

Slutrapport EkoForsk

Projektet "Kompakt fullfoder till mjölkkor i ekologiska besättningar – förbättrar det djurvälståndet?"

Projektansvarig: Mikaela Lindberg, Inst. för husdjurens utfodring och vård (HUV)

Projektgrupp: Cecilia Kronqvist, HUV

Kontakt: Mikaela.Lindberg@slu.se, 018-671013

Sammanfattning

Ett nytt koncept för fullfoder till mjölkkor är att blanda en fodermix som blir så kompakt att den inte går att sortera och därför garanterar en konstant sammansättning på foderbordet. Grunden för blandningen är att kraftfodermedel blötläggas i vatten innan de mixas med grovfoder i 30-40 minuter för att få en kompakt blandning. Den långa mixningstiden slår sönder och öppnar upp växtdelar vilket gör att blandningen av fiber och kraftfoderkomponenter blir mer homogen och det ökar också tillgängligheten för våmmikroberna. Fullfoderblandningar kan vara fördelaktigt på gårdsnivå vid inblandning av stärkelserika proteinfoder som t.ex. åkerböna och ärter eftersom blandningen med fiber i varje tugga gör att svängningar i våm-pH minskar. I det här projektet jämfördes kompakt fullfoder med traditionellt blandat fullfoder med syftet att ta reda på hur foderintag, mjölkproduktion och beteende vid foderbordet samt tidsbudgeten över dygnet påverkas. Två försök gjordes parallellt med 40 + 40 kor indelade i två grupper vardera. I varje försök utfodrades den ena gruppen med traditionell fullfodermix och den andra gruppen med kompakt fullfoder. Därefter bytte grupperna behandling. Fullfoderblandningarna bestod av samma gräs-och klöverensilage och kraftfoder (förhållande 60:40 på torrsustansbasis enligt riktlinjerna för ekologisk produktion). Skillnaden mellan foderblandningarna var att vatten tillsattes till det kompakta fodret och blandningstiden var längre. Beteendestudier gjordes genom direktobservationer av kornas sorteringsbeteende och aggressiva interaktioner vid foderbordet samt kartläggning av kornas tidsbudget. Resultaten visade att korna utförde en lägre frekvens av sorteringsbeteenden och det förekom ett lägre antal aggressiva interaktioner mellan korna när de utfodrades med kompakt fullfoder jämfört med utfodring av traditionellt fullfoder. Korna vilade mer och tillbringade mindre tid inaktiva i foderavdelningen när de fick kompakt fullfoder. Foderintaget minskade medan det totala vattenintaget ökade när korna åt kompakt fullfoder, men mjölkproduktion, mjölksammansättning och våm-pH påverkades inte av utfodringen i den här studien.

Summary

A new concept for feeding a total mixed ration for dairy cows is to make the feed mix so compact that it cannot be sorted and therefore guarantees a constant composition on the feed table. The concept is based on soaking of concentrates in water before they are mixed with roughage for 30-40 minutes to

get a compact mix. The long mixing time breaks down and opens up plant components, which makes the mix of fiber and concentrate more homogeneous and it also increases the availability for rumen microbes. Total mixed rations can be advantageous at farm level when incorporating starch-rich protein feeds such as faba beans and peas because the mix of fiber in each bite reduces fluctuations in rumen pH. In this project, compact total mixed ration was compared to traditional total mixed ration with the purpose of studying how feed intake, milk production and behavior at the feed table and the time budget over the day were affected in dairy cows. Two trials were performed in parallel with 40 + 40 cows divided into two groups each. In each experiment, one group was fed with traditional total mixed ration and the other group with compact total mixed ration. Then the groups changed treatment. The feed mixes consisted of the same grass and clover silage and concentrate (60:40 dry matter ratio according to the guidelines for organic production). The difference between the feed mixes was that water was added to the compact feed and the mixing time was longer. Behavioral studies were performed through direct observations of the cows' sorting behavior and aggressive interactions at the feeding table, as well as mapping of the cows' time budget. The results showed that the cows performed a lower frequency of sorting behaviors and there was a lower number of aggressive interactions between the cows when fed with compact total mixed ration compared to traditional total mixed ration. The cows rested more and spent less time inactive in the feeding area when they received compact total mixed ration. The feed intake decreased while the total water intake increased as the cows ate compact total mixed ration, but milk production, milk composition and the rumen pH were not affected by the different feed mixes in this study.

Bakgrund

Det har blivit mer och mer vanligt att svenska mjölkkor utfodras med en blandning av olika fodermedel; fullfoder eller blandfoder. I en blandning kan man utnyttja olika typer av fodermedel, t.ex. gårdsproducerade foder eller biprodukter, vilket kan vara ekonomiskt fördelaktigt och man kan också utnyttja för korna mindre smakliga foder som "döljs" i mixen. Det är också fördelaktigt att utfodra en blandning då det bidrar till ett jämnare foderintag och minskar svängningar i våm-pH som sker då kraftfoder och grovfoder utfodras separat (Coppock et al., 1981), i synnerhet om kraftfodret är stärkelserikt. Vissa kor lär sig dock att sortera komponenterna i mixen på foderbordet och får därför inte i sig alla näringsämnen de behöver (DeVries & Gill, 2012; Sova et al., 2013). Ett nytt koncept är att blanda en fodermix som blir så kompakt att den inte går att sortera och därför garanterar en konstant sammansättning på foderbordet. Grunden för blandningen är att kraftfodermedel blötläggs i vatten innan de mixas med grovfoder i 30-40 minuter för att få en kompakt blandning. Den långa mixningstiden slår sönder och öppnar upp växtdelar vilket gör att blandningen av fiber och kraftfoderkomponenter blir mer homogen och det ökar också tillgängligheten för våmmikroberna. Denna mix, kallad "kompakt fullfoder" (Kristensen, 2015), ska utfodras i fri tillgång och sägs säkerställa att alla kor får tillräckligt med foder, kortare ättid och därmed mera tid att idissla och vila jämfört med en vanlig foderblandning. Den kompakta blandningen sägs också minska problemen med överutfodrade kor då de inte kan sortera foderblandningen och på så sätt äta mera av fodermedel med hög koncentration av näringsämnen, t.ex. spannmål. Denna foderblandning säkerställer därmed att hela besättningen äter samma foder, till skillnad från när en vanlig fodermix utfodras och lågrankade kor i regel får tillgång till ett foder som redan är sorterat av de högrankade korna och därför har en sammansättning med lägre koncentrationsgrad än originalblandningen.

Beroende på hur länge foderblandningen mixas resulterar det i olika storlek och form på foderkomponenterna, främst på grovfodret. Tillsatsen av vatten och blötläggning av kraftfodret bidrar till att binda små partiklar till de större, och gör kraftfoderkomponenterna svårare att sortera ut.

Enskilda faktorer såsom partikelstorlek och mängd fiber påverkar förhållandena i våmmen eftersom en minskad partikelstorlek i grovfodret anses ge lägre stimulans till idissling och våmkontraktioner. Detta i sin tur ger sänkt pH, sämre fibersmältning och sänkt foderintag (Mertens, 1997). Senare studier har dock visat på komplexa samband som t.ex. att när foderstaten innehåller lättlöslig stärkelse ökar behovet av strukturell fiber jämfört med om mindre löslig stärkelse utfodras (Silveira et al., 2007). En måttlig minskning av partikelstorleken i grovfoderbaserade foderstater har dock visat sig ha potential att öka både foderintaget, mjölkavkastningen och proteinhalten (Nasrollahi et al., 2015). Kristensen (2015) visade att besättningar som övergått till kompakt fullfoder ökade produktionen med 1,5 kg ECM per ko och dag efter foderbytet, vilket innebär ca 45 000 kr ökad inkomst per år i en besättning med 100 mjölkkor.

Det finns en variation i graden av fodersortering mellan besättningar (Sova et al., 2013). Denna variation kan hänga ihop med utfodringsfrekvens, foderval, utfodringsmängd och hur mycket plats varje ko har för att äta. För att en lantbrukare ska kunna fatta ett välgrundat beslut om han eller hon ska sätta in åtgärder för att minska risken för sortering, och vilka åtgärder som kan vara effektiva, är det av vikt att identifiera faktorer kring utfodringen som påverkar kornas sortering på gårdsnivå. I Sverige har vi foderstater som till stor del baseras på gräs- och baljväxtensilage, inte sällan konserverat i form av rundbalar, vilket kan påverka både kornas vilja och deras möjlighet att sortera fullfodret. Syftet med projektet var att undersöka hur ett traditionellt och ett s.k. kompakt fullfoder påverkar mjölkornas foderintag, mjölkproduktion och våmhälsa, samt undersöka fodersortering, sociala interaktioner mellan kor vid foderbordet och hur olika foderblandningen påverkar kornas tidsbudget.

Experimentella studier, planering och studieresa

Under våren 2017 startade planeringen av försöket och olika foderblandningar testkördes vid SLUs försöksgård, Lövsta forskningscentrum. Forskarna gjorde en studieresa till Danmark i september för att diskutera försöksupplägg med en dansk kollega, Niels-Bastian Kristensen, samt för att besöka två olika gårdar och öka kunskapen kring foderhantering och foderblandare eftersom det i det planerade försöket var nödvändigt att använda en annan slags foderhantering än vad som är vanligt i nöstallet vid Lövsta forskningscentrum.

Material och metoder

De experimentella studierna SLU startade den 16 oktober 2017 och pågick under sex veckor indelade i två perioder; varje period bestod av två veckors anpassning till ett av fodret och en vecka för provtagning och registreringar. Därefter bytte korna till det andra fodret och samma procedur upprepades följande treveckorsperiod. Försöket var indelat i två delstudier; en produktionsstudie (experiment 1) och en beteendestudie (experiment 2).

Båda försöken var upplagda som s.k. change-over försök i två delar som gick parallellt i tre avdelningar i nöstallet med två olika foderblandningar. I båda experimenten bereddes de experimentella fodren på samma sätt och innehöll samma foderkomponenter. Båda foderblandningarna bestod av gräs-/klöverensilage av andraskörd och 40% krossat, pelleterat kraftfoder på torrsubstans (ts) basis enligt KRAVs regelverk. Den ena foderblandningen var en traditionell fullfodermix (TMR) och den andra var en fullfodermix som var mixad under längre tid med tillsats av vatten för att få en s.k. kompakt fullfodermix (KOMPAKT). Hälften av korna fick TMR och hälften fick KOMPAKT. Kraftfodret var i form av krossade pellets sammansatt av vete,

havre, sojaexpeller, vetekli, rostade sojabönor, kalksten, melass och mineraler och vitaminer. Alla foderkomponenter valdes för att vara tillämpliga i såväl ekologisk produktion som konventionell. Den traditionella fullfoderblandningen (TMR) bestod av ensilage och kraftfoder som blandades i 5 minuter i en foderblandare (DeLaval, Tumba) och transporterades sedan till fodertråg och foderbord. Den kompakta blandningen (KOMPAKT) bereddes med samma ingredienser, men ensilaget bearbetades i 60 minuter i en foderblandare (SiloKing, Tittmoning, Tyskland) med en vertikal skruv med knivar innan den överfördes till huvudblandaren där den blandades i 10 min med kraftfoderpellets och vatten för att justera ts-halten till 37%.

Alla korna i de tre grupperna mjölkades två gånger per dag i en automatisk mjölkningskarusell (AMR) och mjölkprover togs ut för analys av mjölksammansättning två dagar i rad varje provtagningsvecka. Alla kor vägdes vid varje mjölkning på en våg som registrerade vikten automatiskt (DeLaval, Tumba) och hullbedömdes vid försökets början och slut samt mellan de två perioderna av två separata observatörer enligt schemat utvecklat av Edmundson et al. (1989) med en 5-punkts skala med steg om 0,25. Hullet sammanfattades sedan till ett medelvärde per ko.

Djurförsöken var godkända av den djurförsöksetiska kommittén i Uppsala (ref 5.8.18-08023 / 2017). Lakterande mjölkkor av svensk röd (SRB) och svensk Holstein (SH) i laktation 1 till 7 ingick i försöken. Innan försöket hölls korna i samma avdelningar som under försöket och utfodrades med kraftfoder och ensilage separat i fodertråg/foderbord respektive i foderautomater.

Experiment 1

Produktionsstudien genomfördes i avdelning 1 där det fanns 40 försökskor varav fyra var våmfistulerade för att kunna mäta våm-pH över dygnet. Utöver försökskorna fanns 18 kor som inte ingick i försöket. Alla foderintag registrerades individuellt för varje ko och åttillfälle. Det togs även ut träckprov från varje ko tre dagar i rad för att analysera fodrets smältbarhet.

Korna i experiment 1 var i tidig laktation (mellan dag 17 och 86 vid experimentets början) och var försedda med transponder för att registrera mjölkavkastning och foderintag. Totalt användes 40 kor, varav 4 var utrustade med våmfistlar. Korna blockades efter laktationsnummer (1 eller äldre) och dagar i laktation (DIM). De fistulerade djuren bildade ett separat block. Inom varje block tilldelades behandlingsordningen slumpmässigt djuren så att totalt 20 djur fick varje behandling under varje försöksperiod. Fodret utfodrades i tråg placerade på vågar med transponderstyrda huvudgrindar för korna (BioControl A / S, Rakkestad, Norge). Fodret distribuerades 2-3 gånger dagligen för att säkerställa fri tillgång på foder och trägen tömdes och rengjordes dagligen på morgonen. Kalibrering av vågen gjordes två gånger i veckan.

Experiment 2

Beteendestudien genomfördes i avdelning 2 och 3 och det fanns 20 försökskor i varje avdelning som åt respektive foderblandning. Korna åt från ett gemensamt foderbord med en avskiljare längsgående på mitten för att separera de två foderblandningarna. Gemensamt foderbord är det vanliga sättet att utfodra kor i praktiken och därför nödvändigt för att kunna göra adekvata beteendestudier.

Beteendestudierna gjordes under provtagningsveckorna både som ögonblicksobservationer för sammanställning av kornas tidsbudget och fokaldjursobservationer för att studera interaktioner och sorteringsbeteende vid foderbordet. Foderprover togs ut vid fyra tillfällen över dygnet för att undersöka partikelstorlek i fodret och även som ett mått på sortering.

I experiment 2 var korna i mittlaktation (mellan 73 och 160 dagar i början av experimentet) och grupperna delade på ett foderbord. Korna blockades enligt laktationsnummer (1 eller äldre) och DIM. Inom varje block tilldelades behandlingsordningen slumpmässigt så att hälften av korna i blocket fick

respektive behandling. Förutom de 20 kor som tilldelades behandlingen, bestod gruppen av 41 och 39 andra icke-försökskor som fick samma utfodring. En barriär på ungefär 60 cm höjd placerades längs hela foderbordet så att grupperna kunde utfodras med de olika foderblandningarna. Fodret blandades och distribuerades med hjälp av en bandfoderfordelare två gånger dagligen för att säkerställa fri tillgång på foder och minst 2-3% rester per dag. Foderbordet sopades och rester samlades upp dagligen på morgonen klockan 05.30 innan första utfodring.

Tidsbudgeten för de 40 fokaldjuren undersöktes genom manuella direkta registreringar dagtid och manuell registrering efter videoinspelning under natten. Korna målades med stora siffror på bakdel och rygg för enkel identifiering. Var tionde minut noterade observatören djurens position och aktivitet. Observationstiderna fördelades över dagarna i provtagningsveckan men totalt täcktes 24 timmar. Sorteringsbeteende och aggressiva interaktioner registrerades kontinuerligt två dagar per försöksperiod i samband med utfodring vid två tidpunkter per dag, vid 0 timmar efter morgonutfodring och 2 timmar senare. Observationerna vid varje tidpunkt varade i 1 timme och alla beteenden i båda experimentgrupperna noterades. För registrerade beteenden, se tabell 1.

Tabell 1. Etoqram över registrerade beteenden i experiment 2

<i>Beteenden i tidsbudget</i>	<i>Definition</i>
Äter	Kon står vid en ätplats vid foderbordet med huvudet innanför fodergrinden
Vilar	Kon ligger ner i ett liggbås
Står i gång foderavdelning	Kon står på gången vid foderbordet och har inte huvudet innanför fodergrinden
Står i gången	Kon står på en av gångarna i lösdriften (ej i foderavdelningen)
Står i liggbåset	Kon står i ett liggbås med minst två klövar
Dricker	Kon dricker vatten
Mjölkas	Kon har hämtats till mjölkning
Idisslar	Kon utför tugg rörelser utan att inta nytt foder
<i>Aggressiva beteenden vid foderbordet</i>	<i>Definition</i>
Sänka huvudet	Aktören sänker huvudet och/eller stångar i luften i riktning mot en annan ko
Stånga	Aktören använder huvudet för att stånga på en annan kos huvud eller kropp
Knuffa	Aktören använder någon kroppsdel (ej huvudet) för att knuffa undan en annan ko
Tränga sig	Aktören tränger sig in mellan två kor som står vid foderbordets ätplatser
Bulldoze	Aktören tar sig kraftfullt fram till en ätplats genom att få alla kor som står i hennes väg att flytta sig
Blockera	Aktören använder sin kropp för att förhindra att andra kor kommer fram till foderbordet
Fight	Mottagaren av en aggression svarar med att attackera aktören varvid flertalet stångningar och knuffar utbyts mellan de två korna
<i>Ätbeteende vid foderbord</i>	<i>Definition</i>
Gräver	Kon använder mulen för att föra undan foder så att det bildas en grop
Äter underifrån	Kon äter från de undre lagren av foderhögen
Äter i sidled	Kon sträcker på halsen för att nå foder längre bort
Kastar foder	Kon tar tag i foder och slänger med huvudet så att foderpartiklar far upp i luften

Provtagningar

Alla kor mjölkades två gånger dagligen (kl. 06:00 och 16:00) i en automatisk mjölkningskarusell (AMR; DeLaval AB, Tumba). Mjölkkavkastningen registrerades automatiskt vid varje mjölkning. Under varje provtagningsperiod togs mjölkprover vid mjölkning under två på varandra följande dagar vid alla fyra mjölkningarna. Proverna tillsattes bronopol, förvarades i kylskåp och skickades till laboratoriet inom fem dagar för analys av fett, protein och laktos. Mjölkproverna värmdes till 37°C och analyserades med avseende på fett, protein och laktos genom MIRS (CombiScope FTIR 300 HP, Delta Instruments B.V., Drachten, Nederländerna).

Prover av ensilaget togs från silon två gånger i veckan för ts-bestämningar och för att kunna beräkna mängden vatten som skulle tillsättas KOMPAKT blandningen. Under provtagningsveckan togs prover dagligen, frystes och poolades senare för ett representativt prov per provtagningsvecka som användes för bestämning av ts, aska och syraolöslig aska (AIA). Kraftfodret provtogs två gånger per vecka.

I experiment 1 registrerades foderintaget som viktdifferenser i trågen. För smältbarhetsberäkningar togs träckprover tre gånger per ko per provtagningsvecka och frystes individuellt i plastpåsar. Våm-pH mättes under provtagningsveckan med en mätning per timme under dagen. Mätningarna utfördes med en manuell pH-mätare som kalibrerades dagligen under experimentet med pH-buffertar 7 och 4 (Mettler Toledo, Schwerzenbach, Schweiz). Fisteln öppnades och ett 50 ml Falcon-rör fylldes med våmvätska och pH mättes direkt.

Prover av ensilage och kraftfoder torkades i 60 ° C före analys. Träckprover tinades och poolades till ett prov per ko och provtagningsvecka. Provet sparades i en petriskål i -80 ° C och frystorkades sedan. Foder- och träckprover maldes för att passera en 1 mm-sikt (Kamas, Malmö). Torrsubstanshalten bestämdes genom att torka de malda proverna i 103°C under 16 timmar, följt av askbestämning genom förbränning i 550°C under 3 timmar. Råprotein bestämdes genom ett automatiserat Kjeldahl-system (Foss, Hillerød, Danmark), och NDF-koncentrationen bestämdes enligt Chai och Udén (1998). Syraolösligt aska bestämdes med användning av metoden enligt Van Keulen and Young (1977).

I experiment 2 gjordes studier föra att mäta effekterna av sortering av fodret som förändringar i foderpartikelstorlek över tid, enligt följande: Vid utfodring togs ett prov från bandfoderfördelaren. Tre timmar efter utfodring samlades allt foder från en yta på ungefär 50-100 cm av foderbordet. För att minska provstorleken utan att förändra provets sammansättning blandades det och delades i fjärdedelar, varav två diagonala fjärdedelar behölls. Blandning och delning upprepades flera gånger tills det fanns cirka 5-7 liter foder kvar, och provet användes sedan för partikelstorleksanalys. Denna provtagningsprocedur upprepades 6 timmar efter utfodring och även innan rengöring av foderbordet. För att uppskatta fördelningen av partikelstorleken användes en Penn State-partikelavskiljare enligt Heinrichs & Kononoff (2002). För bestämningen användes 250 g foder varje gång och tre upprepade separationer per prov gjordes. De tre fraktionerna från varje separering vägdes, sammanfördes till ett prov per foderprov och fraktionerna torkades i 60 ° C över natten för ts-bestämning (bild 1).



Bild 1. Olika fraktioner av foderblandningarna efter separation med Penn State partikelavskiljare, TMR till vänster och KOMPACT till höger.

Beräkningar och statistisk analys

Mjölproduktion och foderintag (endast experiment 1) beräknades till ett medelvärde per ko och dag. För mjölksammansättning användes det proportionella genomsnittet per dag för mjölkfett, protein och laktosprocent. Den totala ättiden i experiment 1 beräknades som summan av tiden för alla foderintag under en dag. Totalt vattenintag beräknades som summan av våtvikten på konsumerat foder och vattenförbrukning från vattenkopporna minus ts-intaget. Smältbarheten beräknades utifrån antagandet att det inte fanns några skillnader i det totala dagliga intaget av AIA i foder och den totala dagliga produktionen av AIA i träck. Mjölkvastningen räknades om till energikorrigerad mjölk (ECM) genom ekvationen utvecklad av Sjaunja et al. (1990). Våm-pH analyserades som en funktion av tid och den totala tiden under pH 5,8 beräknades. Tidsbudgetdata per ko och period uttrycktes som total tid (i minuter) när beteendena utfördes. Total stående tid beräknades som summan av alla stående beteenden, och total tid för idissling beräknades som summan av idissling i stående eller liggande position.

Statistiska analyser utfördes med programmet SAS 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC). Foderintaget (för kor i experiment 1) och mjölldata (för kor från båda experimenten) skattades med MIXED model. Block, ras, period och behandling användes som fixa variabler och ko som en slumpmässig faktor. För mjölldata inkluderades en fix faktor för experiment och block nestat under experiment. Behandlingseffekter på förändringar i kroppsvikt och hull analyserades i en modell som innehållande ras, period och behandling som fixa faktorer. Smältbarhet analyserades i en modell med block, ras, period och behandling.

Observationerna av ätbeteende och sociala interaktioner modellerades i en negativ binomial modell. Period ($n = 2$), behandling ($n = 2$) och tid från utfodring ($n = 3$) angavs som klassvariabler. Tidsbudgetdata modellerades i en blandad modell med period ($n = 2$), behandling ($n = 2$) och block ($n = 6$) som fixa faktorer och ko som en slumpmässig variabel.

Resultat och diskussion

Näringsinnehållet för de foder som användes ses i tabell 2. Det var skillnader i partikelstorlek mellan foderblandningarna. TMR hade en högre andel långa (> 19 mm) och medelstora (8-19 mm) partiklar jämfört med KOMPAKT. Vid tidpunkten för utfodring innehöll KOMPAKT 6% långa, 64% medelstora och 30% korta (<8 mm) partiklar. TMR innehöll vid utfodring 32% långa, 34% medelstora och 34% korta partiklar. Torrsubstanshalten i TMR varierade mellan 48 och 52%, medan ts-halten i KOMPAKT varierade mellan 34 och 36%.

Tabell 2. Näringsinnehåll i kraftfoder och ensilage, g/kg torrsubstans om ej annat anges

	Kraftfoder	Ensilage
Ts-halt (%)	88	41
Energi (MJ OE/kg ts)	13,4*	10,7
Råprotein	193	165
NDF	211	452
Råfett	6,2	-
Stärkelse	373	-
Ca	6,8	8,2
P	5,1	2,2
Mg	3,4	2,3
K	10,4	27,3

Experiment 1

I experimentet var en ko sjuk under den första perioden och inga data för henne under den första försöksperioden ingår i analyserna. Data för foderintag, totalt vattenintag, mjölkproduktion och mjölkkomposition ses i tabell 3. Den totala ättiden var 242 ± 13 minuter per dag för KOMPAKT kor och 278 ± 11 minuter per dag för TMR kor ($P = 0,001$), och det totala intaget av torrsubstans var lägre för kor på KOMPAKT-behandlingen jämfört med kor som utfodrades med TMR ($P = 0,001$). Kor utfodrade med TMR drack mer vatten i vattenkopparna, men den totala vattenförbrukningen var högre för kor som utfodrades KOMPAKT eftersom deras foderblandning hade en lägre ts-halt. Det var inga skillnader i smältbarhet mellan de två foderblandningarna. Det genomsnittliga våm-pH skilde sig inte mellan behandlingarna och inte heller tiden under pH 5,8 (14,9 timmar hos kor på KOMPAKT och 14,6 timmar för kor på TMR, $P = 0,902$). Hull och kroppsvikt påverkades inte av behandlingarna.

Tabell 3. Behandlingseffekter av utfodring med en traditionell fullfoderblandning (TMR) och en kompakt fullfoderblandning (KOMPAKT) i experiment 1

	KOMPAKT	TMR	SEM	P-värde
Foderintag, kg ts/dag	26,8	28,6	0,6	<0,001
Vattenintag, kg/dag	98,9	109,6	2,6	<0,001
Totalt vattenintag, kg/dag	144,3	136,3	3,0	<0,001
Våm pH, dygnsmedel	5,74	5,76	0,07	0,802
Tid under pH 5,80, h	14,9	14,6	1,60	0,902
Hullpoäng	3,4	3,4	0,08	0,513
Fodersmältbarhet, % av ts	62,1	61,4	0,01	0,187
Mjölmängd, kg/dag	35,1	35,2	0,4	0,495
Mjölmängd, kg ECM/dag	33,8	34,7	0,8	0,151
Mjölksammansättning				
Fett, %	3,71	3,83	0,01	0,239
Protein, %	3,25	3,24	0,01	0,621
Laktos, %	4,78	4,77	0,01	0,748

Experiment 2

Fördelningen i partikelstorlek förändrades inte över tid från utfodringen, efter 3 timmar och efter 6 timmar på foderbordet, och inte heller när resterna togs bort. Andelen foder i botten och i den minsta silen var 35 och 55% för KOMPAKT och 41 och 31% för TMR efter 3 timmar, 38 och 56% för KOMPAKT och 41 och 33% för TMR efter 6 timmar, och 46 och 51% för KOMPAKT och 43 och 32% för TMR i resterna som togs bort en gång dagligen.

Beteendestudier

Korna visade fler sorteringsbeteenden när de utfodrades med TMR jämfört med KOMPAKT (42,6 respektive 16,9 per timme / grupp, $P < 0,01$). De specifika sorteringsbeteenden som skilde sig åt mellan behandlingarna var "grävning" (23,4 respektive 6,8, $P < 0,01$) och "äta underifrån" (10,1 respektive 1,0, $P < 0,001$). Sorteringsbeteendena var mindre uttalade under den första perioden jämfört med den andra (20,5 respektive 39,0, $P < 0,05$). Inget av de andra sorteringsbeteendena, "äta från sidan" eller "kasta foder" skilde sig åt i frekvens. Det fanns heller inga skillnader i sorteringsbeteende i förhållande till tid efter utfodring.

Det var fler aggressiva interaktioner när korna utfodrades TMR jämfört med KOMPAKT (14,8 respektive 8,5 per timme / grupp, $P < 0,01$). Antalet aggressiva interaktioner var högre den första timmen efter utfodring jämfört med tre timmar efter utfodring (14,6 respektive 8,6, $P < 0,01$). Det specifika beteendet som skilde sig var "sänka huvudet" (3,9 respektive 2,0, $P < 0,05$) och "stängas" (5,6 respektive 2,5, $P < 0,01$). Frekvensen för andra registrerade beteenden skilde sig inte åt mellan behandlingar.

Tidsbudgeten visade att kor utfodrade med TMR tillbringade kortare tid att vila utan att idissla jämfört med kor som utfodrades KOMPAKT (6,0 respektive 6,8 timmar per 24-timmarsperiod, $P < 0,01$). Kor utfodrade med TMR tillbringade mer tid att stå i gången i foderavdelningen jämfört med kor som utfodrades KOMPAKT (62,2 respektive 51,7 minuter, $P < 0,05$). Kor utfodrade med TMR tillbringade kortare tid att stå och idissla i gångarna i liggavdelningen jämfört med kor som utfodrades KOMPAKT (9,6 respektive 15,9 minuter, $P < 0,05$). Korna ägnade 4,7 respektive 4,4 timmar med att äta respektive 7,1 respektive 6,8 timmar att idissla, men utan några signifikanta skillnader mellan behandlingarna. Tiden som spenderades på andra aktiviteter skilde sig inte mellan behandlingarna.

Kor som utfodrades KOMPAKT ett lägre foderintag jämfört med korna som utfodrades TMR. Eftersom KOMPAKT hade en minskad partikelstorlek, står detta i kontrast till resultaten från Nasrollahi et al. (2015) där de ansåg att en minskning av partikelstorleken skulle resultera i ett ökat foderintag i foderstater som består av mer än 50% grovfoder. Detta stöds också av Haselmann et al. (2019), som ansåg att en reducerad partikelstorlek i en foderstat med 80% grovfoder resulterade i ökat foderintag och ökad mjölkproduktion. I det här försöket tillsattes emellertid vatten till den foderblandningen med minskad partikelstorlek, vilket resulterade i en 30% minskning av ts-halten för foderblandningen. Resultat från Miller-Cushon & deVries (2009) och Felton & deVries (2010) visade en minskning av ts-intaget vid minskning av ts-halten i fodret. Det är således möjligt att effekten på ts-intaget av förändrad ts-halt var mer uttalad än effekten av en minskad partikelstorlek.

Skillnaderna i ts-intag påverkade dock inte mjölkproduktion, kroppsvikt eller hull hos korna. Det här försöket pågick under en kort tidsperiod, och de långsiktiga effekterna är svåra att spekulera om. Miller-Cushon & deVries (2009) fann inte någon effekt på mjölkproduktionen när ts-halten förändrades, även om ts-intaget påverkades.

Ättiden minskade med cirka 30 minuter i KOMPAKT jämfört med TMR i experiment 1. Detta är en minskning med 13%, dubbelt så mycket som minskningen av ts-intaget. Således kunde kor som utfodrades KOMPAKT konsumera sitt foder snabbare än kor som utfodrades med TMR.

Kor i experiment 2 som utfodrades KOMPAKT uppvisade i genomsnitt 16,9 sorteringsbeteenden per timme vilket var betydligt mindre än 42,6 sorteringsbeteenden per timme när korna utfodrades TMR. Det högre ts-innehållet och olika fördelning i partikelstorlek i TMR, med en större andel långa partiklar, gjorde det möjligt för korna att visa mer sorteringsbeteende jämfört med KOMPAKT. Vid jämförelse av partikelfördelningen i TMR och KOMPAKT med rekommendationerna från Heinrichs och Kononoff (2002) hade TMR för hög (> 8%) andel långa partiklar, medan KOMPAKT var fördelaktigt ur sorteringsynpunkt.

Det påstås ibland att det är svårare att sortera fodret om det görs mer homogent genom att tillsätta vatten (Leonardi et al., 2005; Endres & Espejo, 2010; Fish & DeVries, 2012). Torrsubstanshalten i dessa studier var dock inte så låg som 37% och andelen långa partiklar skilde sig inte mellan behandlingarna lika mycket som i den här studien. Felton och DeVries (2010) visade att sorteringen av långa partiklar ökade när ts-halten minskade från 56% till 44%. Skillnader i partikelstorlek rapporterades emellertid inte i den studien vilket antyder att det inte räcker med att tillsätta vatten till foderblandningen för att minska sorteringen.

Ett betydligt lägre antal aggressiva interaktioner observerades när korna utfodrades KOMPAKT jämfört med TMR. Detta kan vara förknippat med mindre konkurrens om fodret (Olofsson, 1999; Huzzey et al., 2006). Det har föreslagits att utfodring av KOMPAKT bidrar till en lugnare tillvaro i lösdriftssystem eftersom korna inte rusar till foderbordet när nytt foder läggs ut (Kristensen, 2015). På grund av hanteringsrutiner då fodret lades ut när korna var och mjölkade, kunde ingen sådant samband undersökas i det här experimentet. Hypotesen om ett minskat antal aggressiva interaktioner och minskad konkurrens mellan kor i foderavdelningen kan dock verifieras, eftersom det visade sig att korna visade en lägre frekvens av sådana beteenden när de utfodrades KOMPAKT jämfört med utfodring med TMR.

Korna i den här studien använde i genomsnitt 4,6 timmar per dag till att äta, vilket är i linje med de 3 till 5 timmar som rapporterats av Grant och Albright (2001). I experiment 1 hade korna på KOMPAKT i genomsnitt 36 minuter kortare ättid än korna som utfodrades TMR vilket kan indikera att sorteringsbeteendet som visades i TMR gruppen kan bidra till en något förlängd ättid, vilket är i

linje med det positiva samband mellan sortering och ättid som rapporterades av Greter och DeVries (2011). I experiment 2 var skillnaden i tid 20 minuter, men denna skillnad var inte signifikant.

Korna som utfodrades KOMPAKT tillbringade mindre tid inaktiva i foderavdelningen. Korna som åt KOMPAKT var i genomsnitt 51,7 minuter per dag i foderavdelningen medan de som åt TMR tillbringade 62,2 minuter där. Denna skillnad kan indikera att konkurrensen om fodret var större i TMR-gruppen.

Den totala liggtiden var i genomsnitt 11,3 timmar per dag för alla kor på båda behandlingarna. Liknande resultat avseende liggtid för kor som hålls i lösdrift finns rapporterat i litteraturen (Ito et al., 2009; Gomez & Cook, 2010). Den tid som korna tillbringade i vila, utan att idissla, skilde sig emellertid mellan behandlingarna. Korna som utfodrades KOMPAKT vilade i genomsnitt 45 minuter längre per dag än korna som fick TMR, vilket indikerar att de hade tid kvar i sin tidsbudget att de kunde avsätta för att vila, jämfört med kor som utfodrades TMR.

Korna spenderade i genomsnitt 6,8 respektive 7,1 timmar per dag på att idissla i KOMPAKT respektive TMR gruppen. Det ligger i det lägre intervallet jämfört med andra studier (Grant & Albright, 2001; Ternman, 2014). Kanske kan metoden med direkt observation var tionde minut ha underskattat tiden för idissling.

En periodeffekt påträffades i ättid och total ståendetid. En möjlig förklaring för korna som ägnade mindre tid åt att äta under period två är att de var senare i laktation och därför inte hade samma höga energibehov (Friggens et al., 1998). Enligt resultaten från tidsbudgeten under period två verkar det som att i stället för att äta och vara i foderavdelningen, valde korna att stå i gångarna och i liggbåset och idissla. Det är därför möjligt att effekten på tidsbudgeten gör den största skillnaden i tidig laktation. Korna som deltog i beteendestudien (experiment 2) var emellertid alla i mitten till sen laktation även under den första försöksperioden.

Det var tydligt att kornas ätbeteende var annorlunda när de åt de olika foderblandningarna. Korna i TMR-gruppen förde mulen fram och tillbaka i fodret för att bilda en grop. Kon kunde sedan slicka små partiklar (kraftfoder) från botten av den utgrävda gropan. Dessa beteenden noterades som "gräva" och "äta underifrån" och kan kategoriseras som typiska sorteringsbeteenden (Leonardi & Armentano, 2003). KOMPAKT-gruppen bildade inte gropar på foderbordet, fodret låg i ett jämnt lager längs hela foderbordet under dagen. Korna åt en hel tugga, vilket indikerade att de inte valde några enskilda foderpartiklar.

Slutsats

Kompakt fullfoder, kännetecknat av mindre partiklar och lägre ts-halt som uppnått genom tillsats av vatten och långvarig blandning av fodret, resulterade i minskat foderintag, minskad ättid, färre sorteringsbeteenden och färre aggressiva interaktioner jämfört med en traditionell TMR. Ingen effekt på mjölkavkastningen sågs dock i den här studien. Kompakt fullfoder har potential att förbättra kornas välfärd genom förbättrad tidsbudget, minskad sortering av foder och minskade aggressioner vid foderbordet. De långsiktiga effekterna på mjölkproduktionen i förhållande till foderintaget måste dock utvärderas i framtida studier.

Tack till EkoForsk som finansierat projektet.

Referenser

- Beauchemin, K. A., W. Z. Wang, and L. M. Rode. 2003. Effects of particle size of alfalfa-based dairy cow diets on chewing activity, ruminal fermentation, and milk production. *J. Dairy Sci.* 86: 630-643.
- Chai, W. H., and P. Udén. 1998. An alternative oven method combined with different detergent strengths in the analysis of neutral detergent fibre. *Anim. Feed Sci. Technol.* 74:281-288.
- Coppock, C.E., Bath, D.L. & Harris, B. (1981). From feeding to feeding systems. *Journal of Dairy Science* 64(6), 1230-1249.
- DeVries & Gill 2012. *J. Dairy Sci.* 95:2648-2655
- DeVries, T. J., F. Dohme, and K. A. Beauchemin. 2008. Repeated ruminal acidosis challenges in lactating dairy cows at high and low risk for developing acidosis: Feed sorting. *J. Dairy Sci.* 91: 3958-3967. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1347>
- Duffield, T., J. C. Plaizier, A. Fairfield, R. Bagg, G. Vessie, P. Dick, J. Wilson, J. Aramini, and B. McBride. 2004. Comparison of techniques for measurement of rumen pH in lactating dairy cows. *J. Dairy sci.* 87: 59-66. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73142-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73142-2)
- Edmundson, A. J., I. J. Lean, L. D. Weaver, T. Farver, and G. Webster. 1989. A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. *J. Dairy Sci.* 72: 68-78. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(89\)79081-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(89)79081-0)
- Endres, M. I., and L. A. Esprejo. 2010. Feeding management and characteristics of rations for high-producing dairy cows in freestall herds. *J. Dairy Sci.* 93: 822-829.
- Felton, C. A., and T. J. DeVries. 2010. Effect of water addition to a total mixed ration on feed temperature, feed intake, sorting behavior, and milk production of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 93: 2651-2660. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-3009>
- Fish, J. A., and T. J. DeVries. 2012. Short communication: Varying dietary dry matter concentration through water addition: Effect on nutrient intake and sorting of dairy cows in late lactation. *J. Dairy Sci.* 95: 850-865. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4509>
- Friggens, N. C., B. L. Nielsen, I. Kyrizakis, B. J. Tolcamp, and G. C. Emmans. 1998. Effects of feed composition and stage of lactation on the short-term feeding behavior of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 81: 3268-3277. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(98\)75891-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(98)75891-6)
- Gomez, A., and N. B. Cook. 2010. Time budgets of lactating dairy cattle in commercial freestall herds. *J. Dairy Sci.* 93: 5772-5781. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3436>
- Gozho, G. N., J. C. Plaizier, D. O. Krause, A. D. Kennedy, and K. M. Wittenberg. 2005. Subacute ruminal acidosis induces ruminal lipopolysaccharide endotoxin release and triggers an inflammatory response. *J. Dairy Sci.* 88: 1399-1403. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72807-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72807-1)
- Grant, R. J., and J. L. Albright. 2001. Effect of animal grouping on feeding behavior and intake of dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 84: E156-E163. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)70210-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)70210-X)
- Greter, A. M., and DeVries, T. J. 2010. Effect of feeding amount on the feeding and sorting behavior of lactating dairy cattle. *Canadian Journal of Animal Science* 91: 47-54. <https://doi.org/10.4141/CJAS10067>
- Haselmann, A., K. Zehetgruber, B. Fuerst-Wall, W. Zollitsch, W. Knaus, and Q. Zebeli. 2019. Feeding forages with reduced particle size in a total mixed ration improves feed intake, total-tract digestibility, and performance of organic dairy cows. *J. Dairy Sci.* 102: 8839-8849. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-16191>
- Heinrichs, J. and Kononoff, P. 2002). Evaluating particle size of forages and TMRs using the New Penn State Forage Particle Separator. Pennsylvania: The Pennsylvania State University.
- Huzzey, J. M., T. J. DeVries, P. Valois, and M. A. G. Von Keyserlingk. 2006. Stocking density and feed barrier design affect the feeding and social behavior of dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 89: 126-133. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72075-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72075-6)
- Ito, K., D. M. Weary, and M. A. G. von Keyserlingk. 2009. Lying behavior: assessing within- and between-herd variation in free-stall-housed dairy cows. *J. Dairy Sci.* 92: 4412-4420. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2235>
- Jurkovic, V., L. Könyves, and M. Bakony. 2019. Association between feed sorting and the prevalence of metabolic disorders in Hungarian large-scale dairy herds. *J. Dairy Res.* 86: 162-164. <https://doi.org/10.1017/S002202991900027X>

- Kertz, A. F., L. F. Reutzel, and G. M. Thomson. 1991. Dry matter intake from parturition to midlactation. *J. Dairy Sci.* 74:2290-2295. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78401-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78401-4)
- Kristensen, N. B. 2015. Implement Compact TMR to increase productivity, feed efficiency and health in dairy herds. In: Proceedings from Djurhälso- och utfodringskonferensen 2015, pp 68-79. <https://www.vxa.se/globalassets/dokument/fordjupningar/dou/2015/implement-compact-tmr-to-increase-productivity-feed-efficiency-and-health-in-dairy-herds---article.pdf>
- Leonardi, C., and Armentano, L. E. 2003. Effect of quantity, quality, and length of alfalfa hay on selective consumption by dairy cows. *J. Dairy Sci.* 86: 557-564. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73634-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73634-0)
- Leonardi, C., F. Giannico, and L. E. Armentano. 2005. Effect of water addition on selective consumption (sorting) of dry diets by dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 88: 1043-1049. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72772-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72772-7)
- Løvendahl, P. and L. Munksgaard. 2016. An investigation into genetic and phenotypic variation in time budgets and yield of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 99: 408-417. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9838>
- Maekawa, M., K. A. Beauchemin, and D. A. Christensen. 2002. Effect of concentrate level and feeding management on chewing activities, saliva production, and ruminal pH of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 85: 1165-1175. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74179-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74179-9)
- Miller-Cushon, E. K., and T. J. DeVries. 2009. Effect of dietary dry matter concentration on the sorting behavior of lactating dairy cows fed a total mixed ration. *J. Dairy Sci.* 92: 3292-3298.
- Nasrollahi, SM, Ghorbani, GR, Khorvash, M & Yang, WZ 2014. Effects of grain source and marginal change in Lucerne hay particle size on feed sorting, eating behavior, chewing activity, and milk production in mid-lactation Holstein dairy cows. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 98, 1110-1116.
- Nasrollahi, S. M., M. Imani, and Q. Zebeli. 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. *J. Dairy Sci.* 98: 8926-8939. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9681>
- Olofsson, J. 1999. Competition for total mixed diets fed for ad libitum intake using one to four cows per feeding station. *J. Dairy Sci.* 82: 69-79. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75210-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75210-0)
- Russel, J. B., and D. B. Wilson. 1996. Why are ruminal cellulolytic bacteria unable to digest cellulose at low pH? *J. Dairy Sci.* 79: 1503-1509. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(96\)76510-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(96)76510-4)
- Shingoethe, D. J. 2017. A 100-Year Review: Total mixed ration feeding of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 100:10143-10150.
- Sjaunja, L. O., L. Baevre, L. Junkkarinen, J. Pedersen, and J. Setälä. 1990. A Nordic proposal for an energy corrected milk (ECM) formula. Pages 156–192 in Performance Recording of Animals: 27th Biennial Session of the International Committee of Animal Recording, Paris, France. EAAP publication No. 50. Center for Agricultural Publishing and Documentation (Pudoc), Wageningen, the Netherlands.
- Storm, AC & Kristensen, NB 2010. Effects of particle size and dry matter content of a total mixed ration on intraruminal equilibration and net portal flux of volatile fatty acids in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 93, 4223-4238.
- Sova, A. D., LeBlanc, S. J., McBride, B. W. and DeVries, T. J. 2013. Associations between herd-level feeding management practices, feed sorting, and milk production in freestall dairy farms. *J. Dairy Sci.* 96(7): 4759-4770.
- Ternman, E. 2014. Sleep in dairy cows. PhD thesis. Department of Animal Nutrition and Management, Swedish University of Agricultural Sciences. Uppsala, Sweden. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:slu:epsilon-e-2241>
- Van Keulen, J., and B. A. Young. 1977. Evaluation of acid-insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies. *J. Anim. Sci.* 44:282–287. <https://doi.org/10.2527/jas1977.442282x>

Projektets resultatspridning och publicering (se bilagor)

Växa Sveriges rådgivarutbildning i Uppsala 31 maj 2018 (muntlig presentation)

Nordic Feed Science Conference i Uppsala 12-13 juni 2018 (muntlig presentation och poster)

The International Symposium on the Nutrition of Herbivores i Clermont-Ferrand, Frankrike 2-6 september 2018 (poster med kort muntlig presentation)

SLUs seminariedag om aktuell forskning på nötkreatur 28 november 2018 vid Lövsta lantbruksforskning (muntligt).

Webb-seminarium arrangerat av Jordbruksverket 2020-01-30

Vetenskaplig artikel i Livestock Science 2021.

Publikationer (se bilagor)

Petters, F. 2018. Compact total mixed ration to dairy cows - effects on feed hygiene, feed intake, rumen environment and milk production. Degree project 30 credits no 641. Department of Animal Nutrition and Management SLU, Uppsala.

Robertsson, U. 2018. Utfodring med kompakt fullfoder – effekter på mjölkors beteende, tidsbudget och mjölkproduktion. Examensarbete 30 hp no 642, Institutionen för husdjurens utfodring och vård, SLU, Uppsala.

Kronqvist, C., Petters, F., Robertsson, U., Lindberg, M., 2021. Evaluation of production parameters, feed sorting behaviour and social interactions in dairy cows: comparison of two total mixed rations with different particle size and water content. Livestock Sci. (in press).