



Faktorer relaterade till utfodring och hull som har inverkan på råmjölkens kvalitativa innehåll av immunglobuliner hos mjölkkor

Factors related to nutrition and body condition that influence the colostrum's qualitative immunoglobulin content in dairy cows

Jenny Movitz

Självständigt arbete 15 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap
Institutionen för biosystem och teknologi
Lantmästarprogrammet
Alnarp 2024



Faktorer relaterade till utfodring och hull som har inverkan på råmjölkens kvalitativa innehåll av immunglobuliner hos mjölkkor

Factors related to nutrition and body condition that influence the colostrum's qualitative immunoglobulin content in dairy cows

Jenny Movitz

Handledare: Oleksiy Guzhva, SLU, Institutionen för biosystem och teknologi

Examinator: Maria Vilain Rørvang, SLU, Institutionen för biosystem och teknologi

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: G2E

Kurstitel: Självständigt arbete i lantbruksvetenskap, G2E-Lantmästarprogrammet

Kurskod: EX1017

Program/utbildning: Lantmästarprogrammet

Kursansvarig inst.: Institutionen för biosystem och teknologi

Utgivningsort: Alnarp

Utgivningsår: 2024

Nyckelord: mjölkkor, råmjölk, kvalitet, immunglobulin, IgG, utfodring, hull

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap
Institutionen för biosystem och teknologi

Förord

Lantmästarprogrammet är en treårig universitetsutbildning vilken omfattar 180 högskolepoäng (hp). En av de obligatoriska delarna i denna är att genomföra ett eget arbete som ska presenteras med en skriftlig rapport och ett seminarium. Detta arbete kan t.ex. ha formen av ett mindre försök som utvärderas eller en sammanställning av litteratur vilken analyseras. Arbetsinsatsen ska motsvara minst 10 veckors heltidsstudier (15 hp).

Ett varmt tack riktas till Oleksiy Guzhva, som varit handledare för arbetet och som bidragit med synpunkter, råd och granskning.

Alnarp maj 2024

Jenny Movitz

Sammanfattning

Idag råder problem bland lantbrukare då många mjölkkor producerar råmjölk av undermålig kvalitet. Nuvarande rådgivning utgår från att minst 90 % av mjölkorna ska producera råmjölk av godtagbar kvalitet samtidigt som det är av essentiell betydelse att kalven ska förses med högkvalitativ råmjölk. Följaktligen föreligger ett behov av att hitta åtgärder, relaterade till råmjölkens kvalitet, som lantbrukare kan omsätta i praktiken med syfte att förbättra verksamhetens lönsamhet och djurhälsa genom att råmjölkens koncentration av immunglobulin ökar.

Syftet med denna litteraturstudie var att belysa och redovisa faktorer relaterade till utfodring och hull, som har inverkan på råmjölkens innehåll av immunglobuliner hos mjölkkor. Målet var att utifrån redovisad litteratur konkretisera åtgärder, som kan omsättas av lantbrukare på gårdsnivå.

Litteraturstudien visade att flertalet studier kunde påvisa att koncentrationen av immunglobulin kan korrelera med näringsmässiga medel och hull. För kor som tilldelas en foderstat med en energikoncentration, som tillgodoser deras energibehov under olika perioder av sintiden minimerades risken för att en utspädningseffekt av immunglobuliner skulle uppstå. Immunglobulinhalten ökade genom att foderstaten kompletterades med våmskyddade aminosyror och våmskyddade långkedjiga fettsyror i form av linolsyra till sinkor. Inkludering av nikotinsyra, magnesiumbutyrat och organiska spårämnen i form av zink, mangan och koppar i sinkofoderstaten visade också en positiv effekt. Avslutningsvis rekommenderades att hullförändring inte bör ske under sintidsperioden.

Slutsatsen av litteraturstudien är att det möjligtvis finns potential att på sikt förbättra råmjölkens kvalitet genom utfodringsmässiga åtgärder och åtgärder relaterade till hull. En svårighet kan vara att marknaden tillhandahåller ett begränsat utbud av de produkter som angivits som förslag på åtgärder. Vidare forskning är nödvändig för att kunna fastställa nyanserade riktlinjer, som lantbrukare kan tillämpa för specifika åtgärder.

Nyckelord: mjölkkor, råmjölk, kvalitet, immunglobulin, IgG, utfodring, hull

Abstract

Today, farmers are faced with the problem of many dairy cows producing colostrum of substandard quality. Current advice assumes that at least 90% of dairy cows should produce colostrum of acceptable quality. At the same time, calves must be provided with high-quality colostrum. Consequently, there is a need to find measures related to colostrum quality that farmers can practice to improve farm profitability and animal health by increasing colostrum immunoglobulin concentration.

This literature review aimed to elucidate and report factors related to nutrition and body condition that impact the content of immunoglobulins in dairy cows' colostrum. Based on the literature presented, the aim was to concretize measures that can be implemented by farmers at the farm level.

The literature review showed that several studies demonstrated that immunoglobulin concentration can correlate with nutritional means and body condition. For cows fed a diet with an energy concentration that meets their energy requirements during different periods of the dry period, the risk of an immunoglobulin dilution effect was minimized. Immunoglobulin levels were increased by supplementing the diet with rumen-protected amino acids and rumen-protected long-chain fatty acids in the form of linoleic acid for dry cows. Nicotinic acid, magnesium butyrate, and organic trace elements in the form of zinc, manganese, and copper in the dry cow's diet also showed a positive effect. In conclusion, it was recommended that there should be no change in body condition during the dry period.

The literature review concludes that nutrition and body condition-related measures have the potential to significantly improve colostrum quality. While the market may provide a limited range of the products indicated as suggested measures, this should not deter us. Further research is necessary to establish nuanced guidelines, which you, as farmers, can apply to specific measures. The potential benefits of these measures are promising, and your efforts in implementing them can lead to a substantial improvement in colostrum quality.

Keywords: dairy cows, colostrum, quality, immunoglobulin, IgG, nutrition, body condition

Innehållsförteckning

1.	Inledning	8
1.1	Bakgrund.....	8
1.2	Mål	9
1.3	Syfte	9
1.4	Frågeställningar	9
1.5	Avgränsning	9
2.	Material och metoder	10
3.	Litteratursammanställning.....	11
3.1	Mätmetoder för råmjölkskvalitet	11
3.2	Riktlinjer för råmjölkskvalitet	11
3.3	Utfodringsstrategiers påverkan på råmjölkskvalitet under sintidsperioden	12
3.3.1	Kolhydrater.....	13
3.3.2	Protein.....	15
3.3.3	Fett.....	17
3.3.4	Bete.....	19
3.3.5	Vitaminer och mineraler.....	19
3.4	Hullets påverkan på råmjölkskvalitet	24
4.	Diskussion	26
4.1	Allmän diskussion	26
4.2	Utfodringsstrategier under sintidsperioden	27
4.3	Strategier för hull.....	32
5.	Förslag på åtgärder	34
6.	Slutsats	35
7.	Referenser	36

1. Inledning

1.1 Bakgrund

Att förse kalvar med råmjölk av god kvalitet, med ett tillräckligt högt innehåll av antikroppar, snarast efter kalvning är av väsentlig betydelse, då det ligger till grund för att skapa en god kalvhälsa med reducerad risk för sjuklighet och dödlighet (Mann et al. 2016; Godden 2019; Nilsson 2021). Det finns samtidigt tydliga kopplingar mellan en lyckad passiv överföring av antikroppar till kalven och förbättrade produktionsrelaterade nyckeltal såsom tillväxt, inkalvningsålder, laktationsprestanda och utslagningsprevalens (Godden 2019).

Forskning har hittills till stor del koncentrerats till miljö- och hanteringsfaktorer, som parametrar relaterade till råmjölkens kvalitet (Gulliksen et al. 2008). Det finns idag diverse rådgivning gällande rutiner som lantbrukare bör vidta för att kontrollera råmjölkens kvalitet och för att bibehålla de antikroppar som finns i råmjölken, såsom hantering av råmjölken och att kon ska mjölkas snarast efter kalvning. Det finns ett utbrett rådgivningsunderlag där sinläggningsstrategier, kalvningsrutiner, råmjölksrutiner och rutiner för ko och kalv efter kalvning belyses (Nilsson 2021; Växa 2021; Welling 2023; SVA 2024). Dock saknas djupgående förklaringar till varför vissa åtgärder bör vidtas och tydliga kopplingar till hur detta kan påverka råmjölkens kvalitet.

Ett grundläggande problem är att många mjölkkor inte har råmjölk som uppnår en godtagbar kvalitet. Rekommendationen är att 90 % av mjölkorna på gårdsnivå ska producera råmjölk av godtagbar kvalitet (Godden 2019). I Sverige anges var fjärde ko ha bristfällig råmjölkskvalitet (Wahlberg 2015). Vidare redovisar Gulliksen et al. (2008) i en norsk studie en spridning gällande innehåll av immunglobulin i råmjölk från 4 g till 235 g per liter råmjölk. Samma studie redovisar att 57,8 % av de totala insamlade råmjölksproverna från 1250 kor hade undermålig råmjölkskvalitet (Gulliksen et al. 2008).

Det finns ett flertal faktorer som har inverkan på råmjölkens kvalitet hos mjölkkor. För att nämna några är faktorer såsom ras, laktationsålder, utfodring under

sintidsperioden, kalvningssäsong, vaccination, individuella skillnader, tid mellan kalvning och urmjolkning, sintidsperiodens längd, råmjölksmängd och hull några exempel varav utfodring och hull kommer att beröras i detta arbete (Godden 2019).

Sammantaget är lantbruk inom mjölkproduktionen i behov av kunskap för att på ett strategiskt sätt kunna vidta åtgärder på gårdsnivå för att förbättra råmjölkens kvalitet avseende dess innehåll av antikroppar (Gulliksen et al. 2008; Westhoff et al. 2023).

1.2 Mål

Målet med litteraturstudien är att konkretisera åtgärder, som kan appliceras på gårdsnivå gällande hantering av utfodring och hull hos mjölkkor, som kan bidra till att förbättra råmjölkens innehåll av immunglobuliner.

1.3 Syfte

Litteraturstudien syftar till att med utgångspunkt från svensk och engelsk vetenskaplig litteratur belysa och redovisa faktorer relaterade till utfodring och hull, som har inverkan på råmjölkens innehåll av immunglobuliner hos mjölkkor.

1.4 Frågeställningar

Följande frågeställningar ligger till grund för litteraturstudien:

- Hur mäts råmjölkskvalitet?
- Vilka riktlinjer finns för att få vetskap om råmjölken är av tillräcklig god kvalitet?
- Hur kan råmjölkens kvalitet påverkas av olika strategier för utfodring under sintidsperioden och hull hos mjölkkor?

1.5 Avgränsning

Litteraturstudien är avgränsad till att handla om utfodringens och hullrelaterade faktorer som kan påverka råmjölkens innehåll av immunglobuliner hos mjölkkor. Litteraturstudien kommer inte att belysa råmjölkskvalitet ur en hygienisk synvinkel.

2. Material och metoder

Litteraturstudien har genomförts utifrån en sammanställning baserad på relevant litteratur om råmjölkskvalitet och inverkan faktorer relaterade till utfodring och hull för att därmed kunna besvara angivna frågeställningar enligt arbetets syfte. Materialet som använts i framställningen består främst av engelsk vetenskaplig litteratur, vilken är inhämtad via Google Scholar, huvudsakligen artiklar publicerade i Web of Science.

Arbetet inleddes med att via Google söka svenska termer och frågeställningar relaterade till råmjölkskvalitet hos mjölkkor som till exempel ”Kan man påverka råmjölkskvalitet hos mjölkkor?” och ”Hur kan man påverka råmjölkskvalitet hos mjölkkor?” för att få uppfattning om vilka ordval som används inom ämnesområdet. Detta bidrog till att ett utökad ordförråd kunde användas för att få fler relevanta sökträffar med mer nyanserade fakta.

Baserat på en ökad kännedom om specifika termer gjordes sökningar i Google Scholar, huvudsakligen på engelska där söktermer sammanfogades i varierade kombinationer. Sökord som användes var dairy cows, colostrum, immunglobulins, IgG, quality, immunglobulins concentration, nutrition, body condition, protein och energi. Artiklar sorterades också efter årtal där 2020 användes för att selektera urvalet. Vidare inhämtades material genom användning av relaterade artiklar utifrån några för arbetet relevanta utgångsartiklar, vilket gjorde att ett utökad antal referenser kunde användas för att belysa ämnet ur flera perspektiv.

En del populärvetenskaplig litteratur, som sökts genom Google, har använts för att få en överblick över nuvarande rådgivning och rekommendationer från företag och myndigheter om det aktuella ämnet. Tidningen Husdjur och tidningen Nytt & Nyttigt av Svenska Foder har även använts för att se vilken kunskap som förmedlas till lantbrukare idag. Litteraturstudien bygger också på information från läroboken Mjölkkor och andra relevanta böcker för att beskriva grundläggande metabolism, sinläggningsstrategier och för att få en översikt om fakta gällande råmjölk. Detta ligger till grund för en ökad förståelse av olika studiers tillvägagångssätt och för att få en helhetsbild över många komplexa samband.

3. Litteratursammanställning

3.1 Mätmetoder för råmjölkskvalitet

Det finns ett flertal metoder för att mäta råmjölkskvalitet varav råmjölks tjocklek och färg kan ge en grov uppskattning (Bergsten et al. 1997). Att skatta råmjölkskvalitet genom visuell bedömning är emellertid ingen tillförlitlig metod att tillämpa (Welling 2023). Mer exakta mätvärden kan ges genom exempelvis en aerometer, kolostrometer eller genom optiska och digitala BRIX-refraktometrar (Bergsten et al. 1997; Biemann et al. 2010; Nilsson 2021). Enligt Biemann et al. (2010) anges både optiska och digitala BRIX-refraktometrar vara tillförlitliga verktyg att använda på gårdsnivå. En kolostrometer är mer ömtålig och svårhanterad jämfört med en BRIX-refraktometer och avråds från att användas (Kalvportalen 2019c).

Gemensamt för mätinstrumenten är att de mäter råmjölks specifika vikt då det finns ett direkt samband mellan råmjölks densitet och innehållet av antikroppar i råmjölken i form av immunglobuliner, Ig, vilket är en samling av de proteiner som ger en indikation på råmjölkskvalitet (Bergsten et al. 1997; Nilsson 2021). Immunglobulinerna, Ig, kan i sin tur framstå i olika varianter beroende på dess egenskaper såsom IgA, IgG och IgM varav IgG är det dominerande proteinet i råmjölk som står för 85-90 % av det totala innehållet av immunglobuliner. Det är därför IgG som huvudsakligen är önskvärd att få kännedom om för att avgöra råmjölkskvalitet (Godden et al. 2019). Exakta mätvärden av IgG kan ges med laboratoriska instrument (Welling 2023).

3.2 Riktlinjer för råmjölkskvalitet

Det finns en variation gällande riktlinjer för vad som anses vara godtagbar kvalitet. Nilsson (2021) menar att halten immunglobulin bör vara mellan 40 g och 50 g per liter för att vara av tillfredställande nivå medan Bergsten et al. (1997) menar att råmjölken inte bör underskrida 40 g Ig per liter råmjölk. Vidare rekommenderar

Bergsten et al. (1997) att höga antikropps nivåer om 80 g per liter råmjölk bör eftersträvas då denna kan användas för att höja Ig-koncentrationen i undermålig råmjölk.

Enligt Biemann et al. (2010) föreslås att råmjölken ska innehålla en koncentration av minst 50 g IgG per liter råmjölk för att vara av godtagbar kvalitet, vilket motsvarar ett BRIX-värde på minst 22 %. Ett BRIX-värde på minst 22 % rekommenderas även av Welling (2023) och SVA (2024) samtidigt som ett flertal studier uppger ett referensvärde på minst 50 g IgG per liter råmjölk som godtagbar kvalitet (Godden 2019; Gulliksen et al. 2008; Mulder 2017; Ogilvie et al. 2023; Smith & Stockdale 2004).

Råmjölksersättning eller råmjölkstillskott finns att tillgå för att kompensera undermålig råmjölk (Godden et al. 2019). Svenska lantbrukare avråds emellertid att använda råmjölksersättning då det finns risk att smittämnen introduceras i besättningen. Vid behov finns ett spraytorkat råmjölkspulver som kan användas men att använda infrysad råmjölk av hög kvalitet är att rekommendera (Kalvprotalen 2019b).

3.3 Utfodringsstrategiers påverkan på råmjölkens kvalitet under sintidsperioden

Sintidsperioden delas vanligtvis upp i två delar för att kunna ha en anpassad foderstyrning och tillmötesgå kons energikrav under hennes dräktighetstid. Kon har ett lägre energibehov under sintidsperioden än under laktationen (Hulsen 2017). Foderstaten behöver tiden efter sinläggning vara utformad för att förse kons energibehov vad gäller underhåll och tillägg för dräktighet (Bergsten et al. 1997). En utgångspunkt är att foderstaten ska ha ett energiinnehåll på 9 MJ per kg ts och innehålla 12-13 % smältbart råprotein (Hulsen 2017).

Vid tiden närmare kalvning ökar kons energibehov. För att tillgodose det ökade energikravet bör det lämpligtvis kompletteras med ett tillvänjningsfoder tre till fyra veckor innan beräknad kalvning (Bergsten et al. 1997). En succesiv upptrappning av tillvänjningsfodret fram till kalvning bör göras då snabba förändringar i foderstaten är ogynnsam för mikrofloran i våmmen samtidigt som fodermedel som används i de lakterande kornas foderstat också kan börja användas (Bergsten et al. 1997; Nilsson 2021).

De sista en till två veckorna innan beräknad kalvning behöver energikoncentrationen i totalfoderstaten öka ytterligare (Bergsten et al. 1997). Komplement av kraftfoder med ett ökat protein- och energiinnehåll kan användas för att förse kons energibehov då kraftfoder innehåller en stor andel lättlösliga kolhydrater, vilket ger en snabbare passagehastighet genom våmmen och kon kan ha ett högre foderintag (Bergsten et al. 1997; Nilsson 2021). Rekommenderade riktlinjer är att foderstaten ska innehålla 10,5-11 MJ per kg ts och 13-14 % smältbart råprotein vid tiden för kalvning (Hulsen 2017).

3.3.1 Kolhydrater

Kolhydrater fermenteras av mikroorganismer i våmmen till koldioxid, metan och flyktiga fettsyror huvudsakligen ättiksyra, propionsyra och smörsyra (Nilsson 2021). De flyktiga fettsyrorna resorberas genom våmväggen och transporteras med blodet för att användas till energi och ingår i bildandet av mjölkfett. Vid högre givor av kraftfoder ökar andelen propionsyra, medan andelen ättiksyra minskar (Nilsson 2021).

Effekten av olika energinivåer och dess korrelation med råmjölkens innehåll av immunglobuliner har undersökts i ett flertal studier (Smith & Stockdale 2004; Gulliksen et al. 2008; Nowak et al. 2012; Mann et al. 2016; Dunn et al. 2017). I en studie har Mann et al. (2016) påvisat att sinkofoderstatens energiinnehåll har inverkan på koncentrationen av immunglobulin. I försöket ingick 84 Holsteinkor, som hade minst två laktationer där tre foderstatsblandningar jämfördes. Försöket baserades på en sinkos totala energibehov under sintidsperioden. Två grupper tilldelades en foderstat under 58 dagar innan kalvning. Den ena foderstaten skulle tillgodose en kos energikrav under sintidsperioden och den andra foderstatsblandningen innehöll ett energiöverskott med 150 %. Den tredje gruppen tilldelades en foderstat som var utformad för att tillgodose en sinkos energibehov från 58 dagar till 29 dagar innan beräknad kalvning. De sista 28 dagarna innan kalvning innehöll sinkofoderstaten ett energiöverskott på 125 %. Slutsatsen från studien är att en foderstat som är utformad för att förse en sinkos näringsbehov resulterar i ökad halt av IgG jämfört med de kor som tilldelas en foderstat med ett energiöverskott på 150 %. En ökning från 72,4 g IgG/l till 96,1 g IgG/l råmjölk observerades (Mann et al. 2016).

Resultaten från föreliggande studie är i paritet med resultatet som erhålls av Gulliksen et al. (2008) där en ökad kraftfodergiva har en negativ korrelation med IgG-halten i råmjölken. Enligt Gulliksen et al. (2008) är en möjlig förklaring en

utspädningseffekt av immunglobuliner då ett kraftfodertillskott med ett ökat energiinnehåll resulterar i en högre råmjölksavkastning.

Liksom Smith & Stockdale (2004) fann i likhet med Mann et al. (2016) och Gulliksen et al. (2008) resultat att sinkofoderstatens energiinnehåll har inverkan på råmjölks kvaliteten. I försöket jämfördes tre foderstater med fullfoder, vilka baserades på en kontrollfoderstat innehållande 10,6 MJ per kg ts omsättbar energi, 11,8 % råprotein och 43,6 % NDF. I de övriga två foderstaterna åtskildes innehållet av energi- respektive proteinnivån. Energifoderstaten utgjordes av 10,9 MJ per kg ts omsättbar energi, 12,3 % råprotein och 37,0 % NDF och proteinfoderblandningen utgjordes av 11,4 MJ per kg ts omsättbar energi, 23,5 % råprotein och 33,6 % NDF. Resultaten från studien indikerar att ett förhöjt energiintag i förhållande till kons energibehov medför en lägre koncentration av IgG vid första urmjölkning (Smith & Stockdale 2004).

Vidare påvisar Dunn et al. (2017) att en utfodringsstrategi med ett ökat energiinnehåll inte är associerad med råmjölks sammansättning gällande dess innehåll av IgG. I studien jämfördes en foderstat med gräsensilage och en fullfoderblandning med gräsensilage och kraftfoder. Foderstaterna var utformade för att tillmötesgå en sinkos energibehov under sintidsperioden respektive en fullfoderblandning med ett energiöverskott på 130 %, vilket i studien motsvarar ett energiintag på 106 MJ/dag respektive 138 MJ/dag räknat som omsättbar energi (Dunn et al. 2017).

Foderstaten med inkludering av kraftfoder resulterade i en ökad råmjölksavkastning utan att medge en utspädningseffekt. Koncentrationen av IgG och det totala utbytet av IgG förblev oförändrad oavsett utfodringsstrategi trots en högre energitäthet i fullfoderblandningen (Dunn et al. 2017).

I en annan studie jämförde Nowak et al. (2012) en foderstat med en lägre energitäthet och en foderstat med en högre energitäthet från åtta veckor till en vecka innan beräknad kalvning. Foderstaten med den lägre energikoncentrationen innehöll 56 % NDF per kg ts genom att den innehöll mer halm och foderstaten med den högre energitätheten innehöll 52 % NDF per kg ts. Den sista veckan innan beräknad kalvning tilldelades ett övergångsfoder till båda försöksgrupperna motsvarande 35 % NDF per kg ts (Nowak et al. 2012).

Resultatet visar att en begränsad energitäthet i foderstaten ger en ökad koncentration av IgA. Däremot kan foderstatens energitäthet inte relateras till något samband gällande råmjölks totala immunglobulininnehåll (Nowak et al. 2012).

3.3.2 Protein

Råprotein bryts ner i våmmen av mikrober, som främst jäser icke-strukturkolhydrater till aminosyror, som därefter bryts ner till fettsyror och kväverika ämnen varav ammoniak är det dominerande ämnet (Björnhag et al. 1989; Bergsten et al. 1997; Nilsson 2021). Ammoniak används i sin tur som kvävekälla tillsammans med fettsyror av mikrober, som huvudsakligen jäser strukturella kolhydrater, till uppbyggnad av aminosyror och proteiner, vilket benämns som mikrobprotein (Bergsten et al. 1997; Nilsson 2021). Mikrobprotein tillsammans med våmstabil protein, foderprotein som inte fermenteras i våmmen och som passerar relativt opåverkad, bryts ner till aminosyror av enzymer i löpmagen och tunntarmen genom att buffrande bukspott och galla tillförs. Aminosyrorna kommer sedan kon tillgodo genom att de absorberas i tunntarmslemhinnan (Bergsten et al. 1997). Den totala mängden aminosyror från onedbrutet protein i våmmen och mikrobprotein som resorberas i tunntarmen kallas för AAT-värde, vilket står för aminosyror absorberade i tunntarmen (Nilsson 2021).

En för hög andel lösligt protein gör att det bildas mer ammoniak i våmmen än vad mikroberna kan tillgodogöra sig (Nilsson 2021). Detta gör att det behöver finnas en balans mellan av för mikroberna våmlösligt protein och lösliga kolhydrater för att få en fungerande bildning av mikrobprotein. Detta förhållande kallas för PBV-värde, vilket står för proteinbalans i våmmen. Vid en för hög ammoniakkoncentration behöver mängden lösliga kolhydrater eller andelen våmstabil protein öka för att reglera PBV-värdet (Nilsson 2021). En ökad tillförsel av kolhydrater gör därmed att mikrobaktiviteten ökar, vilket gör att ammoniak förbrukas (Björnhag et al. 1989; Fogelfors 2015).

Råproteinets inverkan på råmjölkens kvalitet har undersökts i studier med varierande resultat (Smith & Stockdale 2004; Toghyani & Moharrey 2015). I studien gjord av Smith & Stockdale (2004) ökade IgG koncentrationen med 10,0 g per kg råmjölk för varje ytterligare kg råprotein som tillfördes i foderstaten till sinkor vid 3 till 4 veckor innan beräknad kalvning. Deras slutsats är att koncentrationen av IgG på gårdsnivå kan påverkas genom näringsmässiga medel (Smith & Stockdale 2004).

I motsats till resultat från Smith & Stockdale (2004) fann Toghyani & Moharrey (2015) inget samband mellan foderstatens innehåll av råprotein mellan 11,9 % eller 14,2 % och råmjölkens kvalitet. Ett ökat råproteininnehåll föreföll att ge en lägre råmjölksdensitet jämfört med det lägre råproteininnehållet utan att koncentrationen av IgG påverkades. Enligt Toghyani & Moharrey (2015) kan utfallet troligtvis relateras till råmjölksvolymen, som i likhet med Gulliksen et al. (2008)

observation vad gäller en potentiell utspädnings effekt av råmjölk vid ökad volym eftersom avsaknad av signifikanta skillnader av IgG uteblev.

Mängden våmstabil protein i fodret avgör hur mycket aminosyror som kommer kon tillgodo (Björnhag et al. 1989). Vid en ökad mängd våmstabil protein i fodret kommer en högre andel aminosyror kunna absorberas från tunntarmslemhinnan och transporteras med blodet för att användas som byggstenar i bildandet av mjölkprotein (Björnhag et al. 1989; Bergsten et al. 1997). Enskilda aminosyror kan tillsättas i foderstaten efter att de behandlats mot nedbrytning i våmmen för att höja AAT-värdet (Bergsten et al. 1997). Detta kan vara motiverat då metionin och lysin är två begränsade aminosyror i många lakterande kors foderstater, vilket nyligen har undersökts som komplement i foderstater till sinkor (Wang et al. 2021; Van Hese et al. 2023).

Att komplettera sinkors foderstat med våmskyddat protein i form av lysin för att höja andelen AAT i foderstaten medger en ökad koncentrationen av IgG (Van Hese et al. 2023). I studien delades sintidsperioden upp i två delar där foderstaternas sammansättning skiljde sig åt mellan perioderna. Den första perioden inleddes 45 dagar innan kalvning och övergick till den andra perioden vid 14 dagar innan beräknad kalvning. Två foderstater, vilka baserades på majsensialge och hackad halm jämfördes. Den ena foderstaten kompletterades med våmskyddat protein i form av sojamjöl under hela sintidsperioden för att uppnå en ökning med 2 % råprotein, vilken till övervägande del innehöll lysin och en lägre andel metionin. I den jämförande foderstaten inkluderades koncentrat i den andra perioden. Studien visade att kor som tilldelats en foderstat som kompletterats med våmstabil protein under hela sintidsperioden och ingick sin andra laktation hade signifikant högre koncentration av IgG i sin råmjölk jämfört med andrakalvare som inte fick tillskott av våmskyddat protein. Vidare fanns ingen signifikant skillnad gällande IgG koncentration mellan foderstaterna hos kor med fler än två laktationer (Van Hese et al. 2023).

Van Hese et al. (2023) drog slutsatsen att kor vid sin andra laktation fortfarande är under tillväxt, vilket gör att de troligtvis kan tillgodose sig den ökade mängden protein som finns i foderstaten jämfört med äldre kor. Vidare noterar Van Hese et al. (2023) att råproteinhalten för den jämförande foderstaten hade ett underhålligt innehåll av råprotein under den första perioden och en godtagbar nivå under den andra perioden, men värdet för AAT överstegs i båda foderstaterna baserat på rekommenderade riktvärden.

I motsats till Van Hese et al. (2023) har Fehlberg et al. (2020) inte kunnat påvisa någon signifikant effekt av att tillföra lysin i foderstater till sinkor vid 28 dagar

innan beräknad kalvning. I studien motsvarade inkluderingsgraden 0,54 % lysin av den totala foderstatens torrsubstansinnehåll (Fehlberg et al. 2020).

Wang et al. (2021) kunde i annan studie påvisa förbättrad råmjölkskvalitet vid tillskott av våmskyddat protein i foderstaten till sinkor. I studien jämfördes fyra utfodringsstrategier varav en kontrollfoderstat utan tillskott av våmskyddat protein, en med komplement av lysin respektive metionin och en med komplement av både lysin och metionin. Lysin stod för 0,33 % av den totala foderstatens torrsubstans och metionin inkluderades med 0,16 % av den totala foderstatens torrsubstans (Wang et al. 2021).

Vid jämförande av foderstaterna visar samtliga utfodringsstrategier med tillskott av aminosyror en ökad koncentration av IgG (Wang et al. 2021). Enligt BRIX-värden ökade i genomsnitt immunglobulininnehållet från 21,5 % i kontrollfoderstaten utan komplement av aminosyror till 24,7 % i foderstaterna med komplement av aminosyror. Den högsta IgG koncentrationen erhöles från foderstaten där både lysin och metionin inkluderats i fullfoderblandningen. Det var ingen skillnad mellan foderstaterna som enbart innehöll lysin respektive metionin (Wang et al. 2021).

Wang et al. (2021) konstaterar att en möjlig förklaring till den ökade koncentrationen av IgG är att aminosyror påverkar råmjölks sammansättning av proteiner, vilket påverkar BRIX-värdet.

3.3.3 Fett

Foderfett, huvudsakligen triglycerider, spjälkas av mikroorganismer i våmmen till glycerol och fettsyror (Bergsten et al. 1997). Glycerol jäses till propinsyra, medan fettsyror inte kan brytas ner av mikrober. Fettsyror är istället direkt hämmande för mikroorganismerna och toxicitet kan uppstå. Skadligheten på mikroberna avgörs delvis beroende på fettsyroras löslighet i vatten då korta och omättade fettsyror har större skadlighet genom att de är mer lättflytande. För att göra de omättade fettsyrorerna mer lösliga omvandlar specialiserade mikroorganismer i våmmen omättade fettsyror till mättade fettsyror, vilket benämns biohydrering. Processen ger upphov till att en viss belastning på mikroorganismerna uppstår (Bergsten et al. 1997).

Oavsett behöver mikroorganismer i våmmen en viss mängd fett till uppbyggnad av sina cellmembran (Bergsten et al. 1997). Vid avsaknad av fett i foderstaten syntetiserar mikroorganismerna egna fettsyror genom metabolism av kolhydrater men denna tillverkning av fettsyror är resurskrävande. Om foderstaten innehåller

tillräckligt med fett reduceras belastningen på mikroberna genom att dessa tillförs med foderfettsyror. Inkludering av fett i för stora givror kan dock ge motsatt effekt då metaboliska störningar kan uppstå eftersom mikroorganismerna i våmmen hämmas, vilket direkt påverkar kons allmänna tillstånd negativt (Bergsten et al. 1997).

Att utfodra fett i skyddad form minskar däremot belastningen på mikroorganismerna genom att hydronegering i våmmen utgår. Fettet kan då passera våmmen opåverkat och fettsyrasammansättningen som når kons tunntarm påverkar i sin tur sammansättningen av råmjölken (Bergsten et al. 1997; Nilsson 2021). Foderstatens innehåll av långkedjiga fettsyror har påvisats återspegla den fettsyraprofil som återfinns i råmjölken (Garcia et al. 2014; Salehi et al. 2016; Jolazadeh et al. 2019).

Försåpat fett med kalcium och mättade fetter är exempel på våmskyddade fetter, vilka har undersökts i studier i relation till råmjölkens kvalitet (Garcia et al. 2014; Salehi et al. 2016; Jolazadeh et al. 2019; Nilsson 2021; Svenska Foder 2022). Våmskyddade fetter kan ges som alternativ för att öka andelen fett i foderstaten (Svenska Foder 2022). Forskare är överens om att foderstater till sinkor, som kompletteras med långkedjiga fettsyror främjar en ökad koncentration av IgG. Det föreligger ännu inget entydigt svar om vilken typ av långkedjig fettsyra, som kan härledas till en ökad halt av IgG (Jolazadeh et al. 2019). Enligt Jolazadeh et al. (2019) ökar koncentrationen av IgG i genomsnitt från 98 g/l till 126 g/l i råmjölk med fleromättade fettsyror oavsett om foderstaten kompletteras med kosttillskott av kalciumsalter av omega 3, linolensyra, eller omega 6, linolsyra, under de sista tre veckorna innan beräknad kalvning.

I en annan studie av Garcia et al. (2014) ökade koncentrationen av IgG i råmjölken hos kor som både tilldelats en foderstat som kompletterats med 1,7 % ts stearinsyra, som är en mättad fettsyra eller som kompletterats med 2,0 % ts kalciumsalt av linolsyra under sin tidsperioden jämfört med inget tillskott av fett.

Vidare undersökte Salehi et al. (2016) effekten av att komplettera valdsade oljevaxter i foderstaten till sinkor och råmjölkens kvalitet. I studien jämfördes tre foderstater under de sista 35 dagarna innan beräknad kalvning. Kontrollfoderstaten innehöll inget kompletterat oljefrö och de andra två foderstaterna innehöll antingen 8 % rapsfrö respektive solrosfrö av den totala foderstatens torrs substans. Resultatet visar att IgG koncentrationen ökade från 53,1 g/l i foderstaten som innehöll raps till 75,8 g/l i foderstaten med solrosfrö, vilket motsvarar en ökning från 20,3 % till 24,3 % enligt BRIX-värden. Dessutom hade kontrollfoderstaten en högre IgG

koncentration med 58,2 g/l jämfört med foderstaten innehållande rapsfrö (Salehi et al. 2016).

Resultatet kan förklaras med att rapsfrö och solrosfrö har olika fettsyraprofil (Salehi et al. 2016). Rapsfrö innehåller mestadels oljesyra, vilken är en enkelomättad fettsyra tillhörande fettsyran omega-9 och solrosfrö innehåller en stor andel linolsyra. Den ökande andelen linolsyra från solrosfrön metaboliseras i våmmen och bidrar till en ökad produktion av endogen konjugerad linolsyra, vilket anges kunna vara en förklaring till den ökade koncentrationen av IgG. Slutsatsen av studien är att solrosfrö ökar råmjölkens innehåll av IgG men vidare forskning är nödvändig för att fastställa dess verkan (Salehi et al. 2016).

3.3.4 Bete

Tidpunkt på året när kon kalvar kan påverka råmjölkens kvalitet. Kor som kalvar under sommarhalvåret och hösten har högre immunglobulinhalt i deras råmjölk jämfört med kor som kalvar under senvinter och vår (Bergsten et al. 1997).

Enligt Gulliksen et al. (2008) ändras foderstatssammansättningen under maj till september då en del av foderstaten utgörs av färskt gräs som ges från bete. Kor som fått tillgång till bete och som kalvat under augusti, september och oktober har en högre koncentration av IgG jämfört med kor som kalvat andra tidpunkter på året (Gulliksen et al. 2008).

Det finns ett flertal studier som anger säsongvariationer, som en inverkan på råmjölkens kvalitet. Dock framhålls ingen korrelation som en följd effekt av betesdrift (Godden et al. 2019).

3.3.5 Vitaminer och mineraler

Vitaminer och mineraler är viktiga komponenter i en sinkofoderstat (Kalvportalen 2019a). Tillförsel i rätt balans är av väsentlig betydelse då en obalans av ämnena kan resultera i bland annat en försämrad råmjölkskvalitet. Det finns ett flertal sinkomineraler på marknaden där valet av mineralsammansättning behöver anpassas med hänsyn till den övriga foderstatens näringsinnehåll. Huvudsakligen ska mineralfodret avses för dräktiga kor de sista två månaderna innan beräknad kalvning (Kalvportalen 2019a; Nilsson 2021).

D-vitamin

D-vitamin bildas vid solbestrålning genom att vitamin D₃ bildas i kons hud eller att vitamin D₂ bildas i växtceller (Bergsten et al. 1997). Kon kan tillgodose sig båda formerna av D-vitamin genom att de omvandlas till kalciferol, som är den mest aktiva typen av D-vitamin. Rekommenderad mängd i foderstaten är 20 000 IE per ko och dag, vilket motsvarar 0,5 mg D-vitamin per ko och dag och är en höjning från tidigare svenska rekommendationer. Direktskördat ensilage innehåller en låg halt D₂ medan ett soltorkat foder om 89 % ts innehåller en hög halt D₂ med 500-1000 IE per kg foder (Bergsten et al. 1997).

Kalciferol omvandlas i sin tur till kalcidol, 25-hydroxyvitamin, i levern genom hydroxylering, vilket innebär att den kemiska strukturen för kalcidol adderas med en alkoholgrupp. Kalcidol omvandlas i sin tur till kalcitriol, 1,25-dihydroxyvitamin, i njuren, som är den aktiva formen av vitamin D (Martinez et al. 2018).

Genom att tillsätta 3 mg kalcidol per 11 kg ts foder och dag i en fullfodermix till sinkor under de sista 21 dagarna innan kalvning kan en ökad koncentration av IgG i råmjölken åstadkommas jämfört med ett tillskott på 3 mg kalciferol (Martinez et al. 2018). Enligt Martinez et al. (2018) är en möjlig förklaring att kalcitriol ökar upptaget av kalcium i juvret. Det ökade kalciumupptaget i juvret gör att en ökad mängd kasein bildas i mjölkkörtelns alveolceller, vilket utgör tre fjärdedelar av det protein som återfinns i mjölk. Detta gör att en större mängd mjölkproteiner utsöndras till alveolen och ett högre antikroppsinnehåll i råmjölken kan observeras (Björnhag et al. 1989; Martinez et al. 2018).

Enligt Poindexter et al. (2023) påverkar däremot källan till D-vitamin inte immunglobulininnehållet i råmjölk såsom Martinez et al. (2018) redovisar. I föreliggande studie jämfördes tillförsel av kalciferol och kalcidol i en fullfodermix från 250 dagars dräktighet på nivåer av 1 mg respektive 3 mg per dag. Varken kalciferol eller kalcidol vid olika nivåer påverkar koncentrationen av IgG (Poindexter et al. (2023).

B-vitamin

Nikotinsyra är en form av B-vitamin, vilken visats ge positiv effekt på råmjölkens kvalitet vid komplettering i foderstaten till sinkor (Bergsten et al. 1997; Aragona et al. 2016). I en studie gjord av Aragona et al. (2016) jämfördes en foderstat utan tillförsel av nikotinsyra med en foderstat kompletterat med 48 g nikotinsyra per dag under de sista fyra veckorna innan kalvning. Resultatet visar att nikotinsyra ökar koncentrationen av IgG från 73,8 g/l till 86,8 g/l råmjölk, vilket motsvarar en ökning med 18 % (Aragona et al. 2016).

En möjlig förklaring till den högre IgG koncentrationen anges vara att nikotinsyra bidrar till att öka blodflödet till juvret (Aragona et al. 2016). Det ökade blodflödet gör att mer immunglobulin kan överföras till juvret och återfinnas i råmjölken. En ytterligare förklaring anges vara att nikotinsyra berikar våmmen med protozoer, vilka förbrukar stärkelsepartiklar i utbyte mot att ättiksyra bildas. Ättiksyra gör att pH i våmmen blir stabil och gör att en förökning av önskade bakterier gynnas. Detta i sin tur ökar det mikrobiella proteinet som når kons tunntarm då större delen av det mikrobiella proteinet som syntetiseras i kons våm absorberas i tunntarmen i form av aminosyror. Ökningen av aminosyror kan därmed förklara den höjda IgG koncentrationen (Aragona et al. 2016).

En liknande studie gjordes för att identifiera mängden nikotinsyra som har gynnsam effekt på förbättrad råmjölkskvalitet där nivåer på 0 g, 16 g, 32 g eller 48 g nikotinsyra per dag jämfördes (Aragona et al. 2020). Ett linjärt samband kunde påvisas mellan mängd tillförd nikotinsyra i sinkofoderstaten och koncentrationen av IgG. Den största koncentrationen erhöles från sinkofoderstaten med 48 g nikotinsyra. Vidare fastställer Aragona et al. (2020) att en ökning av mikrobiell proteinproduktion bidrar till att höja IgG koncentrationen i råmjölk (Aragona et al. 2020).

CAB

Rekommendationer om foderstater till sinkor utgår idag från att eftersträva ett negativt CAB-värde, katjon-anjonbalans, med syfte att motverka produktionssjukdomar och i synnerhet avses kalvningsförlamning som den främsta anledningen (Hulsen 2017; Kalvportalen 2019a; Nilsson 2021). Att eftersträva ett negativt CAB-värde i sinkofoderstaten avser att sänka pH i blodet för att stimulera fysiologiska processer i kroppen att mobilisera kalcium från skelettet och tarm. CAB-värdet erhålls genom att beräkna differensen mellan positiva joner, kattjoner, och negativa joner, anjoner. Till positiva joner hör ämnen såsom kalium och natrium och till negativa joner hör ämnen såsom klor och svavel (Nilsson 2021). Målet är att sinkofoderstaten ska ha ett CAB-värde under 0 mekv/kg ts men helst ett värde på -150 mekv/kg ts (Kalvportalen 2019a). Enligt Nilsson (2021) kan dessa mål vara svåra att uppnå och menar att ett värde under 100 mekv/kg ts är att sikta på. Att eftersträva en foderstat till sinkor som innehåller mindre än 1,5 % kalium och tillräckligt med magnesium, >3,5 g/dag, bidrar till att sänka CAB-värdet (Hulsen & Aerden 2014; Hulsen 2017; Kalvportalen 2019a). Till kaliumfattiga fodermedel hör helsädesensilage, majsensilage eller sent skördad återväxt medan klöverrika vallar med mycket baljväxter innehåller mycket kalcium och bör undvikas (Nilsson 2021).

Att tilldela en foderstat innehållande ett negativt CAB-värde på -22 mEq/100 g ts jämfört med ett CAB-värde på -3 mEq/100 g ts fyra veckor innan beräknad kalvning visade Diehl et al. (2018) resultera i en ökad koncentration av IgG. Att ha ett lägre kalciuminnehåll med 1,3 % av den totala torrsubstansen jämfört med 1,8 % av den totala torrsubstansen medgav även en ökad koncentration av IgG (Diehl et al. 2018).

I en annan studie var det ingen skillnad i IgG koncentration gällande utfodringsstrategi med avseende på CAB-värdet. I studien jämförde Rajaeerad et al. (2020) tre sinkofoderstater tre veckor innan beräknad kalvning där CAB-värdet varierade mellan + 86 mekv/kg ts, + 95 mekv/kg ts och -115 mekv/kg ts (Rajaeerad et al. 2020). Liksom Martinez et al. (2018), som undersökte interaktionen mellan CAB-värde och D-vitamin fann ingen effekt av varierande CAB-värde och innehållet av IgG. I studien jämfördes ett negativt CAB-värde på -130 mEq/kg och ett positivt CAB-värde på 130 mEq/kg (Martinez et al. 2018).

Magnesium

Magnesium är ett makromineral, som utgör en viktig foderkomponent i foderstaten till sinkor. Det behöver finnas en tillräcklig hög magnesiumnivå, vilken varierar beroende på foderstatens kaliuminnehåll, vilket gör det svårt att ange en fast riktlinje (Bergsten et al. 1997; Hulsén 2017). En ökad kaliumnivå gör att magnesiumnivån behöver höjas. Problemet med sinkofoderstaten är vanligtvis att kaliumnivån kan bli för hög, vilket gör det svårt att upprätthålla en god magnesiumnivå (Bergsten et al. 1997; Nilsson 2021).

Kovács et al. (2023) har i en studie undersökt en komplettering av foderstaten under sintidsperioden med magnesiumbutyrat, som är en fodertillsats. Att tillföra 105 g magnesiumbutyrat per ko och dag under de sista tre veckorna innan beräknad kalvning medgav en positiv effekt på det totala utbytet av IgG i råmjölken. Till skillnad från Gulliksen et al. (2008), som redovisar en utspädningseffekt med ökad råmjölksmängd förefaller att koncentrationen av IgG förbli oförändrad trots ökad råmjölksmängd med tillskott av magnesiumbutyrat (Kovács et al. 2023).

Spårämnen

Ett flertal studier har undersökt spårämnens inverkan på råmjölkens kvalitet (Kinal et al. 2005; Formigoni et al. 2011; Nayeri et al. 2014). Dit hör bland annat zink, koppar, järn, mangan, selen, kobolt och molybden, vilka är mikromineraler som krävs i små mängder baserat på den totala mineralhalten (Björnhag et al. 1989; Bergsten 1997). Gemensamt för studierna är att de tyder på att organiska former av

spårämnen har högre biotillgänglighet än oorganiska källor, vilket ger en förbättrad absorptionsförmåga och utnyttjandegrad av mineralet (Kinal et al. 2005; Formigoni et al. 2011; Nayeri et al. 2014).

I en studie observerade Nayeri et al. (2014) en linjär ökning av IgG koncentrationen i råmjölk vid ökande halt av zinkaminiosyrakomplex hos kor som kalvat minst två gånger. I studien jämfördes tre olika nivåer av tillförsel på zink från runt 28 dagar innan beräknad kalvning till 250 dagar efter kalvning där samtliga behandlingar innehöll en total zinknivå på 75 mg zink per kg ts, vilket är högre än det rekommenderade värdet på 30 mg/kg ts och dag under sintidsperioden och 56 mg/kg ts under laktation. Skillnaden mellan behandlingarna var förhållandet mellan zinksulfat och zinkaminiosyrakomplex i foderstaterna under sintidsperioden och under laktationen (Nayeri et al. 2014).

En foderstat utgjordes enbart av 75 mg zinksulfat medan de andra två foderstaterna ersattes med zinkaminiosyrakomplex på nivåer om med 33,3 mg/kg ts under sintidsperioden och 15,5 mg/kg ts under laktationsstadiet respektive 66,6 mg/kg ts under sintidsperioden och 40,0 mg under laktationen. Resterande mängd zink utgjordes av zinksulfat för att uppnå den totala nivån på 75 mg zink per kg ts (Nayeri et al. 2014).

Resultatet visar att IgG koncentrationen ökar med 34 % då zinkaminiosyrakomplex utgör den dominerande zinkkällan, vilket kan förklaras med att andelen organisk zink, vilken har högre biotillgänglighet, ökat (Nayeri et al. 2014). Det gör att spårmineralen lättare kan absorberas i kroppen. Att till viss del ersätta zinksulfat med zinkaminiosyrakomplex verkar också positivt på en förbättrad råmjölkskvalitet. Detta tyder på att zink har en viktig roll i syntesen av immunglobulin (Nayeri et al. 2014).

Att tilldela mineraler i aminiosyrakomplex istället för i sulfatform har också undersökts av Kinal et al. (2005) med en liknande slutsats som Nayeri et al. (2014), vilka funnit att bättre absorption av spårämnena kunde identifieras. Kinal et al. (2005) undersökte skillnaden mellan att tilldela zink, mangan och koppar som sulfatsalter eller som kelat, mineral i organisk form. Att ersätta 30 % av det totala mineralbehovet med kelat under de sista sex veckorna innan kalvning resulterade i en ökning av IgG från 42,18 g/l till 57,46 g/l råmjölk. En giva på 315 mg per dag för zink och mangan samt en giva på 63 mg per dag för koppar medgav den största skillnaden av IgG räknat på att sinkorna konsumerade mellan 10,2 och 10,6 kg ts beroende på säsong (Kinal et al. 2005).

Liksom Formigoni et al. (2011) observerade en ökning av IgG motsvarande 19 % då zink, mangan och koppar i sulfatform ersättes med mineraler i organisk form. Försöket inleddes sex veckor innan beräknad kalvning och fortgick fram till 240 dagar i mjölk. Den ena gruppen tilldelades enbart spårämnen i sulfatform under sintidsperioden och laktationen. Den andra gruppen tilldelades spårämnen med 500 g/kg i sulfatform och 500 g/kg i organisk form under sintidsperioden och med 750 g/kg i sulfatform och 250 g/kg i organisk form under laktationen. En ökning från 57,0 g/l till 67,9 g/l gällande IgG observerades. Åldersuppdelning av nötkreaturen gjordes inte i försöket (Formigoni et al. 2011).

Att öka andelen spårämnen i organisk form för att höja immunglobulinhalten styrks emellertid inte av Kerwin et al. (2023) liksom Ogilvie et al. (2023) har inte funnit någon signifikant skillnad av att tilldela spårmineraler av olika ursprung och råmjölkens kvalitet.

3.4 Hullets påverkan på råmjölkens kvalitet

Kons hullstatus har en nära korrelation med kons foderintag (Hulsen 2017). Hull bedöms vanligtvis på en 5-gradig skala där 1 är mycket mager och 5 är mycket fet. Hullpoängen varierar normalt under kons laktation och under sintidsperioden. Att eftersträva ett hullpoäng mellan 2 och 3,5 är att rekommendera där hullpoäng 2 kan tillåtas under kons höglaktation (Nilsson 2021). Hullpoänget får max sjunka med 0,75 poäng under laktationen (Hulsen 2008).

Kor som ska kalva bör inte överskrida ett hullpoäng på 3 då det exempelvis kan relateras till komplikationer i samband med kalvning och ett hullpoäng lägre än 3 kan associeras till ett lägre innehåll av IgG (Nilsson 2021; Aghakhani et al. 2022). Hulljustering ska om nödvändigt ske under andra hälften av laktationen fram till sinläggning. Under sinläggningsperioden bör hullpoängen förbli oförändrad eller max öka med ett halvt poäng (Hulsen 2017).

Viktökningar, som ett resultat av ett för högt energiintag under sinläggningsperioden medför en ökad risk för hälsostörningar vid kalvning och under kommande laktation då feta kor är mer benägna att äta för lite vid tiden för kalvning och i början av laktationen. Viktminskningar under sintidsperioden kan dock komma att orsaka ännu fler problem då magra kor har sämre motståndskraft mot sjukdomar (Hulsen 2008; Hulsen 2017). Sinkor som avtagit i vikt med över 20 kg under sintidsperioden ger dessutom fyra gånger ökad risk för produktion av kvalitetsmässigt undermålig råmjölk (Mulder et al. 2018). Enligt Mulder et al. (2018) hade 76 % av totalt 95 kor i en studie av råmjölkskvalitet under det

rekommenderade IgG-värdet på 50 g/l, som upplevt viktninskning. Aghakhani et al. (2022) styrker i en annan studie att koncentrationen av IgG i råmjölken sjunker hos de kor som har viktninskning under sintidsperioden jämfört med de kor som bibehåller eller ökar i hull. Enligt Aghakhani et al. (2022) kan det förklaras med att kons energireserver åtgår till kroppens immunförsvar istället för överföring av immunglobulin till råmjölken.

Sintidsperiodens längd och koras har också inverkan på kons hullstatus och hur den varierar under laktationen (Hulsen 2008; Hulsen 2017). Mulder et al. (2018) föreslår att en kortare sintidsperiod minskar risken för att kons hull ska avta under sintiden och att en längre sintidsperiod kan bidra till att öka kons hullstatus. Enligt Hulsen (2017) kan en sintidsperiod på över åtta veckor dock leda till att kon blir för fet. Mann et al. (2016) har påvisat att sinkors hullökning under sintidsperioden har negativ inverkan på råmjölakens kvalitet. I genomsnitt bedömdes samtliga sinkor i försöket ha hullklass 3,1 vid sintidsperiodens början. De sinkor som bedömts ökat i hull ökade i genomsnitt med 0,27 poäng jämfört med de sinkor som hade likvärdig hullklass under hela sintidsperioden (Mann et al. 2016).

I motsats till Mann et al. (2016) fann Smith & Stockdale (2004) att kor som ökar i hull under sintidsperioden producerar råmjölk av högre kvalitet jämfört med de sinkor som har en oförändrad hullstatus under sintidsperioden. Smith & Stockdale (2004) redovisar att feta sinkor har ett lägre foderintag jämfört med sinkor som är tunna, vilket stämmer överens med Hulsens (2017) beskrivning om att feta kor är benägna att ha ett lägre foderintag vid tiden för kalvning. De sinkor som ökat i hull under sintidsperioden konsumerade dock fortsatt betydligt mer foder räknat i kg torrs substans foder än de jämförande grupperna oavsett hullstatus. I Smith & Stockdales (2004) försök var foderintaget för de kor som ökat i hull korrelerat med att foderstaten hade ett ökat proteininnehåll. De sinkor som erbjöds en foderstat som tillmötesgick deras energi- och proteinbehov visade att sinkor med högre hullpoäng hade bättre råmjölkskvalitet jämfört med de sinkor som hade lägre hullpoäng, trots att både tunna och feta sinkor avtog i hull.

Liksom i Smith & Stockdales (2004) studie styrker Shearer et al. (1992) att kor som ökar i hull under sintidsperioden får en högre koncentration av immunglobulin till skillnad från sinkor som förblir oförändrade eller minskar i hull. Enligt Shearer et al. (1992) bör emellertid hulljustering som en parameter för att påverka råmjölkskvaliteten beaktas med försiktighet, då särskilt större hullförändringar är välkända för att orsaka allvarliga konsekvenser. Att det finns ett samband mellan hull och råmjölkskvalitet är dock troligt och behöver fortsatt utredas (Shearer et al. 1992).

4. Diskussion

4.1 Allmän diskussion

Syftet med litteraturstudien var att undersöka faktorer relaterade till utfodring och hull, som har inverkan på råmjölkens kvalitativa innehåll av immunglobuliner hos mjölkkor. Utifrån redovisad litteratur bekräftas att koncentrationen av immunglobulin på gårdsnivå potentiellt kan korreleras med näringsmässiga medel och hull.

Att förbättra råmjölkens kvalitet är av betydande vikt för den enskilde lantbrukaren. Genom att tillhandahålla högkvalitativ råmjölk kan förutsättningar skapas för att optimera gårdens kalvhälsa samtidigt som produktionsrelaterade nyckeltal kan förbättras. Här är tillväxt, inkalvningsålder, laktationsprestanda och utslagningsprevalens några viktiga aspekter (Mann et al. 2016; Godden 2019). En lägre utslagningsprevalens, som följd av att kalvar potentiellt kan hållas friskare genom att de erbjuds råmjölk av ett tillräckligt högt innehåll av immunglobuliner, bidrar till att gården kan sänka sin rekryteringsprocent, vilket är av stor ekonomisk betydelse då uppfödning av rekryteringsdjur omfattar en hög andel av en gårds totala omkostnader. Även kostnader för behandling av sjuka djur kan reduceras. Den lägre rekryteringsprocenten bidrar till reducerad miljöbelastning då risk för att djur behöver slaktas i förtid avtar när kreaturen hålls friska. Att djuren hålls friska kommer samtidigt resultera i minskad arbetsbelastning då arbetstid kan ägnas till förmån åt produktionshöjande åtgärder i stället för omhändertagande av sjuka djur. Den potentiellt förbättrade hälsostatusen kan bidra till förbättrad tillväxttakt. Detta möjliggör att en lägre inkalvningsålder kan realiseras, vilket många lantbrukare försöker tillämpa då lägre uppfödningkostnader för rekryteringsdjur kan uppnås. Ur miljömässiga, ekonomiska och sociala hållbarhetsaspekter skulle det därmed vara önskvärt att förbättra råmjölkens kvalitet oavsett besättningsstorlek.

4.2 Utfodringsstrategier under sintidsperioden

Baserat på redovisad litteratur antyder flertalet publikationer att en förhöjd energikoncentration i foderstaten i förhållande till kons energibehov förorsakar ett lägre innehåll av immunglobuliner (Smith & Stockdale 2004; Gulliksen et al. 2008; Mann et al. 2016). Detta överensstämmer med nuvarande rådgivning och rekommendationer då de utgår från att energikoncentrationen ska tillgodose kons energibehov utifrån olika perioder av sintiden (Bergsten et al. 1997; Hulsén 2017)

En förklaring till en lägre energikoncentration kan vara att kor som tilldelats en foderstat med ökad energikoncentration har en högre råmjölksavkastning och att en utspädningseffekt av immunglobuliner kan observeras (Gulliksen et al. 2008). Dunn et al. (2017) påvisade inte någon skillnad med avseende till foderstatens energitäthet. Men med anledning av konsekvenser såsom komplikationer i samband med kalvning, produktionsrelaterade sjukdomar efter kalvning och att flertalet studier påvisat försämrad råmjölkskvalitet vid ökad energitäthet torde en foderstatstrategi med en normal energitäthet föreslås att användas.

Vidare visade Smith & Stockdale (2004) en signifikant skillnad på råmjölkskvalitet vid tillförsel av råprotein med 23 % i foderstaten under sintidsperioden. Däremot kunde inte Toghiani & Moharrey (2015) finna denna skillnad då en råproteinhalt på 11,9 % och 14,2 % undersöktes. En möjlig förklaring till variation i resultaten kan vara att råproteinhalten är av nämnvärd skillnad mellan studierna. Att erbjuda en foderstat med en råproteinhalt på 23 % kan emellertid ifrågasättas. Nedbrytning av råprotein i våmmen är för mikroberna en energikrävande process och det ökade innehållet av råprotein ökar belastningen på levern, vilket inte är hälsosamt för kon (Hulsén & Aerden 2014). Att utfodra protein utgör samtidigt en stor kostnad för lantbrukaren. Den höga andelen protein kommer inte kunna nyttjas helt av kon, vilket gör att en större andel kväve kommer att passera mag-tarmkanalen och återfinnas i träcken (Hulsén & Aerden 2014). Detta bidrar till en ökad miljöbelastning genom försämrad kväveeffektivitet.

En annan förklaring till skillnaden i resultaten kan vara att sammansättningen av råprotein skildes åt mellan foderstaterna, vilket kan styrkas av Växa (2024) som menar att det kan bli missvisande att enbart se till andelen råprotein i foderstaten då hänsyn inte tas till proteinets kvalitet eller bildning av mikrobprotein i våmmen (Växa 2024). Växa (2024) menar att kon är i behov av aminosyror och inte av råprotein.

Växas (2024) beskrivning kan härledas till resultat, som erhöles om våmskyddade aminosyror då de publikationer som redogjorts för i föreliggande litteraturstudie, tyder på att en ökad koncentration av IgG kan erhållas. Det kan förklaras med att

en ökad mängd aminosyror kan absorberas från tunntarmsslemhinnan och komma kon tillgodo då de undgår fermentering i våmmen (Björnhag et al. 1989). Det föreligger dock fortfarande oklarhet vilken typ av aminosyra som kan associeras med råmjölkens innehåll av immunglobuliner. Enligt Van Hese et al. (2023) ökade råmjölkskvaliteten vid komplement av våmskyddat protein, som huvudsakligen bestod av lysin, när det gavs till kor vid deras andra laktation. Wang et al. (2021) fann att både komplement av våmskyddad lysin och metionin gav positiv effekt och det största utslaget erhöles då båda aminosyrorna tilldelades. Vid jämförande studier beskriver Van Hese et al. (2023) att den ökande andelen metionin i foderstaten torde vara fördelaktig framför komplement av lysin med avseende på en förbättrad råmjölkskvalitet. Att metionin skulle ha en högre korrelation med råmjölkens kvalitet än våmskyddad lysin kan relateras till studien av Fehlberg et al. (2020) som inte kunde påvisa någon signifikant effekt vid komplement av våmskyddad lysin.

För att vidareutveckla resonemanget kan ett antagande vara baserat på studien av Van Hese et al. (2023) där en ökad andel aminosyror med fördel även kan användas till förstakalvare då de liksom kor vid sin andra laktation är under tillväxt. Enligt Van Hese et al. (2023) kan kreaturen troligtvis tillgodogöra sig extra aminosyror då djuren är under tillväxt, vilket styrker att tilldelning av enskilda aminosyror efter att de behandlats mot nedbrytning i våmmen för att höja AAT-värdet kan vara befogat fram tills djuren är fullvuxna.

Effekten av att tillföra våmskyddat råfett kan liknas med effekten av våmskyddat råprotein då dessa innebär reducerad belastning för mikroberna i våmmen. Gemensamt för studierna om är att de tyder på att fleromättade fettsyror i skyddad form och stearinsyra, som är ett mättat fett ger en högre koncentration av IgG. Vid samtliga studier som redovisats erhålls en positiv effekt vid tillförelse av linolsyra, som är en fleromättad fettsyra. Salehi et al. (2016) beskriver dock att viss reservation behövs vid tolkning av deras resultat. Linolsyra i deras studie var inte skyddad från hydrongering i våmmen men i övriga försök var spårmineralerna behandlade med kalciumsalt. Sammantaget kan en slutsats därav vara att linolsyra i skyddad form är att rekommendera.

En ytterligare koncentrationshöjande åtgärd av IgG redovisades av Gulliksen et al. (2008), som menar att koncentrationen av immunglobulin höjs under månaderna augusti till oktober, som en följd av att kor getts tillgång till beta färskt gräs. Den norska studien av Gulliksen et al. (2008) kan liknas med Sveriges klimatförhållanden då lantbruken befinner sig på samma breddgrad. Ett antagande är att samma resultat avseende en förbättrad råmjölkskvalitet under sensommarmånaderna och tidig höst kan erhållas av lantbrukare i Sverige då det i Sverige liksom i Norge är lagstadgat att kor ska vistas på bete (Gulliksen et al. 2008;

SJVFS 2019:18). Lantbrukarnas riksförbund, LRF, förespråkar emellertid att kor i lösdriftssystem ska fräntas kravet på betesdrift med anledning att svenskt lantbruk ska få ökad konkurrenskraft i en internationell mjölkproduktion (Adlers 2023). Baserat på studien av Gulliksen et al. (2008) innebär det att råmjölkskvaliteten då kan komma att försämrans under sensommarmånaderna och tidig höst och därmed vara likvärdig med den kvalitet som erhålls övriga månader om året eftersom lantbrukaren då inte nödvändigt behöver hålla djuren på bete. En ekonomisk aspekt, av att inhysa djuren inomhus utan att försämma kornas välfärd tillsammans med en praktisk och arbetsmässig aspekt att hålla djuren på bete, gör förmodligen att lantbruken inte ser en förbättrad råmjölkskvalitet under en begränsad tid som en väsentlig faktor till att hålla djuren på bete. Samtidigt är det tveksamt om betesdrift säkerställer en förbättrad råmjölkskvalitet med tanke på att ett begränsat antal forskningsstudier föreligger om ämnet.

En möjlig inverkan på råmjölkskvaliteten, som kan ha kommit att påverka utfallet i Gulliksen et al. (2008) studie, är säsongsbetonade parametrar, vilket styrks av Westhoff et al. (2023) som menar att faktorer såsom luftfuktighet och ljusintensitet har inverkan på råmjölkskvaliteten. Dessa faktorer varierar beroende på årstid och breddgrad då det är en högre relativ luftfuktighet på vintern än på sommaren och en högre ljusintensitet på sommaren än på vintern i Norden. Temperatur är en annan säsongrelaterad parameter som kan associeras till råmjölkskvaliteten då höga temperaturer förorsakar värmestress hos korna vilket påverkar råmjölkskvaliteten negativt liksom andra produktionsrelaterade parametrar som gör kon allmänpåverkad (Westhoff et al. 2023; Hulsen 2017).

Dagens pågående klimatförändringar gör att extremväder med höga temperaturer kan bli allt mer vanligt förekommande. Detta kan vara en orsak till att det blir svårt för lantbrukaren att hålla korna på bete dagtid då kon blir exponerad för solljus och värme. Istället hålls kor i stall där ett mer behagligt klimat med skugga och eventuella kylfläktar potentiellt kan uppnås. Ett alternativ är att hålla korna på bete om natten för att efterfölja Gulliksen et al. (2008) angivelser om betets positiva effekt. För att styrka detta förslag kan det vara motiverat att i framtida forskning jämföra om det erhålls likvärdig effekt på råmjölkskvaliteten om korna hålls på bete om dagtid respektive nattetid med hypotesen att utfallet kan komma att variera då sockerhalten i gräset varierar över dygnet, vilket påverkar betes näringsammansättning (Fogelfors 2015).

Vid jämförelse av litteratur som redovisats om vitaminer och mineraler finns inget entydigt svar vad gäller effekten på råmjölkskvaliteten, vilket gör det tveksamt om resultaten kan omsättas i praktiken. Studier har kunnat påvisa positiv effekt på en ökad koncentration av IgG då tillförsel av D-vitamin, nikotinsyra, magnesium eller

organiska spårämnen av zink, koppar och mangan har vidtagits och då foderstatens mineralbalans har ett negativt CAB-värde. Dock finns det forskning som motsäger dessa resultat.

De mest entydiga resultaten erhålls av Aragona et al. (2016) och Aragona et al. (2020) vid tillförsel av nikotinsyra då ett linjärt samband kunnat påvisas mellan mängd tillförd nikotinsyra i sinkofoderstaten och koncentrationen av IgG.

Vidare kunde en positiv effekt påvisas av Kovács et al. (2023) vid tillsättning av magnesiumbutyrat i foderstaten till sinkor då koncentrationen av IgG kan bibehålls i råmjölken utan att medge en utspädningseffekt. Enligt Bergsten et al. (1997) ökar magnesiumabsorptionen vid riklig bildning av flyktiga fettsyror, vilket kan vara en förklaring till det erhållna resultatet då butyrat eller smörsyra, bidrar till att gynna magnesiumabsorptionen genom att flyktiga fettsyror adderas. Baserat på tidigare teorier och slutsatser är ett antagande att den ökade koncentrationen av IgG kan vara ett resultat av att det bildats en ökad andel mikrobprotein eftersom flyktiga fettsyror ingår i bildandet av mikrobprotein. Mikrobproteinet kan då användas till att öka andelen aminosyror som kan absorberas i tunntarmen.

Att tillsätta magnesium kan också bidra till att sänka CAB-värdet i foderstaten då förhållandet mellan kalium och magnesium reduceras, vilket är i enlighet med Nilssons (2021) rekommendationer som innebär att CAB-värdet kan regleras med mineralfoder med syfte att eftersträva ett lågt värde. Ett lågt CAB-värde kunde i studien av Diehl et al. (2018) relateras till en ökad koncentration av IgG. Det förklarar å andra sidan inte varför Martinez et al. (2018) och Rajaeerad et al. (2020) erhåller samma resultat då de också undersökt negativa CAB-värden.

Vid jämförelse av studierna kan en möjlig förklaring vara att det lägsta CAB-värdet undersöktes av Diehl et al. (2018) på -220 mekv/kg ts medan de andra studierna som lägst undersökte ett CAB-värde på -130 mekv/kg ts respektive -115 mekv/kg ts. Martinez et al. (2018) och Rajaeerad et al. (2020) har utformat försök som är inom rekommenderade riktlinjer för CAB-värden från 0 mekv/kg ts till -150 mekv/kg ts medan Diehl et al. (2018) undersökte ett betydligt lägre värde (Kalvportalen 2019a). Risken med att tillämpa en strategi med ett allt för lågt CAB-värde är att det kan komma att påverka kornas hälsotillstånd negativt, då pH i våmmen kan bli för surt. Detta påverkar mikrobernas effektivitet och sammandragningar i våmmen negativt, varpå acidosis som är en farlig förurning i kroppen kan uppstå (Nilsson 2021). Detta tyder på att CAB-värdets inverkan på råmjölakens kvalitet bör tolkas med försiktighet.

Följaktligen har försök gjorts vad gäller kalcium och D-vitamin som är i likhet med nuvarande strategier gällande utfodring inför kalvning, det vill säga att låga kalciumvärden bör eftersträvas och vikten av att tillföra D-vitamin vid tiden närmare kalvning bör beaktas (Kalvportalen 2019a). En förklaring till de positiva resultat som erhålls vid låga kalciumvärden i foderstaten såsom Diehl et al. (2018) redovisar i foderstaten och tillförsel av D-vitamin vid tiden närmare kalvning såsom Martinez et al. (2018) redovisar kan bero på att detta bidrar till att en högsta nivå av kalcium kan bli tillgänglig för kon. Det beror på att låga nivåer av kalcium i foderstaten bidrar till att kon kan mobilisera kalcium från skelettet och att tillföra D-vitamin närmare kalvning bidrar till att öka upptaget av kalcium (Kalvportalen 2019a; Nilsson 2021). Med hänvisning till Martinez et al. (2018) slutsats om att ett ökat kalciumupptag stimulerar till en ökad produktion av mjölkprotein är en tanke att den ökade nivån av kalcium därmed kan användas till förmån för att en högre mängd mjölkprotein kan utsöndras till råmjölken. D-vitaminets betydelse kan också vara en förklaring till de höjda rekommenderade riktlinjerna (Bergsten et al. 1997).

Studierna av Nayeri et al. (2014), Kinal et al. (2005) och Formigoni et al. (2011) tyder på att tillförsel av spårämnen i organisk form till skillnad från oorganiska källor till mikromineraler ger en högre koncentration av IgG i råmjölken då dessa har en högre absorptionsförmåga och utnyttjandegrad i digestionssystemet. En iakttagelse är att även om flertalet studier påvisat ett positivt samband med organiska spårämnen skiljer sig studierna åt i sin utformning. Vid jämförelse av studierna motsvarar tillförseln av den totala andelen zink i foderstaten under sintidsperioden 30 mg/kg i studien av Kinal et al. (2005), 35,5 mg/kg i studien av Formigoni et al. (2011) och 75 mg/kg i studien gjord av Nayeri et al. (2014). Både Kinal et al. 2005 och Nayeri et al. 2014 kunde påvisa en likvärdig procentuell ökning av IgG koncentrationen i råmjölken trots variation i zinktillförsel. Vidare forskning föreslås för att kunna fastställa en lämplig zinknivå i foderstaten eftersom föreliggande studier erhåller likvärdiga resultat även vid nämnvärda skillnader mellan givorna.

Samtidigt kan studierna av Nayeri et al. (2014) och Kerwin et al. (2023) jämföras då båda studierna baserades på en foderstat innehållande en zinknivå på totalt 75 mg/kg. Anmärkningsvärt är att Nayeri et al. (2014) fann att tillförsel av organisk zink om 33,3 mg/kg och 66,6 mg/kg hade en positiv korrelation med råmjölkens kvalitet medan Kerwin et al. (2023) inte kunde observera denna skillnad vid tillförsel av 40 mg/kg aminosyrakomplex. Förklaringen till avsaknad av signifikant skillnad mellan studierna kan vara att den oorganiska källan till spårmineralet i studien gjord av Kerwin et al. (2023) utgjordes av hydroxyspårmineraler istället för mineral i sulfatform (Kerwin et al. 2023). Hydroxyspårmineralers kemiska struktur utgörs av kovalenta bindningar, vilket ger stabilitet och de löses inte vid neutralt

pH jämfört med spårmineral i sulfatform som är joniskt bundna och lösliga vid neutralt pH Orffa 2020). Detta resulterar i att hydroxyspårmineraler har högre biotillgänglighet, liksom organiska spårämnen, vilket gör att en större andel av mineralet kan absorberas från tunntarmen och omsättas i kroppen (Nayeri et al. 2014; Orffa 2020).

Resultaten tyder därmed på att spårmineraler med högre biotillgänglighet kan öka innehållet av immunglobulin i råmjölk. De nämnda organiska mineralerna anges samtidigt ha flertalet hälsofördelar i andra produktionsrelaterade parametrar där rådgivningsföretag framhåller positiva effekter på fruktsamhet, klövhälsa, rörelsemönster, celltal, juverhälsa och mjölkavkastning, vilket gör att dessa inte bör undgå (Kerwin et al. 2023; Svenska Foder 2024).

4.3 Strategier för hull

Som tidigare belysts erhålls varierande resultat om hull. Enligt Aghakhani et al. (2022) och Mulder et al. (2018) försämras råmjölkens kvalitet hos kor som avtar i hull under sintidsperioden och Mann et al. (2016) menar att kor som ökar i hull under sintidsperioden förorsakar försämrade råmjölkskvalitet. Gemensamt för studierna är att det verkar fördelaktigt om korna har en oförändrad hullstatus under sintidsperioden för att inte påverka råmjölkens sammansättning av immunglobuliner.

I motsats menar Shearer et al. (1992) och Smith & Stockdale (2004) att kor som ökar i hull under sintidsperioden får en förhöjd koncentration av IgG. Att öka kons hullstatus under sintidsperioden talar emellertid emot strategin om att tilldela en foderstat med en energikoncentration som tillmötesgår kons energibehov under sintidsperioden såsom Mann et al. (2016) och Gulliksen et al. (2008) föreslår eftersom kor som konsumerar foder med en högre energitäthet ökar i hull.

I enlighet med tidigare resonemang vad gäller slutsatsen att utforma en foderstat efter sinkons energibehov innebär det att en bibehållen hullstatus under sintidsperioden är att rekommendera, vilket är i enlighet med Mann et al. (2016). Antagandet kan hänföras till nuvarande rådgivning gällande hull då lantbrukare avråds till hulljustering under sintidsperioden och rekommenderas att om nödvändigt påverka kons hull under laktationen med målet att eftersträva hullpoäng 3 vid sinläggning (Hulsen 2017). Baserat på studien av Smith & Stockdale (2004) är hellre en något förhöjd hullstatus under sintidsperioden att föredra jämfört än att kon är för tunn då kon tilldelas en foderstat som förser hennes energibehov. En förklaring kan vara att feta kor har mer kroppsreserver att tillgå innan de anses ha

en normal hullstatus (Hulsen 2008). Med hulljustering inkluderas även att sinkon inte får avta i hull, vilket kan liknas med Aghakhanis et al. (2022) och Mulders et al. (2018) slutsats då det kan härledas till försämrad råmjölkskvalitet.

Mulder et al. (2018) föreslår en kortare sintidsperiod för att minska risken för att kons hull ska avta under sintiden. Dock är det svårt att fastslå detta som en generell slutsats då sintidsperioden behöver anpassas till varje gårds individuella förutsättningar, där praktiska och funktionella hänsynstaganden behöver tas (Hulsen 2017). Samtidigt bör sintidsperioden beaktas som en viktig förberedelsefas då det är den tid som behövs för att juvret ska hinna återhämta sig till nästkommande laktation och ge förutsättning för att kunna producera råmjölk av god kvalitet (Bergsten et al. 1997; Nilsson 2021). Sintidsperiodens längd och dess inverkan på råmjölkens kvalitet är en parameter som bör uppmärksammas vid vidare utredning liksom korrelationen mellan hull och råmjölkens kvalitet fortsatt behöver utredas för att kunna göra konkreta fastställanden.

5. Förslag på åtgärder

Nedan följer en sammanställning på förslag till åtgärder för att förbättra råmjölkens innehåll av immunglobuliner hos mjölkkor. Förslagen är baserade på en analys av redovisad litteratur.

1. Tilldela en foderstat som tillgodoser sinkons energibehov under olika perioder av sintiden och öka energitätheten succesivt i takt med att kons energibehov ökar vid tiden närmare kalvning.
2. Komplettera enskilda våmskyddade aminosyror i foderstaten för att höja AAT-värdet, i synnerhet komplement av metionin.
3. Komplettera våmskyddade långkedjiga fettsyror i foderstaten i form av linolsyra.
4. Inkludera nikotinsyra och magnesiumbutyrat i foderstaten till sinkor.
5. Använd organiska spårämnen i form av zink, mangan och koppar i sinkofoderstaten, då dessa har en högre biotillgänglighet.
6. En sinkos hullstatus bör inte avta under sintidsperioden. Sikta på hullpoäng 3 vid sinläggning och hulljustera om nödvändigt under andra hälften av laktationen.

6. Slutsats

Undermålig råmjölkskvalitet med ett lågt innehåll av antikroppar hos mjölkkor är ett vanligt förekommande problem. Genom utfodringsmässiga åtgärder och åtgärder relaterade till hull finns möjligtvis potential att på sikt förbättra råmjölkskvaliteten. En svårighet kan vara att marknaden tillhandahåller ett begränsat utbud av de produkter som angivits som förslag på åtgärder. Vidare forskning behövs för att fastställa nyanserade riktlinjer angående specifika åtgärder som lantbrukare kan tillämpa, då de behöver säkerställa att insatser av resurser bidrar till att en höjning av immunglobulin i råmjölken kan observeras.

7. Referenser

- Adlers, S. (2023). Mjölkbonden känner sin ko bäst. *Land Lantbruk*, 7 juni.
<https://www.landlantbruk.se/mjolkbonden-kanner-sin-ko-bast> [2024-05-12]
- Aghakhani, M., Shahraki, A. D. F., Tabatabaei, S. N., Toghyani, M., & Rafiee, H. (2022). Cow-level factors associated with colostrum yield and quality of Holstein dairy cows. *Animal Production Science*, 62(15), 1518-1526.
<https://www.publish.csiro.au/an/Fulltext/AN21415>
- Aragona, K. M., Chapman, C. E., Pereira, A. B., Isenberg, B. J., Standish, R. B., Maugeri, C. J., Maugeri, C.J., Cabral, R.G. & Erickson, P. S. (2016). Prepartum supplementation of nicotinic acid: Effects on health of the dam, colostrum quality, and acquisition of immunity in the calf. *Journal of Dairy Science*, 99(5), 3529-3538.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S002203021600165X#sec0070>
- Aragona, K. M., Rice, E. M., Engstrom, M., & Erickson, P. S. (2020). Supplementation of nicotinic acid to prepartum Holstein cows increases colostral immunoglobulin G, excretion of urinary purine derivatives, and feed efficiency in calves. *Journal of dairy science*, 103(3), 2287-2302.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030219311233#cesec140>
- Bergsten, C., Bratt, G., Everitt, B., Gustafsson, A.H., Gustafsson, H., Hallén-Sandgren, C., Olsson, A. C., Olsson, S. O., Forshell, K. P., Widebeck, L. (1997). Mjölkkor. Natur och Kultur/LTs förlag.
- 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.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030210003905>
- Björnhag, G., Johnsson, E., Lindgren, E. och Malmfors, B. (1989). *Husdjur - ursprung, biologi och avel*. Stockholm: LTs förlag.

- Diehl, A. L., Bernard, J. K., Tao, S., Smith, T. N., Marins, T., Kirk, D. J., McLean, D.J. & Chapman, J. D. (2018). Blood mineral and gas concentrations of calves born to cows fed prepartum diets differing in dietary cation-anion difference and calcium concentration. *Journal of dairy science*, *101*(10), 9048-9051.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030218306969#ceab10>
- Dunn, A., Ashfield, A., Earley, B., Welsh, M., Gordon, A., McGee, M., & Morrison, S. J. (2017). Effect of concentrate supplementation during the dry period on colostrum quality and effect of colostrum feeding regimen on passive transfer of immunity, calf health, and performance. *Journal of Dairy Science*, *100*(1), 357-370.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030216307949>
- Fehlberg, L. K., Guadagnin, A. R., Thomas, B. L., Sugimoto, Y., Shinzato, I., & Cardoso, F. C. (2020). Feeding rumen-protected lysine prepartum increases energy-corrected milk and milk component yields in Holstein cows during early lactation. *Journal of dairy science*, *103*(12), 11386-11400.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030220307943#cesec80>
- Fogelfors, H. (2015). *Vår mat - Odling av åker- och trädgårdsgrödor*. Lund: Studentlitteratur.
- Formigoni, A., Fustini, M., Archetti, L., Emanuele, S., Sniffen, C., & Biagi, G. (2011). Effects of an organic source of copper, manganese and zinc on dairy cattle productive performance, health status and fertility. *Animal feed science and technology*, *164*(3-4), 191-198.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377840111000423>
- Garcia, M., Greco, L. F., Favoreto, M. G., Marsola, R. S., Martins, L. T., Bisinotto, R. S., Shin, J.H., Lock, A.L., Block, E., Thatcher, W.W., Santos, J.E.P. & Staples, C. R. (2014). Effect of supplementing fat to pregnant nonlactating cows on colostrum fatty acid profile and passive immunity of the newborn calf. *Journal of Dairy Science*, *97*(1), 392-405.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030213007777#sec0060>
- Godden, S. M., Lombard, J. E., & Woolums, A. R. (2019). Colostrum management for dairy calves. *Veterinary Clinics: Food Animal Practice*, *35*(3), 535-556.
[https://www.vetfood.theclinics.com/article/S0749-0720\(19\)30027-1/fulltext#secsectitle0050](https://www.vetfood.theclinics.com/article/S0749-0720(19)30027-1/fulltext#secsectitle0050)
- Gulliksen, S. M., Lie, K. I., Sølverød, L., & Østerås, O. (2008). Risk factors associated with colostrum quality in Norwegian dairy cows. *Journal of dairy science*, *91*(2), 704-712.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030208714140>

- Hulsen, J. & Aerden, D. (2014). *Utfodringssignaler*. Nederländerna: Roodbont Publishers B.V.
- Hulsen, J. (2008). *Ko signaler, En praktisk bok om mjölkföretagande med kon i fokus*. Vetvice: Roodbont.
- Hulsen, J. (2017). *Sinkosignaler – En praktisk handbok om sinläggning, sinperiod och start av en ny laktation*. Nederländerna: Roodbont Publishers B.V.
- Jolazadeh, A. R., Mohammadabadi, T., Dehghan-Banadaky, M., Chaji, M., & Garcia, M. (2019). Effect of supplementing calcium salts of n-3 and n-6 fatty acid to pregnant nonlactating cows on colostrum composition, milk yield, and reproductive performance of dairy cows. *Animal feed science and technology*, 247, 127-140.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377840118309957#sec0085>
- Kalvportalen (2019a). *Mineraler och vitaminer*.
<https://www.kalvportalen.se/kalvning/tiden-fram-till-kalvning/mineraler-och-vitaminer/> [2024-04-15]
- Kalvportalen (2019b). *Råmjölksersättning*.
<https://www.kalvportalen.se/raamjoelk/raamjoelksersaettning/> [2024-04-26]
- Kalvportalen (2019c). *Testa råmjölken*.
<https://www.kalvportalen.se/raamjoelk/testa-utvaerdera/testa-raamjoelken/> [2024-04-26]
- Kerwin, A. L., Graef, G. M., Ryan, C. M., Ferro, L., Puga, S. O., Westhoff, T. A., Barbano D.M., Kleinschmit, D.H. & Overton, T. R. (2023). Effect of replacing a portion of inorganic chloride trace minerals with trace mineral amino acid complexes. *Journal of Dairy Science*, 106(9), 6128-6145.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030223003971#cesec140>
- Kinal, S., Korniewicz, A., Jamroz, D., Zieminski, R. & Slupczynska, M. (2005). Dietary effects of zinc, copper and manganese chelates and sulphates on dairy cows. *J. Food Agric. Environ*, 3(1), 168-172.
<https://www.apadanaprotein.com/files/Dietary%20effects%20of%20zinc.pdf>
- Kovács, L., Pajor, F., Bakony, M., Fébel, H. & Edwards, J. E. (2023). Parturition Magnesium Butyrate Supplementation of Dairy Cows Improves Colostrum Yield, Calving Ease, Fertility, Early Lactation Performance and Neonatal Vitality. *Animals*, 13(8), 1319. <https://www.mdpi.com/2076-2615/13/8/1319>

- Mann, S., Yepes, F. L., Overton, T. R., Lock, A. L., Lamb, S. V., Wakshlag, J. J. & Nydam, D. V. (2016). Effect of dry period dietary energy level in dairy cattle on volume, concentrations of immunoglobulin G, insulin, and fatty acid composition of colostrum. *Journal of Dairy Science*, 99(2), 1515-1526.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030215009200#sec0010>
- Martinez, N., Rodney, R. M., Block, E., Hernandez, L. L., Nelson, C. D., Lean, I. J. & Santos, J. E. P. (2018). Effects of prepartum dietary cation-anion difference and source of vitamin D in dairy cows: Lactation performance and energy metabolism. *Journal of Dairy Science*, 101(3), 2544-2562.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030217311906#cesec120>
- Mulder, R., Fosgate, G. T., Tshuma, T., & Lourens, D. C. (2017). The effect of cow-level factors on colostrum quality, passive immunity and health of neonatal calves in a pasture-based dairy operation. *Animal Production Science*, 58(7), 1225-1232.
<https://www.publish.csiro.au/an/Fulltext/AN16689>
- Nayeri, A., Upah, N. C., Sucu, E. K. İ. N., Sanz-Fernandez, M. V., DeFrain, J. M., Gorden, P. J. & Baumgard, L. H. (2014). Effect of the ratio of zinc amino acid complex to zinc sulfate on the performance of Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 97(7), 4392-4404.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030214003361#sec0005>
- Nilsson, M. (2021). *Mjölkkor*. 4 uppl., Stockholm: BMM Förlag
- Nowak, W., Mikuła, R., Zachwieja, A., Paczyńska, K., Pecka, E., Drzazga, K., & Ślósarz, P. (2012). The impact of cow nutrition in the dry period on colostrum quality and immune status of calves. *Polish Journal of Veterinary Sciences*, 15(1), 77-82.
<https://journals.pan.pl/dlibra/show-content?id=99010>
- Ogilvie, L., Van Winters, B., Mion, B., King, K., Spricigo, J. F. W., Karrow, N. A., Steele, M.A. & Ribeiro, E. S. (2023). Effects of replacing inorganic salts of trace minerals with organic trace minerals in the diet of prepartum cows on quality of colostrum and immunity of newborn calves. *Journal of Dairy Science*, 106(5), 3493-3508.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030223001509>
- Orffa (2020). *SMART Hydroxy trace minerals, a top quality mineral supplement with superior characteristics*.
<https://orffa.com/publications/smart-hydroxy-trace-minerals-a-top-quality-mineral-supplement-with-superior-characteristics/> [2023-05-03]

- Poindexter, M. B., Zimpel, R., Vieira-Neto, A., Husnain, A., Silva, A. C. M., Faccenda, A., Sanches de Avila, A., Celi, P., Cortinhas, C., Santos, J.E.P. & Nelson, C. D. (2023). Effect of prepartum source and amount of vitamin D supplementation on lactation performance of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, *106*(2), 974-989. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030222007251#cesec10>
- Rajaeerad, A., Ghorbani, G. R., Khorvash, M., Sadeghi-Sefidmazgi, A., Mahdavi, A. H., Rashidi, S., Wilkens, M.R. & Hünerberg, M. (2020). Impact of a ration negative in dietary cation–anion difference and varying calcium supply fed before calving on colostrum quality of the dams and health status and growth performance of the calves. *Animals*, *10*(9), 1465. <https://www.mdpi.com/2076-2615/10/9/1465>
- Salehi, R., Ambrose, D. J., & Oba, M. (2016). Effects of prepartum diets supplemented with rolled oilseeds on Brix values and fatty acid profile of colostrum. *Journal of dairy science*, *99*(5), 3598-3601. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030216300492#bib0095>
- 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*(1-2), 143-154. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/016758779290091S>
- SJVFS 2019:18. *Statens jordbruksverks föreskrifter och allmänna råd om nötkreaturshållning inom lantbruket m.m.; beslutade den 28 mars 2019*. Jönköping. Statens jordbruksverks.
- Smith, C. J., & Stockdale, C. R. (2004). Effect of energy and protein nutrition in late gestation on immunoglobulin G in the colostrum of dairy cows with varying body condition scores. *Science Access*, *1*(1), 176-179. <https://www.publish.csiro.au/sa/pdf/SA0401045>
- SVA (2024). *Råmjölk och utfodring av kalv*. <https://www.sva.se/produktionsdjur/notkreatur/kalvhalsa/ramjolk-och-utfodring-av-kalv/> [2024-04-26]
- Svenska Foder (u.å). *Hälsa & produktion – mineraler och vitaminer*. <https://www.svenskafoder.se/foder/notfoder/mineralfoder/halsa-produktion/> [2024-05-03]
- Svenska Foder (2022). Fett i foderstaten. *Nytt & Nyttigt – Mjölkkor/ Kalvar/Köttdjur*, 16 augusti. Sid. 17. https://issuu.com/svenskafoder/docs/nyttnyttigtomnot_2022_215x280mm_lowres [2024-04-28]

- Toghyani, E., & Moharrery, A. (2015). Effect of various levels of dietary protein in transition period on colostrum quality and serum immunoglobulin concentration in Holstein cows and their newborn calves. *Annals of Animal Science*, 15(2), 493-504. <https://sciendo.com/article/10.2478/aoas-2014-0085>
- Van Hese, I., Goossens, K., Vandaele, L., Ampe, B., Haegeman, A., & Opsomer, G. (2023). The effect of maternal supply of rumen-protected protein to Holstein Friesian cows during the dry period on the transfer of passive immunity and colostrum microbial composition. *Journal of Dairy Science*, 106(12), 8723-8745. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030223005866>
- Växa (2021). *Så kan du påverka råmjölken*. <https://www.vxa.se/nyheter/2021/sa-kan-du-paverka-ramjolken/> [2024-04-26]
- Växa (2024). *Proteineffektivitet*. <https://www.vxa.se/fakta/styrning-och-rutiner/mer-om-foder-och-bete/proteineffektivitet/> [2024-04-24]
- Wahlberg, C. (2015). *Ge kalvarna en bra start i livet*. <https://www.ja.se/artikel/46658/ge-kalvarna-en-bra-start-i-livet.html> [2024-04-25]
- Welling, V. (2023). Högkvalitativ råmjölk till den nyfödda kalven – råmjölksprotokoll och mätning av totalprotein. <https://www.gardochdjurhalsan.se/hogkvalitativ-ramjolk-till-den-nyfodda-kalven-ramjolk-protokoll-och-matning-av-totalprotein/> [2024-04-26]
- Wang, H., Elsaadawy, S. A., Wu, Z., & Bu, D. P. (2021). Maternal supply of ruminally-protected lysine and methionine during close-up period enhances immunity and growth rate of neonatal calves. *Frontiers in Veterinary Science*, 8, 780731. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fvets.2021.780731/full>
- Westhoff, T. A., Womack, S. J., Overton, T. R., Ryan, C. M., & Mann, S. (2023). Epidemiology of bovine colostrum production in New York Holstein herds: Cow, management, and environmental factors. *Journal of Dairy Science*, 106(7), 4874-4895. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030222007500#cesec210>

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Även om du inte publicerar fulltexten kommer den arkiveras digitalt. Om fler än en person har skrivit arbetet gäller krysset för samtliga författare. Du hittar en länk till SLU:s publiceringsavtal på den här sidan:

- <https://libanswers.slu.se/sv/faq/228316>.

JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.