kan öka risken för infektioner, till exempel juverinflammation (Suriyasathaporn et al., 2000). Förhöjda BHB-nivåer hos kon efter kalvningen ger också en minskning mjölkproduktion (Duffield et al., 2009).

Nutritionella strategier för förbättrad energibalans och fruktsamhet

En mängd litteratur beskriver effekten av olika utfodringsstrategier på mjölkors energibalans och efterföljande fruktsamhet. Gemensamt för dessa är att de generellt är inriktade mot att minimera en hullökning under sinperioden för att därmed uppnå en så liten NEB och så liten nedgång i foderintag vid kalvningen, som möjligt. Exempel på sådana utfodringsstrategier är att kor i tidig sinperiod ges ett låg-energifoder och att energigivan ökas under de sista 2-3 veckorna före kalvning (Overton och Waldron, 2004) eller att en stor mängd av fiberrikt foder ges under hela sinperioden (Grummer et al., 2004). Ytterligare en mängd litteratur beskriver effekterna av att tillsätta specifika substanser till fodret i syfte att reducera NEB och öka fruktsamheten. Dock är resultat från studier där proteintillskott, extra fett (dietärt fett, specifika lipider eller våmstabla fetter) eller glukogena substanser (till exempel glycerol eller

propylenglykol) eller mineraler och spårämnen undersökts inte liktydiga (översikt av Chagas et al., 2007a)

Propylenglykol och glycerol för förbättrad energibalans och fruktsamhet

Traditionellt har tillsats av propylenglykol eller glycerol använts för att förebygga eller behandla acetonemi hos mjölkkor (Johnson, 1954). Båda substanserna bidrar med byggstenar till glukoneogenesen och propylenglykol kan även inducera insulinresistens i perifer vävnad (Donkin and Doane, 2007; Kristensen and Raun, 2007) vilket ytterligare sparar glukos för juvrets behov. Tillförsel av propylenglykol eller glycerol via en oral stötdos har i ett flertal studier visats mildra NEB hos nykalvade mjölkkor genom en, oftast kraftig, ökning av insulin, en moderat ökning av glukos samt en minskning av NEFA och BHB (Nielsen and Ingvarsen, 2004; Goff and Horst, 2001, Linke et al., 2004, Osman et al., 2008). Teoretiskt sett borde en förbättrad NEB leda till en förbättrad efterföljande fruktsamhet. Ett antal författare har studerat effekten av propylenglykol på fruktsamhet och rapporterat vissa positiva effekter, vilka dock i dessa små till mycket små material (28-240 kor) inte varit statistiskt säkerställda (Butler et al., 2006, Hoedemaker et al., 2004, Miyoshi et al., 2001, Moallem et al., 2007, Rizos et al., 2008). Enligt vår vetskap, har inga studier heller lyckats visa att glycerol har en positiv effekt på fruktsamhet. Propylenglykol har inte heller generellt setts ha någon positiv effekt på mjölkproduktion (Nielsen and Ingvarsen, 2004).

Ett stort antal svenska mjölkbönder använder idag fodermedel med tillsats av propylenglykol, glycerol eller andra glukogena substanser i avsikt att förbättra djurens energibalans. Från foderfirmornas sida marknadsförs ofta dessa produkter såsom positiva för fruktsamhet och mjölkproduktion, trots att det vetenskapliga stödet för detta, i form av kontrollerade försök utförda på ett stort antal kor, är svagt.

Att förutsäga nedsatt fruktsamhet hos kor

Hittills har åtgärder för att förebygga produktionsjukdomar, och i stor utsträckning också fruktsamhetsproblem, framgångsrikt satts in på besättningsnivå. Med större besättningar och system där foderstyrning försvåras blir variationen mellan kor stor i fråga om metabolisk status. Detta kräver en ökad fokus på individnivå för att hitta markörer och metoder att förebygga metaboliska störningar och andra efterföljande problem (Ingvarsen et al., 2003). Tänkbara markörer är de ovan diskuterade hormonerna och metaboliterna som är relaterade till negativ energibalans. Nyligen har ett nytt verktyg för automatiserad övervakning på gårdsnivå, Herd Navigator, lanserats. Herd navigator är dock lämplig för framför allt de större besättningarna. Då medelstorleken för en svensk besättning är 62 mjölkande kor per år (Statens Jordbruksverk, 2012) krävs dock också småskaliga metoder för att upptäcka kor med ökad risk för nedsatt fruktsamhet. Mätning av BHB-koncentrationen hos enskilda kor har traditionellt gjorts hos sjuka individer för att diagnosticera acetonemi. Under de senaste åren har det blivit vanligare att nykalvade kor screenas med avseende på förhöjda BHB-koncentrationer i syfte att hitta kor med nedsatt energibalans och ökad risk för sjukdom. För att sådana tester skall vara användbara och säkra krävs att testens sensitivitet och specificitet utvärderas.

Ett ytterligare sätt att finna kor med särskilda behov av övervakning eller profylaktiska åtgärder är att använda sig av riskbedömning. Ett flertal riskfaktorer för nedsatt fruktsamhet på individnivå kända, däribland mjölkavkastning (Butler et al., 1981), ras (Pettersson et al., 2006), laktationsnummer (Pettersson et al., 2006), olika sjukdomar (Gröhn and Rajala-Schultz, 2000, Hockett et al., 2005, Hultgren et al., 2004) och kalvningssäsong (Löf, 2012). Till detta kommer riskfaktorer på besättningsnivå till exempel skötsel faktorer såsom utfodringsystem (Spörndly, 2005) och stallsystem (Löf, 2012). Allteftersom koskötseln utvecklas med nya tekniker och nya management system behövs kontinuerlig evaluering av dessa som potentiella

riskfaktorer för nedsatt fruktsamhet i syfte att kunna sätta in extra skötselåtgärder där det bäst behövs.

Syfte

- Att undersöka effekten av tillskottsutfodring med glycerol eller propylenglykol i tidig laktation på mjölkors metabola status, fruktsamhet, mjölkproduktion och hälsa under praktiska förhållanden
- Att kartlägga (kvantifiera) individskillnader och mellangårdsskillnader i metabol status hos svenska mjölkkor.
- Undersöka värdet av mätningar av metabola parametrar som markör för problem med fruktsamheten hos individuella kor.
- Att undersöka hur potentiella riskfaktorer relaterade till skötsel, inhysning och hälsa hos mjölkkor påverkar deras kommande fruktsamhet.

Material och metoder

I en randomiserad longitudinell studie (**delstudie I och II**) utvärderades effekten av tillskottsutfodring av kor med 450 g glycerol eller 300 g propylenglykol jämfört med inget tillskott (kontrollgrupp) under 0-21 dagar efter kalvning på mjölkproduktion, energibalans och fruktsamhet. Hos 798 kor i 17 västsvenska besättningar följdes fruktsamheten med hjälp av data från Kokontrollen. Hos 308 kor i 7 av dessa besättningar mättes halten av progesteron i mjölk för att bestämma när första ägglossning efter kalvningen skett. Hos 673 kor i 12 av besättningarna bestämdes energibalansen genom blodprov med upprepade mätning av blodsocker, hormoner (insulin och IGF-1) samt restprodukter från fettnedbrytning (NEFA och BHB) under de första 63 dagarna efter kalvningen. Dessutom mättes hull och bröstomfång och data för mjölkproduktion och sjuklighet hämtades från Kokontrollen. Skillnaden i plasmaconcentrationer av blodsocker, insulin, IGF-1, NEFA och BHB samt skillnader i hull, bröstomfång och mjölkproduktion mellan de olika försöksgrupperna analyserades statistiskt med så kallade linjära mixade regressionsmodeller. I modellerna togs hänsyn till olika faktorer som kan påverka effekten av tillskottsutfodringen. (såsom ras, laktationsnummer, kalvningssäsong). I de statistiska modellerna inkluderades även "besättning" och "ko" som en sk random faktor för att ta hänsyn till att mätningarna var upprepade inom varje ko som i sin tur var grupperade inom besättningar. Effekten av de olika tillskottsutfodringarna på förekomsten av kalvningsförlamning, juverinflammation, acetonemi och övrig rapporterad sjuklighet undersöktes med hjälp av ett enkelt chi-två test. I delstudie I undersöktes även hur mycket av variationen i materialet som härstammade från "besättning", "ko" eller som var oförklarad variation, dvs motsvarade variation från respektive provtagningstillfälle. Effekten av de olika tillskottsutfodringarna på fruktsamhetsparametrarna dagar från kalvning till första cykling, dagar till första insemination och dagar till dräktighet analyserades med hjälp av sk semiparametrisk överlevnadsanalys. Även i dessa modeller togs hänsyn till att korna var grupperade inom besättningar samt att de tidigare nämnda faktorerna kunde påverka resultatet av tillskottsutfodringen.

I **delstudie III** undersöktes hur väl ett enskilt blodprov taget inom 3 veckor efter kalvningen kan förutsäga om kon riskerar att få nedsatt fruktsamhet eller inte. I denna studie användes blodprov från 480 kor från 12 besättningar samt 241 progesteronprov från 7 besättningar (samma besättningar som i delstudie I och II). Studien utvärderade hur väl olika gränsvärden av NEFA, BHBA eller IGF-1 korrekt klassar en ko som nedsatt fruktsamhet eller inte". Detta gjordes genom att beräkna varje möjligt gränsvärdes sensitivitet (proportionen av djur med nedsatt fruktsamhet som testar positivt) och specificitet (proportionen av djur utan fruktsamhetsproblem som testar negativt). En ko definierades ha nedsatt fruktsamhet om hon

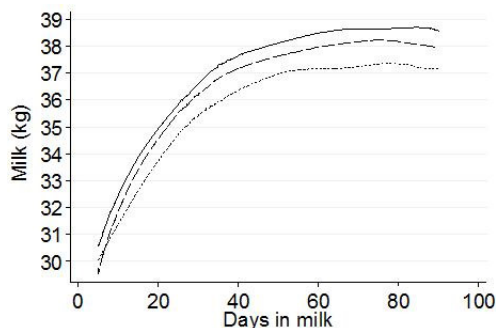
inte hade cyklat före dag 36 efter kalvning, fått en första insemination före dag 96 efter kalvning eller konstaterats dräktig före dag 145 efter kalvning (samtliga värden motsvarar studiepopulationens 75:e percentil, dvs de 25% sämsta korna). Vidare undersöktes om kons ras eller laktationsnummer påverkade testets sensitivitet eller specificitet (genom logistiska regressionsmodeller) samt om studiepopulationens prevalens (förekomst) av nedsatt fruktsamhet påverkade testens användbarhet. Det senare undersöktes genom att beräkna testens positiva och negativa predicerade värden (proportionen av testpositiva kor som verkligen har nedsatt fruktsamhet respektive proportionen av testnegativa kor som inte har nedsatt fruktsamhet).

I **delstudie IV** samlades data över ko-faktorer (såsom ras, laktationsnummer, mjölkavkastning, sjukdomsförekomst och fruktsamhet) samt besättningsdata (såsom besättningsstorlek och avkastning, vilken husdjursförening som besättningen tillhörde, om korna mjölkades med robot eller ”på vanligt sätt”, om korna hölls i lösdrift eller i ett uppbundet system eller om besättningen var ansluten till KRAV). Data hämtades från Kokontrollen för alla kor som kalvade mellan 1 mars 2010 och 28 februari 2011 i besättningar som hade fler än 60 mjölkande kor. Dessutom skickades en enkät till landets husdjursföreningar för att samla information om besättningarna blandade ensilage och kraftfoder helt och hållet (fullfoder), blandade till viss del (blandfoder) eller om de fodrade ensilage och kraftfoder helt skilt från varandra (individuell utfodring). Totalt ingick 759 besättningar och 63561 kor i studien. Sambandet mellan de olika riskfaktorerna och sannolikheten att kon blir dräktig på första inseminationen eller antalet inseminationer per ko utvärderades med logistisk regressions modell respektive en Poisson-regressions modell. I båda modellerna kontrollerades för besättningseffekten genom att inkluderades ”besättning” som en sk random effekt.

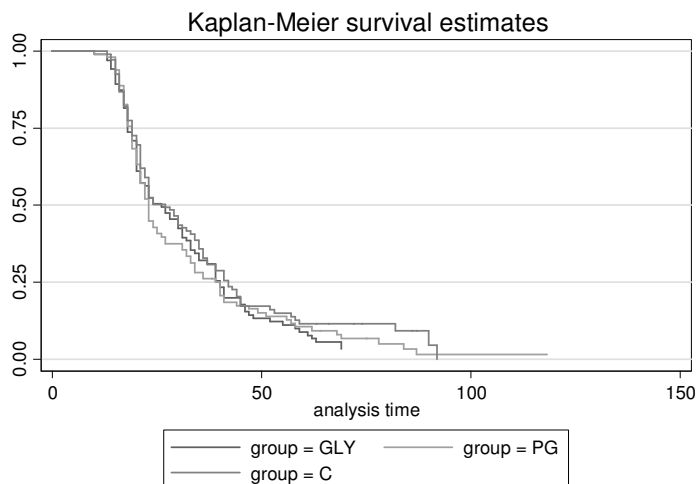
Förutom av SLF finansierades delar av de övriga studierna även av SLU, Nötkreatursstiftelsen Skaraborg och Alfa Laval AB's fond.

Resultat i korthet

Kor som tillskottsutfodrats med glycerol producerade med statistisk säkerhet 1 kg mer mjölk per dag under de första 90 dagar efter kalvningen (Figur 1.). Även hos kor som tillskottsutfodrades med propylenglykol sågs en förbättring av mjölkproduktionen men denna skillnad var inte statistiskt säker. Kor som tillskottsutfodrades med glycerol hade något lägre insulinnivåer i blodet men i övrigt sågs inga skillnader i energibalans mellan grupperna. Tillskottsutfodringen påverkade inte hur mycket hull och bröstomfång som korna tappade efter kalvningen. Kor som fått tillskott med glycerol eller propylenglykol hade inte bättre fruktsamhet, mätt som dagar från kalvning till första cykling, dagar till första insemination eller dagar till dräktighet, än kor som inte fått något tillskott alls (Figur 2). Det var ingen skillnad i sjuklighet mellan de olika grupperna.



Figur 1. Skillnad i mjölkproduktion (icke energikorrigerad) mellan tre behandlingsgrupper som utfodrats med glycerol (heldragen linje), propylenglykol (långa streck) eller ingenting extra (prickad linje) under laktationens första 3 veckor.



Figur 2. Skillnad i den kumulativa hazarden för en första cykling mellan tre behandlingsgrupper (GLY=glycerol; PG=propylenglykol; C=kontroll, dvs ingen extra behandling under laktationens första 3 veckor).

I delstudie I sågs även att den mesta variationen härstammade från ko och provtagningstillfälle och att endast en mindre del förklarades av vilken besättning kon fanns i. För hormoner och metaboliter berodde 47 till 59 % av variationen på vid vilken tidpunkt efter kalvning provet var taget. Av den resterande variationen berodde dubbelt så mycket variation på kon som på vilken besättning hon stod i.

Generellt var det stor sannolikhet att felaktigt klassa en ko med ökad risk för nedsatt fruktsamhet som "frisk" och användbarheten var därför generellt låg. Testens sensitivitet blev högre när testen användes på tredjekalvare eller äldre. Samtidigt var specificiteten högre då testen användes på förstakalvare. Testens positiva predicerade värde var högre då populationer med hög prevalens (50%) undersöktes med eftersom det positiva predicerade värdet aldrig steg över 0.70 hade testen fortfarande relativt låg användbarhet.

I korthet hade kor av den svenska röda rasen bättre fruktsamhet än svenska Holsteinkor (svart-vita). Kor som hölls i lösdrift och utfodrades med fullfoder eller blandfoder hade inte bättre fruktsamhet jämfört med kor som hölls i uppbundna stall och utfodrades individuellt. Kor som mjölkades med robot hade inte sämre fruktsamhet än kor som mjölkades på annat sätt. Dock hade ekologiska KRAV-anslutna besättningar något sämre fruktsamhet än kor i icke KRAV-anslutna besättningar. Kor som kalvade och seminerades under en period då gården förändrades, dvs bytte system från uppbundet till lösdrift, från konventionell mjölkning till robot eller från konventionell produktion till KRAV-anslutning, hade alla sämre fruktsamhet under den aktuella perioden. Slutligen, kor med kraftiga klövsador eller kor som gått från lågt till högt celltal under tiden efter kalvning hade kraftigt nedsatt fruktsamhet

Diskussion

Sammanfattningsvis så medförde ökningen i mjölkproduktion ingen samtidig nedgång i energibalans eller minskning av fruktsamhet. Resultaten tyder på att kor som fick tillskottsutfodring lade den extra energin på en ökad mjölkproduktion snarare än på att förbättra sin energibalans eller sin fruktsamhet. En möjlig orsak till att framför allt kor som fått glycerol under de tre första veckorna efter laktationen ökade sin mjölkproduktion i upp till 90 dagar är att de skulle kunnat ha ett ökat foderintag. På grund av studiens fältupplägg kunde dock inte foderintaget mätas för att verifiera detta. Det är också tveksamt om den ökade mjölmängden på grund av tilläggsutfodring är kostnadseffektiv då kostnader för medel och arbete tas med i beräkningen.

Kor som fick tillskottsutfodring i delstudie I hade inte en mindre svår negativ energibalans, än kor som ingick i kontrollgruppen. Det är inte uteslutet att en annorlunda försöksdesign hade visat en effekt av utfodringen. Det har i tidigare studier konstaterats att bland annat provtagningstidpunkt och utfodringssätt kan påverka resultaten av propylenglykolutfodring (Nielsen och Ingvarsen, 2004).

Eftersom den mesta variationen i plasma-concentrationer av metaboliter och hormoner relaterade till kors energibalans beror på skillnader i provtagningstillfälle och skillnader mellan kor, snarare än skillnader mellan besättningar (delstudie I) så talar detta emot en strategi att ge alla kor i samma besättning tillskottsutfodring efter kalvning. Detta stöds av en fruktsamhetsstudie där >90 % av variationen i parametrarna dräktighet på första insemination samt intervall mellan kalvning till dräktighet härstammade från ko-nivå och inte från besättningsnivå (Dohoo et al., 2001). Vidare har internationella försök visat att kor med subklinisk acetonemi (McArt et al., 2012) eller ett nedsatt hull efter kalvning (Chagas et al., 2007b) fick bättre fruktsamhet efter kalvningen än kor som var i fysiologisk balans då de fick tillskott av propylenglykol. Det är möjligt att resultaten från delstudie I och II hade visat på en positiv effekt om djur i grav negativ energibalans hade valts ut för behandling.

I delstudie III undersöktes värdet av ett enskilt blodprov för att förutsäga hur väl det kan användas till att förutsäga om en ko riskerar nedsatt fruktsamhet eller inte. Generellt var användbarheten på ett sådant test lågt och risken att man väljer ut fel kor för till exempel tillskottsutfodring om valet baseras på ett sådant test är hög. Tidigare internationella studier har rekommenderat ett gränsvärde på 720 $\mu\text{ekv/L}$ NEFA för att förutsäga nedsatt fruktsamhet (Ospina et al., 2010a). Dock var detta gränsvärde utvärderat för att förutsäga löpmagsförskjutning (Ospina et al., 2010b). Sensitiviteten och specificiteten för testen i delstudie III skulle öka av att det tolkas i serie (ett djur anses positivt då det testas positivt på ett eller flera test) eller parallellt (ett djur är positivt då det testas positivt på alla test). Då det till vår kännedom saknas en kommersiell NEFA- eller IGF-mätare för fältbruk undersöktes dock detta inte närmare eftersom det praktiskt skulle bli mycket dyrt med ett sådant tillvägagångssätt. Fler utvärderingar av gränsvärden och metoder för att förutsäga vilka kor som riskerar nedsatt fruktsamhet är nödvändiga.

I delstudie IV hittades många signifikanta samband mellan faktorer hos såväl den individuella kon som olika skötsel och sjukdomsfaktorer. Samtliga dessa riskfaktorer kan användas då strategier för att öka en besättnings fruktsamhet planeras.

Tvärtemot vad mjölksektorn har befarat (Spörndly, 2005) påverkade inte utfodringssättet kors fruktsamhet negativt. I en studie från 2007 (Löf et al.) upptäcktes däremot att kor i besättningar som utfodrades med fullfoder hade längre kalvningsintervall och längre intervall från kalvning till sista insemination. Det är dock troligt att svenska rådgivare samt lantbrukare idag är mer vana att arbeta med fullfoder och att detta därför inte utgjorde en riskfaktor för nedsatt fruktsamhet i delstudie IV.

Kor som kalvade och blev inseminerade under en period då besättningen förändrades (från uppbundet system till lösdrift; från konventionell mjölkning till mjölkrobot eller från konventionell produktion till ekologisk produktion med KRAV-anslutning) hade alla lägre

sannolikhet att bli dräktiga på första insemination samt fick fler inseminationer per serie. Kor i en besättning som genomgår en pågående förändring utsätts troligen för mycket stress vilket kan påverka fruktsamheten negativt. Samtidigt är risken stor att de normala rutinerna i besättningen, tex brunstpassning, störs vilket också påverkar fruktsamheten negativt. Resultaten indikerar också att när perioden av förändring är över och besättningens rutiner har "satt sig" innebär inte nya system och tekniker i sig en risk för nedsatt fruktsamhet. Det är viktigt att lantbrukare som står inför en stor förändring av besättningen är medveten om detta för att kunna avsätta extra resurser och arbetskraft för att förhindra en nedgång i fruktsamheten under förändringsperioden.

Nedsatt klövhälsa är en känd riskfaktor för nedsatt fruktsamhet (Hultgren et al., 2004). Kor i delstudie IV som hade svåra, fångassocierade klövskador vid ett verkningstillfälle i anslutning till kalvning eller semineringsperiod hade ungefär 20 % minskad sannolikhet för dräktighet på första insemination jämfört med kor utan anmärkningar. Andra studier har visat att ägglossning hos halta kor kan påverkas via minskade pulser av luteiniserande hormon (Morris et al., 2011) samt att halta kor uttrycker brunst med lägre intensitet (Walker et al., 2010). Kor för vilka det inte fanns en registrerad klövverkning hade 2.2 gånger högre odds för att bli dräktiga på första insemination. Det är dock otroligt att utebliven klövverkning i sig medför bättre fruktsamhet. Eftersom registrering inte är obligatorisk är det möjligt att kor utan fynd vid klövverkning i större grad inte registreras vilket kan ha resulterat i det aktuella resultatet.

Kor som gick från låga till höga celltal vid två provmjölkningar efter kalvningen hade kraftigt reducerade odds för att bli dräktiga på första insemination. Ett möjligt orsakssamband kan vara att kor i besättningar med hög mastitförekomst i högre grad har svår negativ energibalans (Holtenius et al., 2004). Sammanfattningsvis kan åtgärder som är riktade mot bättre klövhälsa (tex regelbunden verkning och förbättrad golvhygien) samt åtgärder för minskat celltal och minskad mastitförekomst även påverka fruktsamheten positivt i besättningen.

Publikationer

- Lomander H, Frössling J, Ingvarsen K L, Gustafsson H, & Svensson C (2012). **Supplemental feeding with glycerol or propylene glycol of dairy cows in early lactation- Effects on metabolic status, body condition and milk yield.** *Journal of Dairy Science* (95), 2397 - 2408.
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S002203021200207X>
- Lomander H, Gustafsson H, Frössling J, Ingvarsen K L, Larsen T & Svensson C (2012). **Effect of supplemental feeding with glycerol or propylene glycol in early lactation on the fertility of Swedish dairy cows.** *Reproduction in Domestic Animals.*
<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1439-0531.2012.02004.x/abstract>
- Lomander H, Gustafsson H, Svensson C, Ingvarsen K L & Frössling J. (2012). **Test accuracy of metabolic indicators in predicting metabolic indicators.** *Journal of Dairy Science.* (95) 7086-7096
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030212007084>
- Lomander H, Svensson C, Hallén-Sandgren C, H. Gustafsson & Frössling J, **Associations between decreased fertility and management factors, claw health and somatic cell count in Swedish dairy cows.** (Manuscript)
- Lomander H (2012). **Energy status related to production and reproduction in dairy cows. Prevention of decreased fertility and detection of cows at risk.** Doktorsavhandling. Sveriges Lantbruksuniversitet. <http://pub.epsilon.slu.se/9048/>

Övrig resultatförmedling

- Lomander H, Gustafsson H, Svensson C, Ingvarsten K L, Frössling J. 2012. **Test accuracy at different cut-offs when plasma concentrations of metabolic indicators are used to detect decreased fertility in dairy cows.** Book of abstracts of the 13th International Symposium on Veterinary Epidemiology and Economics p193. 20-24 augusti, Maastricht, Nederländerna. *Konferensposter*
- Lomander H, Frössling J, Ingvarsten K L, Gustafsson H, Svensson C. 2011. **Supplemental feeding with glycerol or propylene glycol to dairy cows in early lactation in early lactation – Effects on metabolic status, milk yield and body condition.** Proceedings of the 7th International Congress on Farm Animal Endocrinology, 24 – 26 Augusti, Bern, Schweiz. *Muntlig presentation vid konferens.*
- Lomander H, Gustafsson H, Ingvarsten K L, Frössling J, Svensson C. 2011. **No effects of supplemental feeding with glycerol or propylene glycol in early lactation on the fertility of Swedish dairy cows – preliminary fields study results.** Proceedings of the 15th annual conference of the European Society for Domestic Animal Reproduction, 15 – 17 September, Antalya, Turkiet. *Konferensposter.*
- Lomander H. 2012. **Kan glukogena substanser i foderstaten rädda fruktsamheten?** Svensk Mjölks djurhälso- och utfodringskonferens (D&U), 21 – 22 augusti, Uppsala. *Konferensföredrag.*
- Lomander H. 2011. **Negativ energibalans och nedsatt fruktsamhet hos mjölkkor- har tillskottsutfodring med glycerol eller propylenglykol någon effekt?** *Muntlig presentation vid djurägarträff med Svenska Husdjur, Tällberg, September, 2011.*
- Lomander. H. 12 oktober 2012: *Muntlig presentation vid disputation i Skara.*

Referenser

- Butler, S. T., S. H. Pelton, and W. R. Butler. 2006. Energy balance, metabolic status, and the first postpartum ovarian follicle wave in cows administered propylene glycol. *J. Dairy Sci.* 89:2938-2951.
- Butler, W. R., R. W. Everett, and C. E. Coppock. 1981. The relationships between energy balance, milk production and ovulation in postpartum Holstein cows. *J. Anim. Sci.* 53(3):742-748.
- Chagas, L. M., J. J. Bass, D. Blache, C. R. Burke, J. K. Kay, D. R. Lindsay, M. C. Lucy, G. B. Martin, S. Meier, F. M. Rhodes, J. R. Roche, W. W. Thatcher, and R. Webb. 2007a. Invited Review: New Perspectives on the Roles of Nutrition and Metabolic Priorities in the Subfertility of High-Producing Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 90(9):4022-4032.
- Chagas, L. M., P. J. S. Gore, S. Meier, K. A. Macdonald, and G. A. Verkerk. 2007b. Effect of Monopropylene Glycol on Luteinizing Hormone, Metabolites, and Postpartum Anovulatory Intervals in Primiparous Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 90(3):1168-1175.
- Collard, B. L., P. J. Boettcher, J. C. M. Dekkers, D. Peticlerc, and L. R. Schaeffer. 2000. Relationships between energy balance and health traits of dairy cattle in early lactation *J. Dairy Sci.* 83:2683-2690.
- Dohoo, I. R., E. Tillard, H. Stryhn, and B. Faye. 2001. The use of multilevel models to evaluate sources of variation in reproductive performance in dairy cattle in Reunion Island. *Prev. Vet. Med.* 50:127-144.
- Donkin, S. and P. Doane. 2007. Glycerol as a feed ingredient for dairy cows. Tristate Nutrition Dairy Conference. Fort Wayen, Indiana,
- Drackley, J.K. 1999. Biology of dairy cows during the transition period: the final frontier? *J. Dairy Sci.* 82:2259-2273.
- Duffield, T.F., K.D. Lissemore, B.W. McBride, and K.E. Leslie. 2009. Impact of hyperketonemia in early lactation dairy cows on health and production. *J Dairy Sci.* 92:571-580.

Goff, J. P. and R. L. Horst. 2001. Oral glycerol as an aid in the treatment of ketosis/fatty liver complex. *J. Anim. Sci.* 79(1):153-153.

Grummer, R. R., D. G. Mashek, and A. Hayirli. 2004. Dry matter intake and energy balance in the transition period. *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.* 20(3):447-470.

Gröhn, Y. T. and P. J. Rajala-Schultz. 2000. Epidemiology of reproductive performance in dairy cows. *Anim. Reprod. Sci.* 60–61(0):605-614.

Hockett, M. E., R. A. Almeida, N. R. Rohrbach, S. P. Oliver, H. H. Dowlen, and F. N. Schrick. 2005. Effects of induced clinical mastitis during preovulation on endocrine and follicular function. *J. Dairy Sci.* 88(7):2422-2431.

Hoeben, D., Heyneman, R., and C. Burvenich. 1997. Elevated levels of beta-hydroxybutyric acid in periparturient cows and in vitro effect on respiratory burst activity of bovine neutrophils. *Vet. imm. and imm.pat.* 58: 165-170.

Hoedemaker M., D: Prange, H. Zerbe, J. Frank, A. Daxenberger och H.H.D. Meyer. 2004. Periparturient propylene glycol supplementation and metabolism, animal health, fertility, and production in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 87:2136-2145.

Holtenius, K., K. Persson Waller, B. Essén-Gustavsson, P. Holtenius, and C. Hallén Sandgren. 2004. Metabolic parameters and blood leukocyte profiles in cows from herds with high or low mastitis incidence. *Veterinary Journal* 168(1):65-73.

Hultgren, J., T. Manske, and C. Bergsten. 2004. Associations of sole ulcer at claw trimming with reproductive performance, udder health, milk yield, and culling in Swedish dairy cattle. *Prev. Vet. Med.* 62(4):233-251.

Ingvarsen, K. L., R. J. Dewhurst, and N. C. Friggens. 2003. On the relationship between lactational performance and health: is it yield or metabolic imbalance that cause production diseases in dairy cattle? A position paper. *Livestock Production Science* 83:277-308.

Johanson, R. 1954. The treatment of ketosis with glycerol and propylene glycol. *The Cornell Vet.* 44:6-21.

Kristensen, N.B. and B.M. L. Raun. 2007. Ruminal and intermediary metabolism of propylene glycol in lactating holstein cows. *J Dairy Sci.* 90:4707-4717.

Linke, P. L., J. M. DeFrain, A. R. Hippen, and P. W. Jardon. 2004. Ruminal and plasma responses in dairy cows to drenching or feeding glycerol. *J. Dairy Sci.* 87(suppl. 1):383.

Löf, E. 2012. Epidemiological studies of reproductive performance indicators in Swedish dairy cows. in Faculty of veterinary medicine and animal science. Vol. Doctoral Swedsh university of agricultural sciences, Uppsala.

Löf, E., H. Gustafsson, and U. Emanuelsson. 2007. Associations between herd characteristics and reproductive efficiency in dairy herds. *J. Dairy Sci.* 90:4897-4907.

McArt, J. A. A., D. V. Nydam, and G. R. Oetzel. 2012. A field trial on the effect of propylene glycol on displaced abomasum, removal from herd, and reproduction in fresh cows diagnosed with subclinical ketosis. *J. Dairy Sci.* 95(5):2505-2512.

Miyoshi, S., J. L. Pate, and D. L. Palmquist. 2001. Effects of propylene glycol drenching on energy balance, plasma glucose, plasma insulin, ovarian function and conception in dairy cows. *Anim. Reprod. Sci.* 68:29-43.

Moallem, U., M. Katz, A. Arieli, and H. Lehrer. 2007. Effects of Periparturient Propylene Glycol or Fats Differing in Fatty Acid Profiles on Feed Intake, Production, and Plasma Metabolites in Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 90(8):3846-3856.

Morris, M. J., K. Kaneko, S. L. Walker, D. N. Jones, J. E. Routly, R. F. Smith, and H. Dobson. 2011. Influence of lameness on follicular growth, ovulation, reproductive hormone concentrations and estrus behavior in dairy cows. *Theriogenology* 76(4):658-668.

Nielsen, N. I. and K. L. Ingvarsen. 2004. Propylene glycol for dairy cows. A review of the metabolism of propylene glycol and its effects on physiological parameters, feed intake, milk production and risk of ketosis. *Animal Feed Science and Technology* 115:191-213.

- Opsomer, G., Y. T. Gröhn, J. Hertl, M. Coryn, H. Deluyker, and A. d. Kruif. 2000. Risk factors for post partum ovarian dysfunction in high producing dairy cows in Belgium: A field study. *Theriogenology* 53:841-857.
- Osman, M. A., P. S. Allen, N. A. Mehyar, G. Bobe, J. F. Coetzee, K. J. Koehler, and D. C. Beitz. 2008. Acute metabolic responses of postpartal dairy cows to subcutaneous glucagon injections, oral glycerol or both. *J. Dairy Sci.* 91:3311-3322.
- Ospina, P. A., D. V. Nydam, T. Stokol, and T. R. Overton. 2010a. Associations of elevated nonesterified fatty acids and [beta]-hydroxybutyrate concentrations with early lactation reproductive performance and milk production in transition dairy cattle in the northeastern United States. *J. Dairy Sci.* 93(4):1596-1603.
- Ospina, P. A., D. V. Nydam, T. Stokol, and T. R. Overton. 2010b. Evaluation of nonesterified fatty acids and [beta]-hydroxybutyrate in transition dairy cattle in the northeastern United States: Critical thresholds for prediction of clinical diseases. *J. Dairy Sci.* 93(2):546-554.
- Overton, T. R. and M. R. Waldron. 2004. Nutritional Management of Transition Dairy Cows: Strategies to Optimize Metabolic Health. *J. Dairy Sci.* 87(13_suppl):E105-119.
- Petersson, K.-J., E. Strandberg, H. Gustafsson, and B. Berglund. 2006. Environmental effects on progesterone profile measures of dairy cow fertility. *Anim. Reprod. Sci.* 91:201-214.
- Philipsson, J. and B. Lindhé. 2003. Experiences of including reproduction and health traits in Scandinavian dairy cattle breeding programmes. *Livestock Production Science* 83(2-3):99-112.
- Rizos, D., D. A. Kenny, W. Griffin, K. M. Quinn, P. Duffy, F. J. Mulligan, J. F. Roche, M. P. Boland, and P. Lonergan. 2008. The effect of feeding propylene glycol to dairy cows during the early postpartum period on follicular dynamics and on metabolic parameters related to fertility. *Theriogenology* 69(6):688-699.
- Rodriguez-Martinez, H., J. Hultgren, R. Båge, A.-S. Bergqvist, C. Svensson, C. Bergsten, L. Lidfors, S. Gunnarsson, B. Algers, U. Emanuelsson, B. Berglund, G. Andersson, M. Håård, B. Lindhé, H. Stålhammar, and H. Gustafsson. 2008. Reproductive performance in high-yielding dairy cows: Can we sustain it under current practice? doi:R0108.1208.
- Spörndly, R. 2005. Fullfoder/Blandfoder. Får vi det att fungera i praktiken? in *Djurhälsa och utfodringskonferens 2005*. Svensk mjölk, Jönköping.
- Statens Joprbruksverk. 2012. Jordbruksstatistisk årsbok. Statens jordbruksverk, Jönköping. Nedladdningsbar på www.sjv.se.
- Suriyasathaporn, W., C. Heuer, E. N. Noordhuizen-Stassen, and Y. H. Schukken. 2000. Hyperketonemia and the impairment of udder defense: a review. *Veterinary Research* 31(4):397-412.
- Svensk Mjöljk. 2012. *Husdjursstatistik*. Svensk Mjöljk, Stockholm.
- Walker, S. L., R. F. Smith, D. N. Jones, J. E. Routly, M. J. Morris, and H. Dobson. 2010. The effect of a chronic stressor, lameness, on detailed sexual behaviour and hormonal profiles in milk and plasma of dairy cattle. *Reprod. Domest. Anim.* 45(1):109-117.
- Vanholder, T., J. Leroy, A. Van Soom, G. Opsomer, D. Maes, M. Coryn, and A. de Kruif. 2005. Effect of non-esterified fatty acids on bovine granulosa cell steroidogenesis and proliferation in vitro. *Anim. Reprod. Sci.* 87(1-2):33-44.