



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap
Institutionen för husdjurens utfodring och vård

Kalciumomsättning och kalciumreglering. En jämförelse mellan värphöns och mjölkkor



Kajsa Lätt

Examensarbete för kandidatexamen, 15 hp
Agronomprogrammet – Husdjur
Institutionen för husdjurens utfodring och vård, 600
Uppsala 2017

Kalciumomsättning och kalciumreglering. En jämförelse mellan värphöns och mjölkkor

**Calcium metabolism and calcium regulation.
A comparison between laying hens and dairy cows**

Kajsa Lätt

Handledare:	Cecilia Kronqvist, SLU, Institutionen för husdjurens utfodring och vård
Examinator:	Kjell Holtenius SLU, Institutionen för husdjurens utfodring och vård
Omfattning:	15 hp
Kurstitel:	Kandidatarbete i husdjursvetenskap
Kurskod:	EX0553
Program:	Agronomprogrammet - Husdjur
Nivå:	Grund, G2E
Utgivningsort:	Uppsala
Utgivningsår:	2017
Serienamn, delnr:	Examensarbete / Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för husdjurens utfodring och vård, 600
Omslagsbild:	(Kajsa Lätt)
Nyckelord:	Kalciumbrist, Kalcium, Medullärben, Kalvningsförlamning
Key words:	Calcium deficiency, Calcium, Medullary bone, Milk fever

Sammanfattning

Kalciumbrist är ett kostsamt tillstånd för produktionen. När värphöns drabbas av kalciumbrist försämras skalkkvaliteten på äggen och tillslut avtar äggproduktionen. Mjölkkor drabbas oftast av akut kalciumbrist före eller efter kalvning, vilket ofta leder till höga veterinärkostnader och kan även orsaka andra sjukdomar.

I den här litteraturstudien är syftet att jämföra och granska likheter samt olikheter i kalciumomsättning och kalciumreglering mellan värphöns och mjölkkor. Det totala kalciumbehovet per kg kroppsvikt för värphöns ligger på 1,36 g Ca. För en mjölkkor varierar det om hon är dräktig (0,18 g Ca per kg kroppsvikt) eller i laktation (0,081 g Ca per kg kroppsvikt). Kalciumomsättningen i kroppen regleras främst av tre olika hormoner, parathormon, 1,25-dihydroxyvitamin D₃ och kalcitonin, som stimuleras av en förändring i kalciumkoncentrationen i blodet. Fåglar har ett unikt ben, medullärbenet, som bidrar med kalcium vid skalbildningen.

Förebyggande åtgärder för kalciumbrist är en viktig uppgift. För värphöns kan exempelvis partikelstorleken förbättra absorptionen av kalcium från tarmen. Det finns även faktorer hos individen som kan behövas ta hänsyn till som till exempel olika raser, ålder och produktionsmängd. Mjölkkor i åldern 7–10 år löper högre risk att drabbas av kalciumbrist än yngre kor.

Slutsatsen kunde dras att det finns olika typer av kalciumbrist. Värphönsens unika medullärben är med och buffrar kalciumhalten i blodet, till den grad att muskelfunktionen inte påverkas i samma utsträckning som mjölkkornas muskelfunktion, vid akut hypokalcemi. För att förebygga kalciumbrist bör värphöns bli utfodrade med en kalksten med partikelstorlek på 2–5 mm i diameter. Mjölkkor bör utfodras med ett foder med ett lågt DCAD-värde före kalvning för att minska risken för uppkomst av kalvningsförlamning.

Nyckelord: Kalciumbrist, Kalcium, Medullärben, Kalvningsförlamning

Abstract

Hypocalcaemia is an expensive disease for the production. During hypocalcaemia, the laying hens' eggshell and bone quality decreases and eventually the egg production ceases. Around calving the dairy cow has extreme pressure on the calcium homeostasis and can come into calcium deficiency, also called milk fever. This can lead to high veterinary costs and it can also lead to other diseases.

The purpose of this review is to compare and examine similarities and differences in calcium metabolism and calcium regulation between laying hens and dairy cows. The total calcium requirement per kg bodyweight, for a laying hen is approximately 1.36 g Ca. For a dairy cow, it varies if she undergoes gestation (0,081 g Ca per kg bodyweight) or lactation (0,18 g Ca per kg bodyweight).

The calcium metabolism is regulated by three different hormones, parathormone, 1,25-dihydroxyvitamin D₃ and calcitonin, in the body and are stimulated by an alteration in the calcium in the plasma. Birds have a unique type of bone, the medullary bone, which contributes with calcium for eggshell formation.

Prevention for hypocalcaemia is an important task. For example, different particle size of the limestone can affect the absorption of calcium in the digestive tract of laying hens. There are also some aspects in the individual itself to considerate such as, breed, age and production volume. Dairy cows at the age of 7-10 years, are in higher risk of developing calcium deficiency than younger cows.

It was concluded that there are different types of calcium deficiency. The unique medullary bone of the laying hen helps to buffer the calcium concentration in the blood during acute hypocalcaemia. The medullary bone contributes in that extent that the muscle function does not get affected in the same amount as the muscle function in dairy cows. To prevent hypocalcaemia, laying hens should be fed limestones with a particle size of 2-5 mm diameters. To minimize the rise of milk fever, dairy cows should get a feed containing a low DCAD value before expecting calving.

Keywords: Calcium deficiency, Calcium, Medullary bone, Milk fever

Innehållsförteckning

1	Inledning	8
2	Litteraturöversikt	9
2.1	Kalciumbehov	9
2.1.1	Värphöns	10
2.1.2	Mjölkkor	10
2.2	Kalciumomsättning och kalciumreglering	12
2.2.1	Värphöns	12
2.2.2	Mjölkkor	13
2.3	Kalciumbrist och förebyggande åtgärder	15
2.3.1	Värphöns	15
2.3.2	Mjölkkor	16
3	Diskussion	18
3.1	Kalciumbehov	18
3.2	Kalciumomsättning och kalciumreglering	19
3.3	Kalciumbrist och förebyggande åtgärder	20
4	Slutsats	22
	Referenslista	23
	Tack!	25

1 Inledning

Kalcium är ett av de mineraler som är livsnödvändiga för att upprätthålla kroppens grundläggande biologiska funktioner. I kroppen förekommer kalcium främst i tre olika beståndsdelar, där den största delen hittas i skelett och tänder (cirka 99 %). De andra två delarna finns i intracellulära och extracellulära vätskan. Kalcium behövs för en fungerande muskelfunktion och nervfunktion. Kalcium medverkar också vid många biokemiska reaktioner i kroppen (DeMatos, 2008).

Mjölkkor behöver kalcium i slutet av dräktigheten framför allt för fosterutveckling och bildning av råmjölk. När kroppen inte hinner absorbera tillräckligt med kalcium från tarmen eller skelettet påverkas muskelfunktionen och korna kan drabbas av förlamning före eller efter förlossningen, detta tillstånd kallas kalvningsförlamning (Goff, 2000). Kalvningsförlamning är ett vanligt förekommande problem hos mjölkkor. Under 2015 rapporterades att 2,3 procent av mjölkorna, anslutna till kontrollen, var drabbade av kalvningsförlamning (Växa, 2015).

Ett annat djurslag med stort kalciumbehov är värphöns. Hönsens kalciumbehov är kopplat till reproduktionen då stor mängd kalcium går åt under skalbildningen. Precis som kor och andra däggdjur lagrar hönsen kalcium i benvävnaden och resorberar kalcium från skelettet vid behov. Även höns kan drabbas av kalciumbrist och får då symtom som försämrad skal- och benkvalitet.

Genom att granska de respektive djurslagens kalciummekanismer, skulle man kunna få en djupare förståelse för kalciumets viktiga roll för de respektive produktionserna. Syftet med denna litteraturstudie är att jämföra och granska likheter samt olikheter i kalciumomsättningen och kalciumregleringen mellan värphöns och mjölkkor. I arbetet kommer även följande frågeställningar att besvaras: Varför påverkas inte värphönsens muskelfunktion på liknande sätt som mjölkornas muskelfunktion vid akut kalciumbrist? Hur kan kalciumbrist förebyggas för de respektive djurslagen?

2 Litteraturöversikt

2.1 Kalciumbehov

Värphöns och mjölkkor är de två husdjur som har extra högt kalciumbehov till följd av äggproduktion respektive mjölkproduktion (Tabell 1).

Tabell 1. *Kalciumbehov*

g Ca/ dag	Underhåll	Produktion	Totala	Totala / kg kroppsvikt
Värphöns ¹	0,52	2,19	2,71	1,36
Mjölko, Laktation ²	31	78 ⁴	109	0,18
Mjölko, Dräktig ²	31	18 ³	49	0,081

1. NRC, 1994, (kroppsvikt beräknat på 2 kg)
2. Spörndly, 2003, (kroppsvikt beräknat på 600 kg)
3. Dräktig, 9:de månaden
4. Baserat på 30 kg ECM

2.1.1 Värphöns

En värphöna bildar ett ägg på cirka 25 timmar. Ett äggskal innehåller cirka 2 gram kalcium och bildas i skalkörteln där ägget legat i cirka 20 timmar (Sjaastad, 2010). Den huvudsakliga skalbildningen sker under natten. Ett flertal studier (se referenser Gilbert, 1987) visar en koppling mellan ökat foderintag under dagar då skalbildning sker. Foderintaget ökade med cirka 25% när fodret innehöll hög kalciummängd. Gilbert (1987) menar då att hönsen har en instinkt att öka kalciumintaget under eftermiddagen för att kunna tillgodogöra sig kalcium från tarmen under skalbildningen. Värphöns behöver kalcium för att främst upprätthålla god skalkvalitet och god benkvalitet (Lichovnikova & Zeman, 2008).

I en studie gjord av Lichovnikova & Zeman (2008) undersöktes hur olika inhysningssystem kunde påverka kalciumbehovet och hur inhysningen påverkade äggskalproduktionen och benkvaliteten hos hönsen. I försöket användes totalt 64 höns som valdes ut vid 15 veckors ålder, 24 höns i oinredda burar (två höns per bur), 16 höns i inredda burar (två burar x åtta höns) och 24 höns, alla i samma golvsystem. Hönsen i de oinredda burarna fick ett foder med 36,8 g Ca/kg foder och hönsen i de inredda burarna och i golvsystemet fick ett foder med 34,4 g Ca/kg foder. Foderintag, kalciumintag, äggskalproduktion, skalkvalitet och benkvalitet mättes och analyserades. Benkvaliteten mättes genom styrkan i skenbenet. Resultatet visade att hönsen i golvsystemet hade en lägre äggskalproduktion men att benkvaliteten hos dem var högre. Detta främst för att rörligheten förbättrade benkvaliteten men bidrog till att äggskalproduktionen minskades. Hönsen i burarna nyttjade kalciumet på ett effektivare sätt än hönsen i golvsystemet, vilket kunde ses i skalkalcium: kalciumintag kvoten. Hönsen i de oinredda burarna hade en högre äggskalproduktion och även en högre skalkvalitet. De hade dock en lägre benkvalitet. Hos hönsen i de inredda burarna var benstyrkan bättre än hos hönsen i de oinredda burarna. Äggskalproduktionen var dock jämförbar med hönsen i de oinredda burarna.

Forskarna som genomförde studien drog slutsatsen att extra rörlighet kunde förbättra benkvaliteten men att den höga benkvaliteten kunde orsaka sämre äggskalproduktion. Inhysningssystemet bör därför tas till beaktning vid utformning av kalciumbehovet i foder till värphöns.

2.1.2 Mjölkkor

Mjölkkor behöver kalcium främst till mjölkproduktionen och fosterutvecklingen (Goff, 2000). I slutet av dräktigheten börjar kon producera råmjölk till kalven. Råmjölken innehåller cirka 1,7–2,3 g Ca per kg råmjölk och mjölken innehåller 1,1 g Ca per kg mjölk. Varje dag under den första tiden av laktationen extraheras 20 till

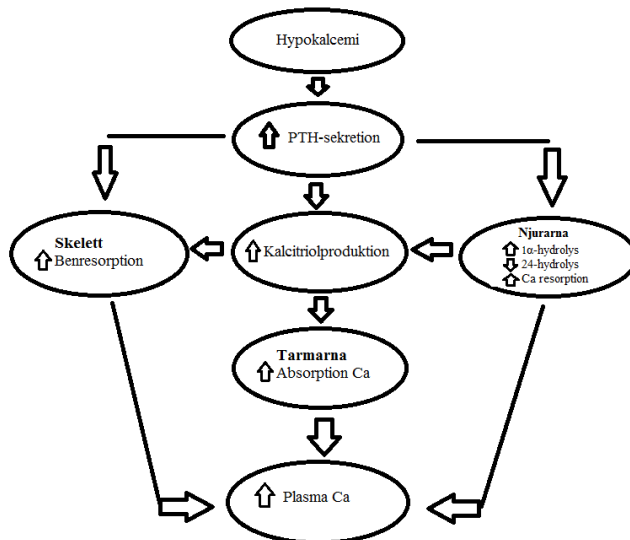
30 g kalcium från skelettet eller från tarmarna via blodet, för att upprätthålla mjölkproduktionen (Goff, 2014). Under sinperioden, när kon inte producerar mjölk, ligger kalciumbehovet på cirka 15 g till fosterutvecklingen och till avföringsförluster och urinförluster gå det åt cirka 15 g. För att upprätthålla kroppens kalciumbehov absorberas kalcium från födan eller skelettet (DeGaris & Lean, 2008).

Mjölmängden är en faktor som kan påverka kalciumbehovet. En högre mjölmängd kräver mer kalcium och därmed ökar kalciumbehovet för en ko som mjölkar mer.

2.2 Kalciumomsättning och kalciumreglering

Kalciumomsättningen i kroppen är främst reglerat av tre hormoner, Parathormon (PTH), 1,25-dihydroxyvitamin D₃ (kalcitriol) och Kalcitonin (Goff 2014; De Matos 2008).

PTH utsöndras vid en sänkning av kalciumkoncentrationen i blodet (figur 1). En förhöjd hormonkoncentration påbörjar mekanismen som ökar resorption av kalcium från benvävnad och återresorption i njurarna. En ökad nivå av PTH stimulerar njurarna för bildning av kalcitriol som ökar absorptionen av kalcium i tarmarna (Goff, 2008). Kalcitonin är ett annat viktigt hormon i kalciumregleringen och har som uppgift att reducera kalciumkoncentrationen i blodet. Hormonet sänker kalciumkoncentrationen genom att hämma benresorptionen samt minska kalciumåterresorptionen från njurarna (Goff, 2000). Kalcitriol är den aktiva hormonella formen av vitamin D₃. Kalcitriol bildas i njuren genom att PTH stimulerar enzymet 1 α -hydroxylas som katalyserar 25-hydrovitamin D₃ som då bildar kalcitriol (Horst et al 2003).



Figur 1. Kalciummetabolismen under hypokalcemi (De Matos, 2008)

2.2.1 Värphöns

Hos värphöns har reproduktion en koppling till kalciummetabolismen, då kalcium krävs för bildning av äggskalet (Gilbert, 1987). Under sexuell mognad, cirka två

veckor innan äggläggning, sker en förändring i skelettet hos honfåglar. Benceller börjar producera en, för fåglar, unik, typ av ben som kallas medullärben. Produktionen av medullärbenet stimuleras av östrogen under äggläggningscykeln. Under skalbildning resorberas kalcium främst från detta ben. Inlagringen av kalcium från tarmen sker primärt i medullärbenet när skalbildningen är klar (Whitehead, 2004).

I en studie av Luck et al (1979) undersöktes kalciumkoncentrationen och förhållandet mellan PTH-aktiviteten och kalcitonin-aktiviteten hos höns med förkalkat äggskal eller höns med icke förkalkat äggskal i äggledaren. Resultatet visade att PTH-produktionen ökade joniserade kalciumkoncentrationen hos höns med förkalkat äggskal men inte hos höns utan förkalkat äggskal. Kalcitonin-aktiviteten hos höns med icke förkalkat äggskal minskade joniserade kalciumkoncentrationen. Kalcitonin-aktiviteten hos höns med förkalkat äggskal hade inte den effekten på joniserade kalciumkoncentrationen, utan minskade bara den totala kalciumkoncentrationen. Av studien drogs slutsatsen att skalförkalkningen inte behöver begränsas av benresorptionen i gensvar av PTH. De kunde även dra slutsatsen att kalcitonin misslyckades att sänka benresorptionen hos höns som redan hade påbörjat skalbildningen.

2.2.2 Mjölkkor

Kalciumomsättningen hos kor är utsatt för störst påfrestning i början av laktationen. En faktor som kan påverka kalciumomsättningen kan vara ålder. Äldre kor har svårare att upprätthålla en god kalciumbalans (Goff,2014) då förmågan att resorbera kalcium från skelettet minskar med åldern. Kalciumtransporten från tarmarna och produktionen av kalcitriol reduceras också med ökad ålder (Horst et al, 1997).

I en studie utförd av Shappell et al (1986) undersöktes hur åldern och kalciumintaget påverkade den hormonella kontrollen av kalciumomsättningen hos dräktiga kvigor och dräktiga kor med tre eller fler kalvningar. Tio kvigor och tio kor delades in i två grupper. Den ena gruppen, bestående av fem kor och fem kvigor, fick foder med en låg kalciumhalt (0,52%) och de resterande fick foder med hög kalciumhalt (1,16%), från och med fyra veckor före beräknad kalvning. Efter kalvning fick båda grupperna samma foder. Resultaten från studien visade att PTH-aktiviteten, 21 till 5 dagar innan beräknad kalvning, var högst hos kor som fått låg kalciumhalt. PTH-aktiviteten var precis innan kalvning högre hos kor och kvigor som fått hög kalciumhalt. Kalcitonin-aktiviteten var lika mellan grupperna med kvigor, innan kalvning. Dagarna efter kalvning nådde kalcitonin-aktiviteten en topp hos kvigor utfodrade med hög kalciumhalt, vilket inte påvisades hos kor med hög kalciumhalt. Kor utfodrade med hög kalciumhalt innan kalvning visade inga toppar av kalcitonin efter kalvningen. Kor med låg kalciumhalt i fodret hade högre kalcitonin-aktivitet i jämförelse

med övriga grupper. Forskarna i studien drog slutsatsen att PTH-aktiviteten visade liknade nivåer hos kor med hypokalcemi som hos kor med normala kalciumnivåer och att vidare forskning på kalcitoninets roll vid kalvningsförlamning bör utföras.

Rodriguez et al (2016) testade i deras studie vad kalcitonin hade för roll vid subklinisk hypokalcemi hos nötkreatur. Studien var indelade i tre olika experiment, varav en var på mjölkkor. I experimentet med mjölkkor användes 15 Holsteinkor som fem dagar efter kalvning genomgått subklinisk hypokalcemi. Åtta av dem hade en kalciumnivå i blodet på 7,5–8,5 mg/dL och klassades som låg subklinisk hypokalcemi (LSH). De resterande sju klassades som hög subklinisk hypokalcemi (HSH) med en kalciumnivå på 6–7,4 mg/dL. Resultatet visade att kalciumkoncentrationen hos kor med HSH var lägre under veckan efter kalvning än före kalvning. Blodkalciumet hos LSH visade bara en liten minskning vid kalvning och dagarna efter. PTH-aktiviteten var högre hos båda grupperna efter kalvning än före kalvning. HSH-korna hade dock en högre PTH-aktivitet under kalvning som minskade efter cirka tre dagar efter kalvning medan nivån hos LSH-korna var mer ihållande efter kalvning. Kalcitriol-produktionen i blodet var lägre hos HSH-korna än hos LSH-korna. PTH kunde dock inte stimulera kalcitriol-produktionen lika effektivt hos HSH-korna som hos LSH-korna. Vilket forskarna i studien menar kan bero på att kalcitriol-produktionen inte bara kontrolleras av PTH utan även PTH-receptorn. Kalcitonin-aktiviteten skiljdes åt mellan HSH och LSH-korna främst under kalvning, då HSH-korna hade en högre koncentration. Studien visade att kalcitonin hade en inverkan på PTH-frisättningen under subklinisk hypokalcemi.

Forskarna kunde dra slutsatsen att kalcitonin är med och förvärrar en fortsatt minskning av blodkalcium under subklinisk hypokalcemi. Kalcitonin medverkar även vid en fördröjning mellan PTH-syntesen och effekten av PTH som HSH-korna verkar ha svårt att kontrollera, av okänd anledning.

2.3 Kalciumbrist och förebyggande åtgärder

Värphöns och mjölkkor är husdjur med produktioner av stort ekonomiskt värde, vilket påverkas när djuren blir sjuka. Mjölkkor drabbas oftast av kalciumbrist när kalciumbehovet blir för stort och kroppen inte hinner reglera kalciumkoncentration, vilket kallas akut hypokalcemi. Värphöns drabbas däremot ofta av kalciumbrist när det inte finns tillräckligt med kalcium i fodret, vilket kallas kronisk kalciumbrist. Det finns mycket forskning som visar hur kalciumbrist kan förebyggas.

2.3.1 Värphöns

Värphöns som drabbas av kalciumbrist får en försämrad skal- och benkvalitet (McDonald et al, 2011). Gilbert (1983) visade i sin studie att ett minskat kalciumintag gav en direkt försämring av skalkvaliteten och att äggproduktionen minskade efter ett par dagar.

Det finns flera studier på hur partikelstorleken på kalkstenar utfodrade till värphöns kan påverka ägg- och benkvaliteten. Större partikelstorlekar smälter långsammare i tarmarna. Hönsen kan då tillgodogöra sig kalciumet under en längre tid och därmed förebygga kalciumbrist. Lichovnikova (2007) undersökte i sin studie hur effekten av större partikelstorlek på kalkstenarna och mängden kalcium hade på skalkvaliteten och kalciumretentionen. I studien delades 24 höns in i fyra olika grupper med foder som innehöll olika kalciumkällor och partikelstorlekar. Kalciumkällorna var antingen äggskal, musselskal eller kalksten. Partikelstorlekarna varierade med liten kalksten (1 mm), stor kalksten (1–2 mm), äggskal (2–5 mm i första försöket) eller musselskal (1–2 mm). De fyra grupperna fick varsin diet med varierande kalciumkälla och partikelstorlek som följande: liten och stor kalksten (LF: LG, 29%:71%), liten kalksten och äggskal (LF: äggskal, 32%:68%), liten kalksten och musselskal (LF: musselskal, 32%:68%) och liten kalksten och stor kalksten (LF: LG, 50%:50%). Kalciuminnehållet låg på 103,3 g/kg foder i gruppen med (LF: LG, 29%:71%) och 93,3 g/kg foder i resten av grupperna. Studien bestod av två foderförsök, varav det ena bestod av en nattutfodring. Varje försök varade i fem dagar med två dagars paus mellan försöken. Hönsen fick samma diet i båda försöken. Resultatet visade ingen skillnad på äggproduktionen mellan grupperna. Gruppen (LF: musselskal, 32%:68%) hade en högre skalkvalitet och äggvikten var högre än de resterande grupperna. I grupperna utfodrade med äggskal och kalksten 50:50, LF: LG var kalciumretentionen högre än de resterande grupperna. Gruppen som fick musselskal var dock effektivare att nyttja kalciumet till äggskalet. Detta menar forskarna beror på att musselskal av stor partikelstorlek smälter långsamt men konstant i tarmen och hönan kan tillgodogöra sig kalcium direkt till skalbildningen. Studien kunde dra slutsatsen att höns bör utfodras med en kalciumkälla av kalksten eller

musselskal av stor partikelstorlek under senare delen av värpperioden för att bibehålla en god skalkkvalitet.

I en annan studie gjord av Cufadar et al (2011) undersöktes hur partikelstorleken påverkade äggkvaliteten hos 76 veckor gamla bruna höns som ruggat (vid 60 veckors ålder). I studien tilldelades 72 höns, foder i 9 grupper med olika kalciummängd och partikelstorlek. Kalciumkoncentrationen varierade mellan 30 g/kg foder (Ca-L), 36 g/kg foder (Ca-C) och 42 g/kg foder (Ca-H). Kalkstenarna hade tre olika partikelstorlekar, liten (0–2 mm), medium (2–5 mm) eller stor (större än 5 mm) diameter. Grupperna var uppdelade enligt följande: Ca-L* liten, Ca-L*medium, Ca-L*stor, Ca-C*liten, Ca-C*medium, Ca-C*stor, Ca-H*liten, Ca-H*medium och Ca-H*stor. Resultaten i studien visar att förhållandet mellan kalciumkoncentrationen och partikelstorleken i fodret inte hade någon effekt på äggproduktionen. En liten effekt kunde ses i skalstyrkan. Resultatet visar även att en god skalkkvalitet kan upprätthållas om fodret har en låg kalciumkoncentration när partikelstorleken är stor eller om fodret har en hög kalciummängd men en liten partikelstorlek.

Forskarna i studien kom fram till att höns som ruggat bör utfodras med foder som innehåller 36 g Ca/kg foder och kalkstenar med partikelstorlek, medium (2–5 mm), för att upprätthålla god produktion och god skal- och benkvalitet.

2.3.2 Mjölkkor

Kalvningsförlamning förekommer när mjölkkon inte lyckas extrahera tillräckligt med kalcium från skelett eller föda för att ersätta kalciumet för mjölkbildningen (Goff, 2006). Kalvningsförlamning är ett vanligt förekommande problem hos många mjölkkor och det finns en mängd studier som visar hur man kan förebygga detta.

Syra-bas balansen i kroppen är viktig för att upprätthålla grundläggande cellfunktion. Den metaboliska syra-bas balansen har en effekt på PTH och calcitriol-syntesen (McDonald et al, 2011). Det finns ett flertal studier som visat att balansen mellan lättupptagliga positiva eller negativa laddade joner i fodret kan ha en inverkan på förekomsten av kalvningsförlamning (Goff, 2000). Genom att reducera antalet katjoner och öka antal anjoner kan man framkalla en metabolisk acidosis, vilket leder till att PTH, lättare kan reglera kalciumnivån i blodet och därmed förebygga hypokalcemi (Goff, 2008). Syra-bas balansen kan beräknas genom ekvationen $(\text{Na}^+ + \text{K}^+) - (\text{Cl}^- + \text{S}^{2-})$ med enheten meq/100 g ts (DeGaris & Lean, 2009).

Moore et al (2000) utförde en studie som undersökte hur kalciummetabolismen hos dräktiga kor och kvigor påverkades av DCAD-värdet (Dietary cation- and anion difference) i fodret. I studien användes 27 kor och 35 kvigor fördelade på tre olika foder med tre nivåer av DCAD, +15 meq/100 g ts, 0 meq/100 g ts och -15 meq/100 g ts. Joniserad kalciumkoncentration och PTH-koncentration i blodplasman mättes före kalvning och under kalvning. Resultatet visade att den joniserade kalciumkoncentrationen, veckan före kalvning och vid kalvning, var högre hos kor och kvigor utfodrade med foder som innehöll -15 DCAD, jämfört med de resterande grupperna. PTH-koncentrationen hos kor utfodrade med -15 DCAD var lägre än hos kor utfodrade med 0 DCAD. Kvingor med 0 och -15 DCAD i fodret hade en lägre PTH-koncentration än kvingor utfodrade med +15 DCAD. Kor med -15 DCAD diet hade lägre kalcitriolkoncentration än kor som fick 0 eller +15 DCAD. Kvingor hade dagen efter kalvning lägre kalcitriolkoncentration än korna. Mellan de olika dieterna bland kvingorna hade grupperna utfodrade med 0 och -15 DCAD en lägre kalcitriolkoncentration än +15 DCAD gruppen. Anjoniska salter hade dock en negativ effekt på energibalansen hos kvingorna. Kvingor som fick -15 DCAD hade en högre koncentration av triglycerider i levern än de resterande kvingorna.

Forskarna i studien kunde dra slutsatsen att ett foder med DCAD-värdet -15 meq/100 ts, innan kalvning kan minska risken för kalvningsförlamning hos kor. På grund av de negativa effekterna hos kvingorna föreslår forskarna i studien att kvingor inte bör bli utfodrade med anjoniska salter före kalvning.

När kalvningsförlamning ska förebyggas finns det andra faktorer än bara fodret som är viktiga att ta hänsyn till. I en fältstudie gjord av Erb et al, (1978) analyserades vad ålder och ras hade för inverkan på olika sjukdomar som drabbar mjölkkor. Raserna i studien bestod av Holstein, Ayrshire, Guernsey samt Jersey. Korna var minst två år gamla och var diagnostiserade med någon av sjukdomarna som undersöktes, bland annat hypokalcemi. Resultatet visade att kor av rasen Jersey var i högre utsträckning i riskzonen av att utveckla kalvningsförlamning. Holstein hade lägst risk av raserna inkluderade i studien. Kor i åldern 7–10 år löpte högre risk att drabbas av kalvningsförlamning än de yngre korna.

3 Diskussion

3.1 Kalciumbehov

Värphöns och mjölkkor är båda djurslag vars produktion kräver mycket kalcium. Det som skiljer sig mellan djurslagen gällande kalciumbehovet är främst tidpunkten när kalciumbehovet är extra påfrestande. En höna lägger ett ägg per dygn och har sitt största kalciumbehov under natten när den huvudsakliga skalbildningen sker. Hönan har varje dygn ett enormt kalciumtryck i en period som varar cirka 1,5 år tills hon slaktas ut. En ko har en laktationsperiod på 10 månader och sedan en viloperiod på två månader innan nästa kalvning. Under sin 9 månaders dräktighet ska hon inte bara förse sin egna kropp med kalcium utan även fostret och mjölkproduktionen. Hennes extra kalciumbehov försvinner aldrig utan ska antingen förse mjölken, fostret eller både och med kalcium tills hon slaktas ut.

När man jämför det totala kalciumbehovet per kg kroppsvikt mellan värphöns och mjölkkor skiljer det ganska mycket. En värphöna väger cirka 2 kg och en mjölkko väger i genomsnitt cirka 600 kg. Totala kalciumbehovet per kg kroppsvikt för en värphöna ligger på cirka 1,36 g medan för en mjölkko varierar det lite om hon är dräktig (0,081 g Ca per kg kroppsvikt) eller i laktation (0,18 g Ca per kg kroppsvikt). Jämför man det totala kalciumbehovet per dag mellan en lakterande ko och en dräktig ko (109 g Ca respektive 49 g Ca), kan man se att kalciumbehovet för den lakterande kon är lite mer än dubbelt så stort.

Kalciumomsättningen för värphöns är inte bara viktig för äggproduktionen utan även för benkvaliteten. Inhyssningssystemet är en faktor man måste ta hänsyn till vid utformning av en foderstat till värphöns. Det är även en av faktorerna som kan påverka benkvaliteten (Lichovnikova & Zeman, 2008). Resultatet i studien av Lichovnikova & Zeman, (2008) har visat att höns i golvsystem som har tillgång till större

utrymme för rörlighet fick en ökad benkvalitet medan hönsen i de oinredda burarna fick en ökad äggskalproduktion.

Enligt Gilbert (1987) har höns en naturlig instinkt att öka kalciumintaget under eftermiddagen och därmed lagra in kalcium till skalformationen som sker främst under natten.

3.2 Kalciumomsättning och kalciumreglering

Den hormonella kalciumregleringen sker på liknade sätt hos de båda djurslagen. I studier som jämfört PTH-aktiviteten och kalcitonin-aktiviteten hos värphöns med förkalkat äggskal och icke förkalkat äggskal (Luck et al, 1979) och hos dräktiga kviigor samt dräktiga kor (Shappell, 1986) kunde likande slutsatser dras i de respektive studierna. I studien med hönsen kunde slutsatsen dras att PTH-aktiviteten var högre hos hönsen med förkalkat äggskal än hos hönsen utan förkalkat äggskal (Luck et al, 1979). Även i studien av Shappell et al (1986) visade resultatet att PTH-aktiviteten var högre hos korna i jämfört med kviigorna. Detta tyder på att kor och höns som genomgått en produktion tidigare eller har en pågående produktion, har en mer aktiv kalciumreglering i jämförelse med de yngre djuren som inte påbörjat sin produktion. De yngre djuren skulle teoretiskt sätt kunna ha en högre kalciumreserv i kroppen och då klara av kalciumpåfrestningen vid kalvningen eller skalbildningen. Unga värphöns som inte kommit in i värpperioden än genomgår en sexuell mognad veckorna innan äggläggningen. Benceller genomgår en omvandling och bildar ett ben som främst används som kalciumreserv vid skalbildningen. Medullärbenet är unikt hos fåglar och kan bidra till att de lättare kan anpassa sig till en förändring av kalciummetabolismen och då även bidra till att muskelfunktionen inte påverkas. I studien av Shappell et al (1986) var korna indelade i grupper med olika nivåer kalcium i fodret. PTH-aktiviteten skiljde något mellan kalciumnivåerna. Hos kor som fick en låg kalciumdiet var PTH-aktiviteten högst vilket kan förklaras med att PTH ökar vid låg kalciumkoncentration i kroppen.

Kalcitonin är ett viktigt hormon vid regleringen av kalcium. Hormonets främsta uppgift är att sänka kalciumkoncentrationen i kroppen framförallt vid hyperkalcemi. Rodriguez et al (2016) undersökte kalcitoninets roll vid subklinisk hypokalcemi. De kom fram till att kalcitonin är med och förvärrar minskningen av kalcium i blodet under subklinisk hypokalcemi. Shappell et al (1987) såg i deras studie att kalcitoninet följde PTH-topparna, då kor som fått låg kalciumhalt i fodret innan kalvning hade både högre kalcitonin-aktivitet och högre PTH-aktivitet än kor som fått hög

kalciumpåbud. Kalcitoninets roll vid subklinisk hypokalcemi verkar inte helt utrett och kan behövas forskas mer på.

3.3 Kalciumpåbud och förebyggande åtgärder

Värphöns och mjölkkor kan drabbas av kalciumpåbud på lite olika sätt. Värphöns kan få kronisk, sann, kalciumpåbud som oftast uppkommer när fodret inte har tillräckligt med kalcium. Kor får oftast akut hypokalcemi som uppstår när kroppens kalciummekanismer inte hinner reglera en stor och snabb påfrestning av kalcium. Värphönsen visar därför symtom som sämre skalkvalitet eller benkvalitet medan korna får mer omfattande symtom som förlamning

Det finns en mängd åtgärder som kan tillämpas för att förebygga kalciumpåbud. Hos värphöns har flera studier visat att olika partikelstorlekar på kalkstenar kan påverka absorptionen av kalcium från tarmen på olika sätt. Lichovnikova (2007) testade hur absorptionen av olika kalciumkällor och partikelstorlek på kalkstenarna påverkades. Resultatet visade att kalksten med stor partikelstorlek eller musselskal med stor partikelstorlek hade den bästa inverkan för att upprätthålla god skalkvalitet. Forskarna som gjort studien förklarar dock inte mer ingående vilken av kalciumkällorna som är optimalas för god skalkvalitet. De påpekade att foderstaten, LF: LG, 29%:71%, hade högre kalciumpåbud, dock var detta inget som påverkade äggskalproduktionen i jämförelse med de övriga. Musselskal av stor partikelstorlek hade en högre effekt på nyttjandet av skalkalciumet och bidrog till att hönsen kunde tillgodogöra sig kalcium från tarmen direkt till skalbildningen. Detta kan vara en bidragande anledning till att forskarna drog slutsatsen att kalksten eller musselskal är lämpliga för utfodring.

Cufadar et al (2011) undersökte hur partikelstorleken påverkades hos höns som ruggat. I den här studien testades olika partikelstorlekar med olika kalciumpåbudkoncentrationer i fodret. Resultatet visade att en låg kalciumpåbudkoncentration med en stor partikelstorlek i fodret eller hög kalciumpåbudkoncentration med liten partikelstorlek i fodret kunde förbättra skalkvaliteten. Forskarna i studien drog dock slutsatsen att fodret bör innehålla medium stor partikelstorlek på kalksten med en mellan nivå av kalciumpåbudkoncentration för att upprätthålla god skal- och benkvalitet. Forskarna i studien gav ingen djupare förklaring varför de drog den slutsatsen då resultaten visade att skal- och benkvaliteten inte påverkades av den kalciumpåbudkoncentrationen eller partikelstorleken. Det man kan anta är att forskarna har angett ett genomsnitt på vad som kan tillämpas om man utgår från resultatet. Kvaliteten på äggskalen och benen försämras om partikelstorleken är stor när kalciumpåbudkoncentrationen är hög. Den försämras också när partikelstorleken är liten och kalciumpåbudkoncentrationen är låg.

Förebyggande åtgärder mot kalvningsförlamning har länge varit en viktig arbetsuppgift för en djurskötare. Det finns flera faktorer som är viktiga att tänka på, både hos fodret och hos djuren. På senare år har fler kommit i kontakt med CAD (kat- och anjon balansen). Fodret innehåller olika joner som kan vara olika lättupptagliga och flera studier har visat att en balans av lättupptagliga positiva och negativa joner kan förebygga kalvningsförlamning. I en studie av Moore et al (2000) undersöktes hur kalciumomsättningen hos dräktiga kvigor och kor påverkades av olika DCAD-värden i fodret. Resultatet visade att ett foder som innehöll -15 meq/ 100 g ts DCAD kunde förebygga uppkomsten av kalvningsförlamning. Det är viktigt att påpeka att korna bör utfodras med lågt DCAD-värde innan kalvning för att nå bästa effekt. Övergångsperioden från en laktation till sinperioden är en känslig period för alla kor. Utfodringsstrategin kan därför spela stor roll om korna drabbas av kalvningsförlamning.

Ålder är en faktor som bör tas hänsyn till vid förebyggandet av kalvningsförlamning. Med ökande ålder är det flera funktioner i kroppen som förändras. En ko som genomgått flera laktationer har ofta en högre mjölmängd jämfört med en förstakalvare, en ökad mjölmängd ger ett ökat kalciumbehov. Äldre kor har även svårare att mobilisera kalcium från skelettet och en ökad ålder försämrar även kalciumtransporten i tarmarna och är kopplat till en minskad produktion av kalcitriol. Kalvningsförlamning orsakas av att kroppen inte hinner reglera kalciumnivån till följd av det ökade kalciumbehovet. En försämrad kalciumomsättning med en ökad ålder kan då leda till att kon får ökad risk att drabbas av kalvningsförlamning. I studien av Erb et al (1987) kunde de se att kor i åldern 7–10 år löpte högre risk av att drabbas. I samma studie kunde de också se att Jerseykor drabbades i större utsträckning av kalvningsförlamning. Orsaken till varför Jersey drabbas oftare kan vara genetisk kopplat. De skulle också kunna ha någon mekanism som fungerar lite annorlunda än hos andra raser och som kan leda till att de löper högre risk att utveckla kalvningsförlamning. Det är inget man undersökt i detta arbete och något som skulle behövas mer forskning på.

4 Slutsats

I den här litteraturstudien kunde slutsatsen dras att värphöns och mjölkkor drabbas av olika typer av kalciumbrist. Värphöns har en unik typ av ben som kalciumreserv, vilket kor saknar. Medullärbenet verkar ha en roll i att buffra blodets kalciumhalt, till den grad, att värphönsens muskelfunktion inte påverkas i samma utsträckning som mjölkornas muskelfunktion, vid akut hypokalcemi.

Det går även att dra slutsatsen att värphöns bör bli utfodrade med kalksten av en partikelstorlek på 2–5 mm för att upprätthålla god ben- och skalkvalitet. För mjölkkor finns flera faktorer som kan tillämpas som förebyggande åtgärd men att bland annat ett lågt DCAD-värde kan hjälpa till att förhindra kalvningsförlamning. Jerseykor samt kor i åldern 7–10 år är i riskzonen att drabbas av kalvningsförlamning i högre utsträckning.

Referenslista

- Cufadar, Dr.Y., Olgun, O. and Yildiz, A.Ö. (2011). The effect of the dietary calcium concentration and particle size on performance, eggshell quality, bone mechanical properties and tibia mineral contents in moulted laying hens. *British Poultry science*, Vol.56, ss.761-768, DOI: 10.1080/00071668.2011.641502
- DeGaris, P.J and Lean, I.J. (2008). Milk fever in dairy cows: A review of pathophysiology and control principles. *The veterinary journal*, Vol, 176, ss.58-69.
- DeMatos, R. (2008). Calcium Metabolism in birds. *Veterinary clinics Exotic Animal Practice*, Vol, 11, ss.59-82.
- Erb, H.N. and Martin, S.W. (1978). Age, Breed and seasonal patterns in the occurrence of ten dairy cow diseases: A case control study, Vol, 42
- Gilbert, A.B. (1983). Calcium and reproductive function in the hen. *Proc.Nutr.Soc*, Vol,42, ss. 195-212
- Goff, J.P. (2000). Pathophysiology of calcium and phosphorus disorders. *Veterinary Clinics of North America: Food animal practice*, Vol, 16(2), ss. 319-337.
- Goff, J.P. (2006). Macromineral physiology and application to the feeding of the dairy cow for prevention of milk fever and other periparturient mineral disorders. *Animal Feed Science and Technol*, Vol, 126, ss. 237-257.
- Goff, J.P. (2008). The monitoring, prevention, and treatment of milk fever and subclinical hypocalcemia in dairy cows. *The Veterinary Journal*, Vol, 176, ss. 50-57.
- Goff, J.P. (2014). Calcium and Magnesium Disorders. *Vet. Clin. Food Anim*, Vol, 30, ss. 359-381.
- Horst, R.L., Goff, J.P, Reinhardt, T.A. And Buxton, D.R. (1997). Strategies for preventing milk fever in dairy cattle. *Journal of dairy Science*, Vol, 80, ss. 1269-1280.
- Horst, R.L., Goff, J.P. and Reinhardt, T.A. (2003). Role of vitamin D in calcium homeostasis and its use in prevention of Bovine Periparturient paresis. *Acta vet. Scand*, Vol, 97, ss. 35-50.
- Lichovnikova, M. and Zeman, L. (2008). Effect of housing system in the calcium requirement of laying hens and on eggshell quality. *Czech journal of Animal Science*, Vol,53, ss. 162-168.
- Lichovnikova, M. (2007). The effect of dietary calcium source, concentration and particle size on calcium retention, eggshell quality and overall calcium requirement in laying hens. *British Poultry Science*, Vol, 48, ss. 71-75. DOI: 10.1080/00071660601148203
- Luck, M.R, Sommerville, B.A. and Scanes, C.G. (1979). The effect of eggshell calcification on the response of plasma calcium activity to parathyroid hormone and calcitonin in the domestic fowl. *Comp. Biochem. Physiol*, Vol, 65A, ss. 151-154.

- McDonald, P., Edwards, R.A, Greenhalgh, J.F.D., Morgan, C.A., Sinclair, L.A. and Wilkinson, R.G. (2011). *Animal Nutrition*. seventh edition. Ss. Harlow, England: Pearson.
- Moore, S.J., VandeHaar, M.J., Sharma, B.K., Pilbeam, T.E., Beede, D.K., Bucholtz, H.F., Liesman, J.S, Horst, R.L. and Goff, J.P. (2000). Effects of altering dietary cation-anion difference on calcium and energy metabolism in peripartum cows. *Journal of Dairy Science*, Vol 83, ss. 2095-2104.
- NRC (National Research Council). 1994. *Nutrient Requirements of Poultry*. 9th Revised Edition, National Academy Press, Washington, D.C
- Rodriguez, E.M., Bach, A., Devant, M. and Aris, A. (2016). Is calcitonin an active hormone in the inset and prevention of hypocalcemia in dairy cattle?. *Journal of dairy science*, Vol,99, ss.3023-3030.
- Shappell, N.W., Herbein, J.H., Deftos, L.J. and Aiello, R.J. (1986). Effects of dietary calcium and age on parathyroid hormone, calcitonin and serum and milk minerals in the periparturient dairy cow. *Journal of Nutrition*, ss.201-207.
- Sjaastad, Ø.V., Sand, O & Hove, K. (2010). *Physiology of domestic animals*. 2. uppl. ss. 261–292. Oslo: Scandinavian Veterinary Press.
- Spörmöly, R (red). (2003). *Fodertabeller för idisslare*. (Rapport 257). Uppsala: Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för husdjurens utfodring och vård
- Växa Sverige. (2015). Redogörelse för husdjursorganisationens djurhälsovård. Stockholm: Växa Sverige. Tillgänglig: https://www.vxa.se/globalassets/dokument/statistik/djurhalsovardens-arsredovisning_2015_16.pdf (2017-04-05)
- Whitehead, C.C. (2004). Overview of bone biology in the egg-laying hen. *Poultry Science*, vol,88, ss.193–199.

Tack!

Ett stort tack till min handledare Cecilia Kronqvist som hjälpt och stöttat mig genom den här skrivprocessen.