

Grovfodrets partikelstorlek och dess inverkan på konsumtion och foderutnyttjande hos mjölkkor



Emma Elgemark

Grovfodrets partikelstorlek och dess inverkan på konsumtion och foderutnyttjande hos mjölkkor

Forage particle size and its impact on consumption and feed utilization of dairy cows

Emma Elgemark

Handledare: Bengt-Ove Rustas, SLU, Institutionen för husdjurens utfodring och vård

Examinator: Peter Udén, 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, 605

Omslagsbild: Emma Elgemark

Nyckelord: torrsbstansintag, tuggning, idissling, salivproduktion vommiljö, buffring

Key words: dry matter intake, chewing, rumination, production of saliva, the rumen environment, buffering

Sammanfattning

Grovfoder i form av gräs, majs eller baljväxter är den viktigaste komponenten i mjölkors foderstat då det bidrar till att upprätthålla en normal vomfunktion. Grovfoder stimulerar tuggning och idissling som reducerar grovfodrets partikelstorlek, vilket krävs för att fodret ska kunna passera genom vommen. För att underlätta ensileringsprocessen är det vanligt att hacka grovfodret, men enligt utfodringsrekommendationer bör grovfodrets partikelstorlek inte underskrida 1,5cm för att bevara en effektiv vomfunktion. Det har visat sig att grovfoder med en liten partikelstorlek (<4,8mm) minskar kornas tuggaktivitet och idissling vilket leder till en lägre salivproduktion och ett lägre pH i vommen. Även kornas ätbeteende kan påverkas av vommiljön då en pH-sänkning i vommen bidrar till att korna sorterar för grovfoder av större partikelstorleken för att återupprätta en normal vommiljö. Syntetiseringen av fettsyror i vommen verkar inte påverkas av grovfodrets partikelstorlek. Lika så gäller för mjölkproduktionen som inte visar någon större påverkan av grovfoder med olika partikelstorlek. Några förändringar kan visas i mjölkkomponenterna då det finns tendenser till en ökad laktoshalt i mjölken vid minskad partikelstorlek hos grovfodret. Proteinhalten i mjölken kan öka vid minskad partikelstorlek och mjölkfettet kan öka vid ökad partikelstorlek, men dessa resultat kan även påverkas av grovfoderkälla och grovfoderandel. Hur mjölkproduktionen och mjölkkomponenterna påverkas av grovfodrets partikelstorlek verkar inte skilja sig mellan kor i tidig eller sen laktation, medan partikelstorlekens effekt på foderintaget kan variera mellan kor i olika laktationsstadie.

Nyckelord; torrrsubstansintag, tuggning, idissling, salivproduktion vommiljö, buffring

Abstract

Forage, such as grass, maize or legumes, is the most important component of dairy cow's diet since it maintains a normal rumen function. Forage stimulates chewing and rumination, reducing forage particle size, which is required to enable feed to pass the rumen. To facilitate the ensiling process chopping of forage is a common physically process, but according to recommendations forage particle size should not be shorter than 1.5cm to preserve an efficient rumen function. It has been found that decreasing forage particle size (<4.8mm) decreases chewing activity and rumination which leads to a lower saliva production and a decreased ruminal pH. The environment in the rumen affects cow's eating behaviour since a low ruminal pH stimulate sorting for forage with larger particle size which increases the ruminal pH. Synthesis of fatty acids in rumen showed no effect of forage particle size. Equally regarding milk production which also seemed to be unaffected by forage particle size. Some minor changes may appear in the milk components as the lactose content tended to increase with decreasing forage particle size. The protein content of the milk may increase with decreasing particle size and the milk fat may increase with increased particle size, but these results may be affected by the forage source and forage level. The effect of forage particle size on milk production and milk components does not appear to differ between cows in early or late lactation, while the particle size' effect on feed intake seemed to vary between cows in different stage of lactation.

Keywords: Dry matter intake, chewing, rumination, production of saliva, the rumen environment, buffering

Innehållsförteckning

| | |
|--|-----------|
| Inledning | 7 |
| 1 Foderintag | 9 |
| 1.1 Tuggning och idissling | 9 |
| 1.2 Partikelstorlekens inverkan på foderintaget | 10 |
| 2 Ätbeteende och vommiljön | 11 |
| 2.1 Fodersortering och pH i vommen | 11 |
| 2.2 Produktionen av fria fettsyror i vommen | 12 |
| 3 Grovfodrets sammansättning | 13 |
| 3.1 Partikelstorlekens inverkan på fodrets näringsinnehåll och smältbarhet | 13 |
| 4 Mjolkproduktionen | 14 |
| 4.1 Partikelstorlekens påverkan på mjolkproduktionen | 14 |
| 4.2 Mjölksammansättning | 15 |
| 5 Laktationsstadie | 16 |
| 6 Diskussion | 17 |
| 7 Slutsats | 20 |
| 8 Tack | 21 |
| 9 Litteraturförteckning | 22 |

Inledning

Gräs är den viktigaste komponenten i mjölkors foderstater och utfodras oftast i form av ensilage i norra Europa (Chamberlain, 1996). I andra delar av världen är det vanligare att ensilera majs eller lucern, vilket då anses vara det viktigaste konserverade grovfodret i mjölkors diet. Förr utfodrades mjölkkor med en foderstat bestående av endast grovfoder i form av bete på sommaren och hö/ensilage under vinterhalvåret. Men ett grovfoder med låg kvalitet kan behöva kompletteras med någon form av kraftfoder som kan bidra med en högre halt energi och protein. En väl utvecklad foderstrategi är grundläggande för att upprätthålla en god vomfunktion, vilket är avgörande för en effektiv mjölkproduktion och djurhälsa hos mjölkkor (Nørgaard et al., 2011).

Den genetiska förändringen hos dagens mjölkkor har gett potential till en högre mjölkproduktion (Krause & Combs, 2003). Med detta följer en eftersträvan att maximera mjölkornas energi och näringsintag för att maximera mjölkproduktionen. Kraftfoder har högt näringsinnehåll och kan tillgodose högproducerande mjölkors energibehov (Yang *et al.*, 2001). Därför kan det bli problematiskt att tillgodose mjölkors behov av tillräcklig mängd foder med långa fiber, definitionen av tillräcklig mängd långa fiber anses dock vara oklar. Däremot finns foderrekommendationer som säger att kraftfodergivan inte bör överstiga 65 % av torrsubstansen (ts) i dieten (Spörndly, 2003).

Grovfoder och kraftfoder innehåller cellväggar som består av cellulosa, hemicellulosa och lignin, och cellinnehåll som består av socker, stärkelse och protein (Chamberlain, 1996). Cellväggarna fermenteras långsamt i vommen och tenderar att inte genomgå en fullständig nedbrytning i tarmkanalen medan cellinnehållet fermenterar snabbt i vommen och genomgår oftast en fullständig nedbrytning i hela mag- och tarmkanalen. Detta visar att cellväggar har en lägre smältbarhet jämfört med cellinnehållet och bidrar till en fyllnad av mag- och tarmkanalen (Mertens, 1997).

Cellväggar kan även benämnas som fiber och kvantifieras med analysmetoden Neutral Detergent Fiber (NDF). Det krävs att fodret innehåller en viss andel fiber

för att mjölkkor ska upprätthålla en effektiv vomfunktion (Chamberlain, 1996). Enligt en svenska utfodringsrekommendation skall NDF-innehållet i totalfoderstaten vara minst 28 % beräknat på torrsubstansbasis (Spörndly, 2003). Detta beror på att fodrets fiberlängd och struktur påverkar kornas tuggaktivitet och idissling, vilket reducerar fodrets partikelstorlek och möjliggör fodrets passage genom vommen. En foderstat med för högt fiberinnehåll bidrar till ett lägre energiinnehåll i fodret, lägre foderintag och en lägre produktion (Mertens, 1997). Medan en foderstat med för låg fiberinnehåll kan orsaka förändringar i vommiljön och risk för vomacidos. Grovfodrets partikelstorlek kan mätas med hjälp av en 'Penn State Particle Separator' (PSPS) som separerar grovfoder med partikelstorlek av 19,0, 8,0, 1,18 mm och mindre (Kononoff & Heinrichs, 2003). Många studier har använt sig av ett grovfoder med partikelstorlek <15mm (Maulfair *et al.*, 2010; DeVries *et al.*, 2008; Beauchemin *et al.*, 2003; Kononoff & Heinrichs, 2003; Krause & Combs, 2003; Yang *et al.*, 2001), dock finns utfodringsrekommendationer som menar att grovfodrets partikelstorlek inte bör underskrida 15mm (Chamberlain, 1996).

Utfodring av grovfoder med olika partikelstorlek kan bland annat påverka torrsubstansintag (ts-intag), tuggaktivitet och idissling hos mjölkkor (Nasrollahi *et al.*, 2015; Kononoff & Heinrichs, 2003). I sin tur kan det orsaka förändringar i vommiljön (DeVries *et al.*, 2008), produktionen av fria fettsyror i vommen (Kononoff & Heinrichs, 2003) och mjölkproduktionen (Nasrollahi *et al.*, 2015). Det har däremot konstaterats att ett grovfoder som är hackat till en partikelstorlek av >20mm bidrar till lika mycket idissling av fodret som ett långsträigt grovfoder (Nørgaard *et al.*, 2011).

Studier som undersökt hur mjölkkor påverkas av grovfodrets partikelstorlek har använt en partikelstorlek från <1,18 mm (DeVries *et al.*, 2008) till hela strån av hö (Jaster & Murphy, 1983). Effekterna av grovfodrets partikelstorlek varierar mellan studierna och visar olika påverkan på bland annat ts-intaget, tuggaktiviteten och mjölkproduktionen. Det finns även skillnader i effekterna av grovfodrets partikelstorlek mellan olika grovfoderkällor och andel grovfoder i dieten (Nasrollahi *et al.*, 2015).

Syftet med denna studie är att undersöka hur grovfodrets partikelstorlek påverkar mjölkorns foderintag, ätbeteende, idissling, vommiljö, foderutnyttjande och mjölkproduktion.

1 Foderintag

1.1 Tuggning och idissling

Tuggning och idissling av fodret är den viktigaste mekanismen för en väl fungerande matsmältningsprocess hos idisslare och bidrar till nedbrytning av fodrets partikelstorlek, vilket krävs för att fodret ska kunna passera genom vommen (Kononoff & Heinrichs, 2003; Welch, 1982). Det har konstaterats att grovfodrets partikelstorlek påverkar tuggaktiviteten och idisslingen hos mjölkkor (Kononoff & Heinrichs, 2003), då ett flertal studier har visat att en minskad partikelstorlek i grovfodret bidrar till minskad tuggning och idissling av fodret (beräknat i tid per kg torrsubstansintag) (Maulfair et al., 2010; Beauchemin et al., 2003; Kononoff & Heinrichs, 2003; Krause & Combs, 2003). Ett malet grovfoder kan minska mjölkorns tuggaktivitet med 20 – 60 % jämfört med ett långstråigt grovfoder och om grovfoder är hackat till en partikelstorlek av 5 mm kan tuggaktiviteten minska upp till 70 % jämfört med en partikelstorlek av 20mm (Mertens, 1997).

I en studie av Welch (1982) har det undersökts hur nötkreatur påverkas när idisslingen begränsas. Detta har testats på jerseystutar som fick bära en mask som förhindrade käkens rörelser, vilket förhindrade idisslingen. Masken satt på stutarnas huvud i 10 timmar, och togs därefter av i 2 timmar och stutarna erbjöds då hö. Proceduren upprepades två gånger om dagen i fyra dagar och resulterade i att stutarna föredrog att idissla framför att äta de 2 timmar de gick utan mask. Följden av maskens inverkan på idisslingen var att svalget och foderstrupen förstoppades, vilket ledde till att två av stutarna dog av kvävning i slutet av försöket. Förutom idissling bidrar även mikrobaktiviteten i vommen till att reducera fodrets partikelstorlek och därför har också mikrobernas kapacitet till nedbrytning undersökts i samma studie (Welch, 1982). För att mäta detta användes nylonpåsar innehållande hö av gräs i olika partikelstorlek och lucernhö som placerades i vommen i 10 dagar på stutar med fistel. Resultatet visade att enbart mikrobaktiviteten inte var tillräcklig för att

reducera partikelstorleken i grovfodret, alltså är idissling ett nödvändigt moment för att grovfodret ska kunna passera genom vommen.

1.2 Partikelstorlekens inverkan på foderintaget

Minskad partikelstorlek i grovfodret bidrar generellt sett till ett ökat torrsbstansintag (ts-intag) hos mjölkkor, men effekten av partikelstorleken kan även påverkas av grovfoderkällan och andel grovfoder i dieten. En minskad partikelstorlek bidrar till ett ökat ts-intaget framför allt vid en hög grovfoderandel (>50 %) i dieten och effekten är tydligare med ensilage som grovfoderkälla jämfört med hö. Detta framkom i en studie av Nasrollahi *et al.* (2015) som gjorde en meta-analys av data från 46 olika studier.

En studie av Maulfair *et al.* (2010) använde en fullfoderfoderblandning som innehöll hö av gräs, majsensilage, majs, hösilage, sojaböner, raps, mineraler och vitaminer, med en grovfoderandel på ca 60 %. Partikelstorleken på höet varierade mellan <1,65mm till 26,9mm, och studien visade att större partikelstorlek på höet gav ett lägre ts-intag hos mjölkkor. Andra studier har visat att ts-intaget inte påverkas av partikelstorleken i grovfodret. Beauchemin *et al.* (2003) använde en foderblandning av 60 % koncentrat baserat på korn och 40 % grovfoder som bestod av lucernensilage och lucernhö. Ts-intaget visade sig var oförändrat vid olika partikelstorlekar på höet (4mm till 10mm). Även Alamouti *et al.* (2009) visade ett oförändrat ts-intag hos mjölkkor vid olika partikelstorlekar (20mm och 40mm) på lucernhö. Då bestod fullfoderblandningen av ca 40 % grovfoder och baserades på lucernhö, majsensilage, majs, betmassa, korn, majs, raps, sojaböner, vete, salt och mineraler.

Förutom foderintaget påverkas även antal måltider per dag av partikelstorleken i grovfodret (Krause *et al.*, 2002a). Vid en ökad partikelstorlek minskade antalet måltider per dag, men samtidigt ökade ättiden per måltid. Det finns även resultat som visar att en minskad partikelstorlek av grovfodret (<5mm) kan bidra till en ökad passagehastigheten i vommen (Welch, 1982).

2 Ätbeteende och vommiljön

2.1 Fodersortering och pH i vommen

Foder med långa strån (10 till 20 cm) stimulerar salivproduktionen mycket mer effektivt jämfört med hackat foder (Chamberlain, 1996). Saliven innehåller bikarbonat och fosfat som har en buffrande förmåga vilket bidrar till att upprätthålla en optimal vommiljö med en pH-nivå på 6,5–7. En låg salivproduktion bidrar till ett lägre pH i vommen och ökar risken för vomacidosis.

Studier visar att en minskad partikelstorlek på grovfodret (<8 mm) sänker pH-nivån i vommen (DeVries *et al.*, 2008; Krause *et al.*, 2002b) och det har konstaterats att produktionen av ammoniak, som är ett buffrande ämne i vommen inte påverkas av grovfodrets partikelstorlek (Kononoff & Heinrichs, 2003).

DeVries *et al.* (2008) visade i sin studie att mjölkkor i tidig laktation med en foderstat bestående av 45 % grovfoder (av olika partikelstorlek) och 55 % kraftfoder sorterar bort foder med större partikelstorlek. Samma resultat gäller för mjölkkor i mitten av laktationen med en utfordring av 60 % grovfoder och 40 % kraftfoder. Även vid begränsad utfordring (50 % av det normala dagliga foderintaget vid fri fodertillgång) sorterade både korna med hög respektive låg grovfodergiva bort foder av större partikelstorlek. Konsekvenser av detta sorteringsbeteende var att pH-nivån i vommen sjunker ju mer korna sorterar för foder av mindre partikelstorlek. När pH-nivån i vommen sjunker resulterade det i att korna började sortera bort de mindre partikelstorlekarna och sorterade istället för foder av större partikelstorlek (DeVries *et al.*, 2008).

Liknande resultat har påvisats av Keunen *et al.* (2002) där en ökad giva kraftfoder (50 % vete och 50 % korn) utfodrades till mjölkkor för att sänka pH-nivån i vommen. Därefter erbjöds korna en foderblandning med antingen lucernpellets eller

lucernhö, vilket resulterade i ett påtagligt ökat intag av hö jämfört med pellets. Resultaten tyder på att korna föredrar ett foder med större partikelstorlek vid en låg pH-nivå i vommen.

Det finns även resultat av Maulfair *et al.* (2010) och Yang *et al.* (2001) som visar att grovfodrets partikelstorlek inte påverkar pH-nivån i vommen hos mjölkkor. Författarna diskuterar om detta resultat skulle kunna påverkas av den totala stärkelse-nivån i fodret, då det har konstaterats att pH-förändringar i vommen kan ha en större påverkan av stärkelseinnehållet i fodret än av partikelstorleken. Detta skulle kunna påverka resultatet om fodrets stärkelsenivå inte överstiger vommens buffringskapacitet. Maulfair *et al.* (2010) använde en foderstat som innehöll hö av gräs, majsensilage, majs, hösilage, sojabönor, raps, mineraler och vitaminer, med en grovfoderandel på ca 60 %. Medan Yang *et al.* (2001) använde en foderstat som innehöll lucernensilage, kornensilage (innehållande 24,9 % stärkelse), lucernhö, korn, majs-gluten, blodmjöl, raps, sojabönor, melass, rapsolja, vitaminer och mineraler med antingen en hög grovfoderandel (55 %) eller en låg grovfoderandel (35 %).

2.2 Produktionen av fria fettsyror i vommen

För att upprätthålla en önskvärd mjölkproduktion krävs en hög produktion av fria fettsyror (VFA) i vommen, vilket bland annat påverkas av grovfodrets struktur och sammansättning (Sudweeks, 1977).

Produktionen av VFA i vommen hos mjölkkor verkar inte påverkas av fodrets partikelstorlek när grovfodret består av hö från gräs eller lucern (Maulfair *et al.*, 2010; Alamouti *et al.*, 2009). Medan det har konstaterats att produktionen av VFA i vommen kan öka vid utfordring av lucernhösilage med liten partikelstorlek (Kononoff & Heinrichs, 2003). Samma studie visade att pH-nivån i vommen var som lägst när koncentrationen av VFA var som högst. Detta skulle kunna indikera på att det finns en hög halt substrat tillgängligt i vommen som mikroberna kan omvandla till VFA vid liten partikelstorlek av grovfodret. Även Krause *et al.* (2002) har visat att grovfoder baserat på lucernensilage bidrar till en ökad koncentration av VFA i vommen vid en minskad partikelstorlek i grovfodret.

3 Grovfodrets sammansättning

3.1 Partikelstorleken inverkan på fodrets näringsinnehåll och smältbarhet

Partikelstorleken på grovfodret kan påverka den kemiska sammansättningen och smältbarheten i fodret (Jaster & Murphy, 1983). Därför har grovfoder i form av lucern analyserats för att se hur sammansättningen och smältbarheten påverkas om lucern utfodras som långt hö, grovt hackat eller fint hackat. Studien utfördes på Holsteinkvigor och visade att hackat hö innehåller en högre halt fiber, kvantifierat med analysmetoderna 'Acid Detergent Fiber' (ADF) och 'Acid Detergent Lignin' (ADL), men lägre råproteinhalt jämfört med långt hö. Ts-intaget och fiberintaget ökade vid utfodring av hackat hö, vilket innebär ett högre intag av NDF, ADF, ADL, cellulosa och hemicellulosa. Dock visade det sig att smältbarheten av NDF, hemicellulosa och råprotein i det hackade höet var lägre jämfört med långt hö. Eventuella förklaringar till detta resultat kommer tas upp vidare under diskussionen.

Samtidigt visade Nasrollahi *et al.* (2015) i sin studie att stärkelsens smältbarhet tenderar att variera beroende på grovfoderkälla. Ett grovfoder baserat på gräs- eller majsensilage med liten partikelstorlek visade en minskad smältbarhet av stärkelse hos mjölkkor. Medan ett grovfoder baserat på hö med liten partikelstorlek visade en ökad smältbarhet av stärkelse. De kunde dock inte hitta några tydliga förklaringar till dessa resultat.

4 Mjolkproduktionen

4.1 Partikelstorleken påverkan på mjolkproduktionen

Enligt en meta-analys av Nasrollahi *et al.*, (2015) kan mjolkproduktionen påvisa en liten ökning (0,5 kg/dag) vid minskad partikelstorlek på grovfodret. Men i förhållandet till hur mycket ts-intaget ökade vid minskad partikelstorlek var den ökade mjolkproduktionen lägre än förväntad. Med tanke på det ökade ts-intaget vid minskad partikelstorlek i fodret förväntades en ökning av mjolkproduktionen av minst 1kg/dag. Troligtvis har en stor del av det ökade energi och näringsintaget används till tillväxt hos djuren istället för en ökad mjolkproduktion. Detta påstående stöds av Kononoff & Heinrichs (2003) som konstaterade att mjolkproduktionen var opåverkad av ett grovfoder med minskad partikelstorlek, men att korna ökade i kroppsvikt vid minskad partikelstorlek av grovfodret. Det finns ytterligare studier som har konstaterat att grovfodrets partikelstorlek inte har någon påverkan på mjolkproduktionen (Maulfair *et al.*, 2010; Alamouti *et al.*, 2009; Yang *et al.*, 2001). Men av dessa tre studier var det endast Maulfair *et al.* (2010) som visade ett ökat foderintag vid minskad partikelstorlek av grovfodret. Almouti *et al.* (2009) och Yang *et al.* (2001) visade att grovfodrets partikelstorlek inte hade någon effekt på mjolkkors foderintag.

Även Beauchemin *et al.* (2003) har visat att hö med olika partikelstorlek inte påverkar mjolkproduktionen. Däremot visade de att andel ensilage i grovfodret kan påverka mjolkproduktionen. En grovfoderblandning bestående av 50 % lucernensilage och 50 % lucernhö visade en ökning i mjolkproduktion jämfört med 25 % lucernensilage och 75 % lucernhö.

4.2 Mjölksammansättning

Vissa studier visar att partikelstorleken på grovfodret inte har någon effekt på mjölkens innehåll av fett, protein och laktos (Maulfair *et al.*, 2010; Beauchemin *et al.*, 2003). Alamouti *et al.* (2009) visade dock att laktoshalten ökade vid minskad partikelstorlek av grovfodret men att mjölkfett och proteinhalten var opåverkad av partikelstorleken.

I samma meta-analys som nämnts tidigare (Nasrollahi *et al.*, 2015) visades att en minskad partikelstorlek ökar den dagliga proteinhalten i mjölken samtidigt som andelen mjölkfett minskar. Dessutom ökar andelen mjölkfett vid större partikelstorlek med 0,06 %, men den dagliga produktionen av mjölkfett verkar inte påverkas av partikelstorleken. Dock verkar detta resultat variera beroende på grovfoderandelen i kornas diet. Den ökade proteinhalten i mjölken påvisades endast med en hög grovfodergiva medan en ökad produktion av mjölkfett endast påvisas när grovfodergivan var låg. Yang *et al.* (2001) konstaterade i sin studie en liten ökning av mjölkfett vid stor partikelstorlek och en grovfoderandel på 35 %, och en tydligare ökning av mjölkfett vid stor partikelstorlek med en grovfoderandel på 55 %.

5 Laktationsstadie

Som tidigare beskrivits har det visat sig att produktionen av VFA i vommen i vissa fall inte påverkas av partikelstorleken på grovfodret. Detta har visat sig hos mjölkkor i både tidig och sen laktation, ungefär från laktationsdag 58 till 206 (Maulfair *et al.*, 2010; Alamouti *et al.*, 2009).

Att mjölkproduktionen inte påverkas av partikelstorleken har också visat sig hos mjölkkor i olika laktationsstadie. Detta resultat har både visats hos kor i laktationsdag 19 ± 4 (Kononoff & Heinrichs, 2003) och hos kor i laktationsdag $146 \pm 60,4$ (Alamouti *et al.*, 2009). Koncentrationen av mjölkprotein och mjölkfett verkar inte påverkas av partikelstorleken hos grovfodret och inte heller mellan kor i tidig (laktationsdag 19 ± 4) eller sen (laktationsdag $146 \pm 60,4$) laktation (Maulfair *et al.*, 2010; Alamouti *et al.*, 2009; Beauchemin *et al.*, 2003; Kononoff & Heinrichs, 2003). Laktoshalten i mjölken ökade vid minskad partikelstorlek hos mjölkkor med i laktationsdag $146 \pm 60,4$ (Alamouti *et al.*, 2009), medan laktoshalten var opåverkad av partikelstorleken hos mjölkkor i laktationsdag från 90 ± 32 till 127 ± 38 (Maulfair *et al.*, 2010; Beauchemin *et al.*, 2003).

Hur grovfodrets partikelstorlek påverkar mjölkors foderintag verkar variera mellan kor i olika laktationsstadie. Kononoff & Heinrichs (2003) använde endast mjölkkor i tidig laktation (laktationsdag 19 ± 4) vilket resulterade i ett ökat foderintag och smältbarhet vid utfodring av grovfoder med liten partikelstorlek. Medan Beauchemin *et al.* (2003) och Alamouti *et al.* (2009) använde mjölkkor i sen laktation (laktationsdag 127 ± 38 och $146 \pm 60,4$) vilket resulterade i ett opåverkat foderintag av grovfodrets partikelstorlek.

6 Diskussion

Det är väl vedertaget att en ökad partikelstorlek på grovfodret bidrar till ökad tuggaktivitet och idissling hos mjölkcor, vilket är väsentliga processer för att upprätthålla en väl fungerande matsmältningsprocess och passage genom mag- och tarmkanalen (Kononoff & Heinrichs, 2003). De studier som visade en minskad tuggaktivitet vid en liten partikelstorlek på grovfodret ansåg partikelstorleken som liten vid <1,65 mm till 4,8 mm (Maulfair *et al.*, 2010; Beauchemin *et al.*, 2003; Kononoff & Heinrichs, 2003; Krause & Combs, 2003). Till skillnad från Alamouti *et al.* (2009) som ansåg partikelstorleken som liten vid <20 mm och visade ingen minskad tuggaktivitet hos mjölkcor vid minskad partikelstorlek av grovfodret. Detta kan förklara varför resultaten varierar mellan studier och visar att resultaten varierar beroende på vad som anses som liten eller stor partikelstorlek.

En ökad tuggaktivitet hos mjölkcor ökar utsöndringen av saliv, vilket har en buffrande förmåga (Yang *et al.*, 2001). Detta skulle kunna innebära att minskad tuggning vid minskad partikelstorlek kan bidra till låg pH-nivå i vommen. Men enligt vissa studier har resultat visat att pH-nivån i vommen inte påverkas av partikelstorleken i grovfodret utan att det snarare är stärkelsenivån i fodret som kan påverka pH-nivån (Maulfair *et al.*, 2010; Keunen *et al.*, 2002; Yang *et al.*, 2001).

En studie av DeVires *et al.* (2008) visar att när mjölkcor sorterar bort foder med högt fiberinnehåll och istället sorterar för mer kraftfoder resulterar det i en ökad produktion av VFA, sänkt buffringskapacitet och ökad risk för subakut vomacidosis. Samma studie visar även att pH-nivån sänks i vommen när korna sorterar för mindre partikelstorlekar i grovfodret och att pH-nivån höjs när korna börjar sortera för större partikelstorlek. Även Krause *et al.* (2002) visar i sin studie att en minskad partikelstorlek i grovfodret sänker pH-nivån i vommen. Samtidigt påpekar de att en foderstat som innehåller hög andel lättsmälta kolhydrater sänker pH-nivån i vommen, vilket skulle kunna motverkas genom ett grovfoder med längre partikelstorlek som stimulerar salivproduktion och buffring i vommen. Yang *et al.* (2001) diskuterar om effekterna av grovfodrets partikelstorlek kan påverkas olika beroende på om korna utfodras med en viss foderstat under en kortare tid eller under en laktation.

Laktationsstadiet verkar inte inverka på effekten av partikelstorlek, då både högmjölkanande kor i tidig laktation och lågmjölkanande kor i senare laktation sorterades för grovfoder med mindre partikelstorlek vilket resulterade i en pH-sänkning i vommen (DeVries *et al.*, 2008).

Grovfodrets partikelstorlek är en viktig parameter för mjölkorns foderintag och foderomvandlingsförmåga (Nasrollahi *et al.*, 2015). Ett grovfoder med mindre partikelstorlek bidrar till ett högre ts- och fiberintag, vilket kan bero på att grovfoder med större partikelstorlek kan bidra till en ökad fyllnad av vommen. Detta resultat kan dock påverkas av andra parametrar, så som andelen grovfoder i foderstaten. Förutom att en hög grovfoderandel med liten partikelstorlek ökar ts-intaget har det även påvisats att ett grovfoder i form av gräs- eller majsensilage med liten partikelstorlek ökar ts-intaget. Detta skulle kunna bero på att ett ensilerat foder har högre smaklighet jämfört med hö eller ett icke majsbaserat grovfoder.

Mjölkcor i tidig laktation visade ett ökat ts-intag vid minskad partikelstorlek hos grovfodret (Kononoff & Heinrichs, 2003). Detta skulle kunna förklaras av att kor i tidig laktation kan vara i negativ energibalans och har då ett större energibehov. Detta skulle kunna leda till att korna föredrar grovfoder med liten partikelstorlek eftersom det kräver mindre tuggning och ts-intagen kan då hållas högre.

Enligt Jaster & Murphy (1983) verkar näringsinnehållet och smältbarheten i grovfodret påverkas av partikelstorleken. Hackat hö visar sig innehålla mer ADF och ADL men lägre koncentration av råprotein jämfört med långt hö. Detta skulle kunna förklaras av att råprotein kan falla bort under hackningsprocessen vilket resulterar i en lägre koncentration av råprotein i hackat hö jämfört med långt hö. Studien visade även att smältbarheten i fodret minskade vid minskad partikelstorlek, vilket kan kopplas till ts-intaget och passagehastigheten. Eftersom ts-intaget ökar vid minskad partikelstorlek, bidrar det till ett ökat intag av NDF, ADF, ADL, cellulosa och hemicellulosa, vilket har en låg smältbarhet. Eftersom en minskad partikelstorlek i grovfodret kan bidra till en ökad passagehastighet i vommen (Welch, 1982), skulle det kunna vara en bidragande orsak till en minskad smältbarhet i fodret vid minskad partikelstorlek på grovfodret (Jaster & Murphy, 1983). Förutom att smältbarheten kan påverkas av partikelstorleken, finns det även resultat som visar att partikelstorleken i avföringen är större vid utfodring av hackat grovfoder jämfört med långt grovfoder (Jaster & Murphy, 1983). Detta skulle också kunna förklaras av den ökade passagehastigheten i vommen vid minskad partikelstorlek, då det blir mindre tid för fodret att bearbetas och brytas ned.

Det finns ingen tydlig förklaring på varför smältbarheten av stärkelse minskar vid minskad partikelstorlek av ensilage eller majsbaserat grovfoder och ökar vid liten partikelstorlek av hö (Nasrollahi *et al.*, 2015). Men även detta kan eventuellt

vara kopplat till passagehastigheten. Om passagehastigheten skiljer sig mellan studierna i meta-analysen kan det påverka smältbarheten eftersom passagehastigheten avgör hur länge fodret bryts ner och absorberas i mag- och tarmkanalen.

Koncentrationen av VFA i vommen kan påverkas av tuggaktiviteten och salivproduktionen, då saliven späder ut innehållet i vommen och ökar vätskeflödet (Sudweeks, 1977). Detta kan förklara resultatet av en minskad koncentration av VFA i vommen vid en ökad partikelstorlek på grovfodret. Även proportionerna mellan propionat och acetat verkar förändras av partikelstorleken (Krause *et al.*, 2002b), vilket skulle kunna påverka mjölkens fettsammansättning.

Mjölproduktionen har i ett flertal studier visat sig vara opåverkad av grovfodrets partikelstorlek (Maulfair *et al.*, 2010; Alamouti *et al.*, 2009; Beauchemin *et al.*, 2003; Kononoff & Heinrichs, 2003; Yang *et al.*, 2001). Dessa studier har använt sig av olika grovfoderkällor, så som hö av gräs, lucernhö och lucernensilage med olika partikelstorlek, från <1,65 mm upp till >40 mm. Mjölkkorna som har använts i studierna har även varierat i laktationsstadie, från laktationsdag 19 ± 4 till laktationsdag $146 \pm 60,4$. Detta visar tydligt hur grovfodrets partikelstorlek inte påverkar mjölproduktionen, oavsett grovfoderkälla eller laktationsstadie. Den lilla ökningen i mjölproduktionen som Nasrollahi *et al.* (2015) påvisade var som nämnt tidigare minde än förväntad i förhållande till det ökade ts-intaget. Mycket av det extra ts-intaget vid minskad partikelstorlek av grovfodret verkade istället användas till en ökning i kroppsvikt (Nasrollahi *et al.*, 2015; Kononoff & Heinrichs, 2003). Eftersom dessa studier endast pågått under en kortare period skulle det vara intressant att studera hur mjölproduktionen och kroppsvikten påverkas av grovfodrets partikelstorlek under en lägre period. Det är möjligt att resultatet skulle kunna se annorlunda ut om korna förses med ett grovfoder av liten partikelstorlek under en hel laktation jämfört med bara tillfälligt. Då det skulle kunna undersökas om korna upprätthåller ett ökat ts-intag och börjar prioritera mjölproduktionen istället för att lagra extra energi i kroppsvikt.

Alamouti *et al.* (2009) visade en ökad laktoshalt i mjölken vid minskad partikelstorlek på grovfodret, vilket tyder på att det finns en hög halt propionat eller glukos tillgängligt för syntes av laktos. Det finns ingen tydlig förklaring på varför laktoshalten ökar, då samma studie inte visade någon skillnad i smältbarheten mellan grovfoder med liten eller stor partikelstorlek. Författarna spekulerade om den minskade partikelstorleken ökar fodrets passagehastighet och därmed bidrar till att glukos passerar genom vommen och istället absorberas i tarmen för att sedan omvandlas till laktos i mjölkkörteln.

7 Slutsats

Grovfodrets partikelstorlek har tydliga effekter på mjölkors tuggaktivitet och idissling, medan inverkan på ts-intag, produktion av fettsyror i vommen, vommiljö och mjölkproduktion är mer diffusa och varierar mellan studier.

Ett grovfoder med liten partikelstorlek kan bidra till ett ökat foderintag och tenderar att även öka mjölkproduktionen hos mjölkcor. Dock kan en minskad partikelstorlek även öka risken för överviktiga cor då ts-intaget ökar eller orsaka pH-sänkning i vommen som kan leda till vomacidosis.

Vid utfodring av ett hackat grovfoder till mjölkcor bör det bestå av en partikelstorlek $>4,8$ mm för att stimulera tuggaktiviteten och upprätthålla en normal vomfunktion.

Mer forskning behövs inom området, främst för att undersöka hur partikelstorleken påverkar mjölkcor beroende på grovfoderkälla och grovfoderandel eftersom min uppfattning är att det har en stor påverkan.

8 Tack

Jag vill tacka min handledare Bengt-Ove Rustas för support till denna litteraturstudie. Även ett tack till min skrivgruppshandledare Rebecca Danielsson och skrivgruppsmedlemmarna för support och stöd.

9 Litterarutförteckning

- Alamouti, A.A., Alikhani, M., Ghorbani, G.R. & Zebeli, Q. (2009). Effects of inclusion of neutral detergent soluble fibre sources in diets varying in forage particle size on feed intake, digestive processes, and performance of mid-lactation Holstein cows. *Animal Feed Science and Technology*, 154(1-2), ss. 9-23.
- Beauchemin, K.A., Yang, W.Z. & Rode, L.M. (2003). Effects of particle size of alfalfa-based dairy cow diets on chewing activity, ruminal fermentation, and milk production. *Journal of Dairy Science*, 86(2), ss. 630-643.
- Chamberlain, A.T. (1996). *Feeding the dairy cow*. Welton: Welton : Chalcombe.
- DeVries, T.J., Dohme, F. & Beauchemin, K.A. (2008). Repeated ruminal acidosis challenges in lactating dairy cows at high and low risk for developing acidosis: Feed sorting. *Journal of Dairy Science*, 91(10), ss. 3958-3967.
- Jaster, E.H. & Murphy, M.R. (1983). Effects of Varying Particle-Size of Forage on Digestion and Chewing Behavior of Dairy Heifers. *Journal of Dairy Science*, 66(4), ss. 802-810.
- Keunen, J.E., Plaizier, J.C., Kyriazakis, L., Duffield, T.F., Widowski, T.M., Lindinger, M.I. & McBride, B.W. (2002). Effects of a subacute ruminal acidosis model on the diet selection of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 85(12), ss. 3304-3313.
- Kononoff, P.J. & Heinrichs, A.J. (2003). The Effect of Reducing Alfalfa Haylage Particle Size on Cows in Early Lactation. *Journal of Dairy Science*, 86(4), ss. 1445-1457.
- Krause, K. & Combs, D. (2003). Effects of forage particle size, forage source, and grain fermentability on performance and ruminal pH in midlactation cows. *Journal of Dairy Science*, 86(4), ss. 1382-1397.
- Krause, K.M., Combs, D.K. & Beauchemin, K.A. (2002a). Effects of Forage Particle Size and Grain Fermentability in Midlactation Cows. I. Milk Production and Diet Digestibility. *Journal of Dairy Science*, 85(8), ss. 1936-1946.
- Krause, K.M., Combs, D.K. & Beauchemin, K.A. (2002b). Effects of Forage Particle Size and Grain Fermentability in Midlactation Cows. II. Ruminal pH and Chewing Activity. *Journal of Dairy Science*, 85(8), ss. 1947-1957.
- Maulfair, D.D., Zanton, G.I., Fustini, M. & Heinrichs, A.J. (2010). Effect of feed sorting on chewing behavior, production, and rumen fermentation in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 93(10), ss. 4791-4803.
- Mertens, D.R. (1997). Creating a System for Meeting the Fiber Requirements of Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 80(7), ss. 1463-1481.
- Nasrollahi, S.M., Imani, M. & Zebeli, Q. (2015). A meta-analysis and meta-regression of the effect of forage particle size, level, source, and preservation method on feed intake, nutrient digestibility, and performance in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 98(12), ss. 8926-8939.
- Nørgaard, P., Nadeau, E., Randby, Å. And Volden, H., 2011. Chewing index system for predicting physical structure of the diet. In: NorFor – The Nordic Feed Evaluation System. H. Volden (Ed.), EAAP publ. No. 130, Wageningen Acad. Publ., The Netherlands.
- Spörmndly, R. (2003). *Fodertabeller för idisslare 2003*. [6. uppl.]. uppl. Uppsala: Uppsala : Sveriges lantbruksuniv.

- Sudweeks, E.M. (1977). Chewing time, rumen fermentation and their relationship in steers as affected by diet composition [dairy cattle]. *Journal of Animal Science*, 44(4), ss. 694-701.
- Welch, J.G. (1982). Rumination, Particle-Size and Passage from the Rumen. *Journal of Animal Science*, 54(4), ss. 885-894.
- Yang, W.Z., Beauchemin, K.A. & Rode, L.M. (2001). Effects of Grain Processing, Forage to Concentrate Ratio, and Forage Particle Size on Rumen pH and Digestion by Dairy Cows¹. *Journal of Dairy Science*, 84(10), ss. 2203-2216.