



Sveriges lantbruksuniversitet  
**Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap**

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

# **IgG-koncentrationen i plasma hos spädkalvar i förhållande till kvaliteten hos den första råmjölken och kalvarnas hälsa och tillväxt**

**Therese Östlund**

---

**Examensarbete** / SLU, Institutionen för husdjurens utfodring och vård, **408**

Uppsala 2013

**Degree project** / Swedish University of Agricultural Sciences,  
Department of Animal Nutrition and Management, **408**

Examensarbete, 30 hp

Masterarbete

Husdjursvetenskap

Degree project, 30 hp

Master 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

# IgG-koncentrationen i plasma hos spädkalvar i förhållande till kvaliteten hos den första råmjölken och kalvarnas hälsa och tillväxt

IgG concentration in plasma of neonatal calves in relation to the quality of the first colostrum and the calves' performance

**Therese Östlund**

**Handledare:** Ingemar Olsson och Lisa Andrée  
Supervisor:  
**Bitr. handledare:**  
Assistant supervisor:  
**Examinator:** Kjell Holtenius  
Examiner:  
**Omfattning:** 30 hp  
Extent:  
**Kurstitel:** Examensarbete i husdjursvetenskap  
Course title:  
**Kurskod:** EX0552  
Course code:  
**Program:** Agronomprogrammet - Husdjur  
Programme:  
**Nivå:** Avancerad A2E  
Level:  
**Utgivningsort:** Uppsala  
Place of publication:  
**Utgivningsår:** 2013  
Year of publication:  
**Serienamn, delnr:** Examensarbete / Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för husdjurens utfodring och vård, 408  
Series name, part No:  
**On-line publicering:** <http://epsilon.slu.se>  
On-line published:  
**Nyckelord:** Kalvar, råmjölk, immunglobuliner, densitet, kolostrometer, kalvhälsa, tillväxt  
Key words:



## Innehållsförteckning

<b>Sammanfattning .....</b>	<b>5</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>6</b>
<b>Inledning .....</b>	<b>7</b>
<b>Litteraturstudie .....</b>	<b>8</b>
Råmjölk.....	8
Immunglobuliner .....	9
Kolostrometer.....	9
Födelsevikter .....	10
Kalvhälsa och sjukdom.....	10
Immunglobulinernas betydelse för kalvhälsa och tillväxt .....	10
IgG i råmjölk .....	11
Kalvens upptag av IgG .....	13
IgG i kalvplasma.....	14
<b>Material och metoder .....</b>	<b>18</b>
Kalvar.....	18
Kor .....	19
Laboratorieanalyser .....	20
Statistisk bearbetning av data.....	20
<b>Resultat .....</b>	<b>21</b>
Råmjölk.....	21
Födelsevikt .....	23
IgG i plasma .....	23
Tillväxt.....	27
Kalvhälsa.....	28
<b>Diskussion .....</b>	<b>30</b>
Råmjölk.....	30
IgG i plasma .....	31
Hälsa och tillväxt.....	33
<b>Slutsats .....</b>	<b>34</b>
<b>Referenser .....</b>	<b>35</b>



## Sammanfattning

Det sker ingen överföring av immunglobuliner från modern till fostret via placentan hos nötkreatur, istället tillförs immunglobulinerna till kalven genom höga koncentrationer i de första dagarnas råmjölk. För att uppnå en god immunisering är det viktigt att kalven så snart som möjligt efter födseln utfodras med råmjölk av hög kvalitet. De tre faktorer som anses ha störst påverkan på kalvens immunisering är koncentrationen av IgG i råmjölken, mängden konsumerad råmjölk och tidpunkten för första råmjölksgivan. Det finns även indikationer på att det finns skillnader mellan olika raser vad gäller kvaliteten på råmjölken och kalvens upptag av IgG. Den allmänna uppfattningen är att IgG-koncentrationen i plasma påverkar kalvens hälsa och tillväxt genom att kalvar med låga IgG-koncentrationer oftare drabbas av sjukdomar vilket indirekt kan leda till sämre tillväxt. I denna studie ingick både SRB-djur och SH-djur, vilket gav möjlighet att undersöka eventuella rasskillnader. Råmjölkens sammansättning och densitet samt IgG-koncentrationen i kalvarnas blodplasma analyserades. Även andra faktorer såsom tidpunkt för första råmjölksgiva, mängd konsumerad råmjölk och tillväxt registrerades. Det fanns inga samband mellan IgG-koncentrationen i första råmjölksgivan och koncentrationen av IgG i kalvens plasma, inte heller resulterade en tidigt utfodrad första råmjölksgiva i en hög IgG-koncentration. Inga signifikanta rasskillnader fanns mellan SRB och SH, varken för råmjölkskvalitet eller för koncentration av IgG i plasma. Inte heller fanns några uppenbara samband mellan IgG-koncentrationen i plasma och kalvhälsan, oavsett IgG-koncentration var förekomsten av diarré jämförbar bland kalvarna. Vad gäller IgG-koncentrationens påverkan på tillväxten fanns en effekt under den första levnadsmånaden. I denna undersökning ingick dock ett relativt litet antal kalvar och för mer tillförlitliga resultat hade det varit önskvärt med ett större antal djur.

## **Abstract**

In cattle there is no transmission of immunoglobulins from the mother to the fetus through the placenta. Instead there is a high concentration of immunoglobulins, especially IgG, in the colostrum. To achieve a high immunization, it is important that the newborn calf is supplied with high quality colostrum as soon as possible after birth. The concentration of IgG in colostrum, the amount of colostrum fed and the time for first feeding are the three factors that are considered to have the greatest impact on the concentration of IgG in the calf. There are indications of differences between breeds in the quality of the cow's colostrum and in the calf's efficiency of absorption. The concentration of IgG is assumed to have a large influence on calf performance and health, and calves with low IgG-concentrations are considered to be more susceptible for disease and illness, which is believed to have a negative impact on performance. Cows and calves of both Swedish Red (SRB) and Swedish Holstein (SH) breed were used in this study, which gave the opportunity to investigate breed differences. The composition and density of the colostrum and the concentration of IgG in calf plasma was analyzed. Also other factors like time between birth and first feeding, the amount of colostrum consumed and weight gain were recorded. There was no impact of consumed amount of IgG or the calf's age at the time for first feeding on the concentration of IgG in calf plasma. No differences were found in colostrum quality and concentration of IgG in plasma between breeds. Regardless of IgG-concentration, the incidence of diarrhea the first four weeks was equal for all calves. There was an impact of plasma IgG-concentration on weight gain the first four weeks, where calves with low IgG-concentrations had a lower weight gain. However, the number of animals in this study was few and data from a larger number of animals would be required to achieve more reliable conclusions.



## Inledning

Hos nötkreatur överförs inga immunglobuliner (Ig) från modern till fostret via placentan (Kruse, 1970a; Baumrucker *et al.*, 2010). Kalvens eget immunsystem är ännu inte utvecklat vid födseln och det finns endast mycket små mängder immunglobuliner i dess cirkulation (Nocek *et al.*, 1984; Morin *et al.*, 1997). Detta innebär att den nyfödda kalven i princip saknar ett skyddande immunförsvar mot de sjukdomar den kommer bli utsatt för (Nocek *et al.*, 1984; Michanek *et al.*, 1990). Alla immunglobuliner tillförs istället genom höga koncentrationer i de första dagarnas råmjölk och överföringen av antikroppar resulterar i en passiv immunisering av kalven (Michanek *et al.*, 1990; Calloway *et al.*, 2002). Den allmänna uppfattningen är att utfodring med råmjölk är en viktig faktor för optimal kalvuppfödning och att en misslyckad råmjölksutfodring resulterar i avsaknad av immunglobuliner, vilket ökar risken för kalvsjukdom och kalvdödlighet (Robison *et al.*, 1988; Michanek *et al.*, 1989a).

Det finns olika klasser av immunglobuliner, vilka skiljer sig åt i förekomst och betydelse och det immunoglobulin som förekommer mest hos nötkreaturen är IgG (Butler, 1969). De viktigaste faktorerna som påverkar överföringen av IgG till kalven är koncentrationen av IgG i den första råmjölken, mängden utfodrad råmjölk samt tidpunkten för första råmjölksivan i relation till tidpunkten för födseln (Stott & Fella, 1983; Michanek *et al.*, 1989a). För att uppnå en tillfredsställande immunisering är det därför viktigt att så snart som möjligt efter födseln förse kalven med råmjölk av god kvalitet innehållande en hög koncentration av IgG (Nocek *et al.*, 1984; McGuirk & Collins, 2004).

Detta examensarbete syftar till att studera sambandet mellan tidpunkt för och innehåll av IgG i första råmjölksivan med koncentrationen av IgG i spädkalvens blodplasma. Ytterligare parametrar som studeras är IgG-koncentrationens och råmjölkens inverkan på kalvens tillväxt och hälsa. Även skillnader mellan Svensk röd boskap (SRB) och Svensk Holstein (SH) studeras, både vad gäller kons produktion av IgG i råmjölken och kalvens förmåga till upptag av IgG.

Arbetet omfattar 30 hp på avancerad masternivå inom ämnet husdjursvetenskap och studien utfördes dels som en praktisk del som omfattade blodprovstagning, insamlande av data och information om de i försöket ingående kalvarna och deras mödrar samt bearbetning av resultat, dels en teoretisk del som omfattade en litteraturstudie där tidigare forskning jämfördes med resultaten från detta försök. Examensarbetet ingår som en del i ett större forskningsprojekt där effekten av en förlängd råmjölksutfodring utvärderas.

Examensarbetets första hypotes är att en hög IgG-koncentration i första råmjölksivan resulterar i en hög koncentration av IgG i kalvens blodplasma samt att tidpunkten för första givan har stor påverkan på IgG-koncentrationen. En tidig utfodring av första råmjölksivan förväntas ge en högre koncentration av IgG i kalvens blodplasma.

Arbetets andra hypotes är att det finns rasskillnader mellan SRB och Svensk Holstein när det gäller kons produktion av IgG i den första råmjölken samt kalvens upptag av IgG. Baserat på tidigare undersökningar förväntas SRB uppvisa lägre koncentration av IgG i både råmjölk och blodplasma än Svensk Holstein.

## Litteraturstudie

### Råmjölk

Bovin råmjölk består av en blandning av mjölksekret och serumkomponenter såsom immunglobuliner och andra serumproteiner, vilka lagras i juvret under sinperioden (Foley & Otterby, 1978; Roy, 1980). Det stora innehållet av immunglobuliner gör råmjölken mycket viktig för den nyfödda kalven (Quigley & Drewry, 1998). Råmjölken innehåller också högre koncentrationer av fett, protein, mineraler och vitaminer vilket gör den till en värdefull nutritionell källa för den nyfödda kalven under dess första levnadsperiod (Foley & Otterby, 1978; Quigley & Drewry, 1998). Råmjölkens sammansättning i olika undersökningar visas i tabell 1. Halten torrs substans, fett, totalprotein, Ig och IgG är högre i råmjölk än i vanlig mjölk och minskar successivt under de första mjölkningarna efter kalvning (Foley & Otterby, 1978; Oyeniyi & Hunter, 1978). Det höga proteininnehållet i råmjölken speglar dess höga innehåll av immunglobuliner (Roy, 1980). Laktoshalten är lägre i råmjölk än vanlig mjölk men ökar successivt under de första mjölkningarna (Foley & Otterby, 1978). Fett och laktos i råmjölken är viktiga energikällor för den nyfödda kalvens värmeproduktion och bibehållande av kroppstemperaturen (Quigley & Drewry, 1998; Morrill *et al.*, 2012). Energiinnehållet i råmjölk kan dock variera mycket mellan olika individer (Morrill *et al.*, 2012) och råmjölkens fetthalt varierar stort, både mellan raser och mellan kor inom ras (Foley & Otterby, 1978). Proteinerna i råmjölken används för proteinsyntes och är viktiga för utvecklingen av mag-tarmkanalen, upptag av näringsämnen samt tillväxt och uppbyggnad av vävnader (Roy, 1990; Quigley & Drewry, 1998). Vitaminer och mineraler i råmjölken är viktiga, de samverkar med enzymer och påverkar viktiga funktioner i kroppen (Morrill *et al.*, 2012).

Tabell 1. Sammansättning av råmjölk från första mjölkningen efter kalvning i tidigare undersökningar.

	Medelvärde	Min	Max
<b>Ts (%)</b>			
Foley & Otterby, 1978	23,9		
Kehoe <i>et al.</i> , 2007	27,6	18,3	43,3
Morrill <i>et al.</i> , 2012	22,6	1,7	33,1
<b>Fett (%)</b>			
Foley & Otterby, 1978	6,7		
Kehoe <i>et al.</i> , 2007	6,7	2,0	26,5
Morrill <i>et al.</i> , 2012	5,6	1,0	21,7
<b>Protein (%)</b>			
Foley & Otterby, 1978	14,0		
Kehoe <i>et al.</i> , 2007	14,9	7,1	22,6
Morrill <i>et al.</i> , 2012	12,7	2,6	20,5
<b>IgG (g/l)</b>			
Foley & Otterby, 1978	32,0		
Kehoe <i>et al.</i> , 2007	40,9	14,5	94,8
Morrill <i>et al.</i> , 2012	68,8	<1,8	200,2
<b>Laktos (%)</b>			
Foley & Otterby, 1978	2,7		
Kehoe <i>et al.</i> , 2007	2,5	1,2	5,2
Morrill <i>et al.</i> , 2012	2,9	1,2	4,6

## Immunglobuliner

Immunglobuliner är en grupp proteinmolekyler med antikroppsaktivitet vilka förekommer i blod och andra kroppsvätskor hos djur och människor (Butler, 1969). Det finns ett flertal olika klasser med immunglobuliner och klassificeringen baseras på antikroppsaktivitet och fysikaliskt-kemiska egenskaper. Hos nötkreatur finns fyra klasser med immunglobuliner; IgG, IgM, IgA och IgE (Butler, 1969; Larson *et al.*, 1980; Butler, 1983). IgG utgör minst 85-90 % av Ig i såväl blod som råmjölk (Kehoe *et al.*, 2007). IgM utgör ca 7 % av Ig i blodserum och råmjölk och IgA förekommer främst i kroppsvätskor som saliv, tårvätska och blod och utgör bara ca 5 % av Ig i råmjölk (Larson *et al.*, 1980). Några veckor före kalvning påbörjas överföringen av Ig-molekyler från kons blodcirkulation till råmjölken i juvret (Brandon *et al.*, 1971) och de sista tre dagarna innan kalvning är överföringen som störst (Sasaki *et al.*, 1976). Vid kalvning börjar mjölkkörtlarna övergå till att producera ”vanlig” mjölk och överföringen av Ig från cirkulationen avslutas (Baumrucker *et al.*, 2010).

### Immunglobulin G

Hos nötkreatur är IgG det huvudsakliga immunglobulinet i råmjölken (Brandon *et al.*, 1971; Larson *et al.*, 1980). IgG indelas i två subklasser; IgG<sub>1</sub> och IgG<sub>2</sub> och i blodet förekommer de två underklasserna i ungefär lika stora mängder (Larson *et al.*, 1980). I råmjölk förekommer IgG<sub>2</sub> endast i låga halter medan IgG<sub>1</sub> koncentreras i mycket högre grad och utgör så mycket som 80-90 % av IgG (Brandon *et al.*, 1971; Sasaki *et al.*, 1976; Larson *et al.*, 1980; Kehoe *et al.*, 2007). IgG- molekylerna transporteras selektivt i intakt form från blodcirkulationen till råmjölken och de olika IgG-subklasserna har specifika transportmekanismer (Brandon *et al.*, 1971). Överföringen av IgG<sub>1</sub> är störst de sista tre dagarna innan kalvning (Sasaki *et al.*, 1976) och transmissionen upphör under de två första dagarna efter kalvning (Delouis, 1978). Eftersom IgG utgör största andelen av Ig är det möjligt att genom analys av kalvens blod för IgG få en uppskattning om den passiva immuniseringen av kalven (Besser & Gay, 1985).

### Kolostrometer

Det finns ett linjärt samband mellan råmjölkens densitet och koncentrationen av Ig (Fleenor & Stott, 1980). Råmjölkens densitet har ett starkt samband med innehållet av torrs substans, vilken till stor del utgörs av protein och proteinet består till stor del av immunglobuliner (Bielmann *et al.*, 2010). Råmjölkens densitet har därför ett direkt samband med dess innehåll av immunglobuliner (Morin *et al.*, 2001; Bielmann *et al.*, 2010). Med en så kallad kolostrometer som mäter råmjölkens densitet kan Ig-koncentrationen i råmjölken uppskattas (Fleenor & Stott, 1980). Med en kolostrometer kan man snabbt och enkelt göra en direkt mätning på råmjölkens densitet och från denna uppskattning bestämma om råmjölken ifrågaska utfodras till kalven eller kasseras. Den första råmjölkens densitet mätt med kolostrometer har i olika studier rapporterats ha ett medelvärde på 1,056 g/l (Foley & Otterby, 1978) och 1,052 g/l (Morin *et al.*, 2001). Ingvarsson (1995) fann i sin studie på Kungsängen en spridning mellan 1,010 och 1,072 g/l med ett medelvärde på 1,042 g/l.

Användandet av en kolostrometer är inte en analytisk metod utan snarare en relativ uppskattning av råmjölkens kvalitet och kvantiteten av IgG (Fleenor & Stott, 1980). Studier har visat en godtagbar korrekthet vid användning av kolostrometer för att uppskatta koncentrationen av IgG i råmjölk (Liberg, 2000; Morin *et al.*, 2001). Både råmjölkens och omgivningens temperatur påverkar dock kolostrometers korrekthet (Mechor *et al.*, 1991) och i en studie av Mechor *et al.* (1992) fanns det en tendens till att kolostrometern överskattade råmjölkens Ig-koncentration. Det finns även vissa indikationer på att sambandet mellan råmjölkens densitet och koncentrationen av IgG skiljer sig åt hos olika raser, vilket kan

betyda att färgmarkeringarna på kolostrometern som anger gränser för godtagbar kvalitet inte ger en korrekt uppskattning av IgG-koncentrationen hos alla raser (Morin *et al.*, 2001).

## **Födelsevikter**

Kalvar födda av kor har normalt högre födelsevikt än kalvar födda av kvigor och tvillingar har vanligtvis lägre födelsevikt än enfödda kalvar (Philipsson, 1976; Vermorel *et al.*, 1989). Tjurkalvar har oftast högre födelsevikt än kvigkalvar (Philipsson, 1976; Hagnestam, 2003; Engstrand, 2005). Det verkar även finnas skillnader mellan kalvar av olika svenska mjölkraser. Liberg (2000) rapporterade att födelsevikten för svenska mjölkkraskalvar i medeltal var 40,8 kg, medelvikten för SRB-kalvar var 39,1 kg och 45,0 kg för SLB/SH-kalvar. Ingvarsson (1995) fann i sin studie av SRB-besättningen på Kungsängens försöksgård födelsevikter med ett medelvärde på 40,7 kg och en spridning mellan 28,5 och 54,5 kg. Registreringar av födelsevikter i samma besättning under 1990-talet omfattande ett stort antal kalvar visade en spridning i födelsevikt mellan 23 och 63 kg med ett medeltal på 40,6 kg, tjurkalvar vägde i medeltal 42,2 kg och kvigkalvar 38,8 kg (Engstrand, 2005). I en studie som omfattade ett stort antal svenska förstakalvande SLB/SH var kalvarnas födelsevikt i medelvärde 39,5 kg, för tjurkalvar 40,4 kg och för kvigkalvar 38,5 kg (Hagnestam, 2003).

## **Kalvhälsa och sjukdom**

Svenska mjölkkraskalvar har i allmänhet låg dödlighet, Olsson *et al.* (1993) redovisade 2,6 % och Svensson *et al.* (2003) rapporterade 3 %. Även sjukdomsfrekvensen hos svenska kalvar är relativt låg under perioden 0-90 dagar, Olsson *et al.* (1993) fann 11 % och i studier av Svensson *et al.* (2003) insjuknade 23 % av kalvarna. Den mest förekommande sjukdomen är enterit, 7,2 % av kalvarna insjuknade enligt Olsson *et al.* (1993) och 9,8 % enligt Svensson *et al.* (2003). Högst frekvens av diarré förekom under första och andra levnadsveckan i en studie av Svensson *et al.* (2003). Olsson *et al.* (1993) fann högst diarréförekomst under vecka två till fyra, vilket i den studien även var den period där totala sjukdomsförekomsten var som högst. Den näst vanligaste sjukdomen är lunginflammation, Olsson *et al.* (1993) redovisade 0,8 % och i studier av Svensson *et al.* (2003) drabbades 7 % av lunginflammation, de flesta av de drabbade kalvarna var äldre än fyra veckor.

## **Immunglobulinernas betydelse för kalvhälsa och tillväxt**

Överföringen av immunglobuliner från modern till den nyfödda kalven genom absorption av immunglobuliner från råmjölken, den passiva immuniseringen, är en viktig process som har stor påverkan på kalvens framtida hälsa (Foley & Otterby, 1978). Förutom det passiva skyddet förbereder moderns immunglobuliner kalvens eget immunsystem på vilka smittämnen den kommer att utsättas för från sin omgivning och ger därför också ett visst aktivt skydd (Michanek & Ventorp, 1989). Antikropparna i råmjölken har även en lokal skyddande effekt på epitelcellerna i tarmen, vilket är speciellt viktigt för kalvar som inte längre kan absorbera intakta immunglobuliner (Logan & Penhale, 1971; Foley & Otterby, 1978). Om det inte finns skyddande råmjölk i tarmen ges möjlighet för patogener att invadera tarmepitelet och absorberas istället för råmjölken (Stott *et al.*, 1979c; Michanek *et al.*, 1989a). Enligt Stott *et al.* (1979c) är det möjligt att orsaken till hög sjukdoms- och dödlighetsfrekvens hos kalvar med låga Ig-koncentrationer i blodet till större grad beror på att invaderande patogener absorberats innan första råmjölksgivningen utfodrats, än den faktiska avsaknaden av Ig hos dessa kalvar. En tidig råmjölksutfodring reducerar därför patogenernas kolonisering av tarmen (Stott *et al.*, 1979c; Michanek *et al.*, 1989a).

Kalvar som inte har tillräckliga nivåer av Ig i blodet drabbas oftare av sjukdom och dödlighet (Niemann-Sørensen *et al.*, 1966; Blom, 1982). En sjuk kalv kan inte använda näringsämnen enbart för tillväxt och utveckling utan en del av dessa måste användas för att bekämpa patogener och reparera skador orsakade av dessa (Robison *et al.*, 1988). Sjukdom medför således ofta reducerad tillväxt och utveckling av kalven och det är därför viktigt att undvika att kalvar drabbas av sjukdom. Kalvar som har en tillfredsställande Ig-koncentration i blodet är kapabla att inaktivera patogena invasioner tidigare än kalvar med låga Ig-koncentrationer och kommer därför fortsätta ha en normal tillväxt. Risken att insjukna i exempelvis enterit (Blom, 1982) eller respiratoriska sjukdomar (Davidson *et al.*, 1981) är högre för kalvar med låg Ig-koncentration och dessa insjuknar ofta i fler än en sjukdom (Blom, 1982). En svensk studie från 1970-talet visade att det bland de kalvar som avled på grund av allvarliga infektioner fanns en mycket högre frekvens av låga Ig-värden än bland de kalvar som var friska (Hurvell, 1970). Ingvarsson (1995) fann i sin studie utförd på Kungsängens försöksgård inget tydligt samband men en tendens till bättre hälsa vid högre gammaglobulinstatus. I motsats till detta finns ett flertal studier där inga samband hittats mellan koncentrationen av IgG i blodet och förekomsten av diarré (Lomba *et al.*, 1978; Norheim *et al.*, 1985; Todd & Whyte, 1995). Med stor sannolikhet är god kalvhälsa till stor del beroende av bra management och skötsel av kalvarna (Olsson *et al.*, 1993).

Det finns indikationer på att höga Ig-koncentrationer hos kalvar har ett indirekt samband med ökad daglig tillväxt efter avvänjning (Robison *et al.*, 1988). Detta eftersom kalvar med låga Ig-koncentrationer kan vara mer mottagliga för sjukdom vilket kan leda till sämre tillväxt (Wittum & Perino, 1995). Ingvarsson (1995) fann ett positivt samband mellan koncentrationen av gammaglobulin och tillväxt. Det har rapporterats att detta samband sträcker sig så långt som fram till 180 dagars ålder och koncentrationen av Ig i serum hade i en studie av Robison *et al.* (1988) signifikant påverkan på tillväxten. Detta gällde speciellt mellan 70 och 105 dagars ålder, vilket är en period som sammanfaller med avvänjning och ökad stress för kalvarna. De första 180 dagarnas tillväxt och utveckling har stor påverkan på kvigans kommande tillväxt, reproduktion och mjölkproduktion och enligt Robison *et al.* (1988) innebär detta att spädkalvens Ig-koncentration påverkar den framtida produktionen som mjölkko. En studie av Norheim *et al.* (1985) fann dock inga effekter av IgG-koncentrationen levnadsdag fem och levande vikt vid tre respektive sex månaders ålder och även i andra studier har det saknats samband mellan IgG-koncentration och tillväxt (Nocek *et al.*, 1984; Todd & Whyte, 1995).

## **IgG i råmjölk**

Tidigare ansågs råmjölk som innehöll mindre än 20 g IgG/l ha dålig kvalitet, 20 till 50 g IgG/l kategoriserades som bra kvalitet och över 50 g IgG/l betraktades som utmärkt kvalitet (Stott & Fellah, 1983; Shearer *et al.*, 1992). Numera rekommenderas en minimikoncentration av 50 g IgG/l för att minimera andelen kalvar med låga IgG-koncentrationer i blodet (Gay *et al.*, 1983). Andelen kor som producerar råmjölk med en IgG-koncentration över 50 g/l har i studier visat sig vara relativt låg och varierat mellan 6,7 % (Shearer *et al.*, 1992) och 42,2 % (Gulliksen *et al.*, 2008). En svensk undersökning visade att en fjärdedel av de ingående korna producerade råmjölk med mindre än 50 g IgG/l (Liberg, 2000).

### **Faktorer som påverkar råmjölkens IgG-koncentration**

#### **Kons ålder och paritet**

Kons ålder påverkar immunsystemet, en äldre ko har antagligen kommit i kontakt med ett större antal antigener än en yngre ko (Devery-Pocius & Larson, 1983). Eftersom varje nytt påträffat antigen stimulerar immunsystemet att producera antikroppar har äldre kor oftast en

högre koncentration av IgG i blodet medan yngre kor producerar en mindre mängd immunglobuliner (Donovan *et al.*, 1986, Gulliksen *et al.*, 2008). Detta har visats i åtskilliga studier som rapporterat om skillnader i IgG-koncentration i råmjölk mellan kor i olika laktationsnummer, där IgG-koncentrationen stigit med högre laktationsnummer (Donovan *et al.*, 1986; Pritchett *et al.*, 1991; Shearer *et al.*, 1992; Gulliksen *et al.*, 2008; Morrill *et al.*, 2012). Kor i sin första laktation har ofta lägre koncentration av Ig i råmjölken än kor i senare laktationer (Devery-Pocius & Larson, 1983; Donovan *et al.*, 1986; Shearer *et al.*, 1992). Flertalet studier har dock rapporterat om lägre IgG-koncentrationer hos kor i både första och andra laktationen jämfört med kor i tredje laktation och högre (Muller & Ellinger, 1981; Pritchett *et al.*, 1991; Liberg, 2000; Moore *et al.*, 2005).

### **Ras**

Det finns dokumenterade skillnader mellan olika mjölkkorasens IgG-koncentration i råmjölken (Kruse, 1970a; Morin *et al.*, 2001). Redan på 1970-talet rapporterade Kruse (1970a) att råmjölk från kor av rasen RDM, en ras besläktad med SRB, hade lägre innehåll av Ig än råmjölk från kor av rasen SDM, besläktad med Svensk Holstein. Ingvarsson (1995) fann att medelvärdet för IgG<sub>1</sub>-innehållet i råmjölk från SRB-kor på Kungsängens försöksgård var så lågt som 23,9 g/l, med en variation mellan 1,5 – 51,8 g/l. Tvärt emot detta rapporterade en norsk studie av Gulliksen *et al.* (2008) att medelvärdet för kor av rasen NRF, nära besläktad med SRB, var 51,7 g/l, vilket är högre än medelvärdet för Holstein som i studier varit 37 g/l (Mechor *et al.*, 1992) och 48,2 g/l (Pritchett *et al.*, 1991). Även i en studie av Muller & Ellinger (1981) var IgG-koncentrationen i råmjölken högre för kor av rasen Brown Swiss och Ayshire, besläktade med SRB, än för Holsteinkor. En svensk studie av Liberg (2000) visade dock ingen rasskillnad vad gällde råmjölkens kvalitet mellan SRB-kor och kor av Svensk Låglandboskap (SLB), föregångaren till SH.

### **Tid från kalvning till första mjölkning**

Vid kalvning finns maximal Ig-koncentration i råmjölken (Michanek & Ventorp, 1989) men omedelbart efter kalvningen sker en snabb successiv minskning av Ig (Kruse, 1970a; Foley & Otterby, 1978; Oyeniyi & Hunter, 1978). Minskningen sker även om kon inte mjölkas och Moore *et al.* (2005) fann att koncentrationen av IgG minskar om första urmjölkningen fördröjs efter kalvning, där en längre fördröjning resulterar i en större reduktion av IgG-koncentrationen. Enligt Kruse (1970a) kommer Ig-koncentrationen efter 16 timmar endast vara 60 % av koncentrationen vid kalvning och för varje mjölkning kommer Ig-halten att halveras om kon mjölkas två gånger per dygn enligt Michanek & Ventorp (1989). I en studie av Oyeniyi & Hunter (1978) återstod 12 timmar efter kalvning 78,3 % av den ursprungliga IgG-koncentrationen i råmjölken och vid 24 timmar återstod 47,5 %. Detta innebär att för att er hålla så hög koncentration som möjligt av Ig i råmjölken bör kon mjölkas så snart som möjligt efter kalvning (Butler, 1983) och det är lika viktigt att kalven får tidigt urmjölkad råmjölk som att utfodringen sker tidigt (Michanek & Ventorp, 1989).

### **Mängd producerad råmjölk**

Det finns indikationer på en negativ korrelation mellan mängden producerad råmjölk och koncentrationen av IgG som innebär att IgG-koncentrationen minskar när volymen råmjölk ökar (Pritchett *et al.*, 1991). Råmjölk från kor som producerade mindre än 8,5 kg råmjölk hade i en studie av Pritchett *et al.* (1991) signifikant högre IgG<sub>1</sub> koncentration än kor som producerade mer råmjölk. I dagens mjölkkoavel med genetisk selektion för hög mjölkproduktion resulterar det negativa sambandet mellan mjölmängd och Ig-halt i en ökning av förekomsten av högproducerande kor som producerar råmjölk med låg Ig-koncentration även vid den första mjölkningen (Morin *et al.*, 1997; Maunsell *et al.*, 1998).

### **Individuella skillnader**

Det är väl känt att det finns stora individuella skillnader mellan kor både vad gäller mängden råmjölk och Ig-koncentrationen i råmjölken, oavsett andra faktorer som exempelvis laktationsnummer och ras (Kruse, 1970a; Pritchett *et al.*, 1991; Liberg, 2000; Elfstrand *et al.*, 2002). Det är ännu okänt vad som ger upphov till de individuella variationerna (Maunsell *et al.*, 1998). Bush *et al.* (1971) fann att Ig-koncentrationen varierade mellan 1,7 % till 8,7 % mellan individuella kor. Andra studier som rapporterat stora variationer mellan kor i råmjölkens IgG-koncentration är exempelvis Besser & Gay (1985) som fann en variation mellan 35-151 g IgG/l, Morin *et al.* (2001): 30- 96 g/l, Morin *et al.* (2010): 9-121 g/l, och Morrill *et al.* (2012): 1-200,2 g/l. Liberg (2002) fann variationer mellan 4 och 74 g IgG/l råmjölk hos svenska mjölkkor och i en studie av Gulliksen *et al.* (2008) varierade IgG-koncentrationen i råmjölken hos norska kor mellan 4 och 235 g/l. De individuella skillnaderna förefaller följa kon under hela livet och kor som i första laktationen producerar liten mängd råmjölk och har låg Ig-koncentration i råmjölken kommer att fortsätta den trenden i kommande laktationer (Kruse, 1970a; Dardillat *et al.*, 1978; Norman & Hohenboken, 1981).

### **Andra faktorer som kan påverka IgG-koncentrationen i råmjölken**

Om kon läcker mjölk före kalvningen kan detta påverka råmjölken och leda till försämrad kvalitet (Roy, 1990; Ingvarsson, 1995; Liberg, 2000). Under sinperioden uppstår ofta mastit vilket kan påverka råmjölkskvaliteten (Butler *et al.*, 1972; Maunsell *et al.*, 1998). Vad gäller kons hälsa hade kalvningsförslamning, förlängd dräktighet, kvarbliven efterbörd, dystocia och mastit 15 dagar före kalvning till 2 dagar efter kalvning i en studie av Gulliksen *et al.* (2008) ingen påverkan på IgG-innehållet i råmjölken. Även andra faktorer såsom vaccination och sinperiodens längd kan påverka Ig-innehållet i råmjölken (Roy, 1990).

## **Kalvens upptag av IgG**

### **Absorption**

Under de första levnadsdagarna är spädkalvens tunntarm mycket permeabel och en icke-specifik absorption av stora molekyler såsom immunglobuliner kan ske (Butler, 1969; Larson *et al.*, 1980). Absorptionen av Ig från tarmens lumen till blodcirkulationen sker i två steg; 1) upptag av Ig i tarmens epitelceller genom pinocytos och 2) transport av molekylerna till cirkulationen (Stott *et al.*, 1979a). När epitelcellerna kommer i kontakt med den konsumerade råmjölken aktiveras pinocytos och ett snabbt upptag sker av tillgängliga makromolekyler (Stott *et al.*, 1979b). Absorptionen är optimal under de första fyra timmarna efter födseln och börjar snabbt avta vid ungefär 12 timmar (Stott *et al.*, 1979b; Bush & Staley, 1980; Matte *et al.*, 1982). Absorptionen av Ig är begränsad till kalvens första dygn, men de absorberade immunglobulinerna och den förvärvade immuniteten kvarstår hos kalven i mellan 14 och 67 dagar (Butler, 1969). Efter utfodring av råmjölk uppträder IgG inom en till tre timmar i kalvens serum (Stott *et al.*, 1979a; Stott *et al.*, 1979b). Den högsta koncentrationen av IgG i blodet, ”peak”, inträffar oftast mellan 12 och 24 timmar men har i studier varierat mellan 12 timmar (Bush *et al.*, 1971; Olson *et al.*, 1980), 24 timmar (Bush *et al.*, 1971; Husband *et al.*, 1972) och 32 timmar (Stott *et al.*, 1979a). Efter de 24 första levnadstimmarnas ökning av koncentrationen uppstår en plataeffekt där koncentrationen enligt Donovan *et al.* (1986) bibehålls på samma nivå från dag 1 till dag 8 medan Niemann-Sørensen *et al.* (1966) anger denna period till 1-4 dagar efter födseln. Michanek *et al.* (1989a) fann inga signifikanta skillnader i IgG-koncentration vid 16 timmar efter första råmjölksgivan jämfört med en vecka efter första råmjölksgivan.

Absorptionens hastighet och tidsperioden för absorptionen avgör koncentrationen av Ig i spädkalvens serum och hastigheten förefaller i sin tur påverkas av mängden råmjölk och kalvens ålder vid första givan (Stott *et al.*, 1979b). Den snabbaste absorptionen sker under de första fyra timmarna efter första utfodringen (Stott *et al.*, 1979b; Stott & Fellah, 1983). Det finns ett samband mellan koncentrationen av Ig i råmjölken och absorptionens hastighet där en högre koncentration av Ig resulterar i en snabbare absorption (Stott *et al.*, 1979b; Stott & Fellah (1983). När kalvar utfodras vid en tidig ålder är absorptionen beroende av Ig-koncentrationen i råmjölken och vid en konstant ålder och mängd råmjölk kan den absorberade mängden Ig uppskattas (Stott & Fellah, 1983). Vid en hög Ig-halt sker en mer effektiv absorption från en mindre volym än vid samma Ig-halt i en dubbelt så stor volym, vid låg Ig-halt är dock absorptionen likvärdig. Kalvens ålder påverkar marginellt absorptionens hastighet fram till 12 timmar efter kalvning, med ökande ålder sker dock en successiv minskning i absorptionens hastighet (Stott *et al.*, 1979b).

### **Closure**

Absorptionen av Ig minskar snabbt efter födseln till den tidpunkt då den pinocytiska aktiviteten upphör, vilket leder till att Ig-upptaget avbryts (Michanek *et al.*, 1989b). Detta kallas ”closure” och vid denna tidpunkt har tarmepitelcellernas permeabilitet och förmåga till absorption reducerats så mycket att upptaget av Ig genom tarmepitelet avslutas (Stott *et al.*, 1979b). När epitelcellerna åldras och mognar avtar successivt förmågan att absorbera makromolekyler. Med kalvens ökande ålder minskar antalet epitelceller med förmåga till pinocytisk aktivitet, absorption av råmjölk och överföring av råmjölkens beståndsdelar till cirkulationen. Det finns därför färre epitelceller att mätta med råmjölk för en maximal absorption.

De försök som studerat tidpunkten för closure har för IgG angett 26,4 timmar (Stott *et al.*, 1979a) och ungefär 36 timmar (Devery *et al.*, 1979). Några studier har visat att en viss absorption av IgG kan ske så sent som vid 48 timmars ålder (Bush *et al.*, 1971; Matte *et al.*, 1982). En studie av Stott *et al.* (1979a) visade att mer än 50 % av kalvarna som inte utfodrats med råmjölk förrän efter 24 timmar inte kunnat absorbera några immunglobuliner, medan alla kalvar som utfodrats före 12 timmars ålder uppvisade absorption av Ig. Om första råmjölksgivan fördröjs till senare än 12 timmar efter kalvning ökar risken att closure sker innan kalven fått möjlighet att absorbera immunglobuliner och det är därför viktigt att utfodra kalven med råmjölk så snart som möjligt efter födseln (Stott *et al.*, 1979c). Intag av råmjölk påskyndar aktiveringen av closure och kortar tidsperioden mellan födelse och closure, kalvar som utfodras direkt efter födseln har en tidigare closure än senare utfodrade kalvar (Stott *et al.*, 1979a; Stott *et al.*, 1979b). Ett försök utfört av Michanek *et al.* (1989a) indikerade att en tidig utfodring med råmjölk (före 8 timmar) endast påverkar processen för closure om en stor mängd Ig ges, men efter 8 timmar krävs endast en mindre mängd Ig för att initiera closure.

### **IgG i kalvplasma**

Rekommendationen är att IgG-koncentrationen i kalvens blodplasma 24 till 48 timmar efter födseln bör överstiga 10 g/l för att kalven ska ha ett tillfredställande skydd (Weaver *et al.*, 2000; Godden *et al.*, 2009). Kalvar som har en IgG-koncentration under 10 g/l brukar benämnas ha FPT, failure of passive transfer, och detta har visat sig vara relativt vanligt även i de nordiska länderna (Larsson, 1985; Norheim & Simensen, 1985; Liberg, 2000). För en god passiv immunisering bör IgG-koncentrationen ligga över 16 g IgG per ml (Liberg, 2000). Medelvärde för IgG-koncentrationen i kalvplasma vid 24 till 48 timmars ålder har i olika studier varierat mellan exempelvis 13,4 g/l (Michanek *et al.*, 1990) och 27,2 g/l (Foster *et al.*, 2006). För 4 dagars ålder anger Möllerberg *et al.* (1989) medelvärdet för gammaglobulin-



koncentrationen till 13,2 g/l. I en studie av Norheim *et al.* (1985) varierade IgG-nivån vid 5 dagars ålder mellan 0,8 och 24,8 g/l med ett medelvärde på 10,5 g/l. Genomsnittlig IgG-koncentration vid 3-7 dagars ålder var i en studie av Liberg (2000) 21 g/l och vid en veckas ålder ungefär 30 g/l enligt Michanek *et al.* (1989a). Mätning av Ig i blodplasma är enligt Michanek *et al.* (1990) korrekt för att värdera Ig-upptaget från den första råmjölksutfodringen men för följande givor kommer överföringen av Ig samverka med tidigare givor. De viktigaste faktorerna som påverkar den passiva immuniseringen är halten Ig i råmjölken, mängden råmjölk konsumerad samt kalvens ålder vid första råmjölksivan (Kruse, 1970b; Stott & Fellah, 1983; Shearer *et al.*, 1992).

### **Faktorer som påverkar halten IgG i kalvens blodplasma**

#### ***Konsumerad mängd IgG***

Den totala mängden Ig konsumerad under absorptionsperioden är den faktor som har störst påverkan på Ig- nivåerna i blodet (Bush & Staley, 1980). Den konsumerade mängden IgG är en funktion av råmjölks IgG-koncentration och den konsumerade mängden råmjölk (Morin *et al.*, 2001). Koncentrationen av IgG i kalvserum har ett positivt linjärt samband med koncentrationen av IgG i den utfodrade råmjölken, kalvar som utfodras med råmjölk innehållande höga IgG- koncentrationer har den närmsta tiden efter födseln högre IgG-koncentration i blodet än kalvar utfodrade med råmjölk som har låg IgG-koncentration (Stott & Fellah, 1983; Nocek *et al.*, 1984; Morin *et al.*, 1997; Liberg, 2000).

#### ***Tidpunkt för den första råmjölksivan***

Kalvens ålder vid första råmjölksivan är mycket viktig eftersom absorptionen är störst de allra första timmarna efter födseln (Kruse, 1970a). Fördröjd utfodring av råmjölken efter födseln resulterar i lägre Ig-koncentration i kalvens serum (Kruse, 1970b; Stott *et al.*, 1979c; Michanek & Ventorp, 1993; Simensen *et al.*, 2005). Kalvar som utfodras direkt efter födseln uppvisar den högsta koncentrationen av Ig i serum och för varje fördröjning minskar successivt absorptionen och Ig-halten i serum (Kruse, 1970b; Stott *et al.*, 1979c; Michanek & Ventorp, 1993). I en studie av Selman *et al.* (1971) var det stor skillnad i Ig-koncentrationen hos kalvar utfodrade före sex timmar och efter sex timmar. Tidpunkten för första råmjölksivan påverkar förekomsten av enterit och sjuklighet, i en studie av Olsson *et al.* (1993) ökade risken för sjukdom med 10 % för varje timmes fördröjning under de 12 första levnadstimmarna.

#### ***Ras***

Skillnader i IgG-koncentration har rapporterats mellan kalvar av olika raser, Kruse (1970b) fann att kalvar av rasen RDM hade en lägre absorption av Ig i jämförelse med kalvar av rasen SDM. En tidigare studie utförd under mitten av 1980-talet i SRB-besättningen på Kungsängens försöksgård fann låga gammaglobulinhalter i blodserum från tre till tio dagar gamla kalvar, koncentrationen varierade mellan 1,8 g/l och 31 g/l med ett medelvärde på 8,9 g/l (Ingvarsson, 1995). Nämnas bör dock att även Ig-halten i den utfodrade råmjölken var låg i denna studie.

#### ***Utfodringsmetod***

Enligt Selman *et al.* (1971) uppvisade kalvar som får dia sin moder högre Ig-koncentration än kalvar utfodrade med hink. Andra studier visar dock att kalvar som lämnats tillsammans med kon uppvisar stor variation i Ig- koncentration och kan ha lägre koncentrationer av Ig i blodet än kalvar som utfodrats manuellt (Logan *et al.*, 1981; Michanek *et al.*, 1989b; Todd & Whyte, 1995). Brignole & Stott (1980) fann att kalvar som lämnats att dia modern hade IgG - koncentrationer mellan 0 och 63 g/l vid 24 timmars ålder. De varierande värdena beror

antagligen på att flertalet kalvar på grund av juvrets form inte hittar till moderns spenar inom rimlig tid utan första intaget av råmjölk fördröjs (Roy, 1990; Ventorp & Michanek, 1992). Att låta kalven själv tillgodose sig sitt behov av råmjölk genom att dia modern behöver därför inte leda till en bra immunisering (Logan *et al.*, 1981). Enligt Michanek & Ventorp (1993) bör kalvar som själva inte lyckats dia inom 12 timmar manuellt utfodras med råmjölk för att uppnå tillräcklig koncentration av IgG i blodet.

En vanlig metod är att utfodra kalven i napphink eller nappflaska, en annan metod är att sondutfodra kalven. Om kalven sondutfodras kan man vara säker på att den utfodrats med hela givan, men en nackdel är att en del av råmjölken hamnar i förmagarna, till skillnad från om kalven får dia med napp, då mjölken via den s.k. mjölkrännan hamnar direkt i löpmagen och snabbt förs vidare till tunntarmen för absorption (Adams *et al.*, 1985; Godden *et al.*, 2009). Fördröjningen av råmjölken i förmagarna innan den når tarmen kan resultera i sämre absorption av IgG på grund av den minskade effektiviteten (Godden *et al.*, 2009). Sondutfodring av spädkalvar är ibland nödvändigt om kalven är svag eller inte vill dricka (Adams *et al.*, 1985) men i vissa besättningar sker sondutfodring rutinmässigt. När sondutfodring jämförts med utfodring i napphink eller flaska har det dock inte visats några stora skillnader i IgG-koncentration (Adams *et al.*, 1985), så länge inte mängden råmjölk som utfodrats varit så liten som 1,5 liter, då napputfodring enligt Godden *et al.* (2009) är att föredra för en bra immunisering. Den rekommenderade metoden för utfodring av råmjölk är att inom en bestämd tidsperiod, helst inom 6 timmar, låta kalven från nappflaska eller napphink dricka en bestämd volym, 3-4 liter råmjölk av bra kvalitet (McGuirk & Collins, 2004).

### ***Stallmiljö***

Kalvar kan i olika levnadsmiljöer löpa olika stor risk för sjukdom och dödlighet även om IgG-koncentrationen är likvärdig (Hancock, 1985). I besättningar med bra miljö och hygien behöver inte skillnader mellan olika kalvars IgG-koncentration ha någon betydelse, medan det i besättningar med mindre gynnsam miljö kan spela mycket stor roll (Michanek & Ventorp, 1993; Tyler *et al.*, 1996). Ett lågt IgG-värde leder inte nödvändigtvis till en ökad risk att drabbas av sjukdom om kalven lever i en god miljö, medan det i en sämre miljö kan krävas höga IgG-nivåer för att undgå sjukdom (Straub & Matthaus, 1978; Michanek & Ventorp, 1993; Tyler *et al.*, 1996). Detta indikerar att vissa miljöfaktorer i samverkan med en låg IgG-koncentration kan påverka risken för sjukdom och dödlighet (Hancock, 1985). I en sämre miljö har råmjölkens skyddande funktion av tarmen en mycket stor betydelse för kalvhälsan då de invaderande patogenerna reduceras (Michanek *et al.*, 1989b).

### ***Individuella skillnader***

Det finns stora variationer i IgG-koncentrationen mellan kalvar oberoende av andra faktorer (Kruse, 1970b; Liberg, 2000). Studier har rapporterat att IgG-koncentrationen i kalvplasma vid 24 till 48 timmars ålder kan uppvisa mycket stor variation mellan olika kalvar, exempelvis anger Paré *et al.* (1993) 0,02- 69,41 g/l och Holloway *et al.* (2002) 5,47- 66,80 g/l. Michanek *et al.* (1990) fann indikationer på att överföring och upptag av IgG skedde vid olika tidpunkter hos olika kalvar.

### ***Kalvens storlek och kön***

Kalvens födelsevikt kan påverka IgG-koncentrationen eftersom blodvolymen är större i en stor kalv än i en mindre kalv (Roy, 1990). Detta resulterar i en utspädningseffekt där en större kalv har lägre koncentration av IgG i blodet om lika stor volym råmjölk ges till båda. Eftersom tjurkalvar ofta har högre födelsevikt än kvigkalvar finns det även en effekt av kön,

där tjurkalvar uppnår lägre koncentration än kvigkalvar vid tillförsel av samma totala mängd IgG.

#### ***Andra faktorer som kan påverka IgG-koncentrationen***

Kalvens hälsotillstånd kan påverka upptaget av IgG, trots att intaget varit tillräckligt både vad gäller mängd och tidpunkt, bland annat om den utvecklar respiratorisk acidosis, som kan orsakas av utdragen eller svår förlossning eller om kalven är svag vid födseln (Besser *et al.*, 1990). En svår kalvning (dystocia) kan påverka koncentrationen av totalprotein och IgG i kalvens serum (Donovan *et al.*, 1986; Vermorel *et al.*, 1989). Detta motsägs dock i en studie av Stott & Reinhard (1978) där det inte påvisades några skillnader i Ig-absorption mellan kalvar födda vid en svår förlossning och kalvar som haft en normal födelse. Moderns utfodring kan påverka kalvens IgG-koncentration i blodplasma, enligt Burton *et al.* (1984) var Ig-upptaget lägre hos kalvar vars mödrar utfodrats med proteinreducerad foderstat trots att inte Ig-koncentrationen i råmjölken påverkats. Även säsong har i vissa studier visat sig påverka kalvens IgG-koncentration (Stott *et al.*, 1976; Hancock, 1985).

#### ***Totalprotein i blodplasma som ett mått på immunstatus***

Uppskattning av Ig i kalvens blod genom mätning av koncentrationen av totalprotein med hjälp av en refraktometer är en snabb och lätt utförbar metod (Michanek *et al.*, 1990; Calloway *et al.*, 2002). Eftersom Ig utgör en stor del av totalproteinet i plasma får man genom att mäta totalproteinet ett indirekt mått på koncentrationen av Ig i serum (Naylor & Kronfeld, 1977; Besser & Gay, 1985; Calloway *et al.*, 2002). Korrelationen mellan totalprotein och IgG i plasma är hög (Naylor & Kronfeld, 1977; Tyler *et al.*, 1996). Refraktometri kan dock inte användas på sjuka kalvar eftersom exempelvis uttorkning påverkar halten totalprotein i blodet (Naylor & Kronfeld, 1977). Friska kalvar med en totalproteinhalt över 60 g/l i plasma brukar kategoriseras ha tillräcklig passiv immunisering, medan kalvar som har lägre halt än 52 g/l, vilket motsvarar 10 g IgG/l, brukar kategoriseras ha ett otillfredsställande skydd (McGuire & Adams, 1982; Tyler *et al.*, 1996).

## **Material och metoder**

### **Kalvar**

I försöket ingick fyrtio kalvar födda mars till juni 2012 i mjölkobesättningen vid Nationellt forskningscentrum för lantbrukets djur, Uppsala-Lövsta. Av de fyrtio kalvarna var 27 stycken av rasen Svensk Holstein (SH), varav 18 tjurkalvar och 9 kvigor. Resterande 13 kalvar var av rasen Svensk Röd Boskap (SRB), varav 8 tjurkalvar och 5 kvigor. Alla kalvar hölls i ett och samma rum i kalvavdelningen, i rummet fanns sex ensamboxar samt tre gruppboxar med plats för maximalt tio kalvar i varje. En gruppbox i taget fylldes på allt eftersom nya kalvar tillkom, oberoende av ras och kön, till dess att gruppen innehöll tio kalvar och nästa box började fyllas. Kalvarna ingick i ett försök där 20 av kalvarna fick en del av mjölkersättningen utbytt mot råmjölk av det överskott som uppkommer sedan nyfödda kalvar fått råmjölk av hög kvalitet under de tre första dagarna ("råmjölksgruppen"). De resterande 20 kalvarna utgjorde kontrollgrupp. Varje gruppbox med kalvar bestod av antingen endast kontrollkalvar eller endast råmjölkskalvar.

### **Födelse och första råmjölksgiva**

Alla kalvar föddes i en enskild kalvningsbox där födelsedatum och tidpunkten för födseln registrerades. För kalvar födda efter klockan 21 på kvällen gjordes följande morgon klockan 5 en uppskattning av stallpersonalen av när under natten kalven fötts och den troliga tidpunkten noterades som födelsetidpunkt. Kon mjölkades vid första ordinarie mjölkningstillfället efter kalvningen. Prov togs på råmjölken där densiteten mättes med en kolostrometer, "KRUUSE Colostrum densimeter", (Kruuse, 2012) före utfodring till kalven. Råmjölkens rekommenderade temperatur vid mätningen var 22° C, enligt gällande rutiner på anläggningen. Råmjölkens densitet, kalvens konsumerade mängd råmjölk och tidpunkten för utfodring registrerades. Efter första råmjölksgivan vägdes kalven och vikten registrerades. Mjölksprov togs på den första råmjölksgivan i 40 ml burk innehållande två droppar Bromopol, provet förvarades i 4° C och frystes inom 4 dygn i -20°C för fortsatt förvaring fram till analys på laboratorium. Alla kalvar flyttades inom 24 timmar till ensambox i kalvavdelningen. Ensamboxen var rengjord, tvättad och strödd med halm och kalven hade fri tillgång till vatten.

### **Provtagning**

Beroende på veckodag för kalvens födelse fick den stanna kvar i ensambox till den fjärde, femte eller sjätte levnadsdagen, då den flyttades över till en gruppbox. Alla provtagningar gjordes, med några undantag, antingen på måndagar eller på torsdagar. I samband med flyttningen från ensamboxen togs blodprov från jugularvenen.

Vid blodprovstagning samlades blodet i 10 ml evakuerade blodrör "Vacutainer" med tillsats av 170 IU litiumheparin, förvarades på is och centrifugerades i 20 minuter i 3000 varv vid en temperatur av 4° C. Med hjälp av en refraktometer bestämdes halten totalprotein i blodplasman. Plasman pipetterades till 1,5 ml Eppendorfrör som förvarades i - 20 °C till tidpunkten för analys på laboratorium.

Vid en, två, tre och fyra veckors ålder togs blodprov samt träckprov och kalvens vikt registrerades. Vid sex veckors ålder registrerades kalvens vikt och vid den sista provtagningen vid åtta veckors ålder registrerades vikten och blodprov samt träckprov togs.

Vid de tillfällen när träckprov togs gjordes en okulär bedömning av träckens konsistens och resultatet registrerades. Bedömningen gjordes enligt följande; normal konsistens: 0, rinnig konsistens: 1, vattnig: 2 och vattnig innehållande blod: 3 (Silverlås *et al.*, 2010).

### **Utfodring**

De tre första levnadsdagarna utfodrades kalven med råmjölk från modern två gånger om dagen. Undantaget var en kalv vars mor var smittad av *Staphylococcus aureus*, den kalven utfodrades med råmjölk från en annan ko vars kalv ingick i försöket. Målsättningen i besättningen var att utfodra kalvarna med 3 liter råmjölk per mål, men volymen varierade. Vid utfodring värmdes råmjölken till ca 40° C enligt gällande rutiner på anläggningen. Från det sjunde målet till inflyttning i gruppbox utfodrades de tjugo kalvarna i kontrollgruppen med 2×3 liter mjölkersättning per dag ("Elitekalv Xtra", Kvarnbyfoder AB, Staffanstorps). Mjölkersättningen tillreddes med 140 gram pulver per liter 40° C- vatten. De tjugo kalvarna i råmjölkgruppen utfodrades under denna period med 2×1,5 liter mjölkersättning och 2×1,5 liter råmjölk per dag.

I gruppboxarna utfodrades mjölkersättningen med hjälp av en kalvamma som var gemensam för de tre boxarna som användes i försöket. Kalvarna hade fri tillgång på hö och i varje gruppbox fanns en kraftfoderautomat där varje kalv hade tillgång till maximalt 2,5 kg kalvkraftfoder per dygn ("Idol P", Lantmännen lantbruk, Malmö).

Efter flyttning till gruppbox på levnadsdag fyra, fem eller sex utfodrades kalvar i kontrollgruppen med 8 liter mjölkersättning den första dagen med stegvis upptrappning under fyra dagar till full giva, 10 liter mjölkersättning per dygn, som utfodrades tills kalven var sju veckor.

Kalvar i råmjölkgruppen utfodrades med 7 liter mjölkersättning den första dagen. Givan trappades upp till 8,2 liter per dygn fyra dagar senare. I tillägg till detta utfodrades dessa kalvar med 1,5 liter råmjölk en gång per dag i napphink. Vid fyra veckors ålder togs råmjölksgivan bort och mjölkersättningen ökades till 10 liter per dygn från följande dag, fram tills att kalven var sju veckor.

Vid sju veckors ålder reducerades givan med mjölkersättning för alla kalvarna, både kontrollkalvar och råmjölkskalvar, från 10 liter per dygn till 4 liter per dygn sju dagar senare. När kalvarna var åtta veckor togs mjölksgivan bort helt.

### **Hälsoregistreringar och sjukdomsbehandlingar**

Registreringar gjordes för varje enskild kalv för förekomst av diarré, lunginflammation och andra sjukdomar. Alla behandlingar av kalven noterades, både behandlingar utförda av stallpersonal och behandlingar utförda av veterinär.

### **Kor**

Mödrar till de 40 kalvarna var 38 kor, detta då två tvillingpar föddes under försöksperioden. Kons födelsedatum och paritet registrerades. Av de ingående korna var 13 stycken förstakalvar (34 %), 13 kor i andra laktation (34 %), 7 kor i tredje laktation (18 %), 1 ko i fjärde laktation (3 %), 1 ko i femte laktation (3 %) och 3 kor i sjätte laktation (8 %).

## Laboratorieanalyser

### *Råmjölksanalys*

Innehållet av fett, protein, laktos, torrs substans (ts) och kasein i den första råmjölks givan analyserades med Fourier Transform Infrared Instrument, Milkoscan FT 120, Foss, Danmark vid mjölklaboratoriet på Kungsängens försöksgård.

### *Analys av IgG i blodplasma*

Koncentrationen av IgG i blodplasma från det första blodprovet taget dag 4-6, analyserades med ett ELISA-test (Kamiya Biomedical Company, 2012), dubbelprover analyserades för alla kalvar.

## Statistisk bearbetning av data

De resultat som redovisas i studien är i huvudsak av deskriptiv natur och syftar till att visa hur halterna av IgG och totalprotein i plasma, hälsa och tillväxt påverkas av utfodringsrutiner för den första råmjölken. Sambanden mellan dessa faktorer och kalvarnas ras (SH resp. SRB) och kön (kviga resp. tjur), samt effekt av försöksbehandling ("råmjölkskalvar" resp. "kontrollkalvar"), kornas laktationsnummer och relevanta samspelseffekter har med hjälp av PROC GLM (SAS, 2012) testats i variansanalysmodeller av typen:

$$y = \text{ras} \text{ kön} \text{ laktationsnummer} \text{ ras} * \text{kö}n$$

Påverkan av en kvantitativ variabel, exempelvis första råmjölakens mängd och densitet, innehåll av IgG, tid mellan födelse och första giva på IgG-koncentrationen i plasma eller viktökning har testas med linjära regressionsmodeller av typen:

$$y = \text{variabel} \text{ ras} \text{ kön}$$

Icke signifikanta effekter har uteslutits ur modellerna. Effekten av försöksbehandling har inte varit signifikant i något fall och det har inte heller påvisats några signifikanta effekter av samspel. Eftersom samspelseffekter saknas redovisas de flesta uppgifter i tabeller som enkla medeltal med standardavvikelse och uppgift om högsta och lägsta värde. I de fall signifikanta effekter påvisats lämnas uppgift om detta i tillhörande text. För tillväxten upp till åtta veckors ålder för kalvar av olika ras eller grupper klassificerade efter IgG-koncentration i plasma redovisas least squares mean (LSM) i kombination med parvisa jämförelser mellan medeltalen.

## Resultat

Fyra tjurkalvar av SH-ras och deras mödrar uteslöts ur försöket och resultaten baseras därför på 36 kalvar. En kalv uteslöts på grund av att provtagning inte var möjlig vid det aktuella provtagningstillfället och blodprov därför saknades. Två kalvar uteslöts på grund av påfallande stor variation mellan dubbelprovens IgG-koncentration och en kalv uteslöts på grund av ett anmärkningsvärt högt IgG-värde, 116 g/liter. Två tvillingpar föddes under försöket, ett av SRB-ras och ett av SH-ras och en kalv utfodrades inte med råmjölk från sin mor, utan fick första råmjölksgivan från en annan ko vars kalv ingick i försöket. Antalet kor som ingår i resultaten är därför 33 stycken. Vid redovisningen av resultaten har ingen hänsyn tagits till att några av kalvarna utfodrads med råmjölk från samma ko och uppgifter från dessa tre kor förekommer därför två gånger exempelvis vid beräkning av medelvärden.

## Råmjölk

### Densitet

Första råmjölksgivans densitet mättes för 35 kalvar med hjälp av en kolostrometer, medan uppgift om råmjölkens densitet saknas för en kalv. Densiteten för alla kalvar med uppgift om första råmjölksgivans densitet anges i tabell 2 uppdelat rasvis och på moderns laktationsnummer. På grund av att antalet kor i tredje, fjärde, femte och sjätte laktation var litet sammanfördes dessa till en grupp. Det fanns inga signifikanta skillnader i densitet mellan raserna, men kor av SRB-ras uppvisade en mindre variation i densitet än SH-kor. Inte heller fanns någon signifikant effekt av kons laktationsnummer, men kor i första laktation hade lägre densitet än kor i andra laktation, som i sin tur hade lägre densitet än kor i tredje, fjärde, femte och sjätte laktation.

Tabell 2. Första råmjölksgivans densitet uppmätt med kolostrometer

Densitet (g/liter)	Medelvärde	Standardavvikelse	Min	Max
Alla (n=35)	1047	6,8	1028	1060
SH (n=22)	1046	8,0	1028	1060
SRB (n= 13)	1048	4,2	1040	1055
Första laktation (n=9)	1044	4,2	1037	1050
Andra laktation (n=13)	1046	7,8	1028	1055
Tredje laktation och högre (n=13)	1049	6,8	1037	1060

### IgG<sub>1</sub>-koncentrationen i råmjölk

Koncentrationen av IgG<sub>1</sub> i första råmjölksgivan beräknades utifrån densiteten med hjälp av formel från Ingvarsson (1995):

$$y = - 414,7 + 0,4209 x$$

Där y = koncentrationen av IgG<sub>1</sub> i råmjölk, g/liter och

x = råmjölkens densitet, g/liter.

Beräknad IgG<sub>1</sub>-koncentration i första råmjölksgivan för samtliga kalvar där det finns uppgift om densiteten samt rasvis kan ses i tabell 3. För en kalv saknas uppgift om råmjölkens densitet.

Tabell 3. Koncentrationen av IgG<sub>1</sub> i första råmjölksgivan beräknad från densiteten

IgG <sub>1</sub> (g/l)	Medelvärde	Standardavvikelse	Min	Max
Alla (n=35)	25,9	2,9	18	31
SH (n=22)	25,6	3,4	18	31
SRB (n=13)	26,5	1,8	23	29

### Råmjölkens sammansättning

Mjolkprover från första råmjölksgivan för 30 kalvar analyserades vid mjölklaboratoriet på Kungsängen. För sex kalvar saknades prover på råmjölken. Tabell 4 visar värden för ts, fett, protein, kasein, laktos. Eftersom tabell 4 baseras på färre prover än tabell 3 redovisas även beräknat innehåll av IgG<sub>1</sub> i råmjölk till kalvar där första råmjölksgivan analyserats. Det var mycket stor variation i råmjölkens innehåll av fett och protein mellan kor men det fanns inga signifikanta skillnader mellan raserna. Vid uteslutning av maxvärdet 267 g/kg för fettinnehåll i råmjölk till SRB-kalvar ändras medelvärdet för fett till 71 g/kg och nytt maxvärde blir 119 g/kg.

Tabell 4. Värden för samtliga analyserade råmjölksprover (n=30), råmjölksprover för kalvar av SH-ras (n=19) samt för SRB-kalvar (n=11)

(g/kg)		Medelvärde	Standardavvikelse	Min	Max
<b>Ts</b>	Alla	254	44,7	198	389
	SH	256	36,3	198	320
	SRB	250	58,3	199	389
<b>Fett</b>	Alla	83,4	50,3	31	267
	SH	81,3	40,0	31	168
	SRB	86,9	66,7	35	267
<b>Protein</b>	Alla	127	20,1	85	183
	SH	130	24,1	85	183
	SRB	122	9,1	108	138
<b>Kasein</b>	Alla	93,2	13,8	63	135
	SH	95,3	16,2	63	135
	SRB	89,6	7,2	79	102
<b>IgG<sub>1</sub></b>	Alla	25,7	3,0	18	32
	SH	25,3	3,5	18	32
	SRB	26,3	1,7	23	29
<b>Laktos</b>	Alla	30,6	3,3	20	37
	SH	30,7	3,9	20	37
	SRB	30,5	2,1	28	34

### Samband mellan densitet och protein i råmjölk

Det fanns ett signifikant ( $p=0,0054$ ) samband mellan densitet och det analyserade proteininnehållet i den första råmjölksgivan och sambandet skilde sig inte signifikant mellan raserna. Sambandet mellan densitet och proteininnehåll kan beskrivas med ekvationen

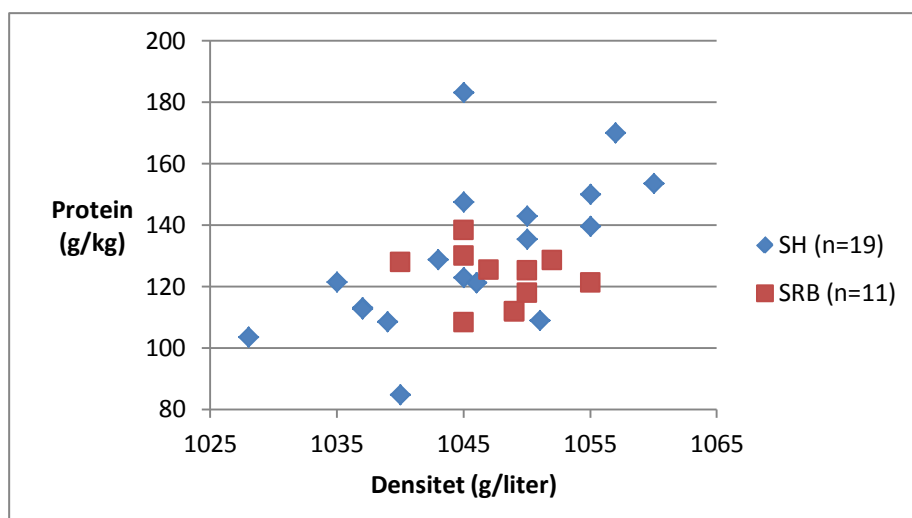
$$y = 1,411x - 1349 \text{ där}$$

$x$  = råmjölkens densitet, g/liter och

$y$  = det analyserade proteininnehållet i råmjölken, g/kg.

Determinationskoefficienten ( $R^2$ ) var 0,25. Sambandet mellan densiteten uppmätt med kolostrometer och proteininnehåll i första råmjölken för samtliga kalvar med uppgifter om råmjölkens sammansättning kan ses i figur 1. Som ses i figuren var variationen i både densitet och proteininnehåll mindre för SRB-kalvarnas mödrar än för kalvarna av SH-ras.





Figur 1. Sambandet mellan densitet och analyserat protein i första råmjölken (n=30).

## Födelsevikt

Efter första råmjölksgivan vägdes kalvarna och i tabell 5 anges födelsevikterna för samtliga 36 kalvar. I en variansanalysmodell som tog hänsyn till ras och kön var effekten av kön signifikant ( $p=0,052$ ), tjurkalvar hade högre födelsevikt än kvigkalvar, men det fanns inga skillnader mellan raserna och inga signifikanta samspelseffekter mellan ras och kön.

Tabell 5. Kalvarnas födelsevikter efter första råmjölksgivan

Vikt (kg)	Antal	Medelvärde	Standardavvikelse	Min	Max
Alla	36	44,0	4,8	32,0	51,0
Tjurar	22	45,2	4,2	38,0	51,0
Kvigor	14	42,1	5,1	32,0	49,5
SH	23	44,6	4,9	32,0	51,0
Tjurar	14	45,9	4,7	38,0	51,0
Kvigor	9	42,5	4,7	32,0	47,0
SRB	13	42,9	4,6	33,5	49,5
Tjurar	8	43,9	3,1	40,0	49,0
Kvigor	5	41,3	6,4	33,5	49,5

## IgG i plasma

### Totalprotein- och IgG-koncentration

Plasma från blodprov tagna under kalvens fjärde, femte eller sjätte levnadsdag analyserades för totalprotein och IgG-koncentration. Medelvärdet för tidpunkten för provtagning var 5,05 dagar. Genom refraktometri bestämdes totalprotein i blodplasma (tabell 6). SRB-kalvarna hade något lägre halter av totalprotein än SH-kalvar och färre SRB-kalvar hade en totalproteinhalt över 60 g/l och fler SRB-kalvar hade lägre halt än 52 g/l jämfört med SH-kalvar. Andelen kalvar med totalproteinhalt över 60 g/l i plasma var tolv stycken (33 %), åtta kalvar av SH-ras (35 %) och fyra SRB-kalvar (31 %). Andelen kalvar med totalproteinhalt under 52 g/l var sex stycken (17 %), varav tre var av SH-ras (13 %) och tre var SRB-kalvar (23 %). Det fanns inga signifikanta skillnader i totalproteinhalt mellan kön, men en tendens till högre halter hos kalvar av SH-ras ( $p=0,098$ ).

Koncentrationen av IgG i plasma analyserades genom ELISA-analys. Totalt nio av kalvarna (25 %) uppvisade IgG-koncentrationer lägre än 10 g/l, varav sex SH- kalvar (26 % av alla SH-kalvar) och tre SRB-kalvar (23 % av alla SRB-kalvar). Det fanns inga signifikanta skillnader mellan raserna för IgG-koncentration och inte heller några skillnader mellan kön. Totalproteinhalt och medelvärde för de båda dubbelproven för IgG-koncentrationen i plasma för alla 36 kalvar samt rasvis anges i tabell 6.

Tabell 6. Totalprotein i plasma uppmätt genom refraktometri samt IgG-koncentrationen i kalvplasma levnadsdag 4-6 analyserad genom ELISA-analys för alla kalvar (n=36) samt för SH-kalvar (n= 23) och SRB-kalvar (n=13)

	Medelvärde	Standardavvikelse	Min	Max
<b>Totalprotein (g/liter)</b>				
Alla	57,6	5,6	48	72
SH	58,8	5,8	51	72
SRB	55,6	4,9	48	62
<b>IgG (g/liter)</b>				
Alla	20,7	14,0	4	52
SH	19,1	13,7	4	52
SRB	23,7	14,5	6	52

### Samband mellan totalprotein och koncentration av IgG i plasma

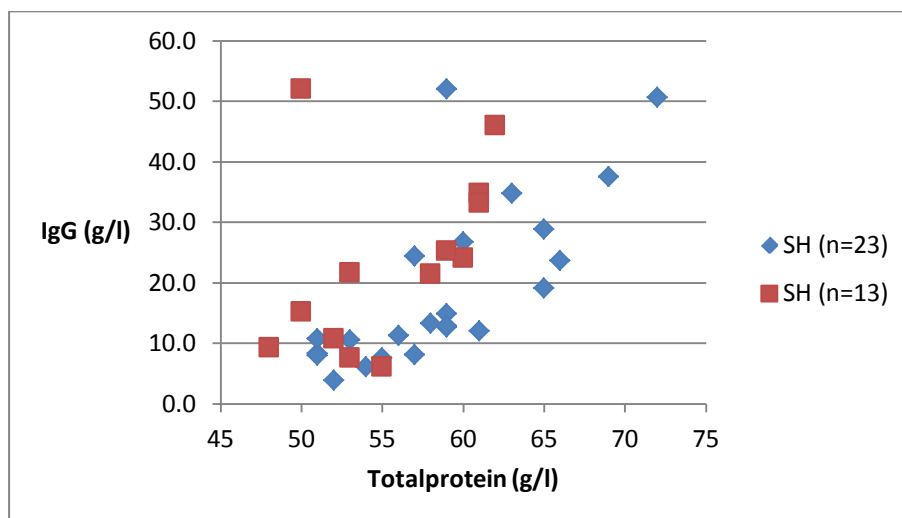
Sambandet mellan totalprotein och IgG-koncentration i plasma var signifikant ( $p = 0,0005$ ) och kan beskrivas med ekvationen

$$y = 1,367 x - 58,0, \text{ där}$$

x = totalprotein i plasma, g/l och

y = IgG-koncentrationen i plasma, g/l.

Determinationskoefficienten ( $R^2$ ) var 0,30. Sambandet mellan totalprotein och IgG-koncentrationen i plasma för samtliga 36 kalvar i försöket anges i figur 2. Om de två mycket avvikande kalvarna med IgG-koncentrationer över 50 g/liter och totalprotein under 6,0 g/dl utesluts kommer detta påverka sambandet relativt lite,  $y = 1,642 x - 76,0$ , signifikansen blir ( $p < 0,0001$ ) men determinationskoefficienten blir dubbelt så stor ( $R^2 = 0,59$ ).



Figur 2. Sambandet mellan koncentrationen av totalprotein och IgG i plasma (n=36).

### **IgG-koncentration i plasma per kg levande vikt**

För att eliminera eventuella skillnader i IgG-koncentrationen beroende på skillnader i storlek mellan kalvar av olika kön och ras beräknades IgG-koncentrationen i plasma också per kg levande vikt. Eftersom blodprov togs levnadsdag 4-6 beräknades vikten vid blodprovstagningen som medeltalet av födelsevikten och vikten vid en veckas ålder och detta medelvärde användes sedan vid beräkning av koncentrationen av IgG per kg levande vikt dag 4-6. Rasskillnader och skillnader mellan kön i medelvärde för IgG-koncentrationen per kg levande vikt kan ses i tabell 7. Det fanns inga signifikanta skillnader i IgG-koncentrationen i plasma per kg levande vikt varken mellan ras eller mellan kön, trots att SH-kalvarna redan före denna beräkning uppvisade lägre IgG-koncentrationer och något högre födelsevikter än SRB-kalvarna. SH-kalvarnas IgG-koncentrationer blev följaktligen ännu lägre när halten IgG beräknades per kg levande vikt. Samma sak gällde tjurkalvarna jämfört med kvigkalvarna.

*Tabell 7. Medelvärde IgG-koncentration (g) per kg levande vikt per ras och kön (n=36)*

	Antal	Medelvärde	Standardavvikelse	Min	Max
Alla	36	0,44	0,30	0,10	1,25
SH	23	0,40	0,27	0,10	1,07
SRB	13	0,52	0,33	0,13	1,25
Tjurar	22	0,40	0,24	0,10	1,00
Kvigor	14	0,51	0,37	0,13	1,25

### **Samband mellan råmjölkens densitet och IgG-koncentrationen i plasma**

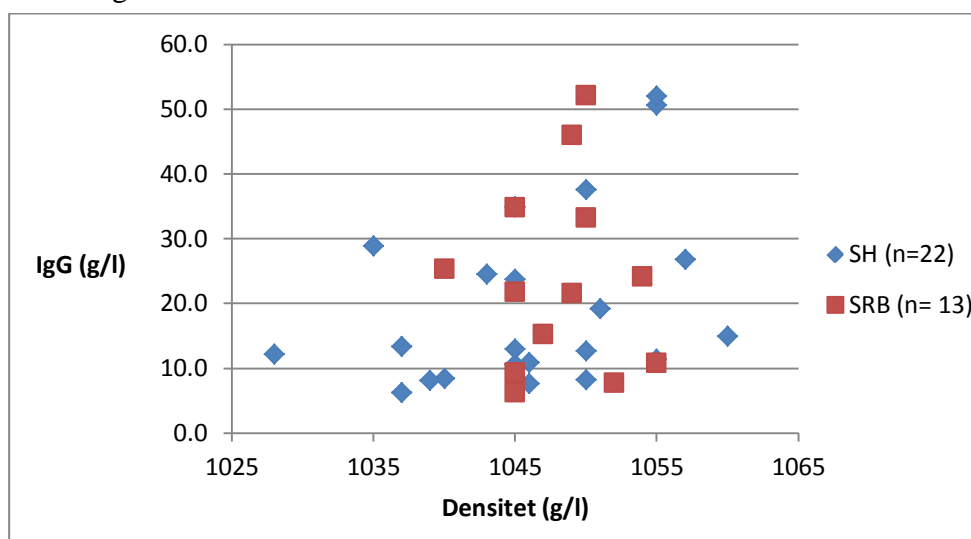
Det fanns inga signifikanta effekter av varken ras eller kön på sambandet mellan råmjölkens densitet och IgG-koncentrationen i plasma, men det fanns en tendens till samband ( $p = 0,097$ ), vilket kan beskrivas med ekvationen

$$y = 0,580 x - 586,4 \text{ där}$$

$x$  = råmjölkens densitet, g/l och

$y$  = IgG-koncentration i plasma, g/l.

Determinationskoefficienten ( $R^2$ ) var 0,081. Sambandet mellan råmjölkens densitet och IgG-koncentrationen i plasma för samtliga kalvar med uppgift om första råmjölksgivans densitet visas i figur 3.



*Figur 3. Sambandet mellan råmjölkens densitet och IgG-koncentration plasma (n=35).*

### **Samband mellan mängd utfodrad IgG<sub>1</sub> per kg levande vikt och IgG-koncentration per kg levande vikt**

För 29 kalvar fanns notering om mängden utfodrad råmjölk. Den minsta mjölkgiven var 0,5 liter, största givan var 4 liter och medelvärdet 2,3 liter. För två kalvar saknades notering om första givans volym och ytterligare fem kalvar tilläts dia modern vilket gjorde att även dessa saknade notering om första givans storlek.

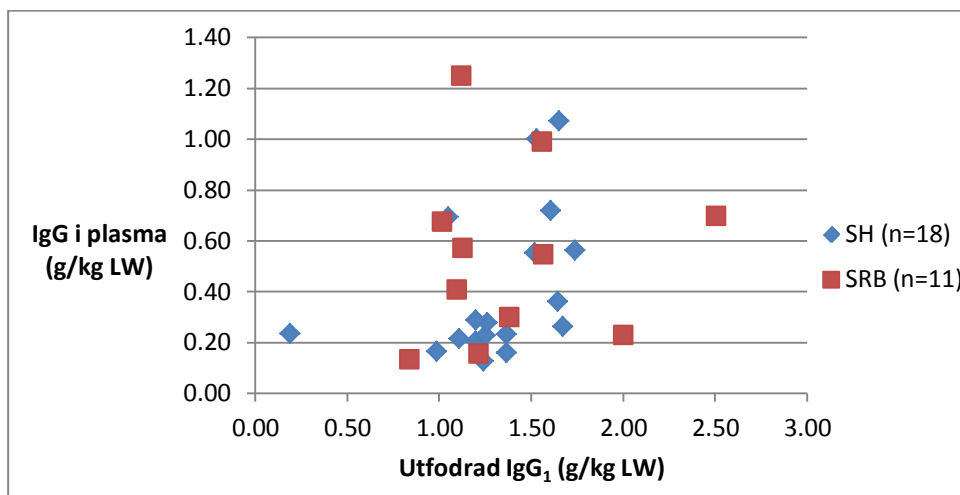
För att eliminera skillnader i storlek mellan kalvar beräknades med hjälp av mängden råmjölk i första givan och råmjölkens IgG<sub>1</sub>-koncentration den totala mängden utfodrad IgG<sub>1</sub>. Sambandet mellan den beräknade mängden utfodrad IgG<sub>1</sub> per kg levande vikt och IgG-koncentrationen i plasma per kg levande vikt för alla kalvar med uppgift om utfodrad mängd råmjölk i första givan visas i figur 4. Att sätta intaget av IgG och koncentrationen i plasma i relation till kalvarnas vikt ökade inte förklaringsgraden jämfört med figur 3 ( $R^2=0,08$ ) och inte heller här fanns några signifikanta effekter av varken ras eller kön.

Sambandet ( $p=0,15$ ) kan beskrivas med ekvationen:

$$y = 0,213 x + 0,172 \text{ där}$$

x = utfodrad mängd IgG<sub>1</sub> i råmjölken, g/kg LW och

y = IgG-koncentration i plasma, g/kg LW.



Figur 4. Sambandet mellan mängden utfodrad IgG<sub>1</sub>, g per kg levande vikt (LW) i första råmjölksgivan och IgG-koncentrationen i plasma, g per kg levande vikt (n= 29).

### **Kalvens ålder vid första råmjölksgivan**

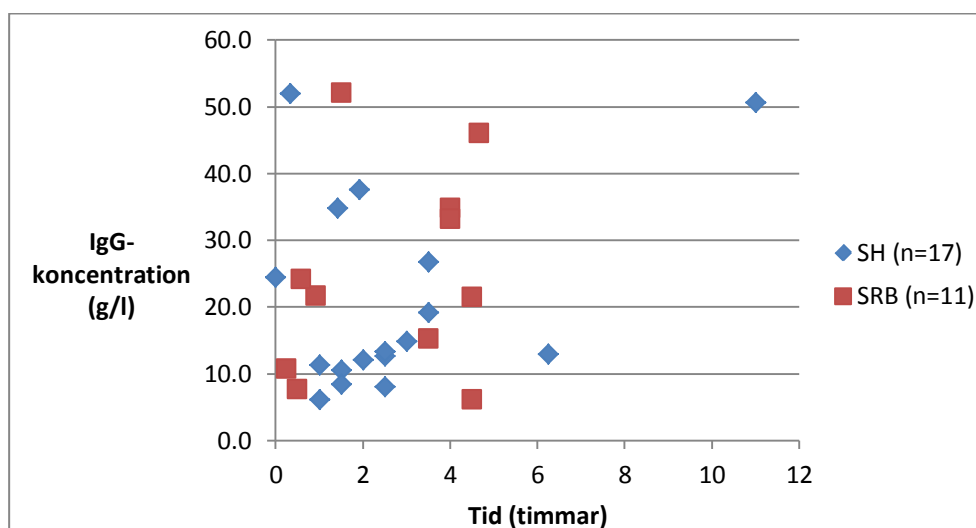
Det fanns notering om tidpunkten för första råmjölksgivan för 28 kalvar. Den varierade mellan 0 och 11 timmar efter födseln och medelvärdet var 2 timmar och 40 minuter efter födseln. För kalvar födda mellan klockan 21 och klockan 5 följande morgon gjordes klockan 5 en uppskattning om ungefärlig födelsetidpunkt, och denna uppgift har använts i beräkningarna. Kalvarna delades in i två grupper, antingen utfodrade före fyra timmars ålder eller utfodrade fyra timmar efter födseln och senare. Skillnaden i medelvärdet för IgG-koncentrationen i kalvplasma, medelvärdet för IgG per kg levande vikt och medelvärdet för totalprotein i plasma mellan kalvar utfodrade före fyra timmars ålder jämfört med kalvar utfodrade fyra timmar efter födseln och senare kan ses i tabell 8. Inga signifikanta skillnader fanns mellan grupperna beroende på utfodringstidpunkt, men för halten totalprotein i plasma fanns en tendens till skillnad mellan grupperna ( $p = 0,069$ ) där kalvar utfodrade efter 4 timmar hade högre halt av totalprotein.

Tabell 8. Medelvärde för IgG-koncentrationen i kalvplasma, IgG-koncentrationen i plasma per kg levande vikt och totalprotein för kalvar utfodrade före fyra timmars ålder jämfört med kalvar utfodrade fyra timmar efter födelsen och senare (n=28)

	Före 4 timmar (n=21)	4 timmar och senare (n=7)
IgG plasma (g/l)	20,2	29,3
IgG i plasma/kg levande vikt (g/l)	0,42	0,61
Totalprotein (g/l)	57	61

### Samband mellan tidpunkt för första råmjölksgivan och IgG-koncentration i plasma

Sambandet mellan kalvens ålder vid första råmjölksgivan och IgG-koncentrationen i plasma för kalvar med angiven tidpunkt för första råmjölksgivan ses i figur 5. Sambandet var inte signifikant och determinationskoefficienten ( $R^2$ ) var 0,076. Om den kalv som väntade 11 timmar på första råmjölken utslöts kunde inget av sambandet förklaras av tidpunkten ( $R^2 = 0,0001$ ).



Figur 5. Sambandet mellan tidpunkten för första råmjölksgivan och IgG-koncentrationen i plasma (n=28).

### Tillväxt

Kalvarnas tillväxt indelades i olika tidsperioder, de första fyra levnadsveckorna, vecka fem till åtta och hela perioden från födelse till och med åtta veckors ålder. Under de första veckorna fanns inga signifikanta skillnader i tillväxt mellan raserna, men under vecka fem till åtta fanns en signifikant skillnad i tillväxt ( $p = 0,025$ ) där tillväxten var lägre för kalvar av SH-ras. Även för hela perioden från födelse till åtta veckors ålder fanns en signifikant skillnad i tillväxt mellan raserna ( $p = 0,031$ ) där SRB-kalvar hade högre viktökning än SH-kalvar. Tabell 9 visar LSM för tillväxten i de olika perioderna uppdelat på ras. Det fanns ingen effekt av kön på tillväxten under någon av perioderna.

Tabell 9. Tillväxt (kg/dag) under perioderna 0-4 veckor, 5-8 veckor och 0-8 veckor för kalvar av SH- respektive SRB-ras, LSM ± standarderror (n=36)

(kg/dag)	SH (n=23)	SRB (n=13)
0-4 veckor	0,58 ± 0,02	0,57 ± 0,03
5-8 veckor	0,68 ± 0,02	0,77 ± 0,03
0-8 veckor	0,73 ± 0,02	0,79 ± 0,02

### Samband mellan IgG-koncentration i plasma och tillväxt

Det fanns en signifikant effekt av IgG-koncentrationen i plasma på tillväxten under de fyra första levnadsveckorna ( $p = 0,040$ ) där kalvar med högre IgG-koncentration hade högre daglig viktökning. Sambandet kan beskrivas med ekvationen

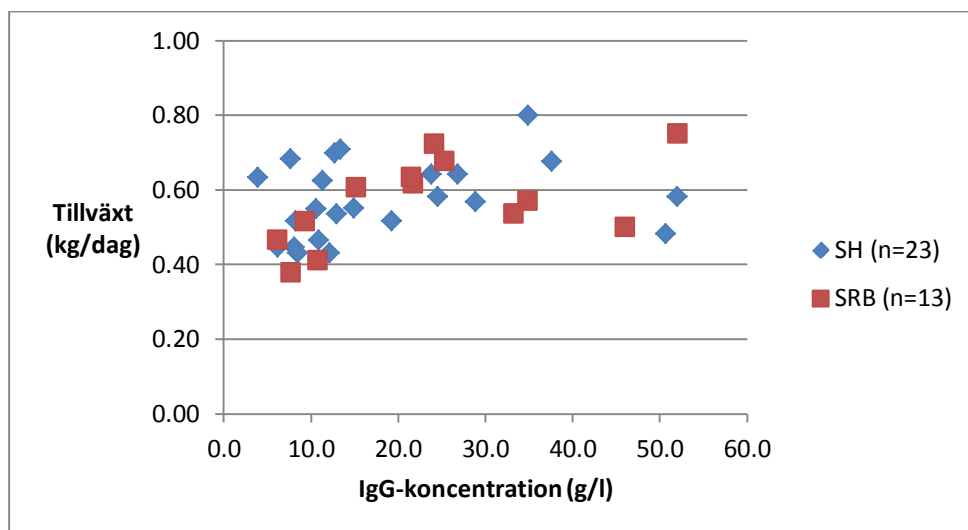
$$y = 0,0026 x + 0,5193 \text{ där}$$

$x$  = IgG-koncentration, g/l och

$y$  = tillväxt, kg/dag.

Determinationskoefficienten ( $R^2$ ) var 0,12.

Sambandet mellan IgG-koncentrationen i plasma och tillväxt under vecka 0-4 för alla 36 kalvarna visas i figur 6.



Figur 6. Sambandet mellan IgG-koncentrationen i plasma och tillväxten under vecka 0-4 (n=36).

### Kalvhälsa

För 25 kalvar fanns fullständiga observationer med en bedömning av träckkonsistens per vecka under de fyra första veckorna. Vid tillfällena med träckscoring 0 betraktades kalven som frisk. Vid tillfällena med träckscoring 1, 2 eller 3 betraktades kalven som sjuk. För enklare hantering av uppgifterna sammanfördes tillfällena med träckscoring 1, 2 och 3 till en grupp, träckscoring 1-3. Förekomsten av svår diarré (scoring 2 eller 3) var högst vid den första provtagningen när kalvarna var ca en vecka gamla.

### **IgG-koncentrationens påverkan på hälsa och tillväxt**

För att ställa IgG-koncentrationen i relation till hälsan gjordes en kategorisering baserad på IgG-koncentrationen i plasma hos de kalvar som hade fullständiga observationer för träckkonsistens vid provtagning under vecka 1-4. Kalvar med IgG-koncentration under 10 g/l fick utgöra en grupp, kalvar med IgG-koncentration mellan 10- 25 g/l sammanfördes till en grupp och den tredje gruppen bestod av kalvar med en IgG-koncentration över 25 g/l. Tabell 10 visar andel tillfällena med träckscoring 1-3 för de olika kalvkategorierna för kalvar där fullständiga träckobservationer finns under de fyra första veckorna. Oavsett IgG-koncentration kategoriserades ungefär 30 % av alla träckobservationer under den första levnadsmånaden som scoring 1-3 och det finns således ingen anledning att anta att IgG-koncentrationen i plasma har haft någon signifikant effekt på träckkonsistensen.

I tabell 10 visas även den dagliga tillväxten för de 25 kalvarna i de olika IgG-kategorierna uppdelat på perioderna 0-4 veckor, 5-8 veckor samt hela perioden från födelse till 8 veckor. För perioden 0-4 veckor fanns en nästan signifikant effekt av IgG-koncentration ( $p=0,066$ ) då kalvar med koncentrationer under 10 g IgG/l uppvisade lägre medeltillväxt under de fyra första levnadsveckorna än kalvar med koncentrationer över 10 g IgG/l. För övriga perioder fanns ingen signifikant skillnad mellan IgG-klasserna. När tillväxten testades för samtliga 36 kalvar indelade i samma IgG-klasser ökade signifikansen för de fyra första levnadsveckorna något ( $p=0,040$ ), men inga signifikanta skillnader i tillväxt fanns under de andra två perioderna. Kalvar som har låga IgG-koncentrationer i plasma, under 10 g/l, tenderar att under den första levnadsmånaden ha en lägre tillväxt än kalvar med högre IgG-koncentration, men därefter finns ingen påtaglig effekt av IgG-koncentrationen.

*Tabell 10. Sambandet mellan IgG-koncentration i plasma och träckscoring respektive IgG-koncentration och tillväxt redovisas för kalvar med fullständiga observationer av träckkonsistensen under vecka 1-4 ( $n=25$ ) med kalvarna indelade i grupper baserat på IgG-koncentrationen i plasma (LSM  $\pm$  standarderror, värden på samma rad med olika bokstäver är parvis signifikant skilda,  $p<0,05$ )*

	IgG-koncentration i plasma		
	< 10 g/l (n= 5)	10-25 g/l (n=12)	>25 g/l (n=8)
Andel tillfällena med träckscoring 1-3 under vecka 1-4 (%)	30	33	28
Medelvärde tillväxt (kg/dag)			
0-4 veckor	0,47 <sup>a</sup> $\pm$ 0,04	0,57 <sup>b</sup> $\pm$ 0,02	0,57 <sup>b</sup> $\pm$ 0,03
5-8 veckor	0,76 $\pm$ 0,05	0,69 $\pm$ 0,03	0,76 $\pm$ 0,04
0-8 veckor	0,71 $\pm$ 0,03	0,75 $\pm$ 0,02	0,77 $\pm$ 0,02

En veckovis uppdelning av de extra hälsoregistreringar som noterades av stallpersonalen visar att mellan insättning i gruppbox på levnadsdag 4-6 och 1 veckas ålder drabbades tre kalvar av diarré varav en fick veterinärbehandling. Mellan vecka 1 och 2 noterades sex kalvar för diarré och ytterligare en kalv hade hög feber och blev för detta behandlad av veterinär. Mellan vecka 2 och 3 hade en kalv diarré. Mellan vecka 3 och 4 fick en kalv med hög feber och hosta behandling av veterinär och en kalv drabbades av trumsjuka. Mellan vecka 4 och 6 noterades att en kalv hostade och en kalv blev veterinärbehandlad för andningssvårigheter. Mellan vecka 7 och 8 noterades en kalv ha hög feber och en kalv diarré. Tidsperioden med högst förekomst av sjukdomar inföll mellan vecka 1 och 2. De tre kalvar som veterinärbehandlades för hosta och andningssvårigheter hade IgG-koncentrationer i plasma vid ca 5 dagars ålder på 10,8, 6,2 respektive 37,6 g/l.

## Diskussion

### Råmjölk

Råmjölksdensiteten är i detta försök varierande (tabell 2), vilket även rapporterats i tidigare undersökningar (Foley & Otterby, 1978; Morin *et al.*, 2001). Spridningen i densitet hölls inom ett snävare intervall än i en tidigare undersökning i SRB-besättningen på Kungsängen (Ingvarsson, 1995). I den studien ingick dock ett större antal djur än i detta försök. Råmjölk från SRB-kor uppvisade en mindre variation i densitet än råmjölk från SH-kor och det är tänkbart att det finns en rasfaktor som påverkar variationen i densitet, som antytts av Morin *et al.* (2001), men ingen säkerställd sådan slutsats kunde dras i detta försök. Möjligen skulle det faktum att SRB-korna var färre till antalet än SH-korna kunna vara en bidragande orsak till skillnaderna i variation. En felaktig hantering vid användandet av kolostrometern kan ha resulterat i en oriktig densitet, exempelvis om råmjölken som hölls upp i mätröret inte var tillräckligt omrörd eller om råmjölken höll felaktig temperatur, något som i litteraturen framförts som möjliga felkällor vid användandet av en kolostrometer (Mechor *et al.*, 1991).

Råmjölkens innehåll av IgG<sub>1</sub> beräknades baserat på densiteten med hjälp av en formel från undersökningen av Ingvarsson (1995). Eftersom IgG<sub>1</sub> utgör 80-90 % av IgG (Brandon *et al.*, 1971; Sasaki *et al.*, 1976; Larson *et al.*, 1980; Kehoe *et al.*, 2007) borde en beräkning av IgG<sub>1</sub> på ett bra sätt spegla den totala koncentrationen av IgG i råmjölken. I litteraturen rekommenderas en minimikoncentration av 50 g IgG/liter (Gay *et al.*, 1983), vilket skulle vara likvärdigt med 40-45 g IgG<sub>1</sub>/l. Ingen råmjölk som utfodrats i det aktuella försöket nådde upp till denna nivå (tabell 3). Ingvarsson (1995) fann ett IgG<sub>1</sub>-medelvärde på 23,9 g/l och det aktuella försöket visade ett liknande medelvärde på 25,9 g IgG<sub>1</sub>/l. Genom att densiteten i detta försök uppvisade en mindre variation än i Ingvarsson (1995) erhöles följaktligen även en mindre spridning i IgG<sub>1</sub>-koncentration. Korrelationen mellan IgG<sub>1</sub>-koncentrationen och densiteten i den studien uppgavs vara 0,58, men en osäkerhetsfaktor angavs vara att analysmetoden krävde att vissa antaganden om proverna fett- och kaseininnehåll måste göras. Detta skulle kunna betyda att användandet av denna formel inte ger ett korrekt IgG<sub>1</sub>-värde, vilket möjligen kan förklara de låga koncentrationerna av IgG<sub>1</sub> i råmjölken i detta försök. Eftersom IgG<sub>1</sub>-koncentrationen i råmjölken var en beräknad siffra, direkt relaterad till densiteten, gjordes inga ytterligare undersökningar av exempelvis effekten av ras och laktationsnummer, något som i tidigare studier ansetts ha stor påverkan på IgG-koncentrationen (Kruse, 1970a; Muller & Ellinger, 1981; Donovan *et al.*, 1986; Gulliksen *et al.*, 2008; Pritchett *et al.*, 1991; Shearer *et al.*, 1992; Gulliksen *et al.*, 2008; Morrill *et al.*, 2012). Även andra faktorer såsom tiden från kalvning till mjölkning (Butler, 1983; Michanek & Ventorp, 1989) och mängden producerad råmjölk (Pritchett *et al.*, 1991) har betydelse för råmjölkens kvalitet men i detta försök var dock dessa faktorer okända.

Det fanns stora variationer i råmjölkens sammansättning, speciellt vad gäller innehållet av fett och protein, som redovisats i tabell 4. Variationer i råmjölkens sammansättning finns också dokumenterade i tidigare undersökningar (Foley & Otterby, 1978; Kehoe *et al.*, 2007; Morrill *et al.*, 2012). Även i studien av Ingvarsson (1995) fanns stora variationer, men i den studien användes dock inte samma analysmetoder för mjölkfett och mjölkprotein som i detta försök. Beroende på hur provtagningen gått till kan analysvärdena vara missvisande, exempelvis har omrörning av råmjölken innan provtagningen även här stor betydelse för en korrekt analys av råmjölkens sammansättning. Vid otillräcklig omrörning kommer det uttagna mjölkprovet troligtvis att innehålla en stor andel fett, eftersom råmjölk som fått stå ett tag gräddasätter sig. Det höga maxvärdet för SRB-korna (267 g/kg) kan tyda på att provtagningen inte skett korrekt. De stora variationerna i fetthinnehållet skulle även kunna bero på kons paritet och hur



väl kon mjölkats ur vid första mjölkningen, då fettfraktionen är den del av mjölken som mjölkas ur sist. Hos förstakalvare är ofta mjölmängden mindre än för äldre kor, vilket kan resultera i att yngre kor blir mer urmjölkade och att även sista fettfraktionen mjölkats ur. Eftersom ingen notering gjordes om mängden råmjölk försökskorna producerade kunde dock inte detta utredas vidare.

Precis som i litteraturen (Bielmann *et al.*, 2010), fanns i detta försök ett samband mellan råmjölkens densitet och det analyserade innehållet av protein, se figur 1. Även om SRB-korna producerade råmjölk med mindre variation både i densitet och proteininnehåll fanns det ingen effekt av ras på sambandet mellan densitet och protein. Det är möjligt att det mjölkprov som togs ut för analys av fett och protein inte kom från samma volym mjölk som densiteten uppmättes på, utan att dessa är tagna från två helt skilda mjölkvolymmer, vilket i så fall skulle göra det irrelevant att jämföra densiteten och proteininnehållet med varandra. Vid kontrollräkning av råmjölkens protein- och kaseinvärden finns stor överensstämmelse med den beräknade koncentrationen av IgG<sub>1</sub> från densiteten, vilket borde peka på att både densitetsvärde och råmjölksanalys är relativt tillförlitliga i detta försök.

## IgG i plasma

I försöket uppvisade 33 % av kalvarna en totalproteinhalt på 60 g/l eller mer, vilket kategoriseras som en tillräcklig passiv immunisering (McGuire & Adams, 1982, Tyler *et al.*, 1996). Kalvar med lägre halt än 52 g/l betraktas ha ett otillräckligt skydd och så stor andel som 17 % av kalvarna i försöket hade lägre halter än så. Även om ingen signifikant effekt av ras fanns sågs ändå vissa rasskillnader. SRB-kalvarna uppvisade generellt lägre halter av totalprotein än SH-kalvar, med lägre andel SRB-kalvar över 60 g/l och fler under 52 g/l. Om detta beror på individuella skillnader eller rasskillnader är oklart, dock var SBR-kalvarna mycket färre till antalet än SH-kalvarna. I denna studie mättes totalprotein även i blodplasma från kalvar som vid provtagningstillfället uppvisade sjukdomssymtom, exempelvis diarré. Eftersom sjukdom och uttorkning påverkar blodvolymen (Naylor & Kronfeld, 1977), kan detta ha inneburit att det för vissa plasmaprover uppmättes en felaktig totalproteinhalt. Hematokrit ingick inte i studien, men för vissa blodprover observerades en hög hematokrit i samband med provprepareringen. Det gjordes dock ingen registrering av dessa värden.

Det fanns stora skillnader i IgG-koncentration mellan kalvar (tabell 6), något som också förekommer i tidigare undersökningar (Paré *et al.*, 1993; Ingvarsson, 1995; Holloway *et al.*, 2002). En av de uteslutna försökskalvarna uppvisade anmärkningsvärt mycket högre IgG-koncentration (116 g/l) än i de tidigare undersökningarna och detta var orsaken till att denna kalv togs bort ur försöket. Enligt litteraturen betraktas kalvar som har lägre IgG-koncentration än 10 g/l ha FPT, failure of passive transfer (Weaver *et al.*, 2000; Godden *et al.*, 2009) och 25 % av kalvarna i försöket uppvisade lägre koncentrationer än detta. Trots att tidigare undersökningar visat skillnader mellan raser (Kruse, 1970b) och indikerat låga IgG-koncentrationer hos SRB (Ingvarsson, 1995) fanns i det nu redovisade försöket inga skillnader mellan SRB och SH. Den tidigare nämnda studien av Ingvarsson (1995) var koncentrationen av IgG, analyserad som gammaglobulin, i medeltal mindre än hälften av den koncentration som uppmättes i det aktuella försöket trots likartade rutiner för utfodringen av den första råmjölken. Ingvarsson (1995) behandlade data från mitten av 1980-talet och under de nästan 30 år som förflutit sedan dess kan djurmaterialet inom SRB-rasen genetiskt ha förändrats. Det skulle kunna förklara varför både SRB-kornas råmjölk och SRB-kalvarnas blodplasma i detta försök innehåller högre IgG-koncentrationer. Vad gäller medelvärdet av IgG i plasma har tidigare studier visat både lägre (Norheim *et al.*, 1985; Ingvarsson (1995) och högre resultat (Michanek *et al.*, 1989a) än i detta försök. Ingen av dessa studier har dock

analyserat IgG-koncentrationen med hjälp av ELISA. Korrektheten i denna analysmetod är ganska okänd då denna metod inte är så vanligt förekommande i tidigare litteratur och vissa av de uppmätta IgG-koncentrationerna i detta försök var jämförelsevis relativt höga. Eftersom kalvens blodvolym påverkas av uttorkning och några kalvar vid provtagning hade diarré och troligtvis var något uttorkade, kan detta möjligtvis ha påverkat IgG-koncentrationen i plasma och medfört till ett felaktigt förhöjt resultat.

Enligt Michanek *et al.* (1990) är analys av IgG i blodplasma en användbar metod för att utvärdera absorptionen från den första råmjölksgivan. Blodproverna i detta försök togs under levnadsdag fyra, fem eller sex och med största sannolikhet hade closure inträffat hos alla kalvar vid tidpunkten för provtagning (Bush *et al.*, 1971; Stott *et al.*, 1979a; Devery *et al.*, 1979; Matte *et al.*, 1982). Upptaget av IgG är störst från första givan (Stott *et al.*, 1979b; Bush & Staley, 1980; Matte *et al.*, 1982) men vid provtagning vid några dagars ålder kommer även senare givor bidra till kalvens IgG-koncentration. Försökskalvarnas IgG-koncentrationer visar därför det totala upptaget av IgG från alla råmjölksgivor. Efter att koncentrationen nått sin "peak" bibehålls halten under några dagars tid på denna nivå (Donovan *et al.*, 1986; Michanek *et al.*, 1989a), vilket talar för att provtagning på levnadsdag fyra, fem eller sex är en trovärdig tidpunkt för att undersöka kalvens totala absorption av IgG. Precis som i studierna av Naylor & Kronfeld (1977) och Tyler *et al.* (1996) hittades ett starkt samband mellan totalprotein och IgG-koncentrationen i plasma (figur 2), något som indikerar att ELISA är en tillförlitlig metod för IgG-analys.

För att i möjligaste mån eliminera effekter av kalvstorlek, där den större blodvolymen i större kalvar resulterar i en utspädningseffekt av IgG (Roy, 1990) gjordes en beräkning av IgG-koncentrationen per kg levande vikt (tabell 7). SH-kalvarna uppvisade redan före denna beräkning lägre IgG-koncentrationer och högre födelsevikter än SRB-kalvarna och erhöll följaktligen ännu lägre IgG-koncentrationer när halten IgG beräknades per kg levande vikt. För tjurkalvarna gällde i jämförelse med kvigkalvarna samma sak, dock fanns inga signifikanta skillnader varken mellan ras eller mellan kön i IgG-koncentrationen per kg levande vikt.

Om man utgår från att råmjölksdensiteten speglar innehållet av IgG skulle tendensen till samband mellan råmjölksgivans densitet och koncentrationen av IgG i plasma (figur 3) kunna indikera sambandet mellan IgG i råmjölk och IgG i plasma som finns beskrivet i litteraturen (Stott & Fellah, 1983; Nocek *et al.*, 1984; Morin *et al.*, 1997; Liberg *et al.*, 2000). Den ytterligare undersökning som gjordes av sambandet mellan den utfodrade mängden IgG<sub>1</sub> och koncentrationen av IgG i plasma per kg levande vikt fann dock inget starkare samband (figur 4), trots att den konsumerade mängden IgG anses vara en av de faktorer som har störst påverkan på kalvens IgG-koncentration (Bush & Staley, 1980). Eftersom den utfodrade mängden IgG<sub>1</sub> är ett beräknat värde baserat dels på densiteten och dels på den tidigare undersökningen av Ingvarsson (1995) kan det finnas tveksamheter i korrektheten av den beräknade mängden utfodrad IgG<sub>1</sub>. I figur 4 ingår även ett mindre antal djur än i figur 3, beroende på avsaknad av data för vissa kalvar.

Tvärtemot litteraturen (Kruse, 1970b; Selman *et al.*, 1971; Stott *et al.*, 1979c; Michanek & Ventorp, 1993; Simensen *et al.*, 1995) fanns i detta försök inga samband mellan en tidig utfodring av den första råmjölken och en hög koncentration av IgG i plasma (figur 5). Snarare uppvisade kalvar som utfodrads efter 4 timmar i medeltal högre IgG-koncentration än tidigare utfodrade kalvar, även om inga signifikanta effekter fanns (tabell 8). Det måste dock betonas att det för kalvar födda nattetid, mellan klockan 21 och klockan 05 följande morgon, finns en

stor osäkerhet kring tidpunkten för födelsen. Under denna tidsperiod fanns ingen personal på plats i besättningen och när stallpersonalen anlände klockan 05 på morgonen gjordes en uppskattning av hur länge sedan kalven troligtvis fötts. Denna estimerade tidpunkt har sedan använts som födelsetidpunkt. Uppskattningen är mycket osäker och kalvar som i figur 5 klassats ha utfodrats med första råmjölken inom 4 timmar kan mycket väl ha blivit utfodrade senare än 4 timmar efter födseln. En kalv född dagtid fick vänta så länge som 11 timmar på den första råmjölken. Orsaken till denna fördröjning är okänd, men denna kalv hade en mycket hög koncentration av IgG i plasma.

## Hälsa och tillväxt

Kalvarnas hälsa utvärderades med hjälp av de veckovisa bestämningarna av träckkonsistensen. Högst frekvens av diarré registrerades under de två första levnadsveckorna, med högst förekomst av svår diarré under den första veckan, vilket överensstämmer med tidigare svenska studier (Olsson *et al.*, 1993; Svensson *et al.*, 2003). Även de extra hälsoregistreringarna som gjorts av stallpersonalen visade på högre förekomst av diarré under den första månaden. I de extra hälsoneoteringarna fanns en stor variation i förekomsten av hälsoregistreringar mellan de olika gruppboxarna, trots små skillnader mellan grupperna vad gäller de veckovisa bestämningarna av träckkonsistensen. Detta tyder på att noteringarna troligtvis inte är fullständiga. När kalvar hålls i gruppbox är det mycket svårt att veta vilken av kalvarna i gruppen som drabbats av diarré om man inte är konstant närvarande. Det är svårt för stallpersonalen att uppmärksamma alla sjuka kalvar och det är väldigt lätt att man missar någon kalv som är lite nedsatt. Skillnader i förekomst av noteringar kan även bero på olika bedömningar av olika personer, eller så var faktiskt sjukdomstillfällena färre i vissa av kalvgrupperna. I detta försök kunde inget samband hittas mellan IgG-koncentrationen i blodplasma och kalvarnas hälsa (tabell 10) trots att ett stort antal tidigare studier rapporterat om tydliga samband (Niemann-Sørensen *et al.*, 1966; Foley & Otterby, 1978; Stott *et al.*, 1979c; Davidson *et al.*, 1981; Blom 1982; Robison *et al.*, 1988; Michanek *et al.*, 1989a; Ingvarsson, 1995). När kalvarna grupperades utifrån IgG-koncentrationen i plasma och grupperna jämfördes med varandra fanns inga skillnader i förekomsten av diarré under de fyra första veckorna. Troligtvis har skötseln och en bra stallmiljö och hygien en större påverkan på förekomsten av sjukdomar i kalvbesättningen än koncentrationen av IgG i blodet, något som också bekräftas av tidigare studier (Lomba *et al.*, 1978; Norheim *et al.*, 1985; Olsson *et al.*, 1993; Todd & Whyte, 1995). I en bra miljö, som i kalvstallet på Lövsta, har inte IgG-halten så stor betydelse för kalvens hälsa medan det i en ogynnsam miljö kan vara mycket viktigare med en hög IgG-koncentration för att undvika sjukdom.

Den dagliga tillväxten var i detta försök jämförbar med tidigare undersökningar (Fröberg *et al.*, 2008; Olsson, 2012), dock uppvisades en relativt stor individuell variation. Tillväxt beror på många faktorer såsom utfodring, foderkonsumtion och skötsel. Vanligtvis utfodras alla kalvar oavsett storlek med samma mängd foder. En mindre kalv har då större möjligheter växa jämfört med en större kalv. Skillnaden i tillväxt mellan SH och SRB under vecka fem till åtta skulle möjligtvis kunnat bero på den skillnad i födelsevikt som fanns mellan raserna. Den kan också bero på skillnader i verklig foderkonsumtion mellan raserna även om alla kalvar har haft tillgång till samma fodermängder. Foderkonsumtionen registrerades men för den här studien har den inte sammanställts. Det kan diskuteras om utfodring av råmjölk och mjölkersättning borde styras av kalvens storlek, där större kalvar får en större mjölk-giva jämfört med mindre kalvar, för att alla kalvar oavsett storlek ska ha lika stora förutsättningar att växa optimalt. Kalvens tillväxt ska enligt studier ha ett indirekt samband med IgG-koncentrationen (Robison *et al.*, 1988; Wittum & Perino, 1995), då en kalv med låg

IgG-koncentration antas vara mer mottaglig för sjukdom vilket ofta minskar tillväxten. I detta försök fanns ett samband mellan IgG-koncentrationen och tillväxten under de första fyra veckorna, där kalvar med låga IgG-koncentration hade en lägre tillväxt (figur 6, tabell 10). Efter den första månaden fanns ingen effekt av IgG-koncentrationen på tillväxten.

Även om detta arbete fokuserat på råmjölkens innehåll av IgG och påverkan på kalvens hälsa och tillväxt ska inte betydelsen av råmjölkens nutritionella värde underskattas. Den höga energitätheten och innehållet av näringsämnen som är mycket viktiga för den nyfödda kalven och har stor betydelse för utveckling av kroppsvävnader och tillväxt gör råmjölken till ett mycket viktigt fodermedel för den nyfödda kalven (Roy, 1990; Quigley & Drewry, 1998; Morrill *et al.*, 2012).

Genomgående genom hela studien kunde konstateras att resultat för kalvar av SRB-ras ofta skilde sig från resultaten för SH- kalvar. Antalet djur av de båda raserna var dock inte lika stort då antalet SH-djur i vissa fall var dubbelt så många som SRB-djuren. Djurmaterialet i detta försök var relativt litet och för mer tillförlitliga resultat krävs ett större antal djur. För säkrare analys av de ingående parametrarna skulle det ha varit önskvärt med ett lika stort antal djur vad gäller både ras och kön. Förekomsten av kalvar som hade väldigt avvikande värden, så kallade "outliers" gjorde vissa av sambanden inte så starka, men om dessa outliers utelämnas ökar graden av säkerhet i sambandet. En annan svårighet var avsaknaden av vissa data för vissa kalvar som resulterade i olika antal djur i de olika tabellerna och figurerna, vilket gjorde det svårt att jämföra dessa med varandra.

## Slutsats

I detta försök kunde inte några signifikanta samband ses mellan IgG-koncentrationen i första råmjölksgivan och koncentrationen av IgG i kalvens plasma, inte heller resulterade en tidigt utfodrad första råmjölksgiva i en hög IgG-koncentration. Hypotesen att en hög IgG-koncentration i första råmjölksgivan och tidpunkten för första giva har stor inverkan på koncentrationen av IgG i kalvens plasma kan följaktligen inte styrkas. Det fanns inga signifikanta rasskillnader mellan SRB och SH, varken i kons produktion av IgG i den första råmjölken och kalvens upptag av IgG. Hypotesen att SRB-kor förväntades ha lägre koncentration av IgG i råmjölk och SRB-kalvar lägre IgG- koncentration i blodplasma kan därför inte bekräftas. Under första levnadsmånaden fanns en påverkan av IgG-koncentrationen på tillväxten, men det fanns inga samband mellan IgG-koncentration i plasma och kalvens hälsa. I denna undersökning ingick ett relativt litet djurmateriale och för tillförlitligare resultat hade det varit önskvärt med ett större antal djur.

## Referenser

- Adams, G.D., Bush, L.J., Horner, J.L., Staley, T.E. 1985. Two methods for administering colostrum to newborn calves. *Journal of Dairy Science*, 68, 773-775.
- Baumrucker, C.R., Burkett, A.M., Magliaro-Macrina, A.L., Dechow, C.D. 2010. Colostrogenesis: Mass transfer of immunoglobulin G<sub>1</sub> into colostrum. *Journal of Dairy Science*, 93:7, 3031-3038.
- Besser, T.E. & Gay, C.G. 1985. Septicemic colibacillosis and failure of passive transfer of colostrum immunoglobulin in calves. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 1:3, 445-459.
- Besser, T., Szenci, O., Gay, C. 1990. Decreased colostrum immunoglobulin absorption in calves with postnatal respiratory acidosis. *Journal of American Veterinary Medical Association*, 196:8, 1239-1246.
- Bielmann, V., Gillan, J., Perkins, N.R., Skidmore, A.L., Godden, S., Leslie, K.E. 2010. An evaluation of Brix refractometry instruments for measurement of colostrum quality in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 93:8, 3713-3721.
- Blom, J.Y. 1982. The relationship between serum immunoglobulin values and incidence of respiratory disease and enteritis in calves. *Nordisk Veterinærtidning*, 34, 276-284.
- Brandon, M.R., Watson, D.L., Lascelles, A.K. 1971. The mechanism of transfer of immunoglobulin into mammary secretion of cows. *Australian Journal of Experimental Biology and Medical Science*, 49, 613-623.
- Brignole, T.J. & Stott, G.H. 1980. Effect of suckling followed by bottle feeding colostrum on immunoglobulin absorption and calf survival. *Journal of Dairy Science*, 63, 451-456.
- Burton, J.H., Hosein, A.A., McMillan, I., Grieve, D.G., Wilkie, B.N. 1984. Immunoglobulin absorption in calves as influenced by dietary protein intakes of their dams. *Canadian Journal of Animal Science*, 64, Supplement, 185-186.
- Bush, L.J., Aguilera, M.A., Adams, G.D. 1971. Absorption of colostrum immunoglobulins by newborn dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 54, 1547-1549.
- Bush, L.J. & Staley, T.E. 1980. Absorption of colostrum immunoglobulins in newborn calves. *Journal of Dairy Science*, 65, 1765-1773.
- Butler, J. 1969. Bovine immunoglobulins: A review. *Journal of Dairy Science*, 52:12, 1895-1909.
- Butler, J.E. 1983. Bovine immunoglobulins: An augmented review. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 4, 43-152.
- Butler, J. E., Kiddy, C. A. Pierce C. S., Rock., C. A. 1972. Quantitative changes associated with calving in the levels of bovine immunoglobulins in selected body fluids 1. Changes in the levels of IgA, IgG<sub>1</sub> and total protein. *Canadian Journal of Comparative Medicine*, 36, 235-242.
- Calloway, C.D., Tyler, J., Tessman, R.K., Hostetler, D., Holle, J. 2002. Comparison of refractometers and test endpoints in the measurement of serum protein concentration to assess passive transfer status in calves. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 221:11, 1605-1608.

- Dardillat, J., Trillat, G., Larvor, P. 1978. Colostrum immunoglobulin concentration in cows: relationship with their calf mortality and with the colostrum quality of their female offspring. *Annales de Recherches Veterinaires*, 9, 375-384.
- Davidson, J.N., Yancey, S.P., Campbell, S.G., Warner, R.G. 1981. Relationship between serum immunoglobulin values and incidence of respiratory disease in calves. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 179:7, 708-710.
- DeLouis, C. 1978. Physiology of colostrum production. *Annales de Recherches Veterinaires*, 9:2, 193-203.
- Devery-Pocius, J.E & Larson, B.L. 1983. Age and previous lactations as factors in the amount of bovine colostrum immunoglobulins. *Journal of Dairy Science*, 66, 221-226.
- Devery, J.E., Davis, C.L., Larson, B.L. 1979. Endogenous production of immunoglobulin IgG1 in newborn calves. *Journal of Dairy Science*, 62, 1814-1818.
- Donovan, G.A., Badinga, L., Collier, R.J., Wilcox, C., Braun, R.K. 1986. Factors influencing passive transfer in dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 69, 175-179.
- Elfstrand, L., Lindmark-Månsson, H., Paulsson, M., Nyberg, L., Åkesson, B. 2002. Immunoglobulins, growth factors and growth hormone in bovine colostrum and the effects of processing. *International Dairy Journal*, 12, 879-887.
- Engstrand, L. 2005. Födelsevikt hos SRB-kalvar. Individuell kurs. Institutionen för husdjurens utfodring och vård. Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Fleener W.A. & Stott, G.H. 1980. Hydrometer test for estimation of immunoglobulin concentration in bovine colostrum. *Journal of Dairy Science*, 63, 973-977
- Foley, J.A. & Otterby, D.E. 1978. Availability, storage, treatment, composition and feeding value of surplus colostrum: a review. *Journal of Dairy Science*, 61, 1033-1060.
- Foster, D.M., Smith, G.W., Sanner, T.R., Busso, G.V. 2006. Serum IgG and total protein concentrations in dairy calves fed two colostrum replacement products. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 229:8, 1282-1285.
- Fröberg, S., Lidfors, L., Svennersten-Sjaunja, K. and Olsson, I. 2008. Weight gain and weaning behaviour of dairy calves suckling the dam in an automatic milking system. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A – Animal Science*, 61:3, 145-156.
- Gay, C., McGuire, T., Parish, S. 1983. Seasonal variation in passive transfer of immunoglobulin G1 to newborn calves. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 183:5, 566-568.
- Godden, S., Haines, D.M., Konkol, K., Peterson, J. 2009. Improving passive transfer of immunoglobulins in calves. II: Interaction between feeding method and volume of colostrum fed. *Journal of Dairy Science*, 92, 1758-1764.
- Gulliksen, S.M., Lie, K.I., Sölveröd, L., Österås, O. 2008. Risk factors associated with colostrum quality in Norwegian dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 91:2, 704-712.
- Hagnestam, C. 2003. Orsaker till kalvningssvårigheter och dödfödslar hos förstakalvande lågland. Institutionen för husdjursgenetik. Examensarbete 249. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet.
- Hancock, D. 1985. Assessing efficiency of passive immune transfer in dairy herds. *Journal of Dairy Science*, 68,163-183.

- Holloway, N.M., Tyler, J.W., Lakritz, J., Carlson, S.L., Tessman, R.K., Holle, J. 2002. Serum immunoglobulin G concentrations in calves fed fresh colostrum or a colostrum supplement. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 16, 187-191.
- Hurvell, B. 1970. Betydelsen av colostrum till kalvar. *Svensk Veterinärtidning*, 22:15, 525-529.
- Husband, A.J., Brandon, M.R., Lascelles, A.K. 1972. Absorption and endogenous production of immunoglobulins in calves. *Australian Journal of Experimental Biology and Medical Science*, 50, 491-498.
- Ingvarsson, H. 1995. Råmjölksutfodring av kalvar – en studie av sambanden mellan råmjölakens kvalitet, utfodringsrutiner och kalvarnas antikroppstatus, hälsa och tillväxt. Institutionen för husdjurens utfodring och vård. Examensarbete 249. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet.
- Kamiya Biomedical Company. 2012. Product information Bovine IgG ELISA Cat. No. KT-306.
- Kehoe, S.I., Jayaro, B.M., Heinrichs, A.J. 2007. A survey of bovine colostrum composition and colostrum management practices on Pennsylvania dairy farms. *Journal of Dairy Science*, 90:9, 4108-4116.
- Kruse, V. 1970a. Yield of colostrum and immunoglobulin in cattle at the first milking after parturition. *Animal Production*, 12, 619-626.
- Kruse, V. 1970b. Absorption of immunoglobulins from colostrum in newborn calves. *Animal Production*, 12, 627-638.
- KRUUSE Colostrum Densimeter, 2012. Cat.no 290855.
- Larson, B.L., Heary, JR., Devery, J.E. 1980. Immunoglobulin production and transport by the mammary gland. *Journal of Dairy Science*, 63, 665-671.
- Larsson, B. 1985. The relationship between total protein in serum glutaraldehyde coagulation test and disease in feedlot calves. *Nordisk Veterinärmedicin*, 37, 90-96.
- Liberg, P. 2000. Råmjölksutfodring - "En god start förlänger livet". *Veterinärmötet*, 133-139.
- Logan, E.F. & Penhale, W.J. 1971. Studies on the immunity of the calf to colibacillosis. III. The local protective activity of colostrum within the gastro-intestinal tract. *Veterinary Record*, 89, 628-632.
- Logan, E.F., Muskett, B.D., Herron, R.J. 1981. Colostrum feeding of dairy calves. *Veterinary Record*, 108, 283-284.
- Lomba, F., Fumiere, I., Tshibangu, M., Chavaux, G., Bienfet, V. 1978. Immunoglobulin transfer to calves and health problems in large bovine units. *Annales de Recherche Veterinaires*, 9:2, 353-360.
- Matte, J.J., Girard, C.L., Seoane, J.R., Brisson, G.J. 1982. Absorption of colostral immunoglobulin G in the newborn dairy calf. *Journal of Dairy Science*, 65, 1765-1770.
- Maunsell, F.P., Morin, D.E., Constable, P.D., Hurley, W.L., McCoy, G.C., Kakoma, I., Isaacson, R.E. 1998. Effects of mastitis on the volume and composition of colostrum produced by Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 81, 1291-1299.
- McGuire, T.C. & Adams, D.S. 1982. Failure of colostral immunoglobulin transfer to calves: prevalence and diagnosis. *The Compendium on Continuing Education for the Practicing Veterinarian*, 4:1, S35-S39.

- McGuirk, S.M. & Collins, M. 2004. Managing the production, storage and delivery of colostrum. *Veterinary Clinics Food Animal Practice*, 20, 593-603.
- Mechor, G.D., Gröhn, Y.T., Van Saun, R.J. 1991. Effect of temperature on colostrometer readings for estimation of immunoglobulin concentration in bovine colostrum. *Journal of Dairy Science*, 74, 3940-3943.
- Mechor, G.D., Gröhn, Y.T., McDowell, L.R., Van Saun, R.J. 1992. Specific gravity of bovine colostrum immunoglobulins as affected by temperature and colostrum components. *Journal of Dairy Science*, 75, 3131-3135.
- Michanek, P. & Ventorp, M. 1989. Råmjölk till nyfödda kalvar. *Svensk Veterinärtidning*, 41:7, 427-431.
- Michanek, P., Ventorp, M., Weström, B. 1989a. Intestinal transmission of macromolecules in newborn dairy calves of different ages at first feeding. *Research in Veterinary Science*, 46, 375-379.
- Michanek, P., Ventorp, M., Weström, B. 1989b. Intestinal transmission of colostral antibodies in newborn dairy calves – initiation of closure by feeding colostrum. *Swedish Journal of Agricultural Research*, 19, 125-127.
- Michanek, P., Ventorp, M., Weström, B. 1990. Milk intake before first colostrum in newborn dairy calves. Effect on intestinal transmission of macromolecules. *Journal of Dairy Science*, 73, 480-483.
- Michanek, P. & Ventorp, M. 1993. Passive immunisation of new-born dairy calves on three farms with different housing systems. *Swedish Journal of Agricultural Research*, 23, 37-43.
- Moore, M., Tyler, J.W., Chigerwe, M., Dawes, M.E., Middleton, J.R. 2005. Effect of delayed colostrum collection on colostral IgG concentration in dairy cows. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 226:8, 1375-1377.
- Morin, D.E., McCoy, G.C., Hurley, W.L. 1997. Effects of quality, quantity and timing of colostrum feeding and addition of a dried colostrum supplement on immunoglobulin G1 absorption in Holstein bull calves. *Journal of Dairy Science*, 80, 747-753.
- Morin, D.E., Constable, P.D., Maunsell, F.P., McCoy, G.C. 2001. Factors associated with colostral specific gravity in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 84:4, 937-943.
- Morrill, K.M., Conrad, E., Lago, A., Campbell, J., Quigley, J., Tyler, H. 2012. Nationwide evaluation of quality and composition of colostrum on dairy farms in the United States. *Journal of Dairy Science*, 95:7, 3997-4005.
- Muller, L.D. & Ellinger, D.K. 1981. Colostral immunoglobulin concentrations among breeds of dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 64, 1727-1730.
- Möllerberg, L., Jacobsson, S-O., Alenius, S. 1989. Kliniskt-kemiska och hämatologiska normalvärden för SRB-kalvar. *Svensk Veterinärtidning*, 41:12, 713-720.
- Naylor, J.M. & Kronfeld, D.S. 1977. Refractometry as a measure of the immunoglobulin status of the newborn dairy calf: comparison with the zinc sulfate turbidity test and single radial immunodiffusion. *American Journal of Veterinary Research*, 38:9, 1331-1334.
- Niemann- Sørensen, A., Konggaard, S.P., Kruse, V. 1966. Fodring med og uden råmelk. *Landøkonomisk Forsøgslaboratoriums efterårsmøde*, 347-353.



- Nocek, J.E., Braund, D.G., Warner, R.G. 1984. Influence of neonatal colostrum administration, immunoglobulin, and continued feeding of colostrum on calf gain, health, and serum protein. *Journal of Dairy Science*, 67, 319-333.
- Norheim, K, Simensen, E., Gjestang, K-E. 1985. The relationship between serum IgG levels and age, leg injuries infections and weight gains in dairy calves. *Nordisk Veterinaermedicin*, 37, 113-120.
- Norman, L.M. & Hohenboken, W.D. 1981. Genetic differences in concentration of immunoglobulins G1 and M in serum and colostrum of cows and in serum of neonatal calves. *Journal of Animal Science*, 53, 1465-1472.
- Olson, D.P., Bull, R.C., Woodard, L.F., Kelley, K.W. 1980. Effects of maternal nutritional restriction and cold stress on young calves: absorption of colostrum immunoglobulins. *American Journal of Veterinary Research*, 42:5, 876-880.
- Olsson, I. 2012. Personligt meddelande. Ingemar Olsson, Forskningsledare, SLU Uppsala. (2012-12-19)
- Olsson, S-O, Viring, S., Emanuelsson, U., Jacobsson, S-O. 1993. Calf diseases and mortality in Swedish dairy herds. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 34, 263-269.
- Oyeniya, O.O. & Hunter, A.G. 1978. Colostral constituents including immunoglobulins in the first three milkings postpartum. *Journal of Dairy Science*, 61, 44-48.
- Paré, J., Thurmond, M.C., Gardner, I.A., Picanso, J.P. 1993. Effect of birthweight, total protein, serum IgG and packed cell volume on risk of neonatal diarrhea in calves on two California dairies. *Canadian Journal of Veterinary Research*, 57, 241-246.
- Philipsson, J. 1976. Studies on calving difficulty, stillbirth and associated factors in Swedish cattle. I. General introduction and breed averages. *Acta Agriculturae Scandinavica*, 26, 151-764.
- Pritchett, L.C., Gay, C.C., Besser, T.E., Hancock, D.D. 1991. Management and production factors influencing immunoglobulin G1 concentration in colostrum from Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 74, 2336-2341.
- Quigley, J. D. & Drewry, J.J. 1998. Nutrient and immunity transfer from cow to calf pre- and postcalving. *Journal of Dairy Science*, 81, 2779-2790.
- Robison, J.D., Stott, G.H., DeNise, S.K. 1988. Effects of passive immunity on growth and survival in the dairy heifer. *Journal of Dairy Science*, 71, 1283-1287.
- Roy, J.H.B. 1980. *The calf*. Fourth edition. Butterworths Boston, MA.
- Roy, J.H.B. 1990. *The Calf. Vol. I. Management of Health*. Fifth edition. Butterworths, Boston, MA.
- SAS, 2012. Base SAS® 9.3 Procedures Guide, Second Edition. SAS Institute Inc. 2012, Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Sasaki, M., Davis, C.L., Larson, B.L. 1976. Production and turnover of IgG1 and IgG2 immunoglobulins in the bovine around parturition. *Journal of Dairy Science*, 59:12, 2046-2055.
- Selman, I.E., de la Fuente, G.H., Fisher, E.W., McEwan, A.D. 1971. The serum immune globulin concentrations of newborn dairy heifer calves: A farm survey. *Veterinary Record*, 460-434.

- Shearer, J., Mohammed, H.O., Brenneman, J.S., Tran, T.Q. 1992. Factors associated with concentrations of immunoglobulins in colostrum at the first milking post-calving. *Preventive Veterinary Medicine*, 14, 143-154.
- Silverlås, C., Näslund, K., Björkman, C., Mattsson, J.G. 2010. Molecular characterisation of *Cryptosporidium* isolates from Swedish dairy cattle in relation to age, diarrhoea and region. *Veterinary Parasitology*, 169, 289-295.
- Simensen, E., Nybø, K., Malmo, T., Østerås, O. 2005. Lave nivåer av gammaglobuliner hos nyfødte kalver. *Norsk veterinærtidskrift*, 7:117, 533-540.
- Stott, G.H. & Reinhard, E.J. 1979. Adrenal function and passive immunity in the dystocial calf. *Journal of Dairy Science*, 61, 1457-1461.
- Stott, G.H. & Fellah, A. 1983. Colostral immunoglobulin absorption linearly related to concentration for calves. *Journal of Dairy Science*, 66, 1319-1328.
- Stott, G.H., Wiersma, F., Menefee, B.E., Radwanski, F.R. 1976. Influence of environment on passive immunity in calves. *Journal of Dairy Science*, 59:7, 1306-1311.
- Stott, G.H., Marx, D.B., Menefee, B.E., Nightengale, G.T. 1979a. Colostral immunoglobulin transfer in calves I. Period of absorption. *Journal of Dairy Science*, 62, 1632-1638.
- Stott, G.H., Menefee, B.E., Nightengale, G.T. 1979b. Colostral immunoglobulin transfer in calves II. The rate of absorption. *Journal of Dairy Science*, 62, 1766-1773.
- Stott, G.H., Marx, D.B., Menefee, B.E., Nightengale, G.T. 1979c. Colostral immunoglobulin transfer in calves. III. Amount of absorption. *Journal of Dairy Science*, 62: 1902-1907.
- Straub, OC. & Matthaeus, W. 1978. The immunoglobulin composition of colostrum and the persistence of acquired immunoglobulins and specific antibodies in the calf. *Annales de Recherches Veterinaires*, 9:2, 269-275.
- Svensson, C., Lundborg, K., Emanuelson, U., Olsson, S-O. 2003. Morbidity in Swedish dairy calves from birth to 90 days of age and individual calf-level risk factors for infectious diseases. *Preventative Veterinary Medicine*, 58, 179-197.
- Todd, AG. & Whyte, PBD. 1995. The effect of delays in feeding colostrum and the relationship between immunoglobulin concentration in the serum of neonatal calves and their rates of growth. *Australian Veterinary Journal*, 72:11, 415-417.
- Tyler, J.W., Hancock, D.D., Parish, S.M., Rea, D.E., Besser, T.E., Sanders, S.G., Wilson, L.K. 1996. Evaluation of three assays for failure of passive transfer in calves. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 10:5, 304-307.
- Ventorp, M. & Michanek, P. 1992. The importance of udder and teat conformation for teat seeking by the newborn calf. *Journal of Dairy Science*, 75, 262-268.
- Vermorel, M., Vernet, J., Dardillat, C., Saïdo, Demigne, C., Davicco, MJ. 1989. Energy metabolism and thermoregulation in the newborn calf; effect of calving conditions. *Canadian Journal of Animal Science*, 69, 113-122.
- Weaver, D.M., Tyler, J.W., VanMetre, D.C., Hostetler, D.E., Barrington, G.M. 2000. Passive transfer of colostral immunoglobulins in calves. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 14, 569-577.
- Wittum, T.E. & Perino, LJ. 1995. Passive immune status at postpartum hour 24 and long-term health and performance of calves. *American Journal of Veterinary Research*, 56:9, 1149-1154.



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](http://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](http://www.slu.se).

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](http://www.slu.se/husdjur-utfodring-varld)

*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](http://www.slu.se/animal-nutrition-management)*