

Indholdsfortegnelse

Program.....	2
Fodringsstrategier til malkekøer..... <i>Dorte Bossen</i>	5
Køers respons på gruppeskift..... <i>Lene Munksgaard, Martin R. Weisbjerg & Dorte Bossen</i>	15
Kraftfoderstrategier i et AMS system..... <i>Martin R. Weisbjerg & Lene Munksgaard</i>	21
Betydning af kraftfoderets 'smag' i et AMS system..... <i>Jørgen Madsen, Martin R. Weisbjerg & Torben Hvelplund</i>	31
Er responset på fedttildeling proportional med ydelsen?..... <i>Martin R. Weisbjerg & Lars Wiking</i>	37
Fedt og stivelse..... <i>Kristen Sejrsen & Mette Olaf Nielsen</i>	47
Øget glukoseforsyning i tidlig laktation..... <i>Mogens Larsen & Niels Bastian Kristensen</i>	57
Omsætningen af propylenglycol hos malkekøer <i>Niels Bastian Kristensen & Birgitte Marie Løvendahl Raun</i>	67
Gæringsprofiler i majsensilage over sæsonen <i>Birgitte Marie Løvendahl Raun & Niels Bastian Kristensen</i>	73
Behov for og effekt af E-vitamin til goldkøer..... <i>Søren Krogh Jensen, Troels Kristensen & Karin Persson Waller</i>	77
Fosfors tilgængelighed <i>Peter Lund & Jakob Sehested</i>	87
Ny forsøgstald til malkekøer på Forskningscenter Foulum..... <i>Jens Bech Andersen & John Foldager</i>	101

Program

- 09.00 – 09.30 **Ankomst, registrering og kaffe/te og rundstykker**
- 09.30 – 09.35 Velkomst og introduktion til dagen
v/Instituttleder Klaus Lønne Ingvarsen, Inst. for Husdyrsundhed, Velfærd og Ernæring, DJF
- 09.35 – 10.05 Fodringsstrategier til malkekøer
v/Konsulent Dorte Bossen, AgroTech
- 10.05 – 10.35 Køers respons på gruppeskift
v/Seniorforsker Lene Munksgaard, DJF
- 10.35 – 11.00 Kraftfoderstrategier i et AMS system
v/Seniorforsker Martin R. Weisbjerg, DJF
- 11.00 – 11.20 **Kaffe**
- 11.20 – 11.45 Betydning af kraftfoderets 'smag' i et AMS system
v/Seniorforsker Torben Hvelplund, DJF
- 11.45 – 12.05 Er responset på fedttildeling proportional med ydelsen?
v/Seniorforsker Martin R. Weisbjerg,, DJF
- 12.05 – 12.30 Fedt og stivelse
v/Seniorforsker Kristen Sejrsen, DJF
- 12.30 – 13.30 **Frokost**
- 13.30 – 13.55 Øget glukoseforsyning i tidlig laktation
v/Ph.D. studerende Mogens Larsen, AgroTech/DJF
- 13.55 – 14.15 Omsætningen af propylenglycol hos malkekøer
v/Forskningsprofessor Niels Bastian Kristensen, DJF
- 14.15 – 14.35 **Kaffe og kage/frugt**
- 14.35 – 15.00 Gæringsprofiler i majsensilage over sæsonen
v/Ph.D. studerende Birgitte Marie Løvendahl Raun
- 15.00 – 15.20 Behov for og effekt af E-vitamin til goldkøer
v/Seniorforsker Søren Krogh Jensen, DJF
- 15.20 – 15.45 Fosfors tilgængelighed
v/Seniorforsker Peter Lund, DJF

15.45 – 15.55 Ny forsøgsstald til malkekøer på Forskningscenter Foulum
v/Seniorforsker Jens Bech Andersen, DJF

15.55 Afslutning *v/mødeleder Christian Friis Børsting, Kvægbrugets Forsøgscenter*

Efterfølgende fremvisning af ny forsøgsstald (K43) incl. forfriskning v/Søren Anton Kirk Nielsen og Per Mark Hagelskjær, DJF

Fodringsstrategier til malkekøer

Dorte Bossen

AgroTech – Institut for Jordbrugs- og FødevarerInnovation

Sammendrag

I et 4-årigt produktionsforsøg gennemført på Kvægbrugets forsøgscenter blev virkningen af at tildele samme ration med middel energiniveau gennem hele laktationen sammenlignet med virkningen af at tildele en energirig ration i tidlig laktation, efterfulgt af en trinvis nedtrapning af foderrationens energiniveau. Den trinvis nedtrapning af foderrationens energiniveau var baseret på vægtændringer hos individuelle køer gennem laktationen. Ved at tildele køerne en energirig foderration i tidlig laktation stimuleres en høj ydelse og mobiliseringen af kropsreserver kan mindskes. En efterfølgende sænkning af foderrationens energiniveau kan medvirke til at forlænge den samlede mobiliseringsperiode uden at øge omfanget af mobiliseringen. Resultater for Dansk Holstein indikerede at en længere mobiliseringsperiode kan fremme køernes evne til at opretholde høj ydelse. Det forudsætter imidlertid at foderrationens energiniveau sænkes på et tidligt tidspunkt i laktation, umiddelbart efter at køerne har nået deres vægtminimum. Forsøget viste betydelige raceforskelle i responset på individuel foderstyring efter vægt. Der er dog grund til at tro, at RDM køer vil respondere på en sådan individuel foderstyring efter vægt på samme måde som Dansk Holstein, mens det er tvivlsomt hvorvidt lignende resultater kan opnås for Jersey. Det er ligeledes tvivlsomt hvorvidt det er muligt at manipulere med mobiliseringsperiodens længde og derved opnå højere laktationsydelse hos førstekalvskøer.

Introduktion

Baggrund

Forskningsprojektet ”Fodring af fremtidens malkekøer – Lad koen bestemme” blev iværksat i 2002, og havde blandt andet til hensigt at udvikle og afprøve nye fodringsstrategier til malkekøer. En del af projektets overordnede idé var, at der gennem øget grad af individuel fodertildeling kunne opnås øget udnyttelse af energi og næringsstoffer i foderet. Øget grad af individuel fodring skulle baseres på anvendelse af ny teknologi til hyppig opsamling og bearbejdning af informationer om den enkelte ko. Som et led i projektet blev der i foråret 2002 afholdt en workshop om fodringsstrategier på Kvægbrugets Forsøgscenter, med deltagelse af kvægbrugsrådgivere og forskere indenfor kvægbrug. Efterfølgende blev der formuleret et konkret forslag til design af to nye strategier (MR2-T, MR2-S). Fodring efter de nye strategier blev sammenlignet med fodring efter en TMR1-lignende strategi (MR1) i det såkaldte ROSA-forsøg gennemført på Kvægbrugets Forsøgscenter i perioden 2002 til 2006.

Formål

I nærværende bilag præsenteres kort udvalgte overordnede resultater fra forsøget. Umiddelbart var de 3 racers respons på MR2 sammenlignet med MR1 strategierne meget forskellige. Forskelle tilskrives primært forskelle i foderniveau mellem racerne, men tages der hensyn hertil er der generelle tendenser at spore. Der var desuden generelle tendenser at spore omkring 1) forskellen i køernes respons på MR2-T og MR2-S strategierne og 2) forskellen mellem 1.kalvskøer og ældre køers respons på MR2 strategierne. Formålet med dette bilag er at beskrive disse generelle tendenser og sætte dem i relation til en eventuel fremtidig anvendelse af de nye fodringsstrategier i praksis.

Forsøgsbeskrivelse

Køer i forsøget

I forsøgsperioden indgik løbende 120 køer fordelt på Rød Dansk Malkerace (RDM), Dansk Holstein (DH) og Jersey (DJ). Indenfor race var køerne fordelt på to genetiske linjer, der var karakteriseret ved selektion primært for ydelse (linje Y) eller sundhed/reproduktion (linje SR). Indenfor race og linje var køerne tilfældigt fordelt på 3 forskellige fodringsstrategier (MR1, MR2-T, MR2-S) og indenfor strategi var køerne tilfældigt fordelt efter faktoren gruppeskift (+, -). Det vil sige, at indenfor strategi skiftede halvdelen af køerne fysisk gruppe samtidig med at de skiftede grundration, mens den øvrige halvdel af køer ikke skiftede gruppe når de skiftede grundration. I alt omfattede forsøget 445 laktationer, hvoraf 299 laktationer er anvendt til en efterfølgende statistisk opgørelse. Faktoren gruppeskift indgik ikke i de statistiske opgørelser af data der præsenteres her. Effekten af gruppeskift er omtalt i 'Køers respons på gruppeskift' i nærværende rapport. De samme tre grundrationer blev anvendt til alle racer i forsøget, og derfor var foderniveau konfunderet med race. Den statistiske dataanalyse er derfor lavet på data indenfor race. De raceforskelle som diskuteres i dette bilag er således ikke baseret på en statistisk sammenligning af resultater for de enkelte racer.

Forsøgsfaciliteter

Som nævnt blev ROSA-forsøget gennemført på Kvægbrugets forsøgscenter, hvor køerne er opstaldet i løsdrift i et staldsystem baseret på automatisk malkning (AMS). Køernes foderoptagelse (grundration + separat tildelt kraftfoder) blev automatisk registreret, ligesom ydelse, mælke kvalitet og vægt. For en mere detaljeret beskrivelse af datagrundlaget og den statistiske håndtering af data henvises til Bossen et al. (2008) samt Bossen og Weisbjerg (2008).

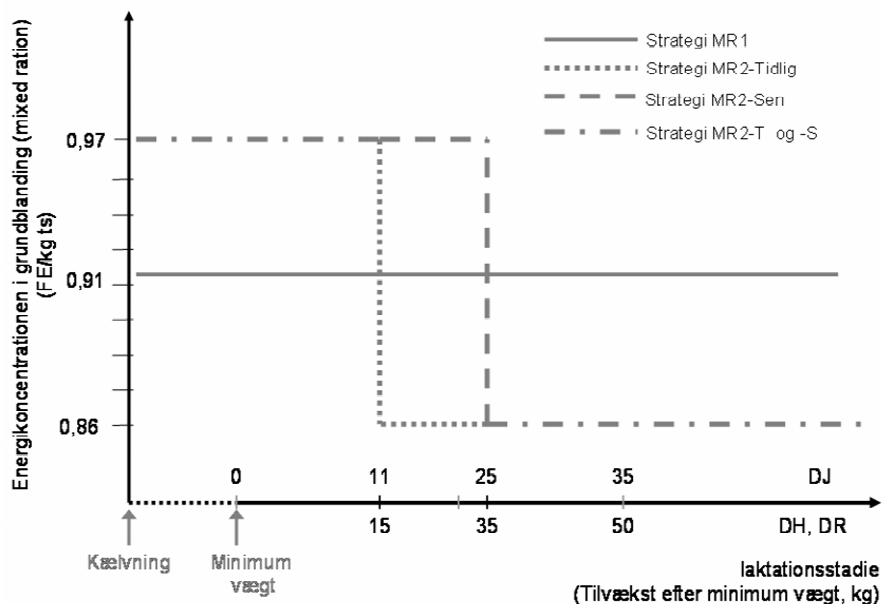
Fodringsstrategierne

Alle køer, uanset fodringsstrategi havde adgang til 3 kg kraftfoder pr. dag i malkerobotten. Afhængig af fodringsstrategi og tidspunkt i laktationen, havde den enkelte ko desuden adgang til én af i alt tre grundblandinger med henholdsvis høj, middel og lav energikoncentration efter ædelyst (Figur 1). Køer på MR1 strategien blev tildelt samme grundblanding med medium energiindhold (0,91 FE/kg) gennem hele laktationen. Køer på MR2-T og MR2-S strategierne blev indledningsvis tildelt en grundblanding med høj energikoncentration (0,97 FE/kg ts) og siden skiftet til en grundblanding med lav energikoncentration (0,86 FE/kg ts). Det tidlige (MR2-T) og sene (MR2-S) skift fra energirig til energisvag grundration var defineret som henholdsvis 15 og 35 kg tilvækst efter vægtminimum for de tunge racer (RDM, DH) og som henholdsvis 11 og 25 kg tilvækst efter vægtminimum for Jersey. Samtidig med skift fra høj til lav energikoncentration i den tildelte grundblanding fik køer på MR2 strategierne adgang til 3 kg ekstra kraftfoder, så de dagligt havde adgang til 6 kg kraftfoder. Ved fortsat tilvækst efter skift til den energifattige grundblanding, blev de 3 kg ekstra kraftfoder trinvist fjernet med 1 kg ad gangen, når køerne nåede bestemte grænser for tilvækst. Grænseværdier for tilvækst og det gennemsnitlige energiindhold i totalrationer til malkekøer gennem laktationen ved fodring efter de tre fodringsstrategier er vist i Figur 2.

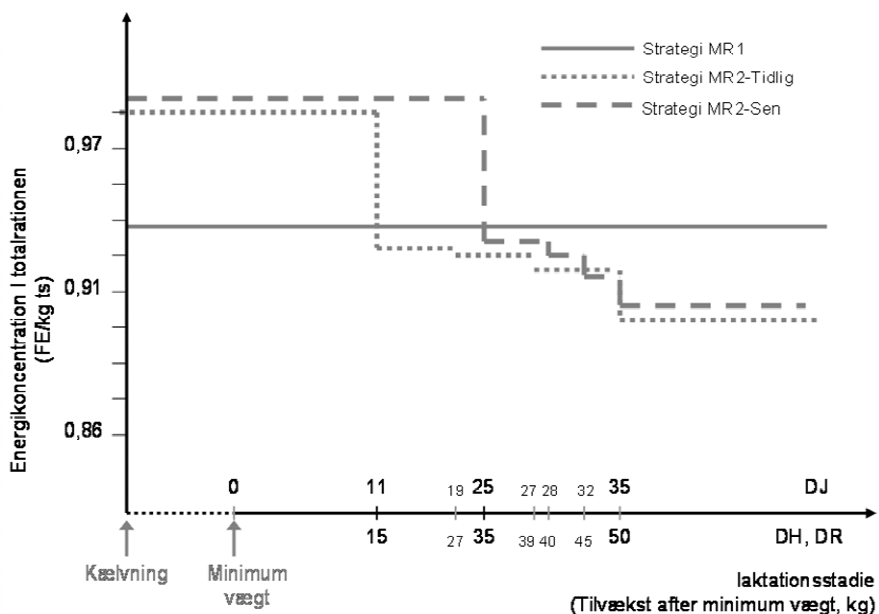
Resultater

Tabel 1 viser udvalgte resultater for foderoptagelse, ydelse og vægtændringer opnået ved fodring efter henholdsvis strategi MR1, MR2-T og MR2-S indenfor RDM, DH og DJ. De enkelte resultater præsenteres ikke særskilt, men er inddragets løbende i den efterfølgende diskussion.

Den trinvis nedtrapning af totalrationens energikoncentration vist i Figur 2. Den trinvis nedtrapning giver anledning til at dele hver laktation i 5 foderperioder. Figur 3 viser den gennemsnitlige foderoptagelse i hver foderperiode hos førstekalvs- og ældre køer af alle racer fodret efter henholdsvis MR2-T og MR2-S strategien. Hver periode repræsenterer et bestemt tilvækstinterval for køerne, og adskiller sig ved forskellig fodertildeling. I modsætning til en traditionel foderoptagelseskurve, indgår der forskelligt antal observationer pr. ko i de viste gennemsnit, fordi varigheden af hver enkelt foderperiode var forskellig fra ko til ko.



Figur 1. Energikoncentrationen i de tildelte grundblandinger (Høj, Medium, Lav) afhængig af laktationsstadiet givet ved vægtændringer.



Figur 2. Energikoncentrationen i den enkelte koes foderration gennem laktationen ved fodring efter henholdsvis strategi MR1, MR2-T og MR2-S.

Tabel 1. Virkningen af fodringsstrategi (MR1, MR2-T, MR2-S) på foderoptagelse og produktion (udvalgte parametre) opgjort for Dansk Holstein, Rød Dansk Malkecerce og Jersey.

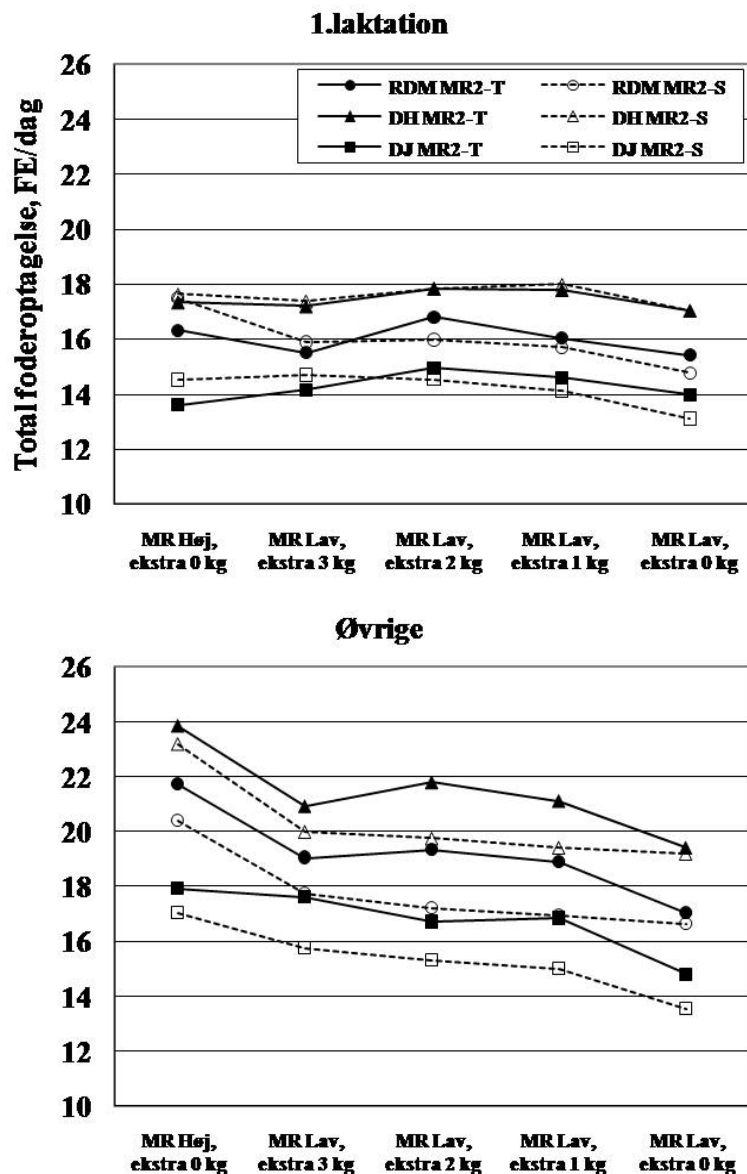
Laktationsnummer	1			≥2			P-værdier for Hovedeffekter ¹	
	MR1	MR2 Tidlig	MR2 Sen	MR1	MR2 Tidlig	MR2 Sen	Lakt. nr.	Strategi
Dansk Holstein								
Antal laktationer ²	19	14	16	21	5	16		
Max. tørstofoptagelse, uge	^a 29	^b 18	^b 18	^a 18	^b 9	^b 12	<0,0001	<0,0001
Max. energioptagelse, uge	^a 29	^b 13	^b 15	^a 18	^b 9	^b 11	0,0008	<0,0001
Max. energioptagelse, FE/dag	^b 20,3	^{a,b} 21,2	^a 22,2	^b 22,9	^a 27,3	^a 28,1	<0,0001	<0,0001
Total foderoptagelse, FE/laktation	5085	5155	5222	^b 5404	^a 6134	^a 5871	<0,0001	0,07
Topydelse, kg EKM/dag ³	^b 31,4	^a 36,2	^{a,b} 33,5	^b 39,2	^a 46,0	^a 44,7	<0,0001	
Ydelse, kg EKM/laktation	7.679	8.306	8.428	^b 8.015	^a 9.608	^{a,b} 8.799	0,04	0,05
Mobiliseringen varighed, uger	8	11	8	^b 10	^a 17	^{a,b} 12	0,01	0,03
Mobiliseringens størrelse, kg	47	46	47	66	38	41	0,9	0,3
Laktationsvægtændring, kg	^a 93	^b 50	^b 44	^a 82	^b 17	^b 22	0,1	0,0008
Rød Dansk Malkecerce								
Antal laktationer ²	23	18	18	23	17	16		
Max. tørstofoptagelse, uge	^a 26	^b 14	^b 15	^a 20	^b 8	^b 9	0,0004	<0,0001
Max. energioptagelse, uge	^a 26	^b 11	^b 13	^a 19	^b 8	^b 8	0,0006	<0,0001
Max. energioptagelse, FE/dag	^b 19,2	^{a,b} 20,1	^a 21,3	^b 22,6	^a 25,0	^a 24,5	<0,0001	0,001
Foderoptagelse, FE/laktation	4647	4628	4800	5594	5338	5140	<0,0001	0,5
Topydelse, kg EKM/dag ⁴	^c 28,8	^c 31,1	^c 30,4	^a 40,9	^a 41,4	^b 37,5		
Ydelse, kg EKM/laktation	6912	7046	6928	8413	7911	7303	0,003	0,4
Mobiliseringen varighed, uger	9	9	8	^{a,b} 8	^a 13	^b 6	0,8	0,02
Mobiliseringens størrelse, kg	^a 56	^{a,b} 42	^b 31	^a 57	^{a,b} 34	^b 22	0,5	0,01
Laktationsvægtændring, kg	87	57	74	58	67	57	0,4	0,8
Dansk Jersey								
Antal laktationer ²	17	13	16	13	14	20		
Max. tørstofoptagelse, uge	^a 26	^a 24	^b 16	^a 23	^b 14	^b 13	0,003	<0,0001
Max. energioptagelse, uge	^a 26	^b 18	^b 15	^a 23	^b 13	^b 12	0,05	<0,0001
Max. foderoptagelse, FE/dag	17,7	17,5	17,6	20,2	21,3	20,2	<0,0001	0,7
Foderoptagelse, FE/laktation	4211	4231	4192	5108	4935	4541	<0,0001	0,2
Topydelse, kg EKM/dag	28,5	28,5	34,8	34,8	38,3	36,3	<0,0001	0,4
Ydelse, kg EKM/laktation	7013	6694	6755	8371	8016	7172	0,0006	0,2
Mobiliseringen varighed, uger	8	12	9	14	17	12	0,0005	0,06
Mobiliseringens størrelse, kg	40	31	29	44	35	33	0,001	0,3
Laktationsvægtændring, kg	46	48	44	14	17	12	0,0005	0,06

¹ Indenfor laktationsnummer er der signifikant forskel mellem fodringsstrategier (P < 0,05) hvis de er markeret med forskelligt bogstav

² Angiver det samlede antal laktationer som er benyttet i de statistiske opgørelser. Antallet af laktationer som indgår i analysen af de enkelte parametre kan være lidt lavere end det angivne. Der indgår dog ikke mindre end 5 køer i opgørelser af resultater for MR2-tidlig strategien.

³ Der var en signifikant vekselvirkning mellem genetisk linje og strategi (P = 0,02). Køer på genetisk linje SR og Y fodret efter henholdsvis strategi MR1, MR2-T og MR2-S, opnåede på tværs af laktationsnummer en topydelse på henholdsvis 33,3, 40,1 og 34,0 kg EKM og 37,3, 42,1 og 44,1 kg EKM.

⁴ Der var en signifikant vekselvirkning mellem laktationsnummer og strategi (P = 0,02)



Figur 3. Gennemsnitlig energioptagelse i laktationens forskellige foderperioder hos førstekalvs- og øvrige køer af racerne RDM, DH og Jersey fodret efter henholdsvis MR2-T og MR2-S strategier.

Diskussion og perspektiver

Raceforskelle

Fodring med den energirige grundration (0,98 FE/kg tørstof) i tidlig laktation i forhold til grundrationen med middel energiniveau (0,94 FE/kg tørstof) gav anledning til at den største daglige energioptagelse blev højere hos ældre RDM (24,8 vs. 22,6 FE pr. dag) og hos ældre DH køer (27,7 vs. 22,9 FE pr. dag). Mobiliseringen i tidlig laktation faldt fra 57 til 28 kg hos ældre RDM, fra 66 til 40 kg hos ældre DH og fra 44 til 34 kg hos ældre DJ, men kun hos RDM var forskellen signifikant. Hos DH steg topydelsen fra 39,2 til 45,4 kg EKM, men hos RDM og DJ var der ingen entydig signifikant ændring af topydelsen. Resultaterne viser, at foderoptagelse og ydelse hos DH i tidlig laktation ved fodring efter MR1 strategien var begrænset af fodrationens energiniveau, og det er en normal situation blandt køer i tidlig laktation når der fodres efter TMR princippet med kun én

ration til alle malkende køer. Resultaterne for RDM viser, at energiniveauet i rationen til køer fodret efter MR1 ikke eller kun svagt var begrænsende for foderoptagelse og ydelse. Desuden opnåede RDM køer forholdsvis højt huld ved goldning (resultater ikke vist). Det viser at foderniveauet til RDM køer på MR1 strategien i forsøget var højere end det man anbefaler i praksis. Forskelle mellem RDM og DH køernes respons på øget energikoncentration i tidlig laktation tilskrives derfor primært forskelle i foderniveau mellem racerne. Andre forsøg med tildeling af foderrationer med stigende energiniveau har vist lignende resultater (Grainger, 1990, Friggens et al., 1998, Yan et al., 2006). Det kan derfor ikke afvises, at den højere ydelse i tidlig laktation hos DH ved fodring MR2 strategierne sammenlignet med MR1 strategien også ville kunne opnås hos RDM, hvis foderniveauet hos racerne var ens.

Hos DJ var der ingen signifikant virkning af fodringsstrategi på foderoptagelse eller ydelse i tidlig laktation. Hos DJ øges tørstofoptagelsen efter kælvning langsommere end hos de øvrige racer i forsøget. Det antages at være årsag til at foderoptagelse og ydelse hos DJ ikke påvirkes signifikant ved fodring efter MR2 strategierne sammenlignet med MR1 strategien. Denne problemstilling behandles yderligere i diskussionen af forskelle mellem førstekalvskøer og øvrige køer.

Tidspunkt for skift af grundration

På tværs af racer var der en generel tendens til at køerne reagerede forskelligt på tidlig og sen nedtrapning af foderrationens energiniveau. Hos ældre køer af alle racer gav tidlig nedtrapning anledning til, at køerne indledte en ny mobiliseringsfase, mens køer der blev sent nedtrappet fortsatte med at øge deres vægt. Varigheden af den samlede mobiliseringsfase var signifikant forskellig ($P < 0,06$) mellem MR2-T og MR-S strategien blandt ældre køer af alle racer. Disse resultater indikerer, at både graden af mobilisering (kg/laktation) og varigheden af den samlede mobiliseringsperiode kan påvirkes ved fodring efter en MR2 strategi med tidlig nedtrapning, mens kun graden af mobilisering påvirkes ved fodring efter en MR2 strategi med sen nedtrapning. Der var ingen signifikant forskel i den samlede laktations foderoptagelse eller laktationsydelse mellem køer fodret efter henholdsvis MR2-T og MR2-S strategierne, men hos ældre køer af RDM, DH og DJ opnåede køer på MR2-T strategien en EKMydelse som var 608, 809 og 844 kg højere end køer på MR2-S strategien, selvom køer på MR2-S strategien blev fodret med den energirige foderration i længst tid. Det kan indikere, at mobiliseringsperiodens varighed har betydning for køernes evne til at opretholde en høj ydelse (persistens). En længere mobiliseringsfase skulle da give anledning til en højere persistens.

Forskellen i dage mellem tidlig og sen nedtrapning var i gennemsnit 14, 34 og 11 dage hos RDM, DH og DJ, og repræsenterer en forholdsvis kort tidsmæssig periode. Figur 3 indikerer imidlertid et ret forskelligt foderoptagelsesmønster hos køer i perioden efter tidligt og sent skift. Det ses, at køer der skifter til den energifattige ration på et tidligt tidspunkt i de efterfølgende foderperioder har øget deres samlede energioptagelse, mens køer der skifter sent har en ret konstant energioptagelse i de efterfølgende foderperioder. Det skyldes formodentlig at de køer der skifter tidligt og går ind i en ny mobiliseringsfase stimuleres til at øge optagelsen af ad libitum foder. Lignende resultater for virkningen på køernes tørstofoptagelse ved at sænke foderrationens energikoncentration på forskellige tidspunkter i laktationen er fundet af Dhiman et al. (1995). Samlet set indikerer disse resultater at 1) en forlængelse af mobiliseringsperioden kan medvirke til at opretholde høj foderoptagelse og ydelse 2) overgangen fra mobilisering til "deponeringsstofsifte" er forholds kort, 3) varigheden af mobiliseringsperioden kun kan påvirkes så længe køerne ikke er endeligt tilvænnet et "deponerings-stofsifte".

Paritetsforskelle

Indenfor race, var virkningen af fodringsprincip på foderoptagelse og produktion generelt svagere hos køer i første laktation sammenlignet med ældre køer. Ældre køer fodret efter MR2 strategierne opnåede den højeste daglige tørstofoptagelse på nogenlunde samme tidspunkt (uger efter kælvning) som den højeste daglige energioptagelse. I modsætning hertil opnåede førstekalvskøer fodret efter MR2 strategierne den højeste daglige tørstofoptagelse på et senere tidspunkt i laktationen end den største daglige energioptagelse. Det indikerer at skift fra høj til lav energiniveau i grundrationen hos køer på MR2 strategierne sker inden førstekalvskøerne når deres højeste daglige tørstofoptagelse. Det er derfor sandsynligt at specielt et tidligt skift fra høj til lav energi i foderrationen har hæmmet både foderoptagelse og ydelsen hos førstekalvskøer i midtlaktationen.

Skiftet fra høj til lav energikoncentration hos køer fodret efter MR2 strategierne sker på baggrund af tilvækst. Mobiliseringsperioden hos køer i første laktation er kortere end hos ældre køer, og det tyder på at førstekalvskøerne har en større målrettethed for tilvækst gennem laktationen sammenlignet med ældre køer. Data fra andre forsøg tyder på, at den daglige tilvækst når førstekalvskøerne påbegynder deponeringsperioden er lavere end hos ældre køer (Berry et al., 2006, Coffey et al., 2004, Nielsen et al., 2003). Skift fra høj til lav energiniveau i grundrationen blev introduceret ved samme grænser for tilvækst hos førstekalvs og ældre køer. Det betyder, at førstekalvskøerne generelt har været i laktationens deponeringsfase i flere dage end ældre køer når foderskiftet introduceres. Hos ældre køer blev mobiliseringsperioden signifikant forlænget ved tidligt skift fra høj til lav energikoncentration i grundrationen, men hos førstekalvskøerne var forskellene i mobiliseringsperiodens længde mindre og ikke signifikant påvirket af fodringsstrategi. Overordnet tyder disse resultater på, at der ikke kan opnås samme virkning af at reducere foderrationens energikoncentration ved de afprøvede vægtgrænser hos førstekalvskøer som hos ældre køer. Det kan ikke afvises at der ved en sænkning af vægtgrænserne for foderskift hos førstekalvskøerne på MR2 strategierne vil kunne opnås samme virkning på foderoptagelse og laktationsydelse hos de ældre køer. Det er dog tvivlsomt, fordi et endnu tidligere skift kan føre til en mere markant sænkning af førstekalvskøernes foderoptagelse i tidlig laktation, og dermed mindske førstekalvskøernes ydelse i tidlig laktation.

Ligesom hos førstekalvskøerne, er der en tendens til at stigningen i Jerseykøernes foderoptagelse i tidlig laktation sker langsommere end hos de andre racer. Ved samme energikoncentration i foderet er der tendens til at mobiliseringsperioden hos Jerseykøer er længere end hos de øvrige racer. Resultaterne antyder desuden, at den daglige tilvækst hos Jerseykøer, når de overgår fra mobilisering til deponering, er lavere end hos de andre racer. Derfor kan mobiliseringsperiodens længde og ydelsen hos Jersey køer muligvis ikke påvirkes hos Jersey, på samme måde som hos RDM og DH.

Senlaktation

MR2 strategierne var designet så vægtgrænserne for reduktion af foderrationens energiniveau lå fast og ikke var afhængige af hvor stort vægttab den enkelte ko opnåede under mobilisering. DH og RDM køer på MR2 strategierne opnåede en mobilisering, som i gennemsnit lå på henholdsvis 45 og 28 kg. Den trinvis nedtrapping af rationens energiindhold slutter ved en tilvækst efter mobilisering på 50 kg (Figur 2) og den laktationsperiode der var tilbage frem til goldning til at opnå yderligere tilvækst var desuden kortere hos DH sammenlignet med RDM. DH køerne havde derfor ikke mulighed for at opnå en passende tilvækst gennem laktationen og havde også ved goldning lavere huld end anbefalet. Omvendt opnåede RDM en forholdsvis høj laktationsvægtændring og havde et højere huld ved goldning end anbefalet.

For at sikre at køer fodret efter en MR2 strategi opnår passende huld ved goldning, er det muligt at man i stedet for at have faste vægtgrænser for introduktion af foderskift som i ROSA-forsøget, skal arbejde med vægtgrænser der er relateret til individuelle køers mobilisering. F.eks. skulle vægtgrænserne for nedtrapning af den ekstra kraftfodertildeling fastsættes som 25, 50 og 100 % tilvækst i forhold til den aktuelle mobilisering. Anvendelse af MR2 strategierne giver også mulighed for individuel separat tildeling af ekstra kraftfoder i sidste del af laktationen. Øgning af individuel separat kraftfodertildeling i sidste del af laktationen, kunne således benyttes til at sikre at de enkelte køer opnår passende laktationstilvækst og huld ved goldning.

Konklusion

De dataopgørelser der er indtil videre er lavet er gennemført med henblik på at tegne et overordnet billede af de nye fodringsstrategiers virkning på foderoptagelse og produktion. Afdækning af mange spændende detaljer venter at blive gjort op, ligesom de overordnede resultaterne efterlader et ønske om mere detaljerede forsøg der kan bidrage med fysiologiske forklaringer af de aktuelle resultater. Automatisk registrering af køernes vægt er med succes blevet anvendt som den væsentligste parameter til foderstyring på enkelt-koniveau blandt gruppeopstaldede køer. Det kan konkluderes, at laktationsydelsen hos ældre DH kan øges uden at foderudnyttelsen hæmmes, ved anvendelse af fodringsstrategier der tilsigter at køer i mobiliseringsperioden tildeles en energirig ration, som i den efterfølgende deponeringsperiode trinvist reduceres. Den positive effekt på laktationsydelsen tilskrives en signifikant længere mobiliseringsperiode og dermed længere periode hvori køernes optagelse af foderenergi primært fordeles i retning af mælkeydelse frem for tilvækst. På tværs af race indikerer resultaterne, at fodring efter vægt kan anvendes til at manipulere med omfanget og varigheden af mobiliseringsperioden hos ældre køer, og at varigheden af mobiliseringsperioden kan være positivt korreleret med ydelsespersistensen. Kun den tidlige reduktion af foderrationens energikoncentration resulterede generelt i en øgning af mobiliseringsperiodens varighed. Det antyder at den fysiologiske overgang fra mobilisering til deponering kun er en reversibel proces, så længe køerne ikke er fuldt tilpasset "deponeringsstofskifte".

Referencer

- Berry, D.P., Veerkamp, R.F., Dillon, P., 2006. Phenotypic profiles for body weight, body condition score, energy intake and energy balance across different parities and concentrate feeding levels. *Livest. Sci.* 104, 1-12.
- Bossen, D., Weisbjerg, M.R., Munksgaard, L., Højsgaard, S., 2008. Allocation of feed based on individual dairy cows energy balance - I: Feed intake and live weight changes during lactation. IN: Bossen, 2008. Feeding strategies for dairy cows - Individual feed allocation using automatic live weight registrations as management parameter. PhD Thesis, Faculty of Life Sciences, University of Copenhagen. Paper I, *in press*.
- Bossen, D., Weisbjerg, M.R., 2008. Allocation of feed based on individual dairy cows energy balance – II: Effect on milk production and feed to milk conversion ratio. IN: Bossen, 2008. Feeding strategies for dairy cows - Individual feed allocation using automatic live weight registrations as management parameter. PhD Thesis, Faculty of Life Sciences, University of Copenhagen. Paper II, *in press*.
- Coffey, M.P., Simm, G., Oldham, H.D., Hill, W.G., Brotherstone, S., 2004. Genotype and diet effects on energy balance in the first three lactations of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 87, 4318-4326.
- Dhiman, T.R., Kleinmans, J., Tessmann, N.J., Radloff, H.D., Satter, L.D., 1995. Digestion and energy balance in lactating dairy cows fed varying ratios of alfalfa silage and grain. *J. Dairy Sci.* 78, 330-341.
- Friggens, N.C., Emmans, G.C., Kyriazakis, I., Oldham, J.D., Lewis, M., 1998. Feed intake relative to stage of lactation for dairy cows consuming total mixed rations with a high or low ratio of concentrate to forage. *J. Dairy Sci.* 81, 2228-2239.

Grainger, C., 1990. Effect of stage of lactation and feeding level on milk yield response by stall-fed dairy cows to change in pasture intake. *Aust. J. Exp. Agric.* 30, 495-501. Nielsen, H.M., Friggens, N.C., Løvendahl, P., Jensen, J. Ingvarsten, K.L., 2003. Influence of breed, parity, and stage of lactation on lactational performance and relationship between body fatness and live weight. *Livest. Prod. Sci.* 79, 119-133.

Yan, T., Mayne, C.S., Keady, T.W.J. Agnew, R.E., 2006. Effects of dairy cow genotype with two planes of nutrition on energy partitioning between milk and body tissue. *J. Dairy Sci.* 89:1031-1042.

Køers respons på gruppeskift

Lene Munksgaard, Martin R. Weisbjerg og Dorte Bossen*

*Inst. for Husdyrsundhed, Velfærd og Ernæring
Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet, Aarhus Universitet
AgroTech

Sammendrag

Køer er flokdyr med et socialt hierarki, og introduktion af nye dyr i en flok vil medføre, at der skal etableres en ny rangorden. Af hensyn til optimering af foder rationens sammensætning kan det imidlertid være nødvendigt at flytte køer mellem forskellige grupper.

Betydning af gruppeskift med og uden foderskift på forskellige tidspunkter i laktationen blev undersøgt i et forsøg på Kvægbrugets Forsøgscenter. Resultaterne tyder på, at gruppeskift medfører øget aggression umiddelbart efter gruppeskift, og et betydeligt fald i ydelsen op til flere uger efter gruppeskiftet.

Indledning

Køer er flokdyr med en veludviklet social adfærd. Inden for enhver gruppe af køer vil der være en social rangorden baseret på dominansforholdet mellem hver enkelt kombination af par af dyr (Krohn & Jensen, 2006). Det betyder, at ved sammenblanding af dyr der ikke kender hinanden eller ved introduktion af nye dyr i en flok skal dominansforholdene afklares, og det kan medføre social stress, når der skal etableres en ny rangorden. En række ældre undersøgelser tyder på, at gruppeskift medfører øget aggression, kortere liggetid samt reduceret mælkeydelse (Munksgaard & Herskin, 2006).

Der kan imidlertid af hensyn til f.eks. optimering af foderrationen være væsentlige grunde til at flytte køer fra en gruppe til en anden. Det er derfor relevant at undersøge i hvor høj grad gruppeskift påvirker koens velfærd og produktion, således at det kan vurderes om fordelene ved f.eks. foderskift opvejer ulemperne ved et gruppeskift.

Formålet med nærværende undersøgelse var at belyse virkningen af gruppeskift på forskellige tidspunkter i laktationen med eller uden foderskift samtidig med gruppeskiftet.

Materialer og metoder

Forsøget blev gennemført på Kvægbrugets Forsøgscenter (KFC). KFC er et forsøgsanlæg med en besætning på ca. 150 malkekøer og med 3 AME'er. Der er automatisk registrering af både grundfoder og kraftfoderoptagelse, samt antallet af besøg i robotten. I forsøget indgik køer af racerne SDM og RDM fordelt på to AME'er. Køerne indgik i et forsøg vedrørende forskellige fodringsstrategier (se afsnit om Fodringsstrategier til malkekøer i nærværende rapport).

En del af køerne blev tildelt medium energikoncentration i grundfoderblandingen gennem hele laktationen. De øvrige køer startede med en højere energikoncentration i første del af laktation, hvorefter de skiftede til en lavere energikoncentration enten tidligt eller senere i laktationen afhængig af deres tilvækst efter vægtminimum. I forbindelse med skift af grundfoderblandingen fik køerne i en overgangsperiode tildelt yderligere tre kg kraftfoder i malkebobotten oven i standardrationen på 3 kg kraftfoder.

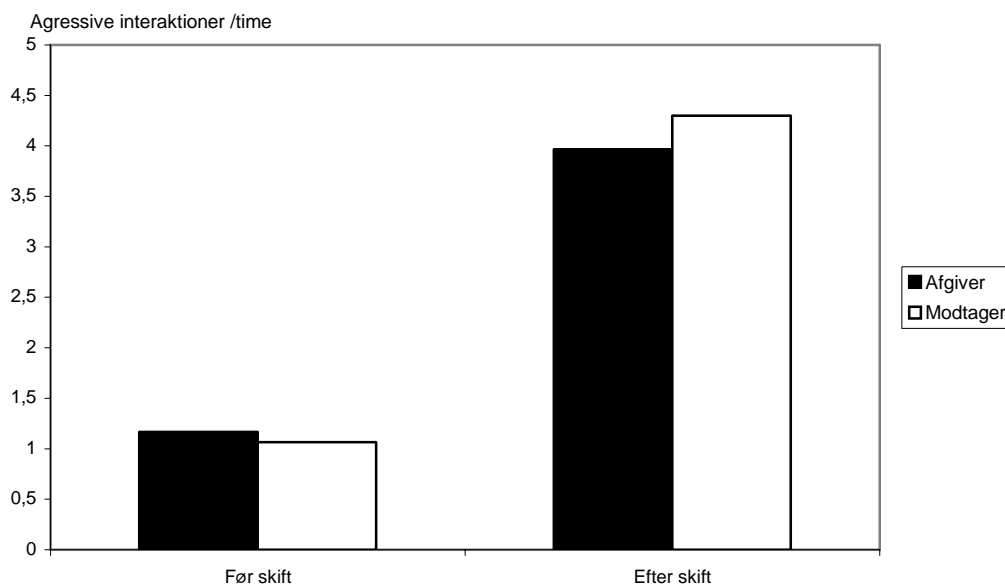
Halvdelen af køerne, som fik tildelt medium energiniveau i grundfoderet i hele laktationen skiftede gruppe, mens den anden halvdel af køerne forblev i den samme gruppe indtil goldning. Køerne skiftede gruppe enten tidligt eller senere i laktationen afhængig af deres tilvækst efter de samme kriterier, som køer der skiftede foder. Halvdelen af køerne som skiftede foder skiftede samtidig gruppe, mens den anden halvdel forblev i den samme gruppe efter foderskiftet. Der indgår i alt 206 laktationer i analysen.

Gruppeskiftet foregik altid kl. 12:30 på en fast ugedag. Adfærden hos et udvalg af køerne som indgik i forsøget (59 køer) blev observeret fra kl.12:30 og tre timer frem dagen før gruppeskift og i tre timer umiddelbart efter gruppeskiftet. Adfærden blev observeret som fokaldyr observation, det vil sige en ko ad gangen. Frekvensen af alle modtagne og afgivne sociale interaktioner blev registreret, og hver gang koen skiftede position i stalden blev klokkeslættet noteret.

Resultater og diskussion

Adfærd før og efter gruppeskift

Efter gruppeskift modtog og afgav køerne mere aggression end dagen før gruppeskift (Figur 1). Det gjaldt både for køer som skiftede gruppe og køer som både skiftede gruppe og foder. Endvidere defækerede køerne oftere i perioden lige efter gruppeskift end i den tilsvarende periode dagen før gruppeskift (3,2 vs. 2,2 gange, $P=0,004$). Resultaterne viser, at gruppeskift medfører en belastning af køerne.



Figur 1. Antallet af aggressive interaktioner per time før og efter gruppeskift.

Der var en tendens til at RDM-køer afgav mere aggression end SDM-køer (8,0 vs. 5,4 antal per 3 timers observation, $P=0,079$), og RDM blev stanget færre gange end SDM-køerne (5,5 vs. 7,9 antal per 3 timers observation, $P=0,02$).

Efter gruppeskift lå køerne ned i kortere tid (-23 minutter, $P=0,003$) sammenlignet med den tilsvarende periode dagen før gruppeskiftet.

I løbet af de første 3 timer efter gruppeskiftet tilbragte SDM køerne mere tid stående i en sengebås sammenlignet med de samme tre timer dagen før gruppeskift (23 vs. 51 minutter per 3 timers observations periode, $P<0,0001$). RDM køerne tilbragte derimod ikke mere tid stående i sengebåsene efter gruppeskift sammenlignet med før gruppeskift (27 vs. 26 minutter; $P=0,86$).

Det tyder på, at SDM som også modtog mere aggression søgte beskyttelse ved at opholde sig mere i sengebåsene.

Første laktations køer modtog mere aggression end ældre køer (8,5 vs. 6,5 antal per 3 timers observation, $P=0,05$).

Ydelse

Tabel 1 viser ændringen i ydelsen i forhold til den gennemsnitlige ydelse i ugen inden gruppeskift og foderskift. Gruppeskift i tidlig laktation medførte et fald i ydelsen de første 3 uger efter gruppeskift, mens der ikke var et signifikant større fald i ydelsen efter gruppeskift sammenlignet med kontrolholdet ved gruppeskift senere i laktationen. I nærværende forsøg blev køerne flyttet enkeltvis fra den ene gruppe til den anden. Det er muligt, at virkningen af gruppeskift vil være mindre såfremt flere køer flyttes samtidig. Hasegawa et al. (1997) fandt dog et fald i ydelsen, når flere køer blev flyttet samtidigt.

Tabel 1. Ændring i ydelse (kg per dag) i forhold til den gennemsnitlige ydelse per dag i ugen inden gruppeskift eller foderskift.

Foder	Tidspunkt	Gruppeskift	Uge 1 efter skift	Uge 2 efter skift	Uge 3 efter skift	Uge 4 efter skift
Medium	Tidlig	Nej	0,969a	0,54a	0,761a	-0,03
Medium	Tidlig	Ja	-3,143b	-2,049(b)	-1,163(b)	-1,904
Medium	Sen	Nej	-0,717x	-0,072x	-0,349x	-1,700
Medium	Sen	Ja	-2,459x	-1,762x	-2,318x	-2,189
P-værdi (indenfor medium)			0,005	0,07	0,05	0,32
Høj til lav	Tidlig	Nej	-1,852a	-2,85a	-2,446a	-3,218a
Høj til lav	Tidlig	Ja	-2,174a	-1,868a	-3,721a	-4,358a
Høj til lav	Sen	Nej	-0,795x	-1,618x	-1,975x	-2,273x
Høj til lav	Sen	Ja	-4,616(y)	-5,265(y)	-5,606(y)	-6,777(y)
P-værdi (indenfor høj til lav)			0,11	0,18	0,16	0,15

(a,b – tal med forskellig bogstav er signifikant forskellige inden for tidlig skift til anden gruppe eller foder og gruppe; x,y - tal med forskellig bogstav er signifikant forskellige inden for sen skift til anden gruppe eller foder og gruppe).

Gruppeskift i kombination med foderskift medførte en tendens til et større fald i ydelsen end foderskift alene, når gruppeskiftet foregik senere i laktationen. I tidlig laktation var der ingen additiv effekt af foderskift og gruppeskift.

Der var ingen vekselvirkning mellem laktationsnummer og behandling og heller ingen vekselvirkning mellem race og behandling.

Fedtprocent og proteinprocent var ikke påvirket af gruppeskift.

Foderoptagelse

Der var ingen sikker forskel på optagelse af grundfoder for køer som skiftede gruppe sammenlignet med køer som ikke skiftede gruppe hverken ved gruppeskift i tidlig eller sen laktation ($P > 0,20$). Tørstofoptagelsen faldt for køer som skiftede til grundfoder med et lavere energi indhold, men der var ingen forskel på tørstofoptagelsen ved sammenligning af køer som skiftede både foder og gruppe og køer som alene skiftede foder.

Besøg i robotten

Der var ingen forskel på ændringen i malkefrekvensen de første fire uger efter gruppeskift hos køer som skiftede gruppe sammenlignet med køer som ikke skiftede gruppe hverken tidlig eller senere i laktationen (Tabel 2). Ligeledes var der ingen signifikant forskel på malkefrekvensen mellem køer som skiftede foder og køer som skiftede både foder og gruppe.

Tabel 2. Ændring i malkefrekvens i forhold til den gennemsnitlige malkefrekvens per dag i ugen inden gruppeskift eller foderskift.

Foder	Tidspunkt	Gruppeskift	Uge 1 efter skift	Uge 2 efter skift	Uge 3 efter skift	Uge 4 efter skift
Medium	Tidlig	Nej	0,017	0,070	0,152	0,053
Medium	Tidlig	Ja	-0,194	-0,174	0,109	0,174
Medium	Sen	Nej	0,026	-0,031	-0,057	-0,117
Medium	Sen	Ja	-0,126	-0,154	-0,302	-0,245
P-værdi (inden for medium)			0,78	0,84	0,49	0,54
Høj til lav	Tidlig	Nej	0,812	0,718	0,909	0,869
Høj til lav	Tidlig	Ja	0,646	0,849	0,552	0,655
Høj til lav	Sen	Nej	0,632	0,786	0,824	0,747
Høj til lav	Sen	Ja	0,274	0,262	0,441	0,214
P-værdi (indenfor høj til lav)			0,23	0,18	0,17	0,25

(a,b – tal med forskellig bogstav er signifikant forskellige inden for tidlig skift til anden gruppe eller foder og gruppe; x,y - tal med forskellig bogstav er signifikant forskellige inden for sen skift til anden gruppe eller foder og gruppe).

Køer som skiftede foder fra høj energikoncentration i grundfoderet og 3 kg kraftfoder i robotten til lav energikoncentration i grundfoderet og 6 kg kraftfoder i robotten opsøgte robotten flere gange per døgn end køer på normal energikoncentration og 3 kg kraftfoder i robotten. Tilsvarende resultater blev fundet i forsøg med forskellige kraftfoderstrategier de første 2½ måned af laktationen (se kapitel om Kraftfoderstrategier i nærværende rapport).

Konklusion

Gruppeskift medførte mere aggression, kortere liggetid og øget defækering i timerne umiddelbart efter gruppeskift. Desuden var der et betydeligt fald i ydelsen de første uger efter gruppeskiftet, mens der ingen forskel var på foderoptagelsen og antallet af malkninger.

Skift fra højt energiniveau i grundfoderet og tre kg kraftfoder i robotten til lavt energiniveau i grundfoderet og 6 kg kraftfoder i robotten medførte at køerne opsøgte robotten flere gange i døgnet.

Referencer

- Hasegawa, N., Nishiwaki, A., Sugawara, K. & I Ito. The effects of social exchange between two groups of lactating primiparous heifers on milk production, dominance order, behaviour and adrenocortical response. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 51: 15-27.
- Krohn, C.C. & M.B.Jensen 2006. Kvægets adfærd. I: Velfærd hos malkekøer og kalve (red: L. Munksgaard & E. Søndergaard). DJF-rapport nr. 74 ss.25-53.
- Munksgaard, L. & M.S Herskin. Kvægets stressreaktioner. I: Velfærd hos malkekøer og kalve (red: L. Munksgaard & E. Søndergaard). DJF-rapport nr. 74 ss.53-75.

Kraftfoderstrategier i et AMS system

Martin R. Weisbjerg og Lene Munksgaard

*Institut for Husdyrsundhed, Velfærd og Ernæring
Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet, Aarhus Universitet*

Sammendrag

Automatisk malkning er baseret på, at køerne frivilligt opsøger den automatiske malkeenhed (AME'en) for at blive malket. Køens motivation for at opsøge robotten for at blive malket er ikke tilstrækkeligt til at opnå en ønsket malkefrekvens på 2,5-3,5, derfor er det almindeligt at anvende kraftfodertildeling i AME'en som 'lokkemiddel'.

Betydningen af kraftfodermængde i AME'en i forskellige laktationsafsnit og eventuel vekselvirkning til grundfoderets energikoncentration blev undersøgt i et forsøg på Kvægbrugets Forsøgscenter, hvor alle nykælvere indgik i perioden fra oktober 2005 til maj 2006.

Forsøget viste, at tildeling af større mængder kraftfoder i robotten øger antallet af besøg, især i kombination med lavt energiindhold i grundfoderet.

Indledning

Automatisk malkning er baseret på, at køerne frivilligt opsøger den automatiske malkeenhed (AME'en) for at blive malket. Det er ønskeligt med en gennemsnitlig malkefrekvens på 2,5-3,5 malkninger pr. dag. En lavere frekvens vil have en negativ indflydelse på ydelsen, især hvis frekvensen går under 2 for visse køer. En højere frekvens vil reducere AME'ens kapacitet, derfor er der normalt indlagt restriktioner for, hvor ofte en ko må blive malket i AME'en, restriktioner som kan afhænge af ydelsesniveau, paritet, laktationsstadium mm.

Malketrangen alene er normalt ikke nok til at sikre en tilstrækkelig høj malkefrekvens. Derfor skal der lokkemidler til, såsom kraftfodertildeling i AME'en. Desuden anvendes i visse systemer styret kotrafik. Ved styret kotrafik er det køens lyst til skiftevis at være i liggeareal og æde ved foderbord, der udnyttes. Normalt er passagen fra ædeareal til liggeareal i systemer med styret kotrafik ensrettet, og passagen fra liggeareal til foderbord ligeledes ensrettet gennem AME'en. Dette kan evt. suppleres med en intelligent sortering, således at man undgår unødige besøg i AME'en og dermed reducerer dens kapacitet.

I systemer med fri kotrafik er det alene kraftfoderet, der skal lokke køer til besøg i AME'en. Her er det afgørende, at koen opfatter kraftfoderet som mere tillokkende end ædelystfoderet på foderbordet. Desuden skal mængderne, der tilbydes, være store nok til at koen oplever, at 'det er værd at gå efter'.

I et forsøg af Halachmi (2004) påvirkede mængden af kraftfoder, der blev tilbudt i robotten, ikke besøgsfrekvensen.

Formålet med dette forsøg var at undersøge, hvorledes besøgsfrekvensen i AME'en samt øvrige produktionsmål påvirkes af kraftfodertilbuddet i AME'en i forskellige laktationsafsnit, samt hvorvidt kraftfodertilbuddet vekselvirker med energiniveauet i ædelystfoderet.

Materiale og metoder

Forsøget blev gennemført i 2006 på Kvægbrugets Forsøgscenter (KFC). KFC er et forsøgsanlæg med en besætning på ca. 150 malkekøer (i 2006 55 Rød Dansk Malke Race (RDM), 55 Sortbroget

Dansk Malke race (SDM) og 40 jersey, med 3 AME'er, og hvor der er automatisk registrering af både grundfoder og kraftfoder optagelse.

Køer og kvier af alle racerne, der kælvende i perioden fra oktober 2005 til maj 2006, blev ved kælvning indsat i forsøget. De sidste køer gik ud af forsøget sidst i september 2006. Der blev i alt opstartet 97 køer i forsøget, heraf indgår de 87 i opgørelsen.

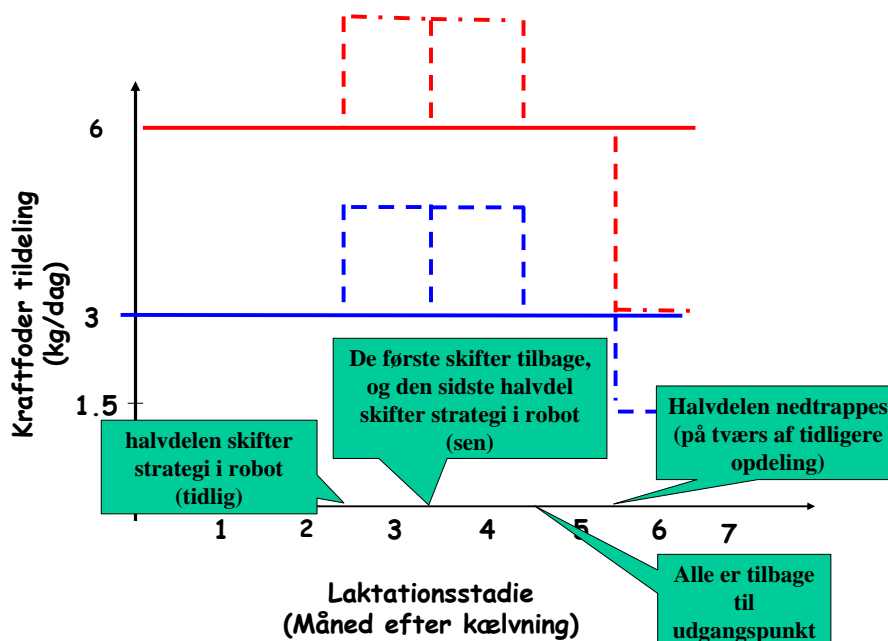
Køerne blev ved kælvning sat på grundbehandlinger, som angivet i Tabel 1.

Tabel 1. De 4 grundbehandlinger i kraftfoderstrategi forsøget

Grundbehandling	H3	M3	M6	L6
Energikoncentration i grundfoder	Høj	Middel	Middel	Lav
Kraftfodertilbud i AME'en (kg/dag)	3	3	6	6

2,5 måned efter kælvning blev hver af de fire grundbehandlinger opdelt i to undergrupper, hvoraf den ene gruppe fik tilbudt øget (+ 2 kg, resulterende i 5 vs. 8 kg/dag) kraftfoder i AME'en. En måned senere skiftede denne gruppe tilbage til udgangspunktet, og kraftfodertildelingen blev samtidig øget med 2 kg/dag for køerne i den anden gruppe. Den anden gruppe skiftede tilbage igen til udgangspunktet efter yderligere en måned. På denne måde blev betydningen af øget kraftfodertildeling undersøgt på to tider i laktationen (2½-3½ mdr. og 3½-4½ mdr.) i et forsøgsdesign, hvor koen var dens egen kontrol (niveauet før og efter), og hvor der samtidig var en kontrolgruppe. Yderligere blev der på begge kraftfoderniveauer efter 5½ mdr. nedtrappet til halv kraftfodermængde (henholdsvis 1,5 og 3 kg/dag) for halvdelen af køerne, denne halvdel blev udvalgt på tværs af den første opdeling (se Figur 1 og Tabel 2).

Der blev registreret besøgsfrekvens i robotten, ydelse, foderoptagelse (såvel grundfoder som kraftfoder), samt ædeadfærd (frekvens og varighed af besøg ved fodertrug).



Figur 1. Skematisk fremstilling af underopdelingen af de 4 grundbehandlinger, vist for de to grundkraftfoderniveauer.

Tabel 2. Kraftfodertildeling i AME ved de 16 behandlingskombinationer, i de forskellige laktationsperioder.

Grundblanding	Grundtildeling (kg)	Periode for ekstra 2 kg kraftfoder	Tildeling (kg) 5½ måned
Høj	3	Tidlig (2½-3½ mdr.)	1,5
Høj	3	Tidlig (2½-3½ mdr.)	3
Høj	3	Sen (3½-4½ mdr.)	1,5
Høj	3	Sen (3½-4½ mdr.)	3
Middel	3	tidlig (2½-3½ mdr.)	1,5
Middel	3	tidlig (2½-3½ mdr.)	3
Middel	3	Sen (3½-4½ mdr.)	1,5
Middel	3	Sen (3½-4½ mdr.)	3
Middel	6	tidlig (2½-3½ mdr.)	3
Middel	6	tidlig (2½-3½ mdr.)	6
Middel	6	Sen (3½-4½ mdr.)	3
Middel	6	Sen (3½-4½ mdr.)	6
Lav	6	tidlig (2½-3½ mdr.)	3
Lav	6	tidlig (2½-3½ mdr.)	6
Lav	6	Sen (3½-4½ mdr.)	3
Lav	6	Sen (3½-4½ mdr.)	6

Udfodringshastigheden af kraftfoder blev justeret med henblik på, at det var kraftfoder mængden, og ikke tildelingstiden, der skulle være forsøgsfaktoren, som angivet i Tabel 3. Således var tildelingstiden 10 minutter pr. dag uafhængig af mængde, bortset fra den laveste tildeling på 1,5 kg/dag hvor tildelingstiden var 7,5 minutter. Hvis en ko ikke optog hele dagsrationen, kunne der spares op til næste døgn. Der kunne maksimalt tages 50 % af dagsrationen med til næste dag. Efter kælvning startede såvel køer som kvier med 1 kg kraftfoderet pr. dag, og derefter blev der optrappet med 250 g pr. dag, det vil sige det tog 8 dage at nå 3 kg og 20 dage at nå 6 kg kraftfodertildeling. Samme optrappingshastighed blev anvendt ved skift 75 henholdsvis 105 dage efter kælvning, således tog det 8 dage at øge mængden med de ekstra 2 kg. Ved nedtrapning 105 dage, 135 dage samt 165 dage efter kælvning blev kraftfoderet reduceret på 1 dag.

Tabel 3. Tildelingshastighed af kraftfoder i AME'en ved de 5 kraftfoderniveauer, der blev anvendt.

Kg pr dag	foder g/minut	Nødvendig daglig opholdstid i AME for fuld tildeling
8 kg	800*	10 min.
6 kg	600*	10 min.
5 kg	500*	10 min.
3 kg	300	10 min.
1,5 kg	200	7,5 min

* via 2 strenge

Grundblandingerne var sammensat af grovfoder (tørstof-forhold 64% majs og 36% kløvergræsensilage) og kraftfodermidlerne byg, rapskage (fedtrig og beskyttet) og roepiller, med roepiller:rapskage:byg i tørstof-forholdet 1:1,91:2,29. Forholdet mellem grovfoder og kraftfoder for de 3 grundblandinger er vist i Tabel 4. På grund af skift til en majsensilage med betydeligt lavere energiindhold i februar 2006, blev der justeret på sammensætningen, således at majsensilage

blev reduceret til 55 %, og græsensilage blev øget til 45 % af grovfodertørstof. Samtidig blev 10 % af grovfoderet erstattet med en øget mængde roepiller, for at fastholde energikoncentrationen i grundfoderrationerne. Denne sammensætning blev fastholdt til forsøget var slut.

Tabel 4. Grundblandingerens sammensætning (% af tørstof) og energikoncentration

	Høj	Kontrol	Lav
Kraftfoder	55	26	12
Grovfoder ¹	45	74	88
FE/kg tørstof ²	0,94	0,88	0,84

Der blev justeret med mineraler og urea afhængig af grovfoderets indhold af PBV og mineraler

¹Fra 14. feb. 2006 blev 10% af grovfoderet erstattet med en øget mængde roepiller

²Gennemsnit for hele forsøgsperioden

Kraftfoderet, der blev tildelt i AME'en, var en kommerciel lønblanding. Den var sammensat (kg/100 kg) af hvede (10-15), roepiller (15-20), majsbærme (10-15), sojaskaller (8-13), hvedeklid (5-9), melasse (3-5), grønepiller ekstra (8-13), rapskage (10-15), solsikkekrå (10-15), og vegetabilsk fedt (1-2). FE indholdet pr. 100 kg var 95, og indholdet af AAT var 109 g/FE og PBV var 2 g/FE.

Fordeling af dyr på grund-behandlinger, race og paritet

Fordelingen af de 87 dyr på grundbehandling, race og paritet er givet i Tabel 5. Det fremgår af Tabel 5, at der indgik et ligeligt antal RDM og SDM, men kun halvt så mange Jersey.

Tabel 5. Fordeling af dyr på grundbehandling, race og paritet

Grundbehandling		H3	M3	M6	L6	I alt pr. race
Grundfoder		Høj	Middel	Middel	Lav	
Kraftfoder		3	3	6	6	
RDM	1. lakt	4	4	4	4	34
	Ældre	5	5	4	4	
SDM	1. lakt	6	5	7	6	35
	Ældre	3	3	3	2	
Jersey	1. lakt	1	2	1	3	18
	Ældre	3	3	3	2	

Der blev givet samme fodring uanset race og laktationsnummer.

Resultater og diskussion

0-2½ måned efter kælvning, kraftfoderniveau og grundfoderets energikoncentration

Betydningen af grundbehandlinger først i laktationen er givet i Tabel 6.

Tabel 6. Effekt af grundbehandlinger i tidlig laktation. Daglige mængder. Data fra perioden 20-70 dage efter kælvning.

Grundbehandling	H3	M3	M6	L6	P		
	Høj	Middel	Middel	Lav	Behandling	Race	Paritet ¹
Kraftfoder	3	3	6	6			
<i>Kraftfoder (kg)</i>							
Udfodret	2,6	2,5	3,9	4,6	<0,0001	0,4	0,2
Optaget	2,3	2,3	3,4	4,4	<0,0001	0,09	0,009
Rester	0,2	0,2	0,5	0,3	0,06	<0,0001	<0,0001
<i>Grundfoder</i>							
Kg	38,1	37,3	37,3	34,5	0,2	<0,0001	<0,0001
Kg tørstof	18,1	15,4	15,3	13,0	<0,0001	<0,0001	<0,0001
FE	17,5	13,9	13,8	11,2	<0,0001	<0,0001	<0,0001
<i>Mælkeydelse</i>							
Kg	32,1	27,6	28,8	29,1	0,03	<0,0001	<0,0001
Kg EKM	34,9	30,2	31,8	31,4	0,01	<0,0001	<0,0001
Fedt %	4,73	4,78	4,80	4,71	0,9	<0,0001	0,2
Protein %	3,48	3,38	3,40	3,33	0,1	<0,0001	0,003
Laktose %	4,92	4,88	4,90	4,90	0,8	0,006	0,4
<i>Besøg (pr. dag)</i>							
Malkning	2,66	2,52	2,64	3,13	0,004	0,02	0,1
Uden malkning	0,91	0,57	1,30	2,44	<0,0001	<0,0001	1

¹ Paritet: 1. laktation eller ældre

LSmeans og P værdier fra model i proc mixed, med dag efter kælvning, race, paritet og grund-behandling som klassevariable og dag efter kælvning (20-70) som gentagne målinger

Kraftfoder i robotten

Tildeling af kraftfoder er afhængig af planlagt tildeling, tilladt opsparring, samt hvorvidt køerne besøger AME'en (og aktiverer udfodringen). Behandlingen havde som forventet en klar effekt på den udfodrede mængde, men udfodret mængde var lavere end 'planlagt' mængde.

Kraftfoderresterne, som var blevet udfodret, men som køerne ikke åd under besøget, tenderede til at være signifikant påvirkede af behandling, og var højere ved tildeling af 6 kg kraftfoder sammenlignet med 3 kg, og højere på middel end på lav energikoncentration i grundfoderet.

Der var en effekt af paritet på optaget kraftfoder, hvor ældre køer lå 0,6 kg højere end 1. laktations køer. Denne forskel skyldtes større rester, men også mindre udfodring hos 1. laktations køerne. Der var en raceforskel i rester, hvor Jersey med et gennemsnit på 0,66 kg lå væsentligt over de store racer med 0,12-0,13. De store rester hos Jersey skyldtes igen 1. laktations køerne, der lå på over 1 kg rester pr. ko pr. dag.

Optagelse af grundfoder

Optagelsen i kg tørstof fra grundfoder blev reduceret betydeligt ved reduceret kraftfoder/grovfoder forhold i grundblandingen, og pga. det reducerede energiindhold blev FE optagelsen reduceret endnu mere, ca. 2,5 kg tørstof og 2,6 FE i forskel både mellem høj og middel, og mellem middel og lav. På trods af den store forskel i tørstofoptagelse mellem grundblandingerne, var optagelsen i kg foder forholdsvis konstant, pga. den store forskel i grovfoderandel.

Derimod påvirkede tilbuddet om kraftfoder i AME'en ikke grundfoderoptagelsen nævneværdigt, og på trods af at køerne på M6 reelt havde ædt 1,2 kg kraftfoder mere, så var den gennemsnitlige grundfoderoptagelse kun 0,1 kg tørstof mindre.

SDM køerne åd mest grundfoder (17,0 kg ts), fulgt af RDM (15,9 kg ts) og Jersey (13,5 kg ts). Køer i 1. laktation åd 13,5 kg ts, mens ældre køer åd 17,4 kg ts.

Besøg i robotten

Kombinationen af et lavt energi indhold i grundfoderet og en større tildeling af kraftfoder i malkerobotten medførte flere besøg i robotten både med og uden malkning. I et tidligere forsøg med forskellige fodringsstrategier (se Køers respons på gruppeskift i nærværende rapport), hvor en del af køerne skiftede fra højt energi niveau og 3 kg kraftfoder i robotten til et lavt energi niveau i grundfoderet og 6 kg kraftfoder i robotten steg antallet af besøg i robotten ligeledes.

Tildeling af ekstra kraftfoder i robotten i kombination med et middel niveau af energi i grundfoderblandingen medførte ikke flere malkninger end ved behandling H3 og M3 men flere forgæves besøg uden malkning.

Jersey køerne besøgte robotten hyppigere end både RDM og SDM køerne, men belægningsgraden i Jersey holdet var betydelig lavere (ca. 38 køer) end i de to hold med RDM og SDM køer (ca. 53 køer). Der var ingen forskel på antal malkninger og antal besøg i robotten uden malkning mellem første kalvs køer og ældre køer.

Mælkeydelse

Mælkeydelsen i kg EKM var højest på H3 i overensstemmelse med at køerne på denne behandling havde den højeste optagelse af FE.

Grundfoderoptagelsen var nogenlunde ens for M3 og M6, på trods af at M6 resulterede i en øget kraftfoderoptagelse på 1,2 kg, og M6 resulterede derfor i en højere EKM ydelse (1,6 kg) end M3. L6 resulterede i en forbavsende høj EKM ydelse, på niveau med M behandlingerne.

Mælkens sammensætning var ikke signifikant påvirket af behandlingerne.

SDM køerne havde den højeste ydelse i kg EKM/dag (36,0), mens RDM lå på 31,1 og Jersey på 29,0. Køer i 1. laktation ydede 28,4 kg EKM/dag, mens ældre køer ydede 35,6 kg EKM/dag. Raceforskellene i mælkens sammensætning afspejlede det forventede, for henholdsvis SDM, RDM og Jersey var fedtprocenten 4,03, 4,28 og 5,97, proteinprocenten 3,13, 3,30 og 3,77, og laktoseprocenten 4,95, 4,94 og 4,82.

Øget kraftfoderniveau 2½-4½ måned efter kælvning

Betydningen af øget kraftfodertildeling i robotten i perioden 2½ til 4½ måned efter kælvning er vist i Tabel 7.

Tabel 7. Effekt af ekstra 2 kg kraftfoder. Effekten er givet som den ekstra respons (difference mellem LSmeans) som behandlingen (ekstra tilbud om 2 kg kraftfoder i AME'en) har medført. Daglige mængder.

	P								
	Tidlig	Sen	Tidlig	Sen	Grundbeh	Grundbeh* Tidlig	Grundbeh *Sen	Race	Paritet
<i>Kraftfoder</i>									
<i>(kg)</i>									
Udfodret	0,6	0,6	0,002	0,0008	<0,0001	0,1	0,4	0,02	0,8
Optaget	0,2	0,5	0,3	0,02	<0,0001	0,1	0,7	0,3	0,1
Rester	0,4	0,1	<0,0001	0,1	<0,0001	<0,0001	0,02	<0,0001	0,0004
<i>Grundfoder</i>									
Kg tørstof	-2,1	0,9	<0,0001	0,1	<0,0001	0,9	0,8	<0,0001	<0,0001
FE	-1,8	0,6	0,0005	0,3	<0,0001	0,9	0,9	<0,0001	<0,0001
<i>Ydelse</i>									
Kg EKM	-1,8	1,6	0,09	0,1	<0,0001	0,6	0,5	<0,0001	<0,0001
<i>Besøg (pr. dag)</i>									
Malkning	-0,11	0,15	0,06	0,01	0,0009	0,7	0,5	0,03	0,02
Uden malkning	-0,11	-	0,02	0,75	0,2	1	0,6	0,001	0,8

Data anvendt til opgørelsen, tidlig periode 85-100 dage efter kælvning, sen periode 115-130 dage efter kælvning
 LSmeans og P værdier fra model i proc GLM, med ko, periode, race, paritet og grundbehandling samt ekstra kraftfoder som klassevariable, og vekselvirkning mellem grundbehandling og ekstra kraftfoder, periode 1 forperiode 60-70, periode 2 85-100, periode 3 115-130, periode 4 efterperiode 145-160 dage efter kælvning

Kraftfoder i robotten

Ekstra tilbud om 2 kg kraftfoder i midt laktation medførte en øget udfodring, et øget optag samt øgede rester. Især på grundbehandling 6 kg kraftfoder (på nær M6-sen) var der store rester. Jersey havde dobbelt så store rester som de store racer, og 1. laktations køer havde næsten dobbelt så store rester som ældre køer.

Optagelse af grundfoder

Ved ekstra tilbud om 2 kg kraftfoder i AME'en pr. dag i midtlaktationen var der et fald i grundfoder optagelsen for køer der tidligt fik tilbuddet, mens der ingen effekt var for køer, der fik tilbuddet sent.

Forskellene mellem racer og paritet i denne periode (60-160 dage efter kælvning) var øget sammenlignet med først i laktationen. SDM køerne åd mest grundfoder (18,2 kg ts), fulgt af RDM (16,3 kg ts) og Jersey (13,9 kg ts). Køer i 1. laktation åd 14,8 kg ts, mens ældre køer åd 17,8 kg ts.

Besøg i robotten

Tilbud om ekstra kraftfoder i senere i laktationen medførte kun numerisk ubetydelige ændringer i såvel antallet af malkninger som antallet af besøg uden malkninger. Forskellen mellem de fire grundbehandlinger var den samme som i første periode.

Mælkeydelse

Der var en betydelig forskel i køernes ydelsesrespons på øget kraftfodertilbud afhængig af om tilbuddet kom tidligt eller en måned senere. Tidligt tilbud gav som gennemsnit over grundbehandlinger et negativt respons på 1,8 kg EKM/dag, mens sen tilbud gav et positivt respons på 1,6 kg EKM/dag, dog var ingen af effekterne signifikant.

Mælkens sammensætning var ikke signifikant påvirket af ekstra kraftfodertilbud på disse tidspunkter i laktationen.

5½-6½ måned efter kælvning, reduceret kraftfoderniveau

Betydningen af en halvering af kraftfodertilbuddet 5½ måned efter kælvning er vist i Tabel 8.

Tabel 8. Effekt af halvering af kraftfoder tilbuddet. Effekten er givet som ekstra respons (differentiel på LSmeans) på halvering af kraftfoder tilbuddet i AME'en. Daglige mængder.

<i>Grundbehandling</i>	H3	M3	M6	L6	P	
Grundfoder	Høj	Middel	Middel	Lav		
Kraftfoder	3	3	6	6	Halvering	Grundbehandling*halvering
<i>Kraftfoder (kg)</i>						
Udfodret	-1,3	-1,4	-0,9	-1,7	<0,0001	0,2
Optaget	-1,2	-1,4	-0,7	-1,7	<0,0001	0,1
Rester	-0,04	-0,01	-0,18	-0,03	0,003	0,03
<i>Grundfoder</i>						
Kg tørstof	0,1	0,5	1,5	0,8	0,01	0,4
FE	0,1	0,6	1,2	0,8	0,009	0,4
<i>Mælkeydelse</i>						
Kg EKM	-0,7	-1,7	1,7	-1,1	0,3	0,1
<i>Besøg (pr. dag)</i>						
Malkning	-0,03	-0,20	-0,03	-0,57	0,1	0,4
Uden malkning	-0,12	-0,21	-0,62	-1,44	0,02	0,02

LSmeans og P værdier fra model i proc GLM, med afhængig variabel gns. respons i dag 170-190, og med gns respons i dag 150-160 som kovariat, og race, paritet og grund-behandling samt halvering af kraftfoder, og vekselvirkning mellem grundbehandling og halvering af kraftfoder som klassevariable. Kraftfoderdata analyseret uden kovariat.

Kraftfoder i AME'en

Halvering af kraftfodertildelingen sidst i laktationen medførte som forventet en reduktion i udfodret mængde, men modsat forventet var reduktionen på ca. samme niveau for de 2 kraftfoderniveauer i grundbehandlingerne, delvist fordi køerne på grundbehandling med 6 kg kraftfoder ikke hentede al kraftfoderet før halveringen. Optaget blev reduceret mindre end udfodringen, da resterne også blev reduceret, især på M6.

Optagelse af grundfoder

Halvering af kraftfodertildelingen 5½ måned efter kælvning øgede grundfoderoptagelsen med 0,1-0,8 kg tørstof. Øgningen i grundfoder optagelsen i kg tørstof var således væsentlig mindre end reduktionen i kraftfoderoptagelse, der varierede mellem 0,7 og 1,7 kg/dag.

Besøg i malkerobotten

Halveringen af kraftfodertildelingen 5½ måned efter kælvning medførte ingen sikre ændringer i antallet af malkninger (2,83 mod 2,63, P=0,1). Antallet af besøg i robotten uden malkning blev dog reduceret fra 1,48 til 0,88 (P=0,02).

Mælkeydelse

Halvering af kraftfodertilbuddet sidst i laktationen reducerede mælkeydelsen betydeligt, bortset fra behandling M6. Men det var også køerne på M6, der reducerede kraftfoderoptagelsen mindst og øgede grundfoderoptagelsen mest ved den gennemførte halvering af kraftfodertilbuddet.

Halveringen af kraftfodertilbuddet påvirkede ikke mælkenes sammensætning signifikant.

Konklusion

Tabel 9. Oversigt over opnåede effekter af de gennemførte strategier på besøgsfrekvens i robotten, størrelsen af kraftfoderrester efter besøg, mælkeydelse og grundfoderoptagelse i de forskellige forsøgsperioder

	Besøgsfrekvens	Kraftfoderrester	Mælkeydelse (kg EKM)	Grundfoderoptagelse (kg tørstof)
<i>0-2½ måneder</i>				
Høj energiniveau i grundfoderet	~	~	↑	↑
Øget kraftfoderniveau	↑	↑	↑	~
<i>2,5-5,5 måneder</i>				
Ekstra Kraftfoder				
Tidlig	~	↑	~	↓
Sent	~	↑	~	↑
<i>5½-6½ måneder</i>				
Reduceret kraftfoder	↓	↓	(↓)	↑

Generelt var der mange køer der ikke hentede hele deres tilbud i kraftfoder under besøgene i AME'erne, hvilket uden tvivl har reduceret effekten af kraftfoderstrategierne.

Både udfodret som andel af tilbudt, og optaget som andel af udfodret, var betydeligt under 100%. Dette understreger, at man i systemer med kraftfoderautomater, og nok især i forbindelse med AME'er, skal være opmærksom på, at det at man i systemet giver et tilbud, langt fra behøver at betyde at køerne også optager det tilbudte. Yderligere viser de store og varierende rester, at det let kan være andre køer end de tiltænkte, der optager det tilbudte kraftfoder.

Lav energikoncentration i grundfoderet og en høj tildeling af kraftfoder i robotten gav de fleste besøg i robotten. Ved et middel niveau af energi i grundfoderrationen medførte ekstra tildeling af kraftfoder flere besøg i robotten men ikke flere malkninger.

Reference

Halachmi, 2004. Managing an automatic milking farm: minimizing the amount of concentrates in the robot. In: A better understanding of automatic milking (ed. A. Meijering, H. Hogeveen, C.J.A.M. de Koning). Wageningen Academic Publishers. S.489.

Betydningen af kraftfoderets smag i et AMS system

Jørgen Madsen¹, Martin R. Weisbjerg² og Torben Hvelplund²

¹*Inst. for Produktionsdyr og Heste
Det Biovidenskabelige Fakultet, Københavns Universitet*

²*Inst. for Husdyrsundhed, Velfærd og Ernæring,
Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet, Aarhus Universitet*

Sammendrag

Kraftfodermidlernes sammensætning og struktur har betydning for køernes besøgsfrekvens i AMS, for antallet af hentekøer og for mælkeydelsens størrelse og sammensætning. I dette forsøg blev 6 kraftfoderblandinger afprøvet imod den standard kraftfoderblanding, der anvendtes på KFC. Hvert forsøgsfoder samt standard foderet blev opfodret til 30 køer i en 14 dages periode, således at hver ko var sin egen kontrol. Der blev tildelt 5 kg kraftfoder i pelleteret form i AMS uanset ydelsen og et grundfoder blev tildelt ad libitum. Det er velkendt, at køer foretrækker pelleteret foder og at pillekvaliteten skal være god, så mængden af smuld minimeres. Forsøget viste, at sammensætningen af det pelleterede kraftfoder ligeledes har betydning for foderets smag og at køerne foretrækker hvede og en byg-havre blanding frem for majs og byg, med en øget besøgsfrekvens, reduceret antal hentninger og en øget mælkeproduktion til følge. Kunsttørret græs i renbestand viste sig at være den ringeste kombination, og det reducerede antal besøg i AMS, øgede antal hentekøer og nedsatte ydelsen. Det er muligt, at det meget negative resultat af kunsttørret græs kun er gældende, når det opfodres i renbestand, og ikke når der anvendes kunsttørret græs i mindre mængder i en blanding. Udslagene i køernes optagelse ved forskellig smag af kraftfoderet observeredes hurtigt, og ændredes ikke over en 14 dages periode.

Indledning

Besøgsfrekvensen i et AMS system har indflydelse på forskellige ting, hvoraf mælkeydelsen nok er det vigtigste. En øgning af malkefrekvensen fra 2 til 3 gange i døgnet øgede således mælkeydelsen med 14% (Ipema og Benders, 1992), og Kristensen (2004) angiver at ydelsen vil stige med 3,5 kg ved 3 daglige malkninger og med 4,9 kg ved 4 daglige malkninger i forhold til to malkninger. Det er derfor interessant at undersøge, hvorvidt det er muligt at øge køernes besøgsfrekvens i malkerobotten med smagfuldt kraftfoder i et system med fri ko trafik. Køer smager forskel på forskellige kraftfodermidler, et gammelt dansk forsøg (Østergaard, 1934) viste, at køer foretrækker en blanding af byg og havre (blandsæd) fremfor havre, der igen var mere smagfuldt end byg alene, og derefter kom rug, hvede og majs. Kraftfoderets fysiske struktur er også vigtig, og Andersen og Lykkeaa (1962) viste, at køerne optager piller langt hurtigere end formalet eller valset foder. Det er jo nu almindeligt, at fodre med kraftfoder der består af en blanding af mange enkeltfodermidler, og det er gentagne gange vist, at køerne foretrækker pelleteret foder (Spröndly og Åsberg, 2006), og pillerne skal have en vis hårdhed for ikke at producere smuld og støv. Hvis de ikke opfylder dette vil det nedsætte foderoptagelsen (Rodenburg et al., 2004).

Selv om der anvendes mange forskellige ingredienser med forskellig smag i de kraftfoderblandinger der anvendes i AMS, så udgør kornandelen ofte omkring 50%. For at maksimere besøgsfrekvensen i AMS må der således anvendes pelleteret kraftfoder, og for at afprøve hvilken betydning smagen af en større andel af ingredienserne har, blev betydningen af at anvende forskellige kornarter,

kunsttørret græs samt betydningen af at anvende en blanding med højt fedt og proteinindhold afprøvet på Kvægbrugets Forsøgscenter (KFC) i Foulum.

Materiale og metoder

I forsøget blev afprøvet 6 kraftfoderblandinger imod den standard kraftfoderblanding, der anvendtes på KFC. Sammensætningen er vist i tabel 1.

Tabel 1. Kraftfoderets sammensætning

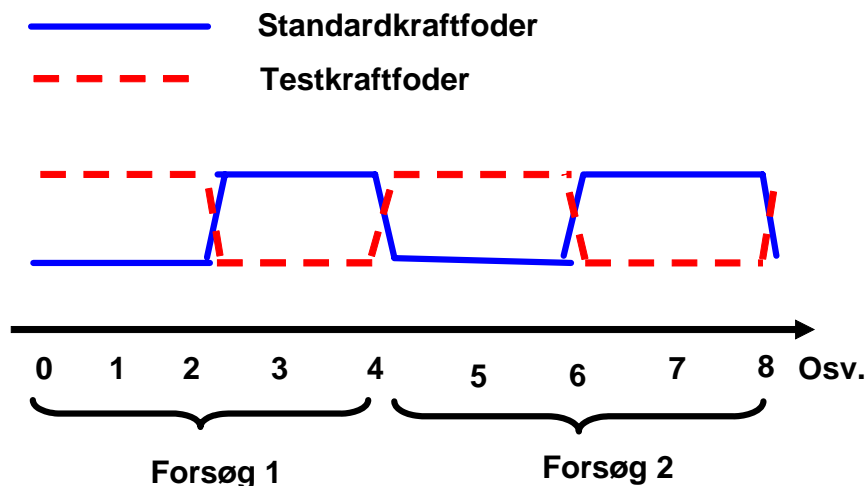
Kraftfoder Kg foder/100 kg	Standard	Byg	Hvede	Byg/havre	Majs	Soya/fedt	Kunsttørret græs
Byg		53		26,5			
Hvede	12		53				
Havre				26,5			
Majs					53		
Kunsttørret græs							100
Roepiller, mask, klid	48					43	
Sojaskrå						16	
Vegetabilsk fedt	2					10	
Raps eller solsikke kager	25	40	40	40	40	24	
Andet	13	17	17	17	17	7	0

I 14 dage fik 15 køer tildelt forsøgs kraftfoderet i AMS og andre 15 fik tildelt standard kraftfoderet i AMS. I de efterfølgende 14 dage blev det modsatte kraftfoder tildelt køerne, hvorved hver af køerne blev sin egen kontrol. Hvert forsøgsfoder er således blevet opfodret til 30 køer i en 14 dages periode. De 30 køer bestod af 12 – 14 SDM, 8 – 10 RDM og 8 Jersey, og den gennemsnitlige afstand fra kælvning i forsøget var 188 dage.

Der blev tildelt 5 kg kraftfoder i pelleteret form i AMS uanset ydelsen og et grundfoder blev tildelt ad libitum. Grundfoderet var sammensat af 36% majsensilage, 29% kløvergræsensilage, 12% roepiller, 11% byg, 9% fedtrig rapskage, og 2% mineraler, vitaminer og urea. Optagelsen og foderresterne af kraftfoder samt grundfoderoptagelsen blev registreret individuelt.

Foderskiftet fra en kraftfoderblanding til en anden skete på en dag, og kraftfoderautomaterne var sat til at tildele 400 g/minut.

Da nye køer kom ind i forsøget og andre udgik, og da mælkeydelsen jo er faldende med den fremskredne laktation i de 6 måneder forsøget varede, er effekten af de enkelte kraftfoderblandinger vurderet mod standard kraftfoderet i den samme gruppe og periode. Forsøgsplanen er vist grafisk i figur 1. Resultaterne givet i tabel 2 er baseret på den sidste uge i hver periode, første uge blev udeladt som tilvænningsperiode.



Figur 1. Skematisk oversigt over forsøgsbehandlinger

Resultater og diskussion

Da undersøgelsens hovedformål var at undersøge effekten af fodermidlernes smag på optagelsen af kraftfoder og køernes besøgsmonster i AMS, blev der udskiftet ens mængder af de fodermidler, der ønskedes undersøgt, og den kemiske sammensætning blev tilladt at variere. Den kemiske sammensætning og indholdet af foderenheder i kraftfoderet er vist i Tabel 2. Indholdet er ret ens imellem de 3 blandinger med byg, hvede og havre, men afviger fra majs og soja/fedt blandingen hvor foderenhedsindholdet er højere pr. kg tørstof, og fra det kunsttørrede græs der ligger en del lavere.

Planen var at tildele 5 kg kraftfoder pr. ko pr. dag i AMS, men på grund af at køerne ikke alle jævnligt besøgte AMS blev der i gennemsnit kun tildelt 4,53 kg (Tabel 2). Yderligere var der foderrester så optagelsen i gennemsnit blev 4,25 kg. Der var en betydelig forskel i hvor meget køerne optog af de enkelte kraftfodermidler. Af hvede og af byg/havre blandingen blev der således optaget ca. 0,5 kg mere pr. ko pr. dag end der blev optaget af standard kraftfoderet, og af det kunsttørrede græs blev der optaget hele 2,26 kg mindre pr. ko pr dag. Forskellen i optagelsen afspejler sig ligeledes i mængden af foderrester og det afspejler sig i besøgsfrekvensen i AMS.

Der var således flest besøg, når der blev fodret med hvede samt byg/havre blandingen og færrest ved det kunsttørrede græs. Den lave kraftfoderoptagelse ved fodring med kunsttørret græs blev delvis kompenseret ved en større optagelse af grundfoder. Det er interessant, at der også var en tendens til en større optagelse af grundfoder, når der fodredes med byg-havre, hvilket eventuelt kan skyldes havrens større indhold af NDF. Soja-fedt kraftfoderet indeholder også meget NDF, men der er ligeledes et meget højt fedt indhold. Antallet af hentninger til malkning må ligeledes tages som et udtryk for køernes ønske om at besøge AMS, og således et udtryk for foderets smag. Også udtrykt på denne måde, har køerne syntes bedst om byg/havre blandingen og om hvede. Majs, soja/fedt blandingen og specielt det kunsttørrede græs har ikke haft køernes store interesse. Det forekommer uventet, at køerne ikke synes om kunsttørret græs, men det kan eventuelt skyldes, at det er opfodret i renbestand, og nok har en kraftig smag, hvilket ikke er tilfældet, når det anvendes i en blanding, hvor det vel normalt anses for gavnligt for smagen. Det kan heller ikke udelukkes, at det lavere energiindhold i det kunsttørrede græs sammenlignet med de øvrige blandinger har reduceret besøgsfrekvensen. Halachmi et al. (2006) viste i et forsøg, hvor kornandelen i kraftfoderblandingen blev reduceret fra 49% til 25% ved brug af sojaskaller og majs gluten foder, at det er muligt at

sammensætte en kraftfoderblanding med højt NDF indhold og lavt indhold af korn, uden at det gik ud over kraftfoderoptagelsen og besøgsfrekvensen i AMS. Dette bekræfter, at det ikke er muligt at forudsige køernes reaktion ud fra den kemiske sammensætning alene, men at køerne har præference for forskellige ingredienser. Den højere besøgsfrekvens hos Jersey er sandsynligvis delvist forårsaget af en noget lavere belægningsgrad i Jersey holdet.

Tabel 2. Kraftfoderets indhold af næringsstoffer og køernes reaktion

Kraftfoder	Standard	Byg	Hvede	Byg/havre	Majs	Soya/ fedt	Kunsthøret græs
Kraftfoderets indhold af næringsstoffer							
Tørstof, %		87,2	88,2	89,1	97,6	88,6	93,9
Indhold i tørstof							
Aske, %	8,6	6,3	6,5	6,5	6,4	7,7	9,0
Fedt, %	5,2	7,6	7,6	8,2	9,2	13,2	3,7
Råprotein, %	22,4	19,9	15,6	16,4	18,8	21,8	17,4
Træstof, %	14,1	8,4	7,4	9,5	6,6	10,8	22,8
NDF, %	28,8	18,4	16,9	21,0	15,1	24,8	46,9
Stivelse, %	10,2	30,0	34,8	26,0	35,8	13,7	2,0
FE pr. kg tørstof	1,07	1,15	1,14	1,08	1,21	1,24	0,87
	Gennem- snit for Standard	Effekt af kraftfoderblanding (Testkraftfoder minus standard)					
<i>Optagelse kg/ko/dag</i>							
Kraftfoder tildelt	4,53	0,11	0,53*	0,47*	0,24	0,40	-1,01***
--- optaget	4,25	-0,13	0,51	0,48	-0,02	-0,25	-2,26***
--- rester	0,28	0,23**	0,02	-0,01	0,23**	0,34**	1,24***
Grundfoder	40,7	0,1	-0,6	1,4	-0,3	-0,3	4,4***
Tid hvor der ædes grundfoder (sek/dag)	12000	126	-291	-165	57	132	1250***
<i>Besøg i AMS</i>							
<i>Med malkning</i>							
Antal/ko/dag	2,96	-0,03	0,17	0,35**	0,02	-0,36*	-0,93***
Varighed (sek/besøg)	427	4	-8	-3	-1	30**	56***
Total tid (sek/dag)	1276	-6	66	130***	24	-82	-289***
<i>Uden malkning</i>							
Antal/ko/dag	1,43	-0,06	0,61*	1,64***	0,35	-0,96*	-1,18***
Antal hentninger (af 30 køer i 14 dage)	10,8	1	-3	-7	10	7	61
<i>Mælkeproduktion</i>							
Kg/ko/dag	26,1	0,1	1,6*	1,2	0,2	-0,9	-4,1***
Fedt, %	4,46	0,07	0,10	-0,01	-0,01	0,41***	0,31***
Protein, %	3,71	-0,03	-0,02	-0,03	-0,06	-0,06*	0
g fedt	1134	16	103*	35	-6	50	-115***
g protein	951	-4	55*	25	-15	-40	-151***

Køernes mælkeydelse afhænger af både foderets næringsværdi, mængden af optaget foder og besøgsfrekvensen i AMS. Det kan være vanskeligt at skille disse størrelser fra hinanden, men det fremgår, at mælkeydelsen har været højere, når der blev fodret med hvede, og måske med byg/havre. Det er kun signifikant for hvede, hvilket nok kan skyldes hvedens højere foderværdi. Det kunsttørrede græs giver en lav ydelse, hvilket både skyldes at køerne ikke synes om smagen, og derfor ikke optager så meget og at de ikke kommer til malkning, men også at det kunsttørrede græs har en lavere næringsværdi. Endelig skal det holdes for øje, at forsøgsperioderne kun har været på 14 dage. I en 14 dages periode kan der godt måles sikre effekter på foderoptagelsen, mens det kan forventes, at det tager mere end 14 dage før responset på mælkeydelsen er stabiliseret.

Ved fodring med soja/fedt ses den kendte effekt af et højt niveau af forholdsvis mættet fedt, nemlig at fedtprocenten stiger og proteinprocenten falder.

Der blev ikke observeret nævneværdige forskelle mellem de tre racer mht. deres reaktioner på de forskellige testkraftfodermidler. Generelle raceforskelle, som gennemsnit over de køer der har indgået i forsøget, er vist i tabel 3, og det ses at Jersey har haft de største foderrester, på trods af at Jersey også havde den største besøgsfrekvens.

Tabel 3. De enkelte racers kraftfoderrester, grundfoderoptagelse, mælkeydelse og besøgsfrekvens, pr. ko pr. dag.

	RDM	SDM	Jersey
Kraftfoderrester, kg	0,48	0,35	0,51
Grundfoderoptagelse, kg	41	44	37
Mælkeydelse, kg	27,0	29,9	21,4
Besøg med malkning	2,83	2,89	3,01
Besøg uden malkning (afviste)	1,01	1,41	2,25

Der blev ikke observeret nogen tilvænning til de forskellige kraftfoderblandinger og mængden af foderrester ændredes ikke fra den første dag køerne blev præsenteret for det nye foder og i de 14 dage, hvor de blev tildelt den aktuelle foderblanding.

Konklusioner

Kraftfodermidlernes sammensætning og struktur har betydning for køernes besøgsfrekvens i AMS, for antallet af hentekøer og for mælkeydelsens størrelse og sammensætning. Køerne foretrækker pelleteret foder og pillekvaliteten skal være god, så mængden af smuld minimeres. Sammensætningen af det pelleterede kraftfoder har ligeledes betydning for foderets smag og køerne foretrækker hvede og en byg-havre blanding frem for majs og byg, med en øget besøgsfrekvens, reduceret antal hentninger og en øget mælkeproduktion til følge. Kunsttørret græs i renbestand viste sig at være den ringeste kombination, og det reducerede antal besøg i AMS, øgede antal hentekøer og nedsatte ydelsen. Det er muligt, at det meget negative resultat af kunsttørret græs kun er gældende, når det opfodres i renbestand, og ikke når der anvendes kunsttørret græs i mindre mængder i en blanding. Udslagene i køernes optagelse ved forskellig smag af kraftfoderet observeredes hurtigt, og ændredes ikke over en 14 dages periode.

Referencer

- Andersen, P.E. & Lykkeaa, J. 1962. 1. Almindeligt kraftfoder contra kraftfoderpiller. Bilag til Landøkonomisk Forsøgslaboratoriums efterårsmøde. 37 -41
- Halachmi, I., Shoshan, E., Solomon, R, Maltz, E. & J. Miron, J. 2006. Feeding of Pellets Rich in Digestible Neutral Detergent Fiber to Lactating Cows in an Automatic Milking System. J. Dairy Sci. 89:3241-3249
- Ipema, A.H. & Benders, E., 1992. Production, duration of machine-milking and teat quality of dairy cows milked 2, 3 or 4 times daily with variable intervals. In: Ipema, A.H., Lippus, A.C., Metz, J.H.M. and Rossing, W., Editors, 1992. The Proceedings of the International Symposium on Prospects for Automatic Milking Wageningen, November 1992, EAAP Publ. No. 65, pp. 244–252
- Kristensen, T. 2004. Fodring i forbindelse med AMS. Landbrugsinfo.
www.lr.dk/kvaeg/informationsserier/kvaegforsk/1413.htm
- Spröndly, E. & Åsberg, T. 2006. Eating Rate and Preference of Different Concentrate Components for Cattle. J. Dairy Sci. 89. 2188 – 2199.

Rodenburg, J., Focker, E. & Hand, K. 2004. Effect of the composition of concentrate fed in the milking box, on milking frequency and voluntary attendance in the automatic milking system. In. Automatic Milking, - a better understanding. Eds. Meijering et al.. Wagening Academic Press. 511 – 512.

Østergaard, P.S. 1934. Forsøg med kraftfoderstoffer. 50 års kvægforsøg. 156de Beretning fra Forsøgslaboratoriet. 117- 121.

Er responset på fedttildeling proportional med ydelsen?

Martin R. Weisbjerg og Lars Wiking*

Inst. for Husdyrsundhed, Velfærd og Ernæring

**Inst. for Råvarekvalitet*

Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet, Aarhus Universitet

Sammendrag

I de danske fodernormer antages det, at responset på fedttilskud er proportional med ydelsen, men antagelsen er imidlertid meget sparsomt dokumenteret. Dette forsøg blev planlagt med henblik på at teste, hvorvidt responset på et tilskud af fedtsyrer (FS) er proportional med ydelsen, samt hvorledes et fedtsyretilskud påvirker sammensætningen af fedtsyrer i mælken og diameteren af mælkefedtkuglerne.

I forsøget indgik 16 Dansk Holstein køer, og forsøget blev gennemført som gentagne 4x4 romerkvadrater. Halvdelen af køerne var middel ydende (32,2 kg EKM/d) og den anden halvdel var højt ydende køer (40,0 kg EKM/d). Forsøget bestod af 4 perioder á 3 uger, i alt 12 uger. De fire behandlinger var henholdsvis ingen supplerings med fedtsyrer (17 g total FS/kg tørstof) og 3 rationer, hvor fedtsyre koncentration i rationen var øget til henholdsvis 29, 40, og 52 g total FS/kg tørstof ved at ombytte byg med PFAD fedt. Rationerne blev tildelt efter ædelyst som TMR med 63 % kløvergræsensilage på tørstofbasis.

Tørstofoptagelsen faldt med stigende fedtsyrekoncentration i rationen, mens optagelsen af nettoenergi (foderenheder) var nogenlunde konstant. Den generelle lineære respons på en øgning i fedtsyrekoncentrationen med 1 % af rationstørstof var 1,1 kg EKM ($P < 0,0001$), 0,061 kg mælkefedt ($P < 0,0001$), 0,012 kg mælkeprotein ($P = 0,09$) og 0,052 kg laktose ($P = 0,0002$) pr. dag. Den generelle lineære respons i mælkens sammensætning var 0,39 g fedt ($P = 0,07$), -0,71 g protein ($P < 0,0001$) og 0,05 g laktose ($P = 0,3$) pr. kg mælk, og 0,092 μm ($P < 0,0001$) i mælkens gennemsnitlige fedtkugle diameter. Tilskud af fedtsyrer reducerede andelen af korte og mellemlangkædede fedtsyrer og $C_{16:0}$ samt øgede $C_{18:1}$ andelen af total fedtsyrer i mælken.

Indledning

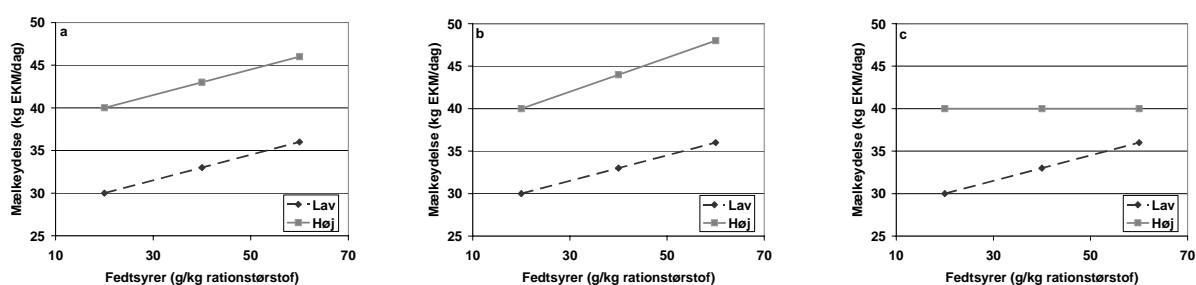
Øget fedttilskud giver ofte en øget daglig ydelse af mælk og mælkefedt, mens protein ydelsen ofte er upåvirket. I første del af 1980'erne blev den positive effekt af foderfedt dokumenteret, da der blev publiceret resultater fra flere fedtforsøg (Østergaard et al., 1981). Dette medførte en kraftig øgning i anvendelsen af tilskudsfedt til malkekøer op gennem 80'erne, og dansk kvægbrug har siden da generelt anvendt mere tilskudsfedt end malkekvægbrug i sammenlignelige lande. Indførelsen af mælkekvote med fedtregulering midt i 80'erne betød, at der blev stor forskel mellem malkekvægbrug på den økonomiske fordel af at anvende foderfedt. Besætninger uden kvoterestriktioner kunne med fordel anvende store fedtmængder, mens besætninger der var begrænset af kvoten med fordel kunne anvende rationer med minimalt fedt. Dette skyldes at fedttilskud reducerer protein/fedt forholdet i mælken, og dermed den mængde mælkeprotein, der kan produceres under en bestemt fedtkvote. Øget omsættelighed af mælkekvote har dog delvist løst op for denne begrænsning i anvendelsen af tilskudsfedt.

Når forsøg, og især danske forsøg, giver store positive udslag på fedttilskud ud over, hvad øgningen i energioptaget kan forklare, betyder det, at energivurderingen undervurderer værdien af tilskudsfedtet. Forskellige energivurderingssystemer vurderer fedt i forhold til stivelse forskellig, f.eks. er forholdet mellem fedt og stivelse 1,97 i det danske FE system (Weisbjerg og Hvelplund, 1993), 2,24 i det amerikanske NRC system (NRC, 2001) og 2,58 i det hollandske VEM system

(Van Es, 1978). Det høje energiindhold i fedt skyldes fedtsyreindholdet, mens ikke-fedtsyre delen i bedste fald har energiværdi som kulhydrat. Derfor vil energiværdien af foderfedt være proportional med fedtsyreandelen.

I forbindelse med indførelsen af NorFor systemet vil kravet til deklarationen af kraftfoderblandinger komme til at omfatte fedtsyreindholdet, hvilket vil være et stort fremskridt. Ligeledes vil vurderingen af fedtsyrer i forhold til stivelse blive ændret, idet energiværdien af fordøjede næringsstoffer i NorFor systemet beregnes vha. de hollandske værdier (Van Es, 1978). Men det er svært umiddelbart at forudsige omfanget af ændringen i vurderingen af fedtsyrer i forhold til stivelse i NorFor i forhold til FE systemet, da mange andre ting også er ændret.

I de danske fodernormer antages det, at responset på fedttilskud er proportional med ydelsen (Børsting et al., 2003; Strudsholm et al., 1999), men antagelsen er imidlertid meget sparsomt dokumenteret. Hypotetiske eksempler på forskellige sammenhænge mellem ydelsesniveau og respons på fedttilskud er vist i Figur 1.



Figur 1. Hypotetisk eksempel på respons på fedttildeling. a) absolut respons, 2 kg pr. 10 g øgning i FS niveau uafhængigt af ydelsesniveau. b) 10 % øgning i forhold til 'udgangsydelse' pr. 10 g øgning i FS niveau c) ingen effekt på højt ydelsesniveau, men effekt som i a) på lavt ydelsesniveau.

Dette forsøg blev planlagt med henblik på at teste hypotesen at responset på et tilskud af fedtsyrer (FS) er proportional med ydelsen (Figur 3b), samt at fedtsyretilskud øger andelen af langkædede fedtsyrer i mælken og diameteren af mælkefedtkuglerne.

Materiale og metoder

Køer, design, foder og behandlinger

16 danske Holstein køer blev fordelt på to grupper á 8 køer afhængigt af deres mælkeproduktion (høj vs. middel) umiddelbart før forsøgsstart, hvor køerne blev fodret ens. Begge grupper af køer blev yderligere delt i 2 grupper efter paritet (2. og 3. paritet). Forsøget blev gennemført som gentagne 4x4 romerkvadrater. Indenfor romerkvadrat, blev hver ko tildelt en af de 4 behandlinger i hver af de 4 perioder. Perioderne varede 3 uger, dvs. hele forsøget varede 12 uger.

Køernes produktionsniveau var konfunderet med dage efter kælvning, således var højt ydende køer 74 (48-99) dage fra kælvning og middel ydende køer 158 (53-208) dage fra kælvning ved forsøgsstart. Behandlingerne var 4 niveauer af fedtsyrekonzentration i rationstørstof: ikke suppleret (17 g FS/kg tørstof) og 3 behandlinger, hvor en forskellig mængde byg blev ombyttet med PFAD (palmefedt destillat) fedt, hvilket gav henholdsvis 29, 40 og 52 g FS/kg tørstof. Efterfølgende benævnes fedtsyrekonzentrationen i rations tørstof som FS_{ration} og de individuelle behandlinger henholdsvis FS-17, FS-29, FS-40 og FS-52.

Foderrationer blev tildelt efter ædelyst som 'Total Mixed Rations' (TMR), der var baseret på kløvergræsensilage og 2 kraftfoderblandinger. Kraftfoderblandingerne var ens sammensat bortset

fra at byg i den ene var ombyttet med PFAD fedt på vægtbasis, samt at sojaskrå var ombyttet med Soyypass (proteinbeskyttet sojaskrå) for at opveje det lavere AAT niveau i fedt blandingen. Sammensætningen af kraftfoderblandingerne er givet i Tabel 1. Øget FS_{ration} blev opnået ved at ombytte fedtfrit kraftfoder med PFAD kraftfoder som vist i Tabel 2.

Tabel 1. Sammensætning af kraftfoderblandinger (kg/100 kg)

Kraftfoder	Fedtfrit	PFAD
Byg	37,8	27,9
Roepiller, umellaserede	26,7	26,7
Sojaskrå	32,9	-
Soyypass†	-	32,9
PFAD‡	-	9,86
Mineralblanding	2,38	2,40
Vitaminblanding	0,23	0,24

† Protein beskyttet sojaskrå (Raiffeisen Hauptgenossenschaft Nord AG, Tyskland)

‡ Palm Fatty Acid Distillate (palme olie destillat), Scanfedt A/S, Århus, Danmark

Tabel 2. Sammensætning af TMR for de 4 behandlinger (% af tørstof) samt den opnåede energikoncentration

Behandling†	FS-17	FS-29	FS-40	FS-52
Kløvergræsensilage‡	62,8	62,6	62,5	62,4
Fedtfrit kraftfoder	37,2	24,9	12,5	
PFAD kraftfoder		12,5	25,0	37,6
FE/kg ts	0,946	0,969	0,992	1,015

‡ FS-17, FS-29, FS-40 og FS-52 refererer til henholdsvis 17, 29, 40 og 52 g FS/kg ration tørstof

† Botanisk sammensætning 82,9 % græs og 17,1% kløver, % af tørstof

Kemisk sammensætning af fodermidler

Kemisk sammensætning af ensilage, kraftfoder og PFAD fedt er vist i Tabel 3, og fedtsyresammensætningen af fodermidlerne er givet i Tabel 4.

Fedtsyrer i kløvergræsensilagen var overvejende linolen-, palmitin- og linolsyre. Fedtsyrer i fedtfrit kraftfoder var overvejende linol-, palmitin-, og oliesyre. Fedtsyrer i PFAD kraftfoder var overvejende palmitin-, olie- og linolsyre, i overensstemmelse med sammensætningen af PFAD fedt.

Tabel 3. Kemisk sammensætning og fordøjelighed af fodermidler

	Kløvergræsensilage	Fedtfrit kraftfoder	PFAD kraftfoder	Fedt (PFAD)
Tørstof %	46,4	89,0	89,4	99,8
% i tørstof				
Aske	8,79	8,55	6,72	
Råfedt	2,70	2,28	12,48	100
Råprotein	14,8	22,8	21,4	
NDF	41,4	20,7	20,7	
Sukker	12,8	6,6	6,4	
Stivelse		17,9	17,1	
In vitro fordøjelighed af OM (%)				
Vomvæske metode	74,6			
EFOS		94,7	96,7	

Tabel 4. Fedt og fedtsyre sammensætning af fodermidler til TMR og af PFAD

	Kløvergræsensilage	Fedtfrit kraftfoder	PFAD kraftfoder	Fedt (PFAD)
Fedtsyrer (% af ts)	1,63	1,91	11,08	95,0
Fedtsyrer (% af råfedt)	60,5	83,8	88,8	95,0
Fedtsyre sammensætning (vægt %)				
C _{12:0}	0,14	0,05	0,25	0,35
C _{14:0}	0,42	0,23	0,91	1,10
C _{16:0}	17,6	21,6	38,5	43,2
C _{16:1}	0,16	0,19	0,17	0,15
C _{18:0}	1,94	2,87	4,39	4,71
C _{18:1}	3,41	14,3	37,0	38,6
C _{18:2}	16,1	51,4	16,3	10,4
C _{18:3ω3}	55,8	6,45	1,14	0,30
C _{20:0}	0,65	0,27	0,37	0,39
C _{20:1}	0,12	0,60	0,24	0,16
C _{20:2}	0,31	0,16	0,04	0,00
C _{22:0}	1,20	0,57	0,16	0,08
C _{24:0}	1,02	0,45	0,13	0,04
Andre FS†	1,15	0,93	0,36	0,47

† Fedtsyrer under 0,25 % af total FA (C_{8:0}, C_{10:0}, C_{13:0}, C_{14:1}, C_{15:0}, C_{17:1}, C_{20:3 ω 6}, C_{20:4}, C_{20:3 ω 3}, C_{20:5}, C_{22:1 ω 11}, C_{22:1 ω 9}, C_{22:5 ω 6}, C_{22:5 ω 3}, C_{22:6 ω 3}, C_{24:1})

Management, kemiske analyser og statistiske analyser

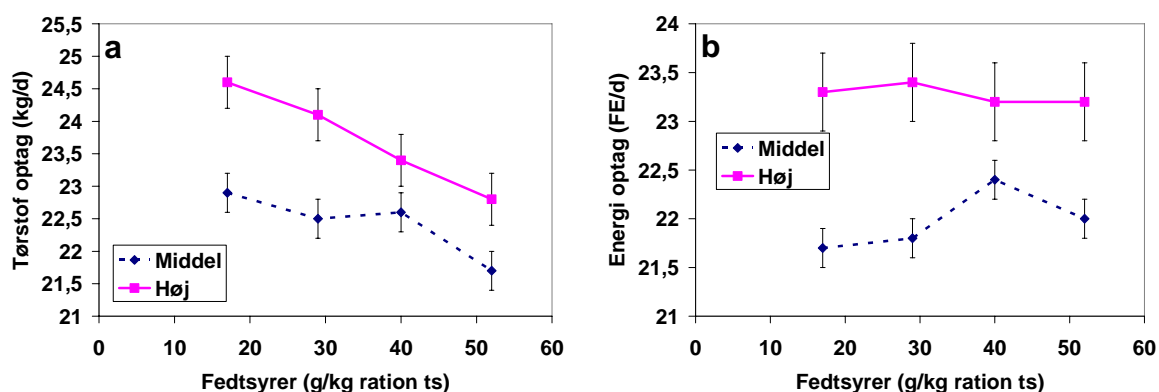
For beskrivelse af management, kemiske analyser og statistiske analyser henvises til Weisbjerg et al. (2008).

Resultater og diskussion

Foderoptagelse

Totalt fedtsyreoptag blev øget fra 0,412 til 1,154 kg/d, når FS_{ration} steg fra 17 til 52 g/kg ts, hvilket medførte en øgning i energikoncentrationen fra 0,85 til 1,02 FE/kg ts.

Med stigende FS_{ration} fra 17 til 52 g/kg ts blev tørstofoptagelsen reduceret ($P < 0,0001$) fra 24,6 til 22,8 og fra 22,9 til 21,7 kg/d for henholdsvis højt og middel ydende køer (Figur 2a). Derimod var optagelsen af foderenheder næsten uændret (Figur 2b), på grund af at energikoncentration blev øget med stigende FS_{ration} .



Figur 2. Effekten af fedtsyrekoncentrationen i rationen på optagelsen af tørstof (a) og foderenheder (b) for henholdsvis middel og højt ydende køer.

Den generelle lineære effekt af øget FS_{ration} på tørstofoptagelsen var $-0,42$ kg/d pr. 10 g FS/kg ts (Tabel 5), og responset var ikke påvirket af køernes aktuelle foderoptag. Chilliard (1993) fandt i et litteratur review en gennemsnitlig reduktion i foderoptagelse på 0,20 kg tørstof ved en øgning af råfedt niveauet på 10 g/kg ration tørstof, hvilket kun er halv så stor en reduktion som fundet i dette forsøg.

Tabel 5. Lineære effekter af øget tildeling af fedtsyrer i foderet på mælkeydelse og sammensætning, og test for korrelation mellem den individuelle ko' niveau (skæring) og responset på øget fedtsyre tildeling (hældning) analyseret vha. 'random regression'.

	Generel♣ lineær effekt af FS		Korrelation mellem skæring og hældning†		
	β‡	P værdi	Korrelation	χ ²	P værdi
Tørstof optag (kg)	-0,42	<0,0001	Neg.	1	Ns§
Mælk (kg)	1,1	<0,0001	Neg.	5,6	0,005<P<0,01
EKM (kg)	1,1	<0,0001	Neg.	5,2	0,005<P<0,01
Fedt (kg)	0,061	<0,0001	Neg.	0,4	Ns
Protein (kg)	0,012	0,09	Neg.	12,0	P<0,001
Laktose (kg)	0,052	0,0002	Neg.	6,1	0,01<P<0,025
Fedt (%)	0,039	0,07	Pos.	6,5	0,01<P<0,025
Protein (%)	-0,071	<0,0001	Neg.	0,2	Ns
Laktose (%)	-0,005	0,3	Neg.	0,4	Ns
Protein/fedt	-0,024	<0,0001	Pos.	2	Ns
Citrat (%)	0,0064	<0,0001	Pos.	0	Ns
Fedtkugle diameter (µm)	0,092	<0,0001	Neg.	0,1	Ns
FS sammensætning (% af total mælke FS)					
C _{4:0} – C _{10:0}	-0,59	<0,0001	Pos.	0,1	Ns
C _{12:0} – C _{14:0}	-2,2	<0,0001	Neg.	1,8	Ns
C _{16:0}	-0,52	0,0009	Neg.	19,2	P<0,001
C _{18:1}	1,8	<0,0001	Neg.	1,5	Ns

♣ På tværs af ydelsesgruppe

† Likelihood ratio test

‡ Øgning når FS øges med 10 g/kg ts (1% af ts)

§ Ikke signifikant

Mælkeydelse

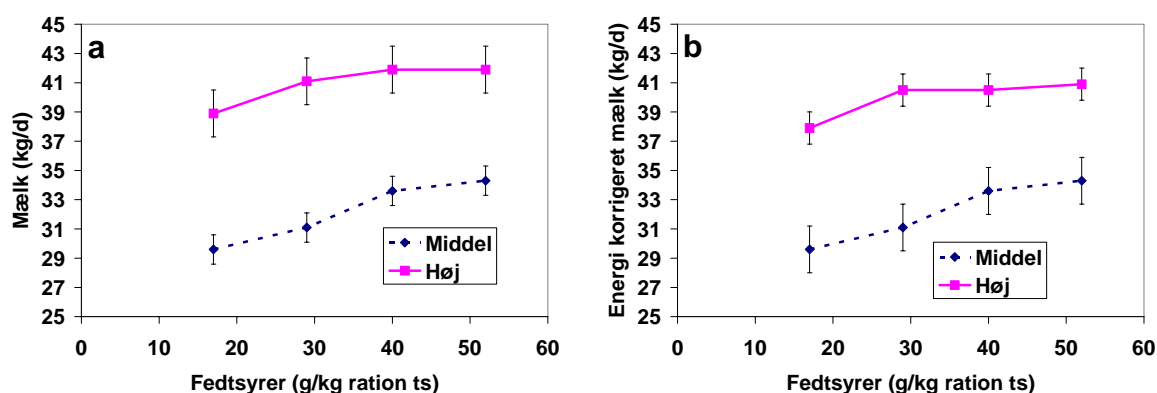
Mælk ($P<0,0001$) og EKM ($P<0,0001$) ydelse blev øget med øget FS_{ration}. Hovedhypotesen for forsøget var at responset i EKM ydelsen ved øget FS_{ration} ville være omtrent proportional med koens aktuelle ydelsesniveau, men det modsatte blev fundet. Responset i EKM, når FS_{ration} øgedes fra 17 til 52 g, var 16 % for middel, men kun 8 % for højt ydende køer. I absolutte mængder var responset på øget FS_{ration} næsten ens for de 2 ydelsesgrupper, endda numerisk lidt større for middel end for højt ydende.

For den højt ydende gruppe syntes kun øgningen fra FS-17 til FS-29 at øge EKM ydelsen, mens de højeste fedttildelinger (FS-40 og FS-52) ikke øgede ydelsen yderligere. Vekselvirkningen mellem fedttildeling og ydelsesniveau var dog ikke statistisk signifikant. Analyser med 'random regression' viste, at responset i EKM ydelse var negativt korreleret med den individuelle ko's ydelse (Tabel 5). Denne analyse skal tolkes således, at hvis responset på fedttildeling er absolut (uafhængig af ydelsesniveau, Figur 1a), så er skæring og hældning ikke korrelerede. Hvis skæring og hældning er

positivt korrelerede (Figur 1b), så er der en højere absolut respons ved øget ydelsesniveau, dvs. indikerer proportional respons. Hvis skæring og hældning er negativt korrelerede (Figur 1c), er den absolutte respons lavere ved øget ydelsesniveau.

Den generelle lineære respons var 1,1 kg EKM pr. 10 g FS/kg ration tørstof (Tabel 5). Dette respons er højt sammenlignet med, hvad der fremgår af litteraturen. Østergaard et al. (1981) fandt en øgning i ydelsen af fedtkorrigeret mælk på 0,92 kg/d i tidlig og 0,56 kg/d i sen laktation, når tildelingen af korrigeret råfedt blev øget med 10 g/kg ration tørstof. Der blev fundet et kraftigt respons på øget FS_{ration} i dette forsøg, på trods af at optagelsen af foderenheder ikke blev påvirket. Dette tyder på, at vores hidtidige energivurdering (Weisbjerg & Hvelplund, 1993) giver en betydelig undervurdering af energiværdien i tilskudsfedt, når der er tale om fedt med en høj andel af fedtsyrer, som i den her anvendte PFAD fedt. Desuden har den her anvendte PFAD fedt et forholdsvist lavt jodtal og har derfor sandsynligvis haft minimale negative effekter på omsætningen i vommen.

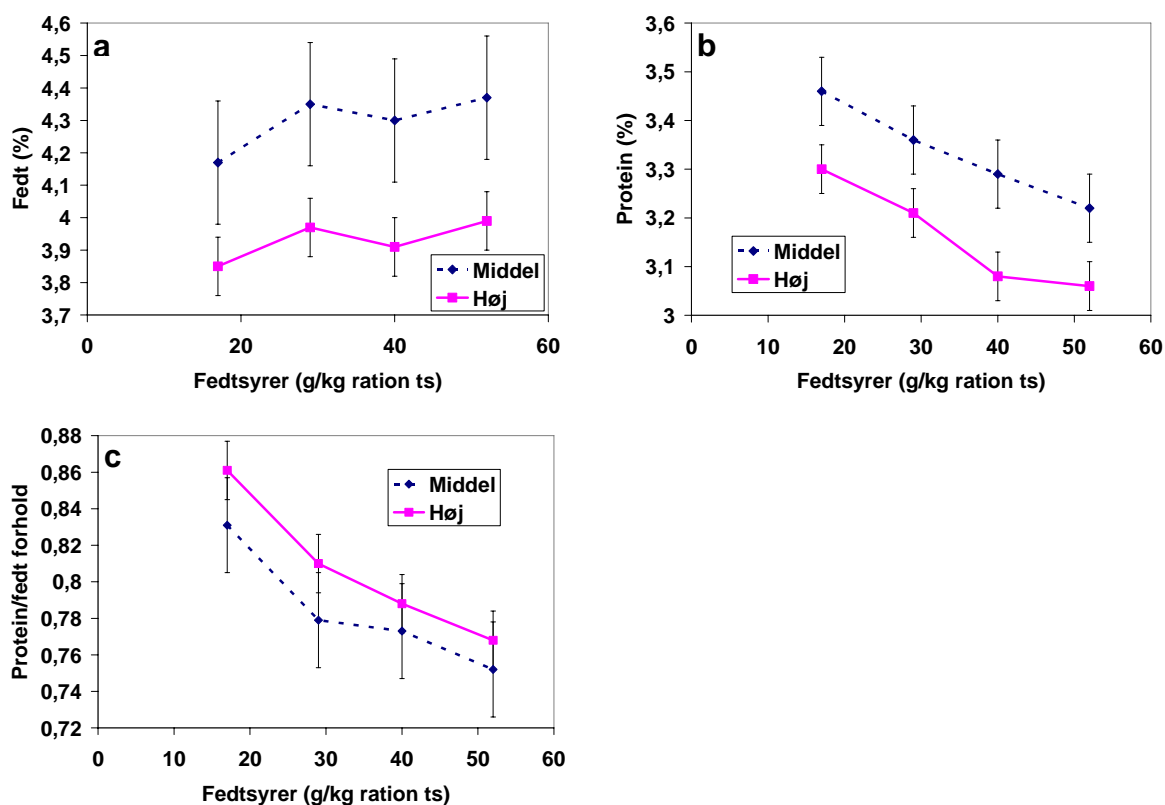
Den generelle lineære respons (Tabel 5) på tværs af ydelsesgrupper pr. 10 g øgning i FS_{ration} var henholdsvis 0,061 kg fedt ($P<0,0001$), 0,012 kg protein ($P=0,09$) og 0,052 kg laktose ($P=0,0002$).



Figur 3. Effekten af fedtsyrekoncentrationen i rationen på daglig ydelse af mælk (a) og energikorrigeret mælk (EKM) (b) for højt og middel ydende køer.

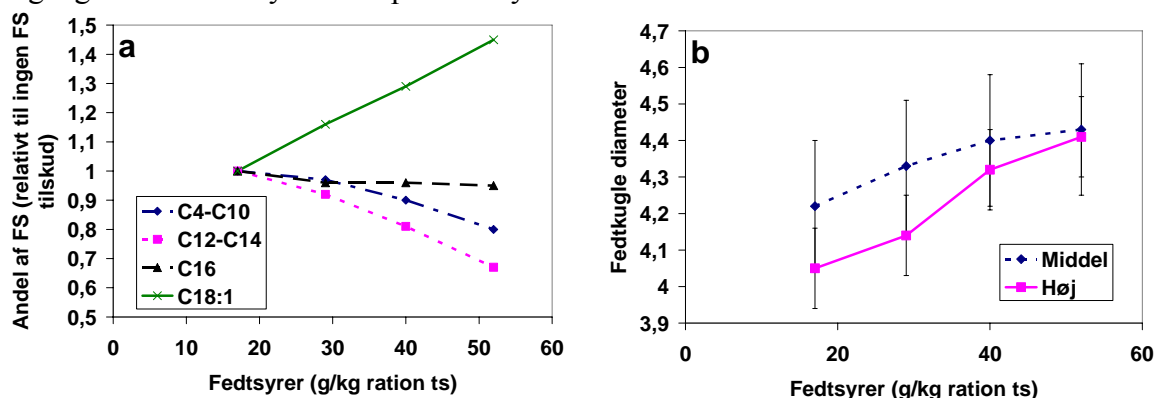
Mælkens sammensætning

Med øget FS_{ration} steg fedtprocenten, dog ikke signifikant, mens proteinprocenten faldt (Figur 4a,b). Den generelle lineære respons på tværs af ydelsesgrupper (Tabel 5) pr. 10 g øgning i FS_{ration} var 0,039 % fedt ($P=0,07$), -0,071 % protein ($P<0,0001$) og -0,005 % laktose ($P=0,3$). Den negative effekt af fedttilskud på proteinindholdet i mælk forklares ofte med en fortynding af en konstant proteinproduktion med en øget mælkeproduktion i kg, hvilket dette forsøg også tyder på, idet proteinydelsen ikke var signifikant påvirket af fedttilskud. Ved en øgning af FS_{ration} fra 17 til 52 g/kg ration tørstof betød den kombinerede effekt af et reduceret protein- og et lidt øget fedtindhold en alvorlig reduktion i mælkens protein/fedt forhold ($P<0,0001$) fra 0,83 til 0,75 og fra 0,86 til 0,77 for henholdsvis middel og højt ydende køer (Figur 4c). Det generelle lineære respons på tværs af ydelsesgrupper i protein/fedt forholdet var -0,024 pr. 10 g øgning i FS_{ration} ($P<0,0001$) (Tabel 5). Fedttilskud ændrer således alvorligt på forholdet mellem værdistofferne i mælken.



Figur 4. Effekten af fedtsyrekoncentrationen i rationen på mælkenes sammensætning for middel og højt ydende køer.

Mælkenes fedtsyre sammensætning blev betydeligt påvirket ved øgning i FS_{ration} , som det fremgår af Figur 5a. Andelen af kortkædede fedtsyrer ($C_{4:0}$ - $C_{10:0}$), og især mellemlangkædede fedtsyrer ($C_{12:0}$ - $C_{14:0}$) blev reduceret, mens andelen af oliesyre ($C_{18:1}$) blev øget betydeligt. Reduktionen af kortkædede og mellemlangkædede fedtsyrer skyldes såvel en fortynding som en reduceret daglig produktion (de novo syntese). Andelen af palmitinsyre ($C_{16:0}$) blev reduceret en smule ved øget fedttilskud, og dette på trods af at 43 % af fedtsyrerne i tilskudsfedtet var palmitinsyre. Dette må skyldes, at den betydelige tilførsel af palmitinsyre fra tilskudsfedtet er blevet mere end opvejet af nedgangen i de novo syntese af palmitinsyre.



Figur 5. Effekten af fedtsyrekoncentrationen i rationen på ændring i mælkenes relative fedtsyresammensætning (a) og i fedtkugle diameteren (μm) (b).

Fedtkugle diameteren kan påvirke mejeriprodukterne, og det er vist, at ost der er fremstillet af mælk med små fedtkugler er mindre fast end ost fremstillet af mælk med store fedtkugler (Michalski et al., 2003 & 2004). Fodring med højt niveau af mættede fedtsyrer resulterer i en høj gennemsnitlig fedtkugle diameter (Wiking et al., 2003 & 2005), og desuden er gennemsnitlig fedtkuglediameter positivt korreleret med daglig mælkefedtydelse (Wiking et al., 2004). I dette forsøg blev den gennemsnitlige fedtkuglediameter generelt øget med 0,092 μm ($P < 0,0001$), ved en øgning af $\text{FS}_{\text{ration}}$ med 10 g/kg ts (Tabel 5). Der var ikke signifikant forskel mellem de 2 ydelsesgrupper i gennemsnitlig fedtkugle diameter (Figur 5b).

Analysen for indholdet af frie fedtsyrer viste ingen behandlingseffekt, således gav øget fedtkugle diameter ikke øget indhold af frie fedtsyrer i dette forsøg, i modsætning til hvad der blev fundet af Wiking et al. (2003 & 2005), hvilket måske skyldes at øgningen i gennemsnitlig fedtkuglestørrelse var forholdsvis moderat i dette forsøg.

Konklusion

Fedtsyretilskud øgede mælkeydelsen i EKM, men ikke som forventet proportionalt til ydelsesniveauet, og øgede den gennemsnitlige fedtsyrelængde samt fedtkuglediameter i mælken, mens indholdet af frie fedtsyrer var uændret.

Foderenhedssystemet undervurderer energiværdien for foderfedt med højt indhold af fedtsyrer som den her afprøvede PFAD fedt. Det må forventes at NorFor fodervurderingssystemet giver en bedre vurdering, da NorFor systemet anvender en højere energifaktor for fedt.

Anerkendelser

Scanfedt A/S, Århus, takkes for sponsorering af PFAD fedtet.

Personalet i kvægstalde og mølleriet takkes for stor entusiasme og godt samarbejde under forsøgets gennemførelse.

Referencer

- Børsting, C.F., Hermansen, J. & Weisbjerg, M.R. 2003. Fedtforsyningens betydning for mælkeproduktionen. I: Kvægets ernæring og fysiologi. Bind 2 – Fodring og produktion. Ed.: F. Strudsholm & K. Sejrsen. DJF rapport nr. 54. 133-151.
- Chilliard, Y 1993 Dietary fat and adipose tissue metabolism in ruminants, pigs, and rodents: A review. *Journal of Dairy Science* 76 3897-3931
- Michalski MC, Gassi JY, Famelart MH, Leconte N, Camier B, Michel F & Briard V 2003 The size of native milk fat globules affects physico-chemical and sensory properties of Camembert cheese. *Lait* 83 131-143
- Michalski MC, Camier B, Briard V, Leconte N, Gassi JY, Goudédranche H, Michel F & Fauquant J 2004 The size of native milk fat globules affects physico-chemical and functional properties of Emmental cheese. *Lait* 84 343-358
- NRC 2001 Nutrient requirements of dairy cattle. Seventh revised edition, National Research Council. National Academy Press, Washington, D.C. 381 pp
- Østergaard V, Danfær A, Daugaard J, Hindhede J, & Thyssen I 1981 Foderfedtets indflydelse på malkekøernes produktion. Beretning 508 fra Statens Husdyrbrugsforsøg, 140 pp
- Strudsholm F, Aaes O, Madsen J, Kristensen VF, Andersen HR, Hvelplund T, & Østergaard S 1999 Danske Fodernormer til Kvæg. Landsudvalget for Kvæg. Rapport Nr. 84, 47 pp
- Van Es, A.J.H. 1978. Feed evaluation for ruminants. I. The systems in use from May 1977 onwards in The Netherlands. *Livest. Prod. Sci.* 5:331-345.
- Weisbjerg MR & Hvelplund T 1993 Bestemmelse af nettoenergiindhold (FE_K) i råvarer og kraftfoderblandinger. Forskningsrapport nr. 3, Statens Husdyrbrugsforsøg. 39 pp

Weisbjerg M.R., Wiking, L., Kristensen, N.B. & Lund, P. 2008. Effects of Supplemental Dietary Fatty Acids on Milk Yield and Fatty Acid Composition in High and Medium Yielding Cows. *J. Dairy Research*, in press.

Wiking L, Björck L & Nielsen JH 2003 Influence of feed on stability of fat globules during pumping of raw milk. *International Dairy Journal* 13 797-803

Wiking L, Stagsted J, Björck L & Nielsen JH 2004 Milk fat globule size is affected by fat production in dairy cows. *International Dairy Journal* 14 909-913

Wiking L, Bertram HC, Björck L & Nielsen JH 2005 Evaluation of cooling strategies for pumping of milk - Impact of fatty acid composition on free fatty acid levels. *Journal of Dairy Research* 72 476-481.

Fedt og stivelse

Kristen Sejrsen og Mette Olaf Nielsen*

*Inst. for Husdyrsundhed, Velfærd og Ernæring, Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet,
Aarhus Universitet*

**Inst. for Basal Husdyr- og Veterinærvidenskab
Det Biovidenskabelige Fakultet, Københavns Universitet*

Sammendrag

Der er gennemført 3 forsøg til belysning af samspillet mellem umættet fedt og stivelse på mælkeydelse og mælkens sammensætning. I de tre forsøg blev forholdet mellem umættet fedt og stivelse varieret på forskellig vis. Resultaterne af det første forsøg viste at meget høje fedtniveauer reducerede foderoptagelse og mælkeydelse. Mælkens procentvise fedtindhold var ikke reduceret, men fedtsyreanalyserne viste, at en kraftig reduktion af de novo fedtsyntesen yveret var kompenseret af et relativt større indhold af fedt direkte fra foderet. Resultaterne af forsøg to viste at tildeling af et højt niveau af umættet fedt i kombination med et højt stivelseniveau medfører en kraftig nedgang i mælkefedtydelsen. Nedgangen skyldes en reduktion i mælkens indhold af både de novo syntetiseret fedt og fedt fra foderet. Det sidste forsøg satte en streg under samspillet mellem umættet fedt og stivelse. Således tyder resultaterne på, at nedgangen i fedtydelse som følge af et højt umættet fedt- og stivelsesindhold i foderet kan undgås ved at anvende by-pass stivelse.

Indledning

Stivelsesindholdet i foderrationer til køer er blevet kraftigt forøget i løbet af de seneste år. Det skyldes først og fremmest den kraftigt stigende andel af majsensilage i grovfoderet, men en forøgelse af kraftfodertildelingen i takt med køernes stigende ydelsespotentiale bidrager også til, at stivelsesindholdet i foderrationen er højt i mange besætninger. Samtidig har der været fokus på anvendelse af fedt i foderrationerne til kvæg først og fremmest fordi fedttilskud kan øge energiindholdet i foderet og derved medføre en forøgelse af produktionen (se bilag af Weisbjerg og Wiking, 2008). Forskningsmæssigt har der også været fokus på betydningen af anvendelse af umættet fedt i foderet, fordi det - via fedttilskuddet - er muligt at påvirke mælkefedtets sammensætning i gunstig i retning i relation til mælkens sundhedsmæssige værdi via øget indhold af CLA eller omega 3 fedtsyrer i mælken (se Nielsen et al. 2005). I forbindelse med disse projekter og i stivelsesprojektet er der gennemført 3 forsøg, der belyser samspillet mellem fedt og stivelse i rationen. I det første forsøg belyses effekten af stigende fedtindhold i rationen. I det næste forsøg belyses effekten af højt stivelsesindhold i grundfoderet (majs- vs. Græsensilage) i kombination med højt fedtindhold. I det tredje forsøg undersøges effekten af by-pass stivelse. Tina Skau Nielsen og Troels Bjørn har som specialestuderende ydet en stor indsats i forbindelse med gennemførelsen af disse forsøg (Nielsen 2004, Bjørn 2007).

Forsøg 1 – Indflydelse af store mængder umættet fedt

Forsøget blev gennemført med 24 køer med en gennemsnitlig ydelse på 25,3 kg pr. før forsøgets start. Køerne var i gennemsnit var 186 dage fra kælvning (Nielsen et al., 2005, Bjørn, 2007). Køerne blev tildelt rationer med stigende indhold af fedt i form af solsikkefrø. Indholdet af fedtsyrer i rationen blev forøget fra 2,1 til 9,0 %. Det betyder at indholdet af fedtsyrer på to af holdene var

højere end det anbefalede, der er 5 % eller 50g pr kg tørstof (Strudsholm et al., 1999). Det højere fedtindhold blev opnået via en reduktion i byg og sojaskrå. Det medførte en kraftig reduktion i indholdet af stivelse i rationen.

Tabel 1. Undersøgelse af betydningen af tildelingen af solsikkefrø på mælkeproduktion og mælkens sammensætning - Forsøgsfoderets sammensætning

Solsikkefrø, % af tørstof	Forsøgsbehandling			
	Kontrol	5	10	15
Foderstofsammensætning, % af ts.				
Solsikkefrø	-	5,1	10,3	15,7
Sojaskrå	14,3	10,5	8,8	13,4
Byg	29,8	28,5	24,6	12,6
Kløvergræsensilage	55,3	55,3	55,8	58,1
Kemisk sammensætning, % af ts.				
Råprotein,	16,4	15,4	15,1	17,3
Råfedt	3,2	5,6	8,1	10,6
Fedtsyrer fra solsikkefrø	0	2,3	4,6	6,9
Fedtsyrer, ialt	2,1	4,4	6,7	9,0
C18:1 –oliesyre	0,22	0,81	1,42	2,05
C18:2 –linolsyre	0,83	2,26	3,71	5,19
C18:3 – linolensyre	0,48	0,48	0,48	0,49
Stivelse	19,9	18,9	16,5	9,6
NDF	31,6	31,9	32,4	33,3

Både foderoptagelse og mælkeydelse var reduceret på de hold hvor indholdet af fedtsyrer oversteg det anbefalede. Proteinindholdet i mælken var upåvirket af fedtindholdet i rationen, altså var proteinydelsen reduceret i takt med nedgangen i ydelsen. Sædvanligvis ses en nedgang i fedtprocenten når indholdet af umættet fedt i rationen er højt, specielt i kombination med højt stivelsesindhold (se review af Griinari & Bauman, 2006). Der skete ikke i dette forsøg. Tværtimod var der en tendens til en stigning i fedtprocenten. Årsagen kunne tænkes at være begrundet i det reducerede stivelsesindhold i rationen, da en nedgang i fedtprocenten som nævnt først og fremmest sker når optagelsen af umættet fedt sker i samspil med højt indhold af stivelse. Undersøgelse af mælkens fedtsyresammensætning viser imidlertid, at der også i dette forsøg var en meget stor nedgang i de novo fedtsyntesen, som blev kompenseret af en kraftig stigning andelen af foderfedt i mælkefedtet. Andelen af de novo fedt i mælkefedtet faldt fra det normale 50 % helt ned til 30 %. Årsagen til at en høj andel af umættet fedt reducerer de novo fedtsyntesen skyldes sandsynligvis at specifikke trans-fedtsyrer dannet i vommen hæmmer fedtsyntesen i yveret (Griinari & Bauman 2006).

Tabel 2. Undersøgelse af betydningen af tildelingen af solsikkefrø på mælkeproduktion og mælkens sammensætning – Foderoptagelse og mælkeproduktion

Solsikkefrø, % af tørstof	Forsøgsbehandling				P
	Kontrol	5	10	15	
Foderoptagelse/dg					
Tørstof, kg	17,9 ^a	18,3 ^a	14,4 ^b	14,4 ^b	<0,001
Stivelse, kg	3,57 ^a	3,44 ^a	2,38 ^b	1,38 ^c	<0,001
Fedtsyrer, g	377 ^a	808 ^b	1006 ^c	1294 ^d	<0,001
C18:1, g	40 ^a	150 ^b	213 ^c	295 ^d	<0,001
C18:2, g	149 ^a	416 ^b	558 ^c	746 ^d	<0,001
C18:3, g	86 ^a	87 ^a	72 ^b	71 ^b	0,002
Produktion					
Mælkeydelse, kg/dg	28,4 ^a	27,0 ^a	24,1 ^b	21,9 ^b	0,001
Protein %	3,31	3,25	3,11	3,18	0,266
Fedt %	3,76	3,80	3,97	4,38	0,081
Fedtydelse, g/dg	1051 ^a	1015 ^{ac}	826 ^b	951 ^{bc}	0,007
De novo fedt, %	50 ^a	41 ^b	33 ^c	30 ^c	<0,001
Fedt fra foder, %>C16	50 ^a	59 ^b	67 ^c	70 ^c	<0,001

Gennemsnit på samme linie med forskellige bogstaver er signifikant forskellige ^a (p<0,05), ^bp<0,01, ^cp<0,001

Forsøg 2 – Grovfoderets – stivelsesindholdets - indflydelse i kombination med højt fedtindhold.

Dette forsøg blev gennemført som opfølgning på forsøg 1 for at belyse grovfoderets - stivelsesindholdets - betydning for mælkeydelsen og mælkens sammensætning i kombination med højt indhold af fedt i rationen (Nielsen et al., 2005, Nielsen et al., 2006). Forsøget blev gennemført med 40 køer med en gennemsnitlig ydelse ved forsøgets start på 25,5 kg pr. dag. De var i gennemsnit 176 dage fra kælvning. Forsøget blev gennemført som 2 x 2 faktorielt forsøg med ensilagetypen og energi-/kraftfoderniveau som hovedfaktorer. Rationer var planlagt til at have det samme fedtindhold i rationen (Tabel 3). Fedttilskuddet blev givet i form af rapskager. Det endelige fedtindhold i rationerne blev lige omkring eller lidt over det anbefalede. Det ekstra kraftfoder blev tildelt som ekstra valset byg. AAT/PBV behovet var opfyldt på begge rationer.

Tabel 3. Grundrationens betydning for mælkeproduktion og mælkens sammensætning ved højt indhold umættet fedt i rationen - Forsøgsfoderets sammensætning

Ensilagetype	Forsøgsbehandling		Majs	
	Græs	Højt	Lavt	Højt
Kraftfoderniveau	Lavt	Højt	Lavt	Højt
Fodersammensætning, % af ts.				
Majsensilage	-	-	68,8	52,0
Græsensilage	72,7	52,7	-	-
Valset byg	-	18,3	-	16,2
Rapskager	27,0	28,3	30,2	30,6
Kemisk sammensætning, % af ts.				
Tørstof %	35,0	41,7	38,9	45,5
Råprotein	20,9	19,9	15,4	15,8
Råfedt	6,5	6,6	6,9	6,9
Fedtsyrer i alt	5,2	5,6	6,2	6,3
18:1 – oliesyre	2,35	2,51	2,99	2,98
18:2 – linolsyre	1,11	1,40	1,80	1,88
18:3 – linolensyre	0,96	0,85	0,52	0,53
Stivelse	0,38	10,1	20,8	24,4
NDF	33,8	29,0	33,4	29,2
FE/kg Tørstof	0,96	1,01	0,91	0,96

Forsøgsresultaterne er vist i Tabel 4. Tørstofoptagelsen var ikke signifikant påvirket af ensilagetyperne. Derimod var der signifikant forskel i optagelsen af de forskellige næringsstoffer i overensstemmelse med forskellen i rationernes sammensætning. Optagelsen af fedtsyrer var signifikant højere på majsholdene, hvilket skyldes et lidt højere fedtindhold i majsensilagen end forventet. Der var ingen forskel i mælkeydelsen mellem de to ensilagetyper og heller ikke mellem de to kraftfoderniveauer. Proteinindholdet i mælken var påvirket af begge hovedfaktorer men i overensstemmelse med det forventede, var det kun energiniveauet der havde signifikant indflydelse på proteinydelsen. Fedtydelsen derimod var meget stærk reduceret på de hold, der fik majsensilage selvom disse hold optog mere fedt i foderet. Således var fedtprocenten på holdet der fik majsensilage og højt kraftfoderniveau mere end en hel procent lavere end fedtindholdet på de hold hvor kørerne fik græsensilage. Som det fremgår, var andelen af det de novo syntetiserede fedt helt nede på at udgøre 26 og 27 % af fedtet på ensilage holdene, så selvom andelen af fedt i mælken fra foderet var forøget, var mælkefedt med oprindelse fra foderfedtet reduceret med ca. 200 g pr. dag. Den lave fedtprocent ved fodring med majsensilage og højt indhold af umættet fedt i rationen er blevet bekræftet i et senere forsøg (Sejrsen et al., 2006; Schaltz 2005). Årsagen til at højt stivelseniveau forstærker effekten af umættet fedt er sandsynligvis at det lave pH, der er forbundet med højt stivelsesniveau, forstærker dannelsen af de fedtsyrer i vommen, der reducerer mælkefedtsyntesen (se Griinari og Bauman, 2006).

Disse resultater støtter, at højt indhold af umættet fedt og stivelse i kombination kan medføre en drastisk nedgang i fedtprocenten, men de viser også at nedgangen i ydelsen ikke kan forklares alene ved en nedgang i de novo fedtsyntesen. Det er overensstemmelse med at sådanne rationer ikke kun reducerer aktiviteten af de enzymer, der regulerer de novo syntese (acetyl CoA carboxylase og fedtsyre syntetase), men også de enzymer, der er involveret i optagelsen af de langkædede fedtsyrer, f.eks. LPL-lipoprotein lipase (Bernard et al. 2006; Sejrsen et al., 2006; Schaltz, 2005).

Tabel 4. Grundrationens betydning for mælkeproduktion og mælkens sammensætning ved højt indhold umættet fedt i rationen - Foderoptagelse og mælkeproduktion

Ensilage (E) Kraftfoderniveau (K)	Forsøgsbehandling				P1		
	Græs (G)		Majs (M)		E	K	E × K
	Lavt	Højt	Lavt	Højt			
Foderoptagelse/dg							
Tørstof, kg	18,4	19,4	18,4	20,0	0,49	<0,01	0,43
Stivelse, g	70 a	1948 b	3818 c	4874 d	<0,001	<0,001	<0,001
Crude protein, g	3845 a	3848 a	2826 b	3164 c	<0,001	<0,01	<0,05
18:2, g	211	275	345	390	<0,001	<0,001	0,19
18:3, g	180 a	167 b	105 c	114 c	<0,001	0,50	<0,01
Total C18 FA, g	842	948	1023	1123	<0,001	<0,001	0,88
Total FA, g	957	1085	1139	1260	<0,001	<0,001	0,90
Mælkeydelse/dg							
Mælk, kg	24,4	25,6	23,4	23,7	0,17	0,49	0,67
Protein %	3,48	3,67	3,76	3,90	<0,01	<0,05	0,76
Protein, g	842	933	864	917	0,92	0,06	0,60
Fedt %	4,16	4,13	3,41	3,05	<0,001	0,15	0,22
Fedt, g	1003	1053	786	726	<0,001	0,91	0,23
De novo fedt %	32	33	27	26			
Fedt fra foder %	68	67	73	74			

Gennemsnit på samme linie med forskellige bogstaver er signifikant forskellige ^a p<0,05, ^b p<0,01, ^c p<0,001

Forsøg 3 - Betydningen af by-pass stivelse på samspillet mellem umættet fedt og stivelse

Formålet med dette forsøg var at undersøge om anvendelse af by-pass stivelse, der kan formindske nedgangen i vom pH, vil kunne forebygge den nedgang i fedtprocenten der sker når umættet fedt tildeles sammen med højt stivelsesniveau. Forsøget blev gennemført med 30 køer fordelt på 5 hold – et kontrolhold, to hold med stigende tildeling af valset byg og to hold med stigende tildeling af Gerpas – dvs. byg behandlet så en forøget del af stivelsen passerer gennem vommen ufordøjet (Hvelplund et al., 2006).

Målet var at tage udgangspunkt i den foderplan, der var anvendt på majsholdet i forsøg 2. Desværre var foderoptagelsen af rationen stærkt reduceret og ydelsen faldt drastisk. Derfor måtte forsøget standses. Årsagen til køernes vægring mod majsensilagen er ukendt og den var ikke observeret tidligere, fordi majsensilagen altid tidligere har været anvendt med en vis andel af græsensilage i foderet. Derfor måtte vi starte forsøget på ny og inkludere noget græsensilage. Det var meget uheldigt, da vi derfor ikke kunne forvente den samme drastiske nedgang i fedtprocenten som vi havde set i to tidligere forsøg med denne ration (Forsøg 2 og Schaltz 2005). De anvendte rationer er vist i Tabel 5. Kontrolholdet blev fodret med basisrationen bestående af majsensilage, græsensilage og rapskager suppleret med roepiller. På de andre forsøgshold blev roepillerne halvvejs eller helt erstattet med valset byg eller Gerpas. Som det fremgår af Tabel 5 opnåede vi næsten det samme stivelsesniveau som planlagt, men vi besluttede at sikre os at indholdet af umættet fedt ikke oversteg normen. Fedtniveauet blev analyseret til at være ca. 40/kg tørstof.

Tabel 5. Betydningen af by-pass stivelse på mælkeproduktion og mælkens sammensætning ved højt indhold umættet fedt i rationen - Forsøgsfoderets sammensætning

Stivelsesindhold (I), % ts, Stivelseskilde (K)	Forsøgsbehandlinger				
	0	13	26	26	26
	Kontrol	Valset byg	GerPass	Valset byg	GerPass
Kemisk sammensætning, % af ts.					
Roepiller	26,0	13,0	13,0	0	0
Valset byg	0	13,0	0	26,0	0
GerPass	0	0	13,0	0	26,0
Majs ensilage	28,7	28,8	28,8	28,7	28,7
Græsensilage	14,5	14,6	14,6	14,4	14,4
Rapskager	26,8	26,8	26,8	26,8	26,8
Byghalm	3,0	3,0	3,0	3,1	3,1
Kemisk sammensætning, % af ts.					
Råprotein	16,7	16,8	16,8	16,9	16,9
Fedtsyrer	3,6	3,8	3,8	4,0	4,0
Stivelse	6,9	14,9	14,9	22,8	22,8
NDF	39,6	35,6	35,6	31,6	31,6

Tørstofoptagelsen var ikke signifikant forskellig mellem holdene, men stivelsesoptagelsen steg som planlagt med stigende tildeling af byg/Gerpass (Tabel 6). I overensstemmelse med foderoptagelsen var der ingen forskel i mælkeydelsen og proteinprocenten var ikke påvirket. Vi har ingen forklaring på vekselvirkningen i proteinydelsen. Der er også signifikant vekselvirkning i behandlingernes indflydelse på både fedtprocent og fedtydelse, således at begge dele var reduceret på holdet med højt niveau af valset byg. Fedtydelsen pr. dag var reduceret med over 150 g i forhold til holdet der fik Gerpass. Konklusionen må være at by-pass stivelse begrænser påvirkningen af vommens pH og dermed dannelsen af fedtsyrer, der hæmmer mælkefedtsyntesen selv når fedtniveauet ligger indenfor det anbefalede niveau. Resultatet slår således en streg under sammenhængen mellem umættet fedt og stivelse og mælkens fedtindhold. I dette forsøg var der, som i de andre forsøg et relativt lavt indhold af de novo syntetiserede fedtsyrer i mælken men den lavere fedtydelsen kan kun forklares ved en nedgang i mælkens indhold af både nydannede fedtsyrer og fedtsyrer fra foderet. Den relativt mindre ændring end i de tidligere forsøg skyldes med stor sandsynlighed det lavere fedtniveau i rationen.

I forsøget blev også målt hvordan stigende mængder af stivelse med forskellig vombeskyttelsesgrad påvirkede koncentrationen i blodet af vigtige metabolitter og hormonet insulin, og hvordan koncentrationerne ændrede sig fra før til efter fodring. Disse resultater er vist i Tabel 7. En ration med såvel højt umættet fedt og stivelsesindhold kan som allerede nævnt give anledning til dannelse af specielle fedtsyrer i vommen, som man mener kan sænke yverets fedtsyntese bl.a. ved at hæmme yverets evne til at optage visse næringsstoffer fra blodet (Griinari og Bauman, 2006). Derfor blev der i forsøget også udtaget blodprøver til måling af den såkaldte arterio-venøse differens (AV) for disse metabolitter over yveret. AV differensen angiver, hvor meget koncentrationen af næringsstoffer sænkes ved blodets passage gennem yveret, og afspejler dermed yverets evne til at optage disse næringsstoffer fra blodet (Madsen og Nielsen, 2003).

Tabel 6. Betydningen af by-pass stivelse mælkeproduktion og mælken sammensætning ved højt indhold umættet fedt i rationen – Foderoptagelse og mælkeproduktion

Stivelsesindhold (I), % ts.	Forsøgsbehandling					P		
	0	13		26		I	K	I x K
Stivelseskilde (K)	Kontrol	Valset byg	Gerpass	Valset byg	Gerpass			
Foderoptagelse/dg								
Tørstof, kg	23,9	25,0	24,3	22,9	23,8	0,200	0,934	0,379
Fedtsyrer, g	844	940	925	906	943	0,830	0,766	0,484
Stivelse, kg	1,6 ^c	3,7 ^b	3,6 ^b	5,2 ^a	5,4 ^a	<0,001	0,660	0,436
Mælkeydelse/dg								
Mælk, kg	37,2	39,5	38,0	38,6	38,8	0,944	0,577	0,455
Protein %	3,22	3,29	3,27	3,33	3,29	0,294	0,192	0,666
Protein, g	1214 ^b	1280 ^a	1219 ^b	1238 ^{ab}	1281 ^a	0,611	0,635	0,018
Fedt, %	3,53 ^{ab}	3,73 ^a	3,56 ^{ab}	3,37 ^b	3,66 ^{ab}	0,257	0,575	0,042
Fedt, g	1342 ^{ab}	1421 ^a	1331 ^b	1224 ^c	1387 ^b	0,023	0,214	<0,001
De novo fedt, %	40	37	37	35	39			
Fedt fra foder, %	60	63	63	65	61			

Gennemsnit på samme linie med forskellige bogstaver er signifikant forskellige ^a p<0,05, ^b p<0,01 ^c p<0,001

Som det ses i Tabel 7 havde stivelsesfodringen meget begrænset indflydelse på koncentrationen i blodet af metabolitter og hormonet insulin. Der var ikke nogen som helst indikation af at blodets glukose indhold steg med stigende stivelsestildeling hos de Gerpass fodrede køer, på trods af at Gerpass indeholder vombeskyttet stivelse, og man dermed ville forvente, at der var en større absorption af glukose fra tyndtarmen på denne fodring.. Men på rationerne med valset byg kunne man derimod mod forventning se denne tendens. Stivelsesfodring resulterede i væsentligt større fodringsinducerede stigninger i insulin koncentration i plasma. Men mod forventet var det igen især på valset byg fodringen at insulin responset mest klart steg med stigende mængde stivelse. Der er ikke umiddelbart noget i blodprofilerne eller i de målte AV differenser over yveret, der kan bidrage til at forklare at køer fodret med Gerpass har været i stand til at opretholde en højere fedt% med stigende stivelsestildeling end de køer der blev fodret med valset byg, for hverken AV differenserne for Ikke-Esterificerede Fedtsyrer (NEFA), triglycerid (TG) eller β -hydroxy-butyrat (BHB) blev påvirket i positiv retning ved Gerpass fodringen. Tværtimod faldt både plasma koncentration og AV differensen over yveret for BHB med stigende stivelsestildeling på både Gerpass og valset byg holdene, og den fodringsinducerede stigning i BHB faldt også med stigende stivelsestildeling uanset i hvilken form. Udskiftningen af roepiller (fordøjelige cellevægge) med stivelse må derfor have ændret forgærmingsmønsteret i vommen i retning af en lavere BHB forgæring. Men vi har ikke umiddelbart nogen forklaring på dette forhold.

Tabel 7. Koncentrationer af metabolitter og insulin i det systemiske blod (halsvene) samt yverets næringsstofoptag (arterio-venøs differens; AV) fra køer fodret med forskellige niveauer af stivelse med forskellig vomnedbrydelighed.

Stivelsesindhold (I), % ts. Stivelseskilde (K)	Foderrationer				
	0	13	26		
	Kontrol	Valset byg	GerPass	Valset byg	GerPass
Før fodring:					
Glukose (mM)					
Halsvene	3,80	3,75	3,80	3,97	3,79
AV over yveret	1,12	0,73	1,14	1,20	1,03
NEFA (µekv/l)					
Halsvene	201	225	235	211	229
AV over yveret	-0,55	9,11	21,4	-15,4	23,6
Triglycerid (mM)					
Halsvene	0,202	0,187	0,228	0,214	0,196
AV over yveret	0,078	0,061	0,097	0,094	0,084
BHB (mM)					
Halsvene	0,75	0,65	0,64	0,63	0,56
AV over yveret	0,28	0,20	0,25	0,26	0,23
Urea (mM)					
Halsvene	6,45	6,29	6,51	5,93	6,34
AV over yveret	0,07	-0,44	0,03	0,04	-0,03
Insulin (µg/l)					
Halsvene	0,558	0,466	0,479	(0,457)	0,335
Efter fodring:					
Glukose (mM)					
Halsvene	3,46	3,75	3,55	3,86	3,53
AV over yveret	0,99	1,03	1,03	1,11	0,85
NEFA (µekv/l)					
Halsvene	185	183	186	186	164
AV over yveret	-5,62	-3,20	11,70	0,86	-7,25
Triglycerid (mM)					
Halsvene	0,200	0,183	0,198	0,188	0,172
AV over yveret	0,073	0,070	0,087	0,076	0,060
BHB (mM)					
Halsvene	1,11	0,85	0,97	0,75	0,73
AV over yveret	0,40	0,32	0,34	0,30	0,24
Urea (mM)					
Halsvene	6,59	6,95	6,66	6,15	6,63
AV over yveret	-0,06	0,03	-0,08	0,10	0,03
Insulin (µg/l)					
Halsvene	0,653	0,672	0,690	0,965	0,622
Stigning før til efter fodring	0,095	0,205	0,212	0,508	0,287

Referencer

Bjørn, T. 2007. Regulation of milk fat synthesis in dairy cows -Influence of dietary lipid and starch on milk production and mammary lipogenic gene expression. Master Thesis KVL/DJF. 60 pp.
 Bernard, L., Leroux C. and Chilliard Y. 2006. Characterisation and nutritional regulation of the main lipogenic genes in the ruminant lactating mammary gland. n: Ruminant Physiology, Eds. Sejrsen, K., Hvelplund, T. and Nielsen, M.O. Wageningen Academic Publishers, The Netherlands. p 295-326

- Griinari, J.M. and Bauman, D.E. 2006. Milk depression: concepts, mechanisms and management applications. In: Ruminant Physiology, Eds. Sejrsen, K., Hvelplund, T. and Nielsen, M.O. Wageningen Academic Publishers, The Netherlands. p 389-422
- Hvelplund, T., M. Larsen, and P. Lund. 2006. Stivelse til malkekøer - kan fordøjelsen flyttes fra vom til tarm? in Temamøde om kvægernæring. J. Sehested ed. Intern rapport Husdyrbrug nr. 46
- Madsen, T.G. and M.O. Nielsen. 2003. Næringsstofomsætning i ekstrahepatiske væv. I: Kvægets ernæring og fysiologi (Eds. Hvelplund T & Nørgård P), DJF Report Husdyrbrug no. 53. Bind 1, Kap. 15.
- Nielsen, T.S. 2004. Conjugated linoleic acid (CLA) in cows milk – influence of diet on milk content and effect of CLA intake on breast cancer. Master Thesis KVL/DJF. 65 pp.
- Nielsen, T.S., Andersen, H.R., Sørensen, M.T., Weisbjerg, M.R., Strårup, E.M. & Sejrsen, K., 2005. Konjugeret linolsyre (CLA) og vaccensyre i dansk mælk - betydning af fodring og andre produktionsrelaterede faktorer. DJF rapport 64, 73 pp.
- Nielsen, T. S., E. M. Straarup, M. Vestergaard, and K. Sejrsen. 2006. Effect of silage type and concentrate level on conjugated linoleic acids, trans-C18 : 1 isomers and fat content in milk from dairy cows. *Reproduction, Nutrition, Development* 46:699-712
- Schaltz, R. 2005. Nutrition and milk fat synthesis in dairy cows - influence of unique fatty acids on milk fat composition and mammary gene expression. Master Thesis KVL/DJF. 78 pp.
- Sejrsen, K., Bjørn, T. and Jensen, S.K. 2007. Prospects of obtaining favourable fatty acid composition of cows milk by feeding. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 16, suppl. 1, 7-20.
- Martin Riis Weisbjerg og Lars Wiking 2008. Er responset på fedttildeling proportional med ydelsen? Bilag til kvægtemamøde 10. april 2008.

Øget glukoseforsyning i tidlig laktation

Mogens Larsen* og Niels Bastian Kristensen

*Inst. for Husdyrsundhed, Velfærd og Ernæring, Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet,
Aarhus Universitet/*AgroTech*

Sammendrag

Seks multikateteriserede 2. kalvskøer blev brugt til at undersøge virkningen af øget glukoseabsorption i tyndtarmen på glukose- og aminosyreforsyningen til de perifære væv, samt dyrenes glukogene status og fordelingen af glukoseforbruget mellem yvervæv og andre væv. Dyrene blev tilfældigt fordelt på behandlingerne Kontrol eller Infusion af 1500 g glukose/d i løben fra kælvningsdagen og 29 dage frem. Der blev taget blodprøver fra en arterie, portåren og levervenen 14 dage før forventet kælvning, samt 4, 15 og 29 dage efter kælvning. Foderoptagelsen og mælkeydelsen var lavere på glukoseinfusion. Absorptionen af glukose fra tyndtarmen til portåreblodet blev øget af glukoseinfusion, mens frigivelsen af glukose fra leveren blev mindsket som følge af den lavere foderoptagelse. Dermed blev forsyningen med glukose til de perifære væv numerisk øget af glukoseinfusion. Nettoabsorptionen af total og essentielle aminosyrer fra tyndtarmen til portåreblodet tenderede til at være mindsket med glukoseinfusion som følge af den lavere foderoptagelse. Derimod blev frigivelsen af aminosyrer fra leveren ikke påvirket. Dermed blev forsyningen med total og essentielle aminosyrer til de perifære væv, fra fordøjelseskanalen og leveren, ikke øget af glukoseinfusion. Glukoseinfusion øgede køernes glukogene status og øgede det samlede forbrug af glukose i koen. Yverets glukoseforbrug var mindre på glukoseinfusion i overensstemmelse med den lavere mælkeydelse. For kontrolholdet udgjorde forbruget af glukose i yveret og i de portåredrænede væv over 90 % af kroppens samlede forbrug af glukose, hvorimod forbruget i disse væv kun udgjorde lidt over 60 % af det samlede forbrug på glukoseinfusion. Vi konkluderer, at øget absorption af glukose fra tyndtarmen øgede mængden af glukose til rådighed for mælkeproduktion og gav dermed en højere glukogen status og mindskede mobiliseringen af fedt. Derimod var mængden af aminosyrer til rådighed for mælkeproduktion ikke påvirket af øget glukoseabsorption fra tyndtarmen. Den højere glukogene status ændrede fordelingen af glukoseforbruget mellem yvervæv og andre væv. Nærværende resultater giver således anledning til at sætte spørgsmålstejn ved hypotesen om at glukose er begrænsende for mælkeproduktionen i tidlig laktation.

Baggrund

Fodringsmanagement omkring kælvning er væsentligt for at opnå en succesfuld overgang til ny laktation. Mælkeproduktionen giver et stort træk på glukosepuljen i blodet og derfor må andre væv bruge andre næringsstoffer som energikilde. Samtidig kan koen ikke øge foderoptagelsen i samme takt som energibehovet til mælkeproduktion stiger, og derfor må koen mobilisere energi fra fedtvævene. Som konsekvens af disse forhold indtræffer der ofte en tilstand med lavt indhold af glukose og højt indhold af fedtsyrer i blodet i ugerne lige efter kælvning, som muligvis er med til at prædisponere for en række af de sygdomme, der ofte indtræffer i denne periode.

Der har været fremsat en række teoretiske fordele ved tildeling af bypass stivelse og derfor er forskydning af fordøjelsen af stivelsen fra vommen til tyndtarmen i teorien en interessant mulighed for at mindske problemerne med lavt blodsukker og stor mobilisering af fedt. Der er yderligere

fremSAT teorier om at glukoseforsyningen er begrænsende for mælkeproduktionen i tidlig laktation. De teoretiske fordele ved bypass stivelse kan opstilles således:

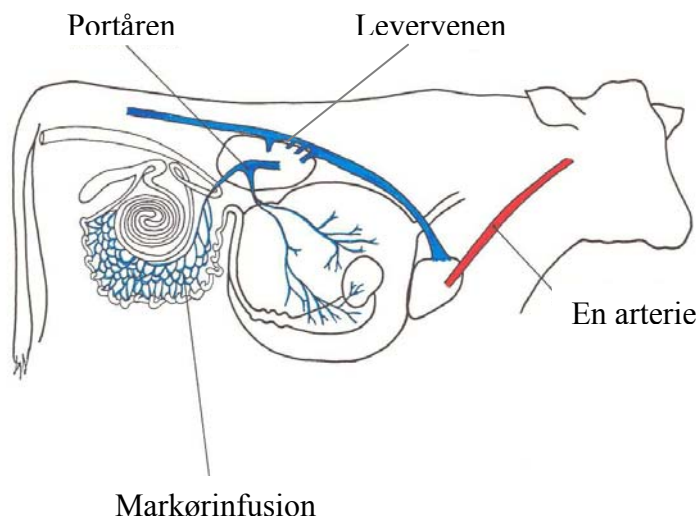
- Forbedret vommiljø ==> Øget fibernedbrydning
- Mindsket forgæringstab ==> Øget energiudnyttelse
- Mindsket forbrug af aminosyrer ==> Øget proteinudnyttelse
- Øget glukoseforsyning ==> Mindsket mobilisering og øget produktion

Alt i alt burde disse fordele medføre en øget mælkeproduktion og forbedret sundhed samtidig med at udnyttelsen af fodret også burde forbedres. Imidlertid giver resultaterne fra produktionslignende forsøg med øget absorption af glukose i tyndtarmen ikke et entydigt billede af virkningen på mælkeydelsen (Nocek & Tamminga, 1991; Reynolds, 2006a). Samtidig er virkningen af stivelsesfordøjelse i tyndtarmen på glukose- og aminosyreforsyningen til perifære væv ikke belyst i tidlig laktation.

Formålet med dette forsøg var derfor at undersøge virkningen af en betydelig glukoseabsorption fra tyndtarmen på metabolismen af glukose og aminosyrer i tarmvævet og leveren og dermed på mængden af disse næringsstoffer, der bliver til rådighed til mælkeproduktion.

Materialer og metoder

Seks vomfistulerede og multikateteriserede malkekøer (figur 1) blev tilfældigt fordelt med 3 køer på hver af behandlingerne Kontrol eller Infusion af 1500 g glukose/dag i løben fra kælvningsdagen. Glukoseinfusionen blev trappet op over 3 dage med 500 g/d på kælvningsdagen, 1000 g/d på dag 2 og 1500 g/d fra dag 3 og frem.



Figur 1. Dyremodel med placering af permanente katetre til udtagelse af blodprøver

Alle køer blev tildelt den samme goldration (restriktivt) og den samme laktationsration (ad libitum, tabel 1). Begge rationer blev tildelt i ens portioner med 8 timers interval. Infusion af glukose i løben blev gennemført med en slange indført i koen gennem vomfistlen. Foderoptagelse og mælkeydelse blev målt dagligt, mens der blev taget blodprøver 14 dage før forventet kælvning samt 4, 15 og 29

dage efter kælvning. På opsamlingsdagene blev der taget blodprøver hver time i 8 timer, begyndende 30 minutter før morgenfodringen kl. 8.00.

For at beregne nettoabsorptionen af næringsstoffer fra fordøjelseskanalen blev der taget prøve af det blod, der løber til fordøjelseskanalen (arterielt, figur 1), og af det blod, der løber fra fordøjelseskanalen (portåren). Tilsvarende, for at beregne leverens nettoomsætning af næringsstoffer blev det taget prøve af det blod der løber til leveren (arterielt og portåren) og af det blod der løber fra leveren (levervenen). Blodflowet i portåren og levervenen blev bestemt ved fortynding af markøren para-aminohippursyre (pAH), der blev infunderet i blodet med konstant hastighed. For yderligere detaljer omkring dyremodel, blodprøveudtagning og kemiske analyser, se Kristensen et al. (2007).

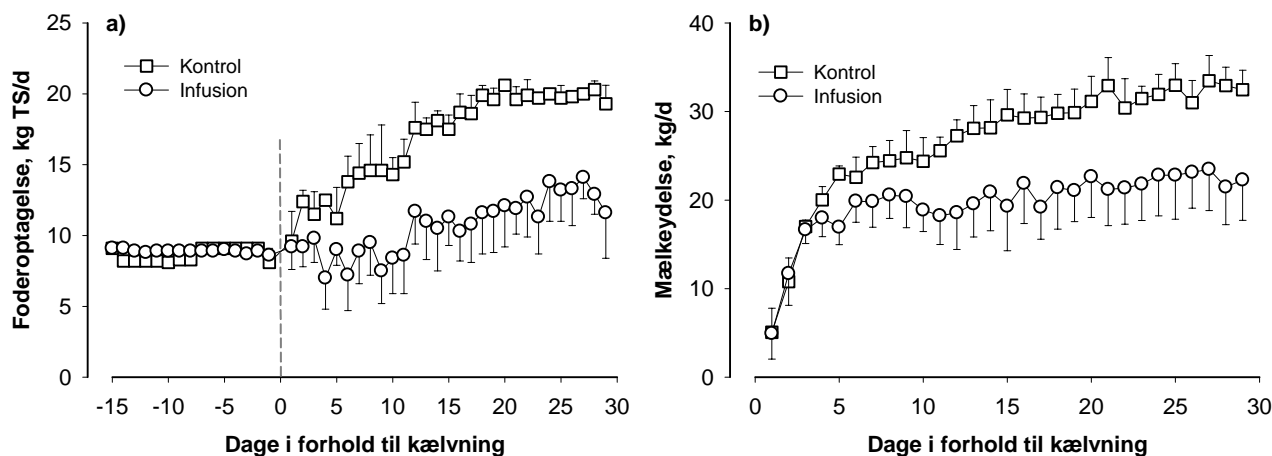
Tabel 1. Sammensætning af gold- og laktationsration

	Ration	
	Gold	Laktation
Fodermiddel, % af TS		
Majsensilage	49,5	41,0
Kløvergræsensilage	22,5	20,0
Byg, valset	15,0	15,0
Rapskage, 13 %, proteinbeskyttet	4,3	9,5
Roemelasse		7,0
Roepiller, umel.	2,5	2,5
Sojaskrå	0,75	1,75
Vegetabilsk fedt, Leci E	1,5	0,75
Salt	0,75	
Natriumbikarbonat		0,75
Type G / Type 1	1,25	0,75
Suplex Biotin	2,0	1,0
Næringsstoffer, g/FE		
FE, kg TS/FE	1,14	1,09
AAT	86	90
PBV	-17	-3
Fedtsyrer	35	32
Ford. Cellevægge	360	299
Stivelse	249	220
Sukker	32	79

Variationsanalysen blev gennemført efter et split-plot design med ko som helplot, behandling som helplotsfaktor og laktationsdag som delplotsfaktor.

Resultater og diskussion

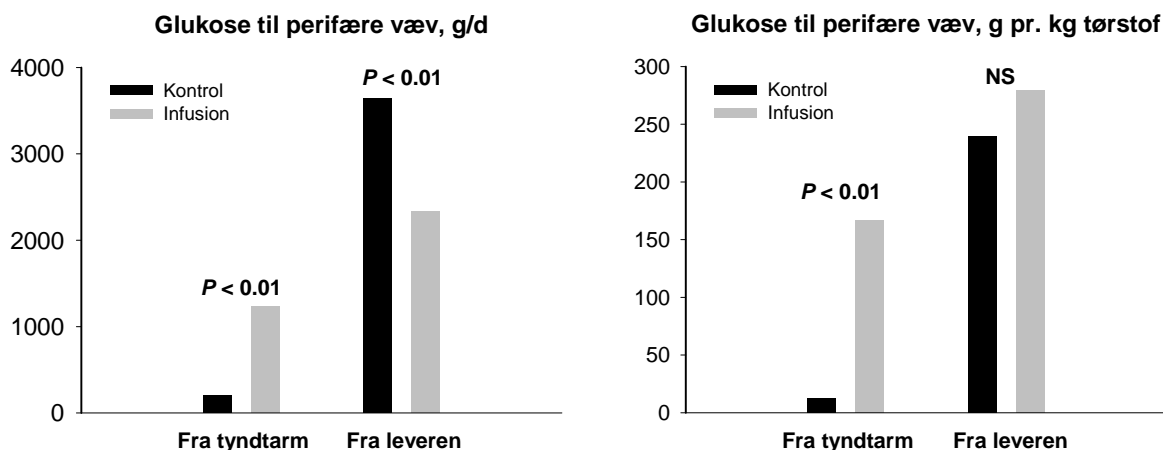
Foderoptagelsen på kontrol steg til ca. 20 kg TS/d i løbet af de første 20 dage efter kælvning, mens foderoptagelsen med glukoseinfusion kun steg til ca. 12 kg TS/d i samme periode, og dermed blev tørstofoptagelsen lavere ($P = 0.05$) med glukoseinfusion i hele perioden (figur 2a). De første 3 dage efter kælvning var der ingen forskel i mælkeydelsen mellem kontrol og glukoseinfusion, men fra dag 3 og frem steg mælkeydelsen kun svagt på glukoseinfusion, og dermed blev der vekselvirkning ($P = 0.04$) mellem behandling og laktationsdag (figur 2b). Mælkens sammensætning var ikke påvirket af glukoseinfusion.



Figur 2. Tørstofoptagelse (a) og mælkeydelse (b) for de to behandlinger i forhold til laktationsstadiet

Glukose

På kontrol var absorptionen af glukose fra tyndtarmen 203 g/d (figur 3), hvilket stammer fra bypass stivelse fra rationen. Glukoseinfusionen øgede ($P < 0,01$) absorptionen af glukose fra tyndtarmen til 1236 g/d og dermed blev $67 \pm 5\%$ af den infunderede glukose genfundet i portåreblodet. Genfindingsrater af glukose i portåreblodet i dette niveau er i god overensstemmelse med hvad andre har fundet i forsøg med infusion af glukose efter vommen (Reynolds, 2006a). Derimod er genfindingsraterne af glukose i portåreblodet fra bypass stivelse sjældent fundet til at være over 50% (Reynolds, 2006a).



Figur 3. Forsyning med glukose fra tyndtarm og leveren til perifære væv i g/d og i g pr. kg tørstof optaget, eksklusiv infunderet glukose

Den lavere genfindingsrate i portåreblodet af glukose fra bypass stivelse i sammenligning med ren glukose, skyldes formentlig en kombination af begrænset enzymatisk nedbrydning, bakterier i tyndtarmen der forgærer stivelse og frigiver glukose, samt at koncentrationen af glukosetransportproteiner i tarmcellerne er lavere i den sidste halvdel af tyndtarmen, hvor frigivelsen af glukose fra stivelse er størst (Harmon et al., 2004).

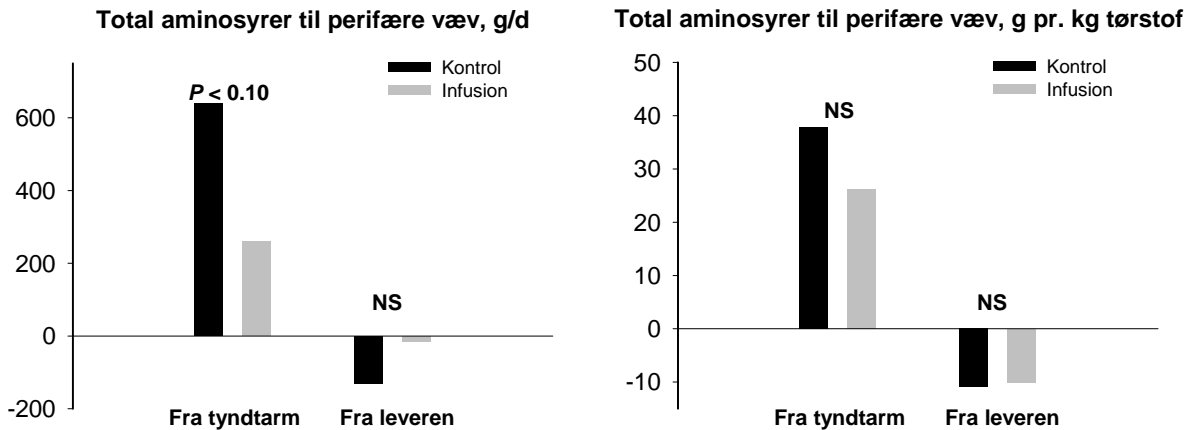
Leverens frigivelse af glukose var 3640 g/d for kontrol, men var 1300 g/d lavere ($P < 0,01$) for glukoseinfusion. Sættes leverens frigivelse af glukose i forhold til foderoptagelsen (g pr. kg tørstof), er der ikke forskel mellem kontrol og glukoseinfusion (figur 3). Leverens frigivelse af glukose er summen af leverens glukoseproduktion (glukoneogenesen) og fluxen af glukose ud og ind af glykogendepoterne i leveren. Reguleringen af leverens frigivelse af glukose er kompleks, men meget tyder på, at ved en længerevarende øget forsyning med glukose til leveren med portåreblodet, vil glykogendepoterne i leveren være uændrede. På tværs af en række forsøg med voksende kvæg og malkekøer er der fundet en tæt sammenhæng mellem foderoptagelsen, leverens frigivelse af glukose og leverens optagelse af propionsyre (Reynolds, 2006a). Det betyder, at den lavere frigivelse af glukose fra leveren for glukoseinfusion formentlig kan tilskrives den lavere foderoptagelse, der vil give en mindre forsyning med propionsyre og andre substrater til glukoneogenesen fra vomforgæringen.

Den lavere frigivelse af glukose fra leveren udlignede den højere absorption af glukose fra tyndtarmen og dermed blev forsyningen med glukose til de perifære væv fra fordøjelseskanalen og leveren ikke øget ($P = 0,46$) af glukoseinfusionen, men opgjort pr. kg TS var forsyningen øget numerisk.

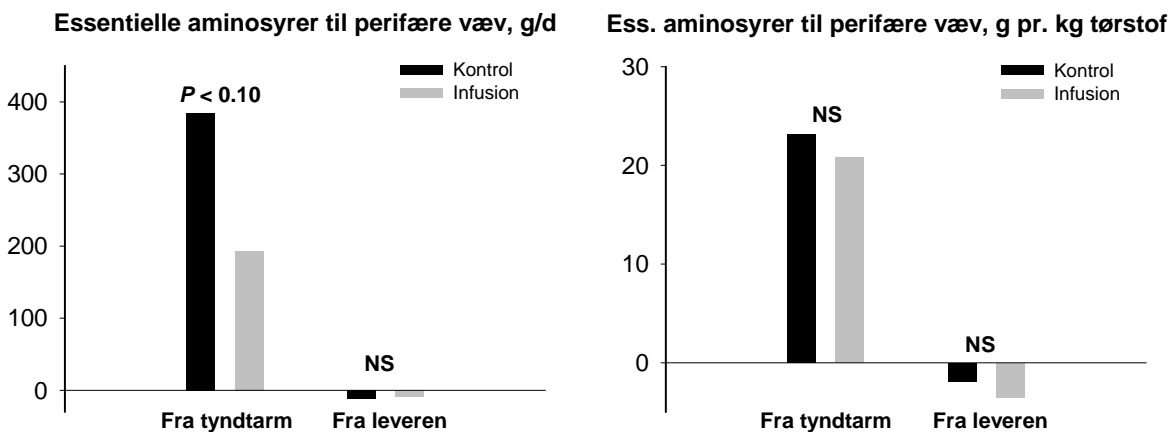
Aminosyrer

De portåredrænede væv har et stort forbrug af aminosyrer til oxidation og proteinsyntese til enzymer og tarmceller. I dette forsøg udgjorde nettoabsorptionen af aminosyrer til portåreblodet 30-46 % af den beregnede daglige AAT forsyning, hvilket stemmer godt overens med resultater fra forsøg hvor forsvindingen af aminosyrer fra tyndtarmen blev målt, samtidig med nettoabsorptionen til portåreblodet (Reynolds, 2006b).

Nettoabsorptionen af total (figur 4) og essentielle aminosyrer (figur 5) til portåreblodet tenderede til at være lavere ($P < 0,10$) på glukoseinfusion, hvilket stemmer overens med den lavere foderoptagelse og deraf følgende mindre bidrag af AAT fra både mikrobielt protein og unedbrudt foderprotein. Nettoabsorptionen af total og essentielle aminosyrer i forhold til foderoptagelsen (g pr. kg tørstof) var således ikke påvirket af glukoseinfusion ($P > 0,10$).



Figur 4. Forsyning med total aminosyrer til de perifære væv fra tyndtarmen og leveren i g/d og i g pr. kg tørstof optaget, eksklusiv infunderet glukose



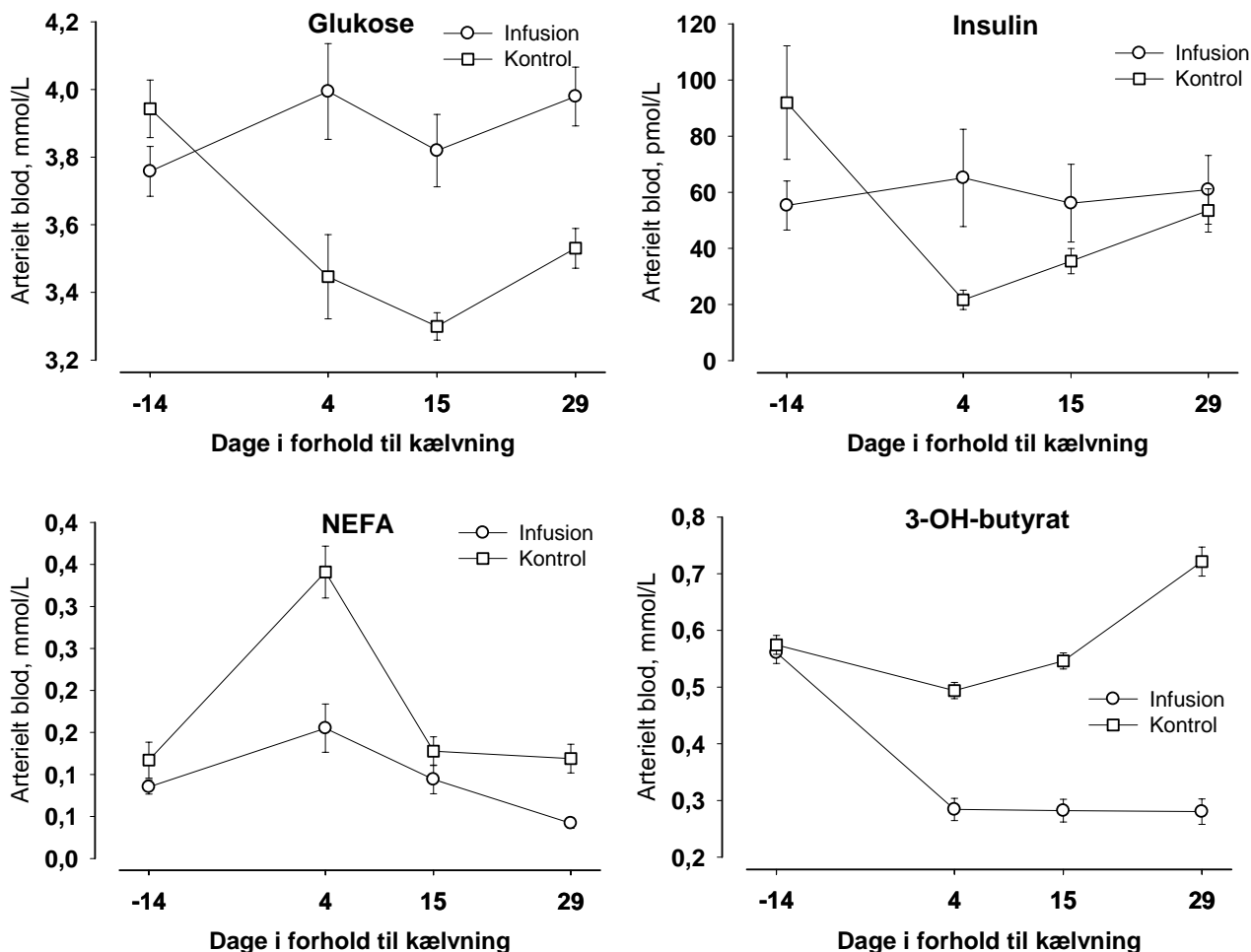
Figur 5. Forsyning med essentielle aminosyrer til de perifære væv fra tyndtarmen og leveren i g/d og i g pr. kg tørstof optaget, eksklusiv infunderet glukose

Frigivelsen af total (figur 4) og essentielle aminosyrer (figur 5) fra leveren var ikke påvirket ($P > 0,10$) af glukoseinfusion og tilsvarende var frigivelsen i forhold til foderoptagelsen (g pr. kg tørstof) ikke påvirket af glukoseinfusion.

Når der bliver taget hensyn til den lavere foderoptagelse på glukoseinfusion, var der således ingen indikation af at øget absorption af glukose fra tyndtarmen reducerer hverken de portåre-drænede vævs forbrug af aminosyrer som energikilde eller leverens forbrug af aminosyrer i glukoneogenesis. Dermed var forsyningen med aminosyrer til de perifære væv ikke øget af absorption af glukose fra tyndtarmen.

Glukogen status

Koncentrationen af glukose i blodet blev ikke signifikant øget af glukoseinfusion, men var numerisk højere (figur 6). Glukoseinfusion viste tendens ($P = 0.07$) til højere koncentrationen af insulin i blodet.

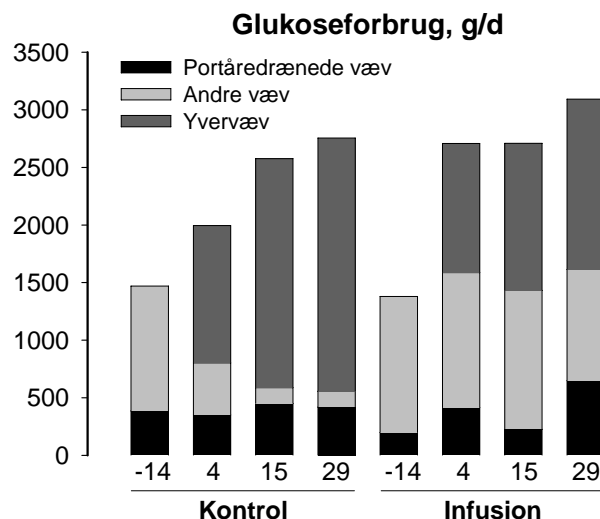


Figur 6. Koncentrationen af glukose, insulin, fedtsyrer (NEFA) og 3-OH-butyrate i arterielt blod før og efter kælvning

Koncentrationen af ikke-esterificerede fedtsyrer (NEFA) var numerisk højere på glukoseinfusion sammenlignet med kontrol. Koncentrationen af ketonstoffet 3-OH-butyrate var konstant lavere på glukoseinfusion, hvorimod den steg efter kælvning på kontrol, hvilket gav vekselvirkning ($P < 0.01$) mellem behandling og laktationsdag. Samlet afspejler disse fire blodparametre at køerne på glukoseinfusion havde en højere glukogen status og dermed mobiliserede mindre fedt.

Forbrug af glukose i forskellige væv

Der var tendens ($P = 0,06$) til at det samlede forbrug af glukose i koen var højere på glukoseinfusion (figur 7), hvorimod forbruget af glukose i de portåredrænede væv ikke var påvirket af glukoseinfusion. Yverets forbrug af glukose kan estimeres ud fra laktoseydelsen og en antagelse om at 74 % af den optagne glukose i yveret bliver udskilt som laktose (Danfær, 1994) og da ydelsen var lavere på glukoseinfusion var yverets forbrug af glukose ligeledes lavere. Således har de andre perifære væv forbrugt mere glukose på glukoseinfusion sammenlignet med kontrol.



Figur 7. Det samlede glukoseforbrug i dyrene før og efter kælvning, opsplittet i de portåredrænede væv (PDV), yvervæv og andre væv. Glukoseforbruget i hele dyret og i PDV er bestemt med [U-¹³C]-glukose, mens forbruget i yvervævet er bestemt ud fra laktoseydelsen (Danfær, 1994)

På kontrolholdet ses det at glukoseforbruget i yveret og de portåredrænede væv repræsenterede over 90 % af dyrets samlede glukoseforbrug, hvorimod glukoseforbruget i disse væv kun udgjorde omkring 60 % af det samlede glukoseforbrug på glukoseinfusion. Ud fra hypotesen om at glukose er begrænsende for mælkeproduktionen, burde køerne på glukoseinfusion, have responderet med øget mælkeproduktion og der kan således sættes spørgsmålstegn ved denne hypotese.

Konklusion

Øget absorption af glukose fra tyndtarmen øgede mængden af glukose til rådighed for mælkeproduktion og gav dermed en højere glukogen status og mindskede mobiliseringen af fedt. Derimod var mængden af aminosyrer til rådighed for mælkeproduktion ikke påvirket af øget glukoseabsorption fra tyndtarmen. Den højere glukogene status ændrede fordelingen af glukoseforbruget mellem yvervæv og andre væv. Nærværende resultater giver således anledning til at sætte spørgsmålstegn ved hypotesen om at glukose er begrænsende for mælkeproduktionen i tidlig laktation.

Referencer

- Danfær, A. 1994. Nutrient metabolism and utilization in the liver. *Livestock Production Science*. 39: 115-127.
- Harmon, D.L., R.M. Yamka & N.A. Elam. 2004. Factors affecting intestinal starch digestion in ruminants: A review. *Can. J. Anim. Sci.* 84: 309-318.
- Kristensen, N.B., A. Storm, B.M.L. Raun, B.A. Røjen & D.L. Harmon. 2007. Metabolism of silage alcohols in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 90: 1364-1377.
- Nocek, J.E. & S. Tamminga. 1991. Site of digestion of starch in the gastrointestinal tract of dairy cows and its effect on milk yield and composition. *J. Dairy Sci.* 74: 3598-3629.
- Reynolds, C.K. 2006a. Production and metabolic effects of site of starch digestion in dairy cattle. *Anim. Feed Sci. Tech.* 130: 78-94.

Reynolds, C.K. 2006b. Splanchnic amino acid metabolism in ruminants. *In: Ruminant Physiology – Digestion, metabolism and impact of nutrition on gene expression, immunology and stress.* Ed.: K. Sejrsen, T. Hvelplund & M.O. Nielsen. Wageningen Academic Publishers. p225-248.

Omsætning af propylenglykol hos malkekøer

Niels Bastian Kristensen og Birgitte Marie Løvendahl Raun

*Inst. for Husdyrsundhed, Velfærd og Ernæring, Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet,
Aarhus Universitet*

Sammendrag

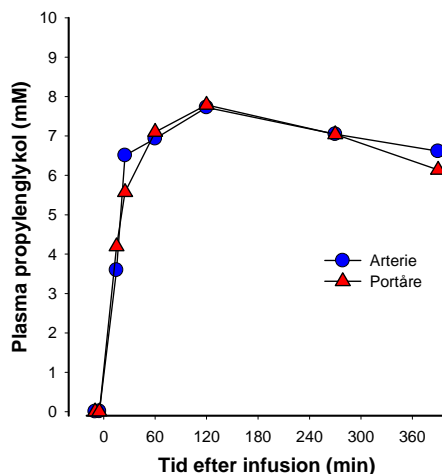
Propylenglykol (PG; 1,2-propanediol) har været kendt og anvendt til malkekøer i årtier på grund af stoffets glukogene egenskaber, men vores viden om hvordan stoffet omsættes i koen har været/er mangelfuld. Ved DJF har der været gennemført en række forsøg med får og kvæg til belysning af omsætningen af PG, der peger i retning af, at den mikrobielle omsætning i vommen har en central rolle i omsætningen af PG. Køer, der tildeles PG absorberer udover PG også propanol, propanal og propionat dannet udfra PG i vommen. Data fra malkekøer indikerer, at det forøgede glukose og insuliniveau, der observeres efter tildeling af PG vanskeligt kan forklares alene ved øget substratforsyning til glukoneogenesen i leveren, men at PG tilsyneladende også inducerer insulinresistens, hvilket forøger virkningen af PG.

Baggrund

Propylenglykol (PG; 1,2-propanediol) har været kendt og anvendt til malkekøer i årtier på grund af stoffets glukogene egenskaber (Johnson, 1954). En lang række forsøg har bekræftet, at PG virker glukogent forstået sådan, at glukose og insulinstatus hos køerne stiger samtidigt med at koncentrationen af ketonstoffer i blodet falder efter tildeling. På den anden side er der enkelte beretninger bl.a. Hindhede (1976) samt en række cases, der beretter om væsentlige bivirkninger ved tildeling af PG. Usikkerhed omkring omsætningsvejene for PG hos drøvtyggere har gjort det vanskeligt at fastlægge årsagen til bivirkningerne såvel som betingelserne for opnåelse af den ønskede virkning hos malkekøer. Der har været stor uklarhed omkring hvor meget af det tildelte PG, der omsættes i vommen versus i leveren og hvilke metabolitter, der er involveret i omsætningen af PG. Et ligeledes væsentligt, men ubesvaret spørgsmål er om PG øger den glukogene status ved at øge glukoseforsyningen til koen, eller om glukosestatus forbedres gennem nedsat glukoseforbrug (insulinresistens). Formålet med nærværende præsentation er at gennemgå en række forsøg med PG gennemført ved DJF i årene 1995 til 2005, der tilsammen kaster lidt lys om PG's vej gennem koen og dets virkning på koens stofskifte.

Propionat absorption efter infusion af PG i vommen?

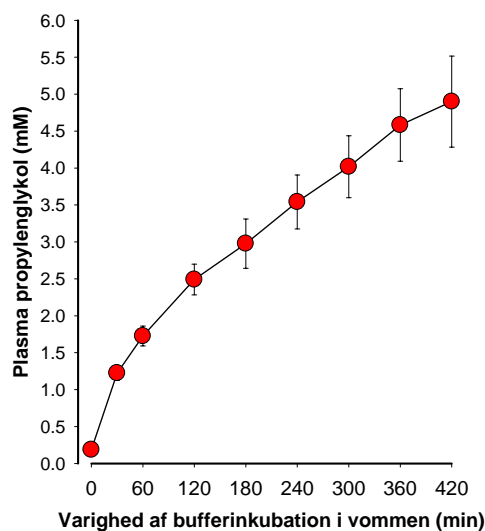
Den første afprøvning med PG, der indledte denne forsøgsrække blev gennemført med nogle multikateteriserede får (Kristensen upubliceret). Hypotesen var, at den stigning i propionat/acetatforholdet i vommen som var beskrevet i litteraturen betød, at propionat-dannelsen i vommen steg med infusion af PG, og at der derfor ville ske i stigning i absorptionen af propionat til portåren. Fårene fik tildelt 100 g PG direkte til vommen gennem vomfistlen og blodprøver fra arterie og portåre blev analyseret for bl.a. propionat, PG og laktat (mælkesyre). Resultatet var lidt overraskende, idet der ikke skete noget med propionatabsorptionen til portåren, der på nogen måde var sammenlignelig med den PG dosis fårene var tildelt. Til gengæld blev der observeret en voldsom stigning i blodets koncentration af PG (Figur 1) og laktat. Begge dele var i uoverensstemmelse med gængse teorier, idet vommen og leveren allerede var udnævnt til at være meget aktive i omsætningen af PG (Emery et al., 1967).



Figur 1. Overraskende høj koncentration af propylenglykol (PG) i blodplasma hos får indgivet 100 g PG i vommen (Kristensen, upubliceret).

Omsætning af PG hos køer med vasket vom

Data fra fåreaufprøvningen indikerede mod forventning, at omsætningshastigheden for PG var forholdsvis beskeden. Som anført ovenfor var det tidligere blevet fremført, at leveren hos kvæg tilsyneladende havde høj kapacitet for PG omsætning. For at teste koens evne til at omsætte PG uden indblanding fra mikroorganismer i vommen og for at undersøge om tilførsel af PG øgede glukoseproduktionen blev et PG-holdigt buffersystem inkuberet i vommen i et forsøg, hvor der også indgik en kontrolbehandling og propionatbehandling (Kristensen et al., 2002). Forsøget bekræftede, at koens evne til omsætning af PG var beskeden, og der skete en fortsat akkumulering af PG i blodet gennem hele den periode, hvor PG-buffere blev inkuberet i vommen (Figur 2). Forsøget viste også, at en del af det PG koen faktisk omsatte blev omsat til laktat og at tildeling af PG ikke øgede koens glukoseomsætning målt ved isotopfortynding med kulstof-13 mærket glukose. Palmquist & Brunengraber (1997) havde ligeledes undersøgt om tildeling af PG gav øget glukoseomsætning, og de havde også fundet, at dette ikke var tilfældet.



Figur 2. Hos malkekøer skete akkumulering af propylenglykol (PG) i plasma under forsøgsbetingelser med vasket vom (Kristensen et al., 2002).

Leveromsætning og diffusion fra blod til vom af PG hos stude

De hidtil refererede undersøgelser er gennemført i dyremodeller uden kateterisering af levervenen eller uden permanent kateterisering i det hele taget. For teste om leveroptagelsen af PG er så lav som indikeret i de føromtalt forsøg blev der gennemført forsøg med stude, hvor PG blev infunderet direkte i blodbanen (gennem jugularvenen). Ved at måle koncentrationen af PG i blod der løber til og fra leveren kunne leverens ekstraktion af PG bestemmes, og forsøget bekræftede, at ekstraktionen af PG i leveren var relativt lav (8%; Raun et al., 2004). Dette kan forklare, at køerne med vasket vom ikke omsætter PG. Forsøgene med både malkekøer og stude under forsøgsbetingelser med vasket vom kunne pege på, at vommen hos den normalt fungerede ko er af central betydning for omsætning af PG. I forsøget med studene var det muligt at måle, om PG ville diffundere tilbage til vommen, hvilket det faktisk gjorde, og ca. 10% af den infunderede mængde PG kunne genfindes i vombufferen under steady state. Det vil sige, at vommen og leveren kan konkurrere om omsætningen af PG, også efter at PG er absorberet til blodet.

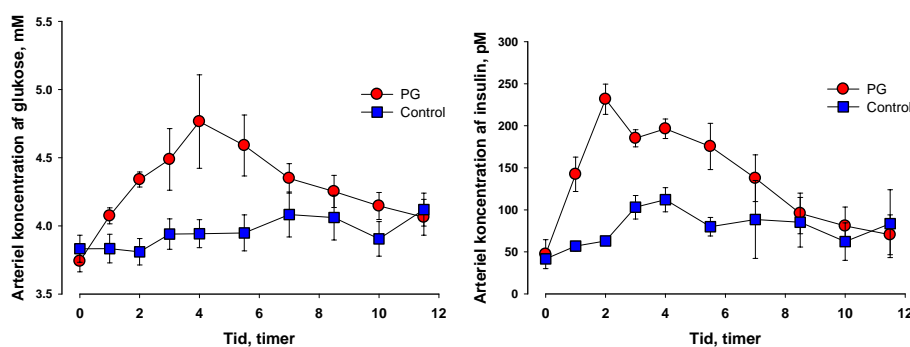
Vom- og leveromsætning af PG hos multikateteriserede malkekøer

En række observationer pegede efterhånden på, at vomomsætningen af PG måtte være af central betydning for den samlede omsætning af PG. Spørgsmålet var så hvad vi skulle forvente, at PG ville blive omsat til. Det var åbenlyst, at der skulle kigges på propionat, men der måtte være andet på spil. En af de påfaldende observationer fra indgivelse af PG til køer med intakt vom er den sødlige lugt, de udsender efterfølgende. Flygtige stoffer som propanal (propionaldehyd) er ud fra både en biokemisk vurdering og ud fra stoffets lugt en god kandidat. Ligeledes pegede *in vitro* inkubationer af vomindhold tilsat PG også i denne retning (Czerkawski and Breckenbridge, 1973). Der blev derfor gennemført et forsøg med 4 vomfistulerede og multikateteriserede køer, der blev tildelt 650 g PG i en støddosis infunderet til den ventrale vomsæk (Kristensen & Raun, 2007). Katetermodellen muliggjorde bestemmelse af absorptionen til portåreblodet og omsætningen i leveren.

Forsøget bekræftede, at en væsentlig del af det tildelte PG blev omsat til propanal og propanol i vommen. Propanol blev absorberet i væsentlig mængde til portåreblodet (22% af PG dosis). Absorption af PG til portåreblodet udgjorde 15% af dosis, og endeligt udgjorde en forøget absorption af propionat 10% af dosis (absorption af propionat var dog ikke signifikant forøget). Den egentlige omsætning af PG til propionat er formentligt undervurderet ved sammenligning med

kontrolbehandlingen fordi PG-tildelingen synes at hæmme vomomsætningen og dermed nedsætte produktionen af flygtige fedtsyrer (VFA) i vommen generelt. Så langt bekræftede forsøget altså, at PG forøger koens forsyning med glukogent substrat i form af PG, propanol og propionat. Det næste spørgsmål er derfor, hvordan koens intermediære stofskifte håndteres og påvirkes af disse komponenter. Igen fandt vi en meget lav leverekstraktion af PG (3%), men en ca. 10 gange højere ekstraktion af propanol. Afgivelsen af propionat fra splanknikus (lever + portåredrænede væv) blev forøget, formentligt som følge af afgivelse af en del propionat dannet fra oxidation af propanol. Leverens optagelse af laktat på kontrolbehandlingen blev vendt til nettoafgivelse af laktat ved PG infusion.

PG-tildeling blev fulgt af de forventede afledte effekter på stofskiftet i og med at den arterielle koncentration af glukose og insulin blev forhøjet (Figur 3) og den arterielle koncentration af 3-hydroxybutyrat faldt. Det interessante er, at vi ikke kunne påvise en forøget produktion af glukose i leveren eller samlet forøget afgivelse af glukose fra splanknikus. Det er derfor ikke muligt at konkludere, at de glukogene effekter af PG på koens stofskifte udelukkende skyldes, at PG forøger den egentlige glukoseproduktion hos koen. Det er nærliggende at antage at PG direkte eller indirekte inducerer insulinresistens hos koen.



Figur 3. Arterielle koncentrationer af glukose og insulin hos køer, der er tildelt 650 g propylenglykol (cirkel) 0,5 time efter første prøveudtagning sammenlignet med køer, der ikke fik infusion (firkanter) (Kristensen & Raun, 2007).

Samlet set står vi derfor med en tvetydighed i de indsamlede data. På den ene side bekræfter data, at tildeling af PG tilfører koen glukogent substrat, som helt eller delvist optages i leveren og kan indgå i glukoneogenesen. På den anden side fører tilførslen af dette substrat ikke til at leverens glukoseproduktion øges i en grad, der kan forklare de afledte stofskiftemæssige effekter. For at få regnskabet til at gå op synes en hormonlignende effekt af PG eller forgæringsprodukter af PG at være nødvendig. Dette betyder igen, at vi i relation til praksis ikke blot kan tillade os at betragte PG som et dyrt kulhydrat. Vi kan ikke afvise at de landmænd, der påstår, at de kan se markante effekter af tildeling af 200 g PG i drench el. lign. faktisk opnår en hormonlignende effekt af PG, der betyder en virkning udover det, der kan opnås med sammenlignelig mængde foderkulhydrat.

Konklusion

Den største del af det tilførte propylenglykol omsættes i vommen. Koen absorberer udover propylenglykol også propionat, propanol og propanal når propylenglykol tildeles. Propylenglykol bidrager derfor med reel forøget forsyning af glukogent substrat, men denne del af stoffets virkning er ikke entydigt tilstrækkelig til at forklare det markante udslag i de arterielle koncentrationer af glukose, insulin og ketonstoffer. Data indikerer, at en hormonlignende effekt af PG nedsætter insulinfølsomheden hos koen og indikerer, at propylenglykol skal betragtes som mere end blot lidt ekstra kulhydrat.

Referencer

- Czerkawski, J. W. & G. Breckenbridge. 1973. Dissimilation of 1,2-propanediol by rumen microorganisms. *Br. J. Nutr.* 29:317-330.
- Emery, R. S., R. E. Brown, & A. L. Black. 1967. Metabolism of DL-1,2-propanediol-2-14C in a lactating cow. *J. Nutr.* 92:348-356.
- Hindhede, J. 1976. Propylenglykol til malkekøer omkring kælvning. Meddelelse, Statens Husdyrbrugsforsøg 146:1-4.
- Johnson, R. B. 1954. The treatment of ketosis with glycerol and propylene glycol. *Cornell Vet.* 44:6-21.
- Kristensen, N. B., A. Danfær, B. A. Røjen, B.-M. L. Raun, M. R. Weisbjerg, & T. Hvelplund. 2002. Metabolism of propionate and 1,2-propanediol absorbed from the washed reticulorumen of lactating cows. *J. Anim. Sci.* 80:2168-2175.
- Kristensen, N. B. & B. M. L. Raun. 2007. Ruminal and intermediary metabolism of propylene glycol in lactating Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 90:4707-4717.
- Palmquist, D. L. & H. Brunengraber. 1997. Role of 1,2 propanediol in ruminant glucose metabolism. Pages 115-118 in *Energy Metabolism of Farm Animals*. K. J. McCracken, E. F. Unsworth, and A. R. G. Wylie eds. CAB International, Wallingford, UK.
- Raun, B.-M. L., N. B. Kristensen, & D. L. Harmon. 2004. Splanchnic metabolism of propylene glycol infused into the jugular vein of steers under washed rumen conditions. *J. Anim. Feed Sci.* 13 (Suppl. 1):331-334.

Gæringsprofiler i majsensilage over sæsonen

Birgitte Marie Løvendahl Raun og Niels Bastian Kristensen

*Inst. for Husdyrsundhed, Velfærd og Ernæring, Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet,
Aarhus Universitet*

Sammendrag

Majsensilage udgør en stor del af foderet i malkekvægbruget og kvalitetsproblemer i ensilagen vil derfor kunne slå kraftigt igennem i produktionsresultaterne. Majsensilage hos 20 tilfældigt udvalgte mælkeproducenter er undersøgt ved 5 besøg i perioden januar til september 2007 med henblik på indsamling af svampe, beskrivelse af ensilagestakken og udtagning af boreprøver. Boreprøver er analyseret for gæringsprofil. Majsensilagen havde generelt en stabil sammensætning af gæringsprodukter gennem sæsonen, men enkelte ensilager ændrede sig markant i retning af stigende indhold af eddikesyre, propanol, propylacetat.

Baggrund

Majsensilage udgør en stor del af foderet i malkekvægbruget og kvalitetsproblemer i ensilagen vil derfor kunne slå kraftigt igennem i produktionsresultaterne. I projektet 'Mycotoxin carry-over from maize silage into dairy products' støttet af Direktoratet for FødevarerErhverv arbejdes der med svampevækst, toksinindhold og sammenhængen mellem livsbetingelser for svampe og gæringsprofilen i ensilagen.

Indsamlede prøver fra majsensilager repræsenterende vækstsæsonerne 2004 – 2005 viste betydelig variation i bl.a. indholdet af alkohol (op til 25 g/kg TS af propanol og op til 34 g/kg TS af ethanol; Kristensen et al. 2006), og via adskillige beretninger fra praksis har negative produktionsudslag kunnet sammenkædes med et højt propanolindhold i udfodret majsensilage. Det hidtil indsamlede materiale er dog formentligt ikke repræsentativt, idet vi specifikt efterspurgte specielle ensilager, og ensilager som blev sammenkædet med problemer i besætningerne. Da det generelle billede af gæringsprofiler for majsensilage er ringe beskrevet, og kendskabet til eventuelle problemers udvikling i de enkelte stakke over tid er ukendt, var formålet med nærværende delprojekt at:

- Undersøge gæringsprofilen i majsensilage hos 20 tilfældigt udvalgte mælkeproducenter
- Undersøge ændringen i gæringsprofil over udfodringsæsonen januar til september
- Indsamle svampeprøver fra de majsstakke der analyseres for gæringsprofil
- Forsøge at udrede de mest betydende faktorer for ensilagens udvikling med henblik på hypotesedannelse for efterfølgende projekter

Materialer og metoder

I samarbejde med Rudolf Thøgersen (Dansk Kvæg) blev der tilfældigt udvalgt 10 mælkeproducenter omkring Viborg samt 10 mælkeproducenter i området Holsted - Ribe - Jels som værter for majsindsamlingen. I perioden januar til september 2007 blev mælkeproducenterne besøgt uanmeldt (på nær første indsamlingsrunde) med ca. to måneders mellemrum, og der blev således indsamlet i alt 5 prøver fra hver vært. Alle værter med udtagelse af én fodrede med majsensilage i hele indsamlingsperioden, og der blev i alt gennemført 96 majsstakanalyser. Materialet repræsenterer høståret 2006.

Ved hvert besøg blev ensilagestakken gennemboret i fuld dybde ca. en meter bag skærefloden (sikkerhedsafstand til bund 30 cm; Ensilagebor #30440, Frøsalget, Brørup). Boreprøven blev blandet grundigt og neddelt til 2 prøver. Prøverne blev opbevaret på køl på opsamlingsdagen og de prøver, der senere blev analyseret for gæringsprofil blev nedfrosset senest 10 timer efter udtagning.

Ensilagens temperatur i en dybde af 15 cm blev målt 9 steder fordelt over hele snitfladen (lave stakke kun 6 målinger), og eventuelle svampeforekomster blev registreret med hensyn til udbredelse i stakken og udseende. Svampeprøver blev indsamlet til dyrkning og identifikation på DTU (data præsenteres ikke). Vandige ekstrakter af de indsamlede boreprøver blev undersøgt for indhold af alkoholer og estre (headspace- gas kromatografi – massespektrometri), kortkædede fedtsyrer (gas kromatografi), samt ammoniak, L-laktat og glukose (enzymatiske metoder). Desuden blev der bestemt pH og tørstof (60 °C, 48 timer) på alle ensilageprøver.

Resultater og diskussion

Tabel 1 viser gennemsnit, stikprøvespredning, mindste, højeste, 25% fraktil og 75% fraktil for de enkelte målevariable. Sammenholdt med data fra tidligere problemensilager (Kristensen et al, 2006) blev der fundet højere ethanol- og lavere propanolindhold i ensilagerne. Propanolindholdet var meget uens fordelt mellem ensilager og hos 4 ud af de 20 værter var propanolindholdet markant højere end gennemsnittet. Ligesom i den tidligere undersøgelse var propanolindholdet stærkt korreleret til indholdet af eddikesyre ($r = 0,86$) og propylacetat ($r = 0,88$).

Tabel 1: Gennemsnitligt observeret indhold i 96 boreprøver af majsensilage indsamlet fra høståret 2006 hos 20 tilfældigt udvalgte mælkeproducenter

Variabel	Gns	Std ²	Min ³	25% fraktil ⁴	75% fraktil ⁵	Max ⁶
pH	3,82	0,10	3,63	3,75	3,90	4,14
TS %	35,69	2,43	31,28	34,25	37,04	43,45
Indhold, g/kg TS						
Ethanol	13,54	5,73	4,93	9,44	17,68	43,23
Propanol	1,32	2,00	0,04	0,21	1,03	9,11
Propanal	0,016	0,014	0	0,010	0,019	0,064
Ethylacetat	0,409	0,083	0,266	0,338	0,483	0,594
Propylacetat	0,044	0,071	0	0,008	0,046	0,473
Eddikesyre	13,04	4,69	6,82	10,09	14,19	29,35
Propionat	0,16	0,23	0,03	0,05	0,16	1,63
Butyrat	0,05	0,07	0	0,02	0,04	0,47
Ammoniak	1,09	0,21	0,53	0,95	1,26	1,58
Propylenglykol	4,08	8,44	0	0,65	4,53	74,90
Glukose	1,45	1,25	0,15	0,54	1,97	6,15
L-mælkesyre	28,84	5,19	8,70	25,90	31,77	38,62
Temperatur, °C ¹	16,2	3,6	8,7	14,2	17,9	26,9
Svampeforekomst ⁹	1,7	1,2	0	1,0	3,0	5,0

¹88 observationer.

²Std = standardafvigelsen.

³Min = værdien for den laveste observation.

⁴25% fraktil = den værdi der skiller stikprøven op i to delmængder, de 25% af observationerne med en værdi der er lavere end 25%-fraktilen og de 75% af observationerne med en værdi højere end 25%-fraktilen.

⁵75% fraktil = den værdi der skiller stikprøven op i to delmængder, de 75% af observationerne med en værdi der er lavere end 75%-fraktilen og de 25% af observationerne med en værdi højere end 75%-fraktilen.

⁶Max = værdien for den højeste observation.

⁹ Score for svampeforekomst på snitfladen. Skalaen spænder fra 0 til 5, hvor 0 = ingen svampe og 5 = meget kraftig angreb.

Lidt overraskende blev propylenglykol fundet bredt i materialet og mod forventning blev der ikke fundet nogen god sammenhæng mellem indhold af propylenglykol og propanol ($r = -0,11$). Hypotesen var, at propylenglykol når det var til stede i ensilagen ville blive omsat til propanol og propionat. Enkelte ensilager havde et særdeles højt indhold af propylenglykol.

Prøver udtaget i perioden januar til september viser generelt stabilt indhold af de målte variable (Tabel 2). Der er dog undtagelser, bl.a. stiger tørstofindholdet i de indsamlede prøver næsten 2 procentenheder gennem sæsonen, og specielt indholdet af propanol og propylacetat er stigende gennem sæsonen. Stigningen i propanol og propylacetate er dog specielt markant hos enkelte værter. Figur 1 viser, hvordan indholdet af propylacetat stiger kraftigt hos 3 værter sammenlignet med det gennemsnitlige niveau i september. Hos vært L19 har vi endvidere fået meddelt, at majsens efterfølgende udviklede en frastødende kemisk lugt, der vanskeliggjorde opfodring af ensilagen. Forekomsten af svampe toppede i maj til juli, og temperaturen i ensilagen toppede som ventet i juli.

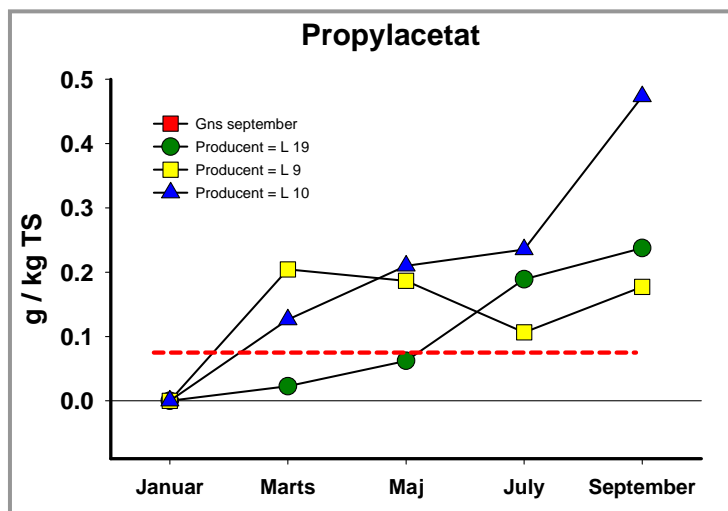
Tabel 2: Sæsonvariation i indsamlet majsensilage fra høståret 2006 hos 20 tilfældigt udvalgte mælkeproducenter

Variabel	Januar	Marts	Maj	Juli	September	P
pH	3,82	3,80	3,83	3,83	3,83	0,29
TS%	34,5	35,6	35,3	36,6	36,4	<0,01
Indhold, g/kg TS						
Ethanol	15,0	13,1	13,1	12,1	15,2	0,02
Propanol	1,1	0,9	1,3	1,2	2,0	0,04
Propanal,	0,015	0,013	0,013	0,022	0,016	0,13
Ethylacetat	0,34	0,43	0,44	0,42	0,44	<0,01
Propylacetat	0,009	0,033	0,045	0,046	0,087	<0,01
Eddikesyre	13,2	11,8	12,8	12,1	15,0	<0,01
Propionat	0,228	0,097	0,139	0,180	0,213	0,14
Butyrat	0,018	0,037	0,059	0,076	0,046	0,10
Ammoniak	1,02	1,02	1,07	1,10	1,24	<0,01
Propylenglykol	4,55	2,38	3,01	3,15	7,77	0,39
Glukose	1,11	1,22	1,49	1,64	1,90	0,36
L-mælkesyre	30,5	29,3	28,6	27,6	28,0	0,29
Temperatur, °C	13,3	15,4	15,4	18,8	17,5	<0,01
Svampeforekomst ¹	1,55	1,65	2,17	2,00	1,12	0,06

¹ Score for svampeforekomst på snitfladen. Skalaen spænder fra 0 til 5, hvor 0 = ingen svampe og 5 = meget kraftig angreb.

Generelt ser det ud til, at til trods for, at de fleste majsensilager holder sig stabilt gennem hele sæsonen og kemisk set har samme udgangspunkt i januar måned sker der i enkelte ensilager dramatisk eftergæring, der forholdsvist pludseligt kan føre til, at ensilagen bliver uanvendelig.

Mælkesyreindholdet var ifølge det generelle billede uændret henover sæsonen, men specielt hos vært L10 fandt vi et dramatisk faldende niveau af mælkesyre og jævnt stigende niveau af propanol.



Figur 1: Indhold af propylacetat (g/kg TS) i tre majsensilagestakke fra januar til september 2007.

Konklusion

Generelt var majsensilagerne stabile gennem observationsperioden, men for enkelte målevariable som tørstofindhold, propanol, propylacetat, ammoniak og temperatur blev der fundet stigende niveauer gennem sæsonen. Eftergæring i enkelte ensilager førte til markante ændringer i gæringsprofil over udfodringsæsonen.

Referencer

Kristensen, N. B., Storm, A., Røjen, B. A., Raun, B. M. L., Nielsen, T. S., Weisbjerg, M. R., og Harmon, D. L., 2006. Afvigende gæringsprofiler i majsensilage og konsekvenser for koen. Side 3 – 13. Intern rapport, Husdyrbrug nr. 46, Danmarks JordbrugsForskning, Tjele.

Behov for og effekt af vitamin E til goldkøer

Søren Krogh Jensen, Troels Kristensen¹ og Karin Persson Waller²

Inst. for Husdyrsundhed, Velfærd og Ernæring, ¹Institut for Jordbrugsproduktion og Miljø, Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet, Aarhus Universitet

²Avdelning för lantbrukets djur, Statens Veterinärmedicinska Anstalt, Uppsala og Institutionen för kliniska vetenskaper, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala

Vitamin E er en meget vigtig antioxidant som er indbygget i selve cellemembranen og beskytter den mod ødelæggende oxidationsprocesser. I mælk og kød er vitamin E nødvendig for at undgå oxidative ødelæggelser (harskhed) i disse fødevarer.

Vitamin E har ligeledes betydning for immunforsvaret ved at sikre en øget produktion og en bedre funktion af antistof producerende T-hjælpeceller og B-celler. Herved forbedres både det generelle og det specifikke immunforsvar samt produktionen af antistoffer. På denne måde kan immunresponset forbedres i dyr som er underforsynede med vitamin E.

Vitamin E er det mest omtalte og omdiskuterede vitamin til malkekøer. Diskussionen går ikke så meget på om køerne skal have vitamin E, idet det er velkendt at vitamin E er meget vigtigt for et velfungerende immunforsvar og for en lang holdbarhed af mælken. Diskussionen går mere på hvor meget vitamin E, køerne skal tilføres, hvornår de skal have det og hvordan de skal have det.

I den seneste normændring fra NRC er minimumsbehovet for vitamin E til goldkøer sat op fra 150 til 1200 internationale enheder (IE) i erkendelse af goldkøernes ekstra behov for vitamin E omkring kælvning. Grovfoder i form af græs og græsensilage er den største naturlige kilde til vitamin E til køer, hvorimod majsensilage og korn/kraftfoder er dårlige vitamin E kilder. Omkring kælvning falder mange køers vitamin E status som følge af et lavt foderindtag og et stort vitamin E forbrug. Traditionelt gives tilskud af vitamin E i form af syntetisk vitamin E, men i de seneste år der kommet naturlige vitamin E produkter på markedet, som har en højere biologisk værdi.

Vitamin E former

Traditionelt gives tilskud af vitamin E i form af syntetisk vitamin E, som kemisk benævnes *all-rac- α -tokoferyl acetat*. Det at vitamin E optræder på forskellig form skal forstås på den måde at formerne adskiller sig fra hinanden på samme måde som venstre hånd adskiller sig fra højre hånd. For syntetisk vitamin E findes $2 \times 2 \times 2 = 8$ forskellige spejlbilleder, sådan at hver forekommer med 12,5 % i det syntetiske vitamin E, hvoraf kun en (RRR- α -tokoferol) er den naturlige form. For at vitamin E kan transporteres rundt i kroppen skal det passe som en hånd i en handske – transportproteinet, og heri passer den naturlige form, og har derfor også den højeste vitaminværdi (biologisk aktivitet). De højredrejende former benævnes med "R", mens de venstredrejende former benævnes med "S".

Da der endvidere findes både alkohol og acetatformer af både den naturlige og den syntetiske form findes der i teorien fire forskellige handelsformer, syntetisk alkohol forhandles dog normalt ikke, så i handlen findes tre forskellige typer som det fremgår af Tabel 1. Deres kemiske stabilitet og den biologiske aktivitet – udtrykt som Internationale Enheder (IE) varierer ligeledes.

Tabel 1. Forskellige former og egenskaber ved de forskellige typer af vitamin E

		Alkohol	Acetat
Syntetisk <i>all-rac</i> eller <i>dl</i>	Antal former	8	8
	Kemisk stabilitet	Ustabil	Stabil
	1 mg =	1,09 IE ⁽¹⁾	1,00 IE
Naturligt RRR eller <i>d</i>	Antal former	1	1
	Kemisk stabilitet	Ustabil	Stabil
	1 mg =	1,49 IE	1,36 IE

⁽¹⁾ IE = International Enhed

Køernes udnyttelse af syntetisk og naturligt vitamin E

En forudsætning for at køerne får gavn af det vitamin E de tildeles er at det udnyttes. Syntetisk og acetatbundet vitamin E skal spaltes af enzymer til alkohol formen i vom og tyndtarm, som er den form hvorpå vitamin E absorberes. Det naturlige vitamin E som kun består af en enkelt form udnyttes 100 % af dyrene i modsætning til de syntetiske former, som har en lavere udnyttelse. Det vitamin E som findes naturligt i foderet fra blandt andet græs og korn er altid på alkohol form.

Et andet forhold som der hersker en del usikkerhed omkring er spørgsmålet om nedbrydning af vitamin E i vommen, idet de amerikanske undersøgelser der hidtil er publiceret omkring dette emne er modsatrettede. Netop afsluttede undersøgelser her ved DJF hvor både *in-vivo* og *in-vitro* nedbrydningen af vitamin E i vommen blev fulgt viste at en del af acetatformen af α -tokoferol blev hydrolyseret til alkoholformen af α -tokoferol, men at der samlet set ikke skete nedbrydning af α -tokoferol i vommen.

Goldperioden er kritisk

Det er særligt i goldperioden og lige efter kælvning det er vanskeligt for køerne at opretholde en god vitamin E status. Det skyldes dels et stort behov for vitamin E i denne periode til klargøring af yveret til ny laktation, til dannelse af råmælk, samtidigt med et lavt indtag af vitamin E med foderet.

Køer som fodres med store mængder græs eller græsensilage af god kvalitet får normalt dækket deres vitamin E behov idet græs indeholder mere end 100 mg vitamin E pr kg TS og græsensilage normalt indeholder 50-100 mg, hvorimod køer som fodres med store mængder kraftfoder samt ensilage af helsæd og majs ofte vil være underforsynet med vitamin E idet helsæd normalt kun indeholder mellem 25-50 mg vitamin E pr kg tørstof og majs indeholder mindre end 25 mg vitamin E pr kg TS.

Goldkøer vil oftest være de køer der tildeles den mindste mængde vitamin E med foderet, og er derfor særlig udsat for vitamin E mangel.

Målet med denne fremstilling er at belyse den biologiske diskrimination af vitamin E (*all-rac- α -tokoferyl acetat*) om ekstra tilskud af vitamin E til goldkøer de sidste 4 uger før kælvning har øget deres vitamin E status, mælkeydelse samt deres sundhed og immunstatus – målt som lavere celletal ved den første ydelseskontrol efter kælvning, samt på kælvningens forløb og på frekvensen af tilbageholdt efterbyrd.

I alt vil der blive gennemgået fire forsøg udført i Danmark og Sverige.

Forsøg 1 omhandlede 36 goldkøer som blev inddelt i fire hold fire uger før forventet kælvning og fodret med et grundfoder som tilførte kørerne 500 IE vitamin E/dag. Hold 1 blev derudover dagligt tildelt 1000 IE syntetisk vitamin E (all-rac- α -tokoferyl acetat), hold 2 blev tildelt 1000 IE naturligt vitamin E (RRR- α -tokoferyl acetat), hold 3 blev tildelt 1000 IE naturligt vitamin E på alkoholform (RRR- α -tokoferol) og micelleret i en vandopløselig form, mens hold 4 var et kontrolhold som ikke fik ekstra tilskud af vitamin E.

Resultaterne fra dette forsøg viste at køer som fik tilskud af naturligt vitamin E på acetatform havde højere plasmaværdier ved kælvning end de øvrige køer, derudover havde alle køer som fik tilskud af vitamin E højere plasmaværdi af vitamin E ved kælvning end kontrolkørerne. Forsøget viste dog også at et tilskud på 1000 IE naturligt vitamin E kun var nok til at sikre plasmaværdier af α -tokoferol på 3 $\mu\text{g/ml}$ eller derover for halvdelen af kørerne (Tabel 2). Højeste niveau af vitamin E i råmælken blev målt i mælk fra køer fodret med naturligt alkohol (Tabel 3).

Analyse af den stereokemiske sammensætning af α -tokoferol i plasma og mælk viste at selv hos de køer som var blevet tildelt syntetisk vitamin E var den naturlige form (RRR- α -tokoferol) den dominerende af alle isomere. Biotilgængeligheden var så høj at den udgjorde mere end 86 % af den totale koncentration af α -tokoferol i blod og mælk fra alle køer. Hos køer på kontrolhold eller på de to naturlige kilder udgjorde RRR- α -tokoferol mere end 98 % af alle isomere. Disse resultater antyder at kvæg diskriminerer betydeligt mere til fordel for den naturlige isomer sammenlignet med de én-mavede dyr.

Tabel 2. Plasma koncentration ($\mu\text{g/ml}$) af α -tokoferol fra kontrol køer og køer tildelt et dagligt tilskud af 1000 IE vitamin E fra tre uger før forventet kalvning til 14 dage efter kælvning (kontrol), all-rac- α -tokoferyl acetat (SynAc), RRR- α -tokoferyl acetat (NatAc), and RRR- α -tokoferol (NatAlc).

Gns \pm SEM for $n = 9$ pr. gruppe

Dage før kælvning	Kontrol	SynAc	NatAc	NatAlc	P-værdier
-24 [†]	2,24 \pm 0,26	2,48 \pm 0,31	2,56 \pm 0,21	2,16 \pm 0,26	0,67
-16	2,54 \pm 0,24	3,33 \pm 0,26	3,76 \pm 0,41	3,06 \pm 0,47	0,13
-9	2,40 \pm 0,28 ^b	2,86 \pm 0,29 ^{ab}	3,92 \pm 0,35 ^a	3,24 \pm 0,37 ^{ab}	0,01
0	1,92 \pm 0,23	2,52 \pm 0,34	2,89 \pm 0,24	2,39 \pm 0,29	0,13
3	1,95 \pm 0,18 ^(b)	2,11 \pm 0,28 ^(ab)	2,83 \pm 0,19 ^(a)	2,60 \pm 0,37 ^(ab)	0,08
7	2,15 \pm 0,21 ^b	2,54 \pm 0,28 ^{ab}	3,39 \pm 0,33 ^a	2,62 \pm 0,37 ^{ab}	0,05
14	2,62 \pm 0,25	3,36 \pm 0,41	4,00 \pm 0,52	2,90 \pm 0,48	0,14

Behandling ($P < 0,001$) og tid ($P < 0,001$) var signifikante.

[†] Indtil forsøgsstart blev kørerne fodret med syntetisk vitamin E.

^{a,b} Værdier i same række med forskellig bogstav er statistisk forskellige ($P < 0,05$).

^(a,b) Værdier i same række med forskellig bogstav er statistisk forskellige ($P < 0,1$).

Tabel 3. Indhold af α -tokoferol ($\mu\text{g/g}$) i mælk dag 1, 7 og 14 efter kælvning fra køer tildelt et dagligt tilskud af 1000 IE vitamin E fra tre uger før forventet kalvning til 14 dage efter kælvning (kontrol), *all-rac*- α -tokoferyl acetat (SynAc), RRR- α -tokoferyl acetat (NatAc), and RRR- α -tokoferol (NatAlc).

gns \pm SEM for $n = 9$ pr. gruppe					
Dag	Kontrol	SynAc	NatAc	NatAlc	P-værdier
1	5,94 \pm 0,71 ^{ab}	4,69 \pm 0,60 ^b	7,15 \pm 0,92 ^{ab}	7,35 \pm 0,65 ^a	0,05
7	0,73 \pm 0,12	0,85 \pm 0,08	1,00 \pm 0,13	1,13 \pm 0,20	0,21
14	0,67 \pm 0,08	0,78 \pm 0,09	0,90 \pm 0,09	0,77 \pm 0,05	0,26

^{a,b} Værdier i samme række med forskellig bogstav er statistisk forskellige ($P < 0,05$).

Forsøg 2

Til opfølgning af denne iagttagelse fik fire køer en intramuskulær injektion af 2,5 g *all-rac*- α -tokoferyl acetat (IDO-E) og α -tokoferol koncentrationen og den stereokemiske sammensætning af α -tokoferol i blod og udskillelsen i mælk blev fulgt over tid.

Syntetisk vitamin E udskilles hurtigere

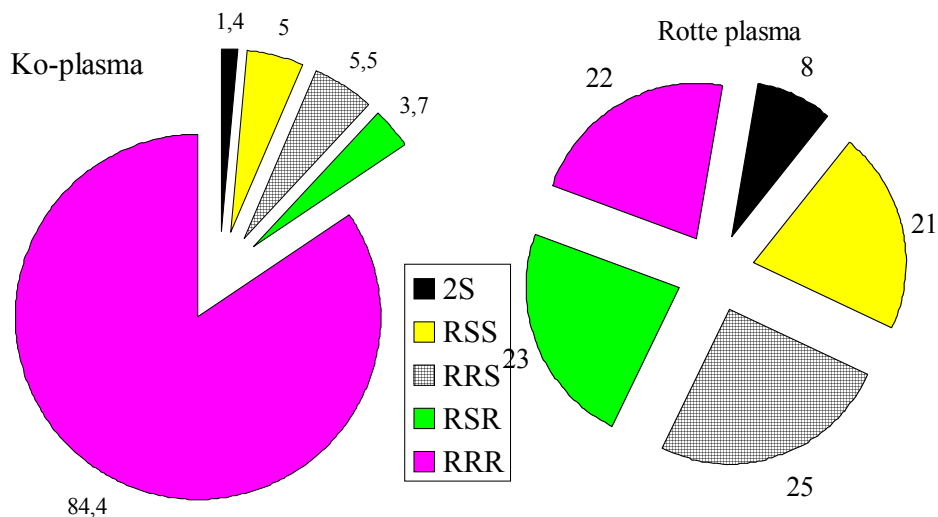
Efter intramuskulær injektion af syntetisk vitamin E steg koncentrationen af alle otte stereoisomere hurtigt i blod og mælk men faldt hurtigt igen. Den naturlige vitamin E form (RRR- α -tokoferol) blev tilbageholdt i blodet i længst tid og også udskilt i mælken i den højeste koncentration.

Hovedresultaterne fra dette forsøg er angivet i Tabel 4, som viser at 16 % af den naturlige form udskilles i mælken, mens kun 0,7 % af de syntetisk venstredrejende former udskilles i mælk. Da syntetisk fremstillet vitamin E indeholder 12,5 % naturligt vitamin E udskilles mellem 6-7 % af denne blanding i mælk. Forsøget viste endvidere at 2S isomererne var udskilt af kroppen efter 4 dage, mens 2R isomererne er 8-12 dage om at blive udskilt med RRR- α -tokoferol som den sidste.

Tabel 4. Udskillelse af syntetisk og naturligt vitamin E i mælk efter injektion af 50 ml Ido-E Vet

	Syntetisk	Syntetisk	Naturligt
	"venstredrejende"	både "højre og venstredrejende"	„højredrejende"
	2S former	R og S former	RRR form
Udskilt i mælk i løbet af 10 dage	0,7 %	6,5 %	16,3 %

Ved sammenligning af køer fodret med et tilskud af syntetisk vitamin E med tal fra rotter fodret med syntetisk vitamin E kan det konkluderes, at køer udskiller de syntetiske stereoisomere langt hurtigere end rotter (Figur 1). Dette medfører at tilgængeligheden af det syntetiske vitamin E for køerne bliver meget lavere end tilgængeligheden af det naturlige vitamin E, idet den første forudsætning for at vitaminmolekylerne kan være biologisk aktive, er at de bliver tilbageholdt i kroppen.



Figur 1: Den relative fordeling af α -tokoferol stereoisomere i plasma fra køer fodret med 3000 mg syntetisk vitamin E dagligt i 16 dage og rotter fodret med 1 mg syntetisk vitamin E dagligt i 10 dage (n = 5; gennemsnit). RRR = er naturligt vitamin E.

Forsøg 3 blev udført blandt 21 besætninger i Kalmar-Tjust Husdjursforening, Sverige med mindst 40 årskøer og samtidig skulle mindst 25% af køerne være behandlet for mastitis de foregående år. I forsøget indgik køer som skulle kælte mellem oktober og april, de indeltes skiftevis i en kontrolgruppe (K) og en forsøgsgruppe (F) som blev tildelt et dagligt tilskud af 2400 IE (naturligt vitamin E (RRR- α -tokoferylacetat) fra fire uger før beregnet kælvning til 14 dage efter.

Forsøgsbesætningernes størrelse, produktion, mastitisfrekvens og celletal i året forud for forsøget er angivet i Tabel 5.

Tabel 5. Gennemsnit \pm spredning (SD) af antal køer, årsproduktion pr ko, mastitisincidens og tankcelletal

Antal køer	Kg mælk	Mastitisincidens 1 år (%)	Tankcelletal/ml 1 år
50 \pm 8	9507 \pm 877	32 \pm 7	218 000 \pm 56 000

Alle besætningerne gav græsensilage til både kvier og køer. Drægtige kvier og goldkøer havde oftest fri adgang til græsensilage den sidste måned før kælvning. Tilskud af vitamin E via mineral- og kraftfoder varierede betydeligt, men i gennemsnit blev forsøgskøerne tildelt 2,5 gange så meget vitamin E som kontrolkøerne.

Mælkeprøver blev indsamlet på dag 4 efter kælvning og koncentrationen af α -tokoferol var 36% højere hos forsøgskøerne sammenlignet med kontrolkøerne (Tabel 6).

Tabel 6. Gennemsnitligt indhold af α -tokoferol ($\mu\text{g/ml} \pm$ spredning (SD)) samt selen ($\mu\text{g/kg}$) i mælkeprøver taget fire dage efter kælvning. Prøver indsamlet fra 14 (α -tokoferol) og 12 (selen) besætninger

Gruppe	K	Antal K-køer	F	Antal F-køer	P-værdi*
α -tokoferol	2,0 \pm 1,7	97	3,2 \pm 2,4	108	<0,001
Selen	16,7 \pm 4,0	58	17,1 \pm 5,0	71	NS

* Students t-test.

I Tabel 7 er angivet opgørelsen af nogle sundheds- og produktionsparametre. Den statistiske analyse viste ingen forskel imellem forsøgs køer og kontrolkøer med hensyn til mastitis eller andre sygdomme. Derimod var der en signifikant effekt af tilskud af vitamin E på frekvensen af dødfødte og kalve døde indenfor de første 24 timer efter fødslen.

Tabel 7. Gennemsnit og 95 % konfidensinterval (CI) for prevalens af medicinsk behandlet mastitis (M2), prevalens for andre veterinær medicinsk behandlede (Ø2) indenfor 2 måneder efter kælvning måneder efter kalvning, prevalens af dødfødte kalve (DFK) samt mælkenes celletal (lnSCC) og daglig mælkeproduktion (kg/d) ved første prøvetagning efter kælvning kontrolkøer (K; n=203) og forsøgs køer (F; n=196)

Variabel	K-køer			F-køer		
	Gns	Nedre CI	Øvre CI	Gns	Nedre CI	Øvre CI
M2	0,11	0,07	0,16	0,11	0,07	0,16
Ø2	0,10	0,07	0,15	0,09	0,05	0,14
DFK	0,06	0,03	0,11	0,03	0,01	0,06
lnSCC	1,96	1,87	2,06	1,89	1,81	1,98
Mælk kg/d	35,0	33,7	36,2	35,6	34,2	37,0

Forsøg 4

Hovedvægten af projektet har været lagt på forsøg 4 og har omhandlet besætningsforsøg med tildeling af tre typer af vitamin E til goldkøer med det formål at måle en effekt på mælkenes celletal i tidlig laktation, tilbageholdt efterbyrd, fødselens forløb samt koen og kalvens kondition umiddelbart efter fødsel.

I alt indgik 440 køer fra 7 besætninger i forsøget, hvilket var betydeligt færre end oprindeligt planlagt. En besætning droppede ud af forsøget umiddelbart efter forsøgsstart og en anden besætning skiftede fodermester undervejs og den nye fodermester magtede ikke at passe forsøget. I alle besætninger udgjorde majsensilage den primære grovfoderkilde og græsensilage udgjorde højst 15-20 % af den samlede foderration.

Der indgik tre forsøgshold og et kontrolhold i forsøget og alle fire behandlinger blev gennemført på alle gårde. Køerne blev fordelt tilfældigt på holdene efter kælvningsdato.

Holdinddeling:

- 1) Kontrol < 1300 IE vitamin E pr dag.
- 2) Injektion med 1500 mg (1500 IE = 1376 mg all-rac- α -tokoferol) all-rac- α -tokoferyl acetat (30 ml IDO-E Vet) 7 dage før forventet kælvning

- 3) 3500 IU (3211 mg all-rac- α -tokoferol) all-rac-alfa-tokoferyl acetat pr dag fra 1 måned før forventet kælvning til kælvning
- 4) 2000 IU (1342 mg RRR- α -tokoferol) RRR-alfa-tokoferyl acetat pr dag fra 1 måned før forventet kælvning til kælvning

For at fastlægge de forskellige besætningers vitamin E status blev foderets indhold af vitamin E analyseret fire gange i løbet af forsøgsperioden, tankmælk blev analyseret 1 gang om måneden for vitamin E og blodprøver blev taget fra forsøgskøer og analyseret for vitamin E.

Tankmælkens gennemsnitlige indhold af α -tokoferol igennem forsøgsperioden og celletallet ved første ydelseskontrol fremgår af tabel 8, mens ydelsen ved første kontrol er angivet i tabel 9. På grund af det forholdsvis lille antal køer som det lykkedes at få igennem forsøget har det ikke været muligt at skelne mellem de enkelte typer af vitamin E behandling, men alene muligt at sammenligne effekten af vitamin E tilskud/behandling mod kontrolholdet. Overordnet set har det ekstra tilskud af vitamin E bevirket en reduktion i mælkens celletal ($P = 0,038$) samt en lille stigning i mælkeydelsen på 1,0 kg ($P = 0,093$) ved første ydelseskontrol efter kælvning, hvorimod materialet ikke var stærk nok til at konkludere om der var effekt på de øvrige responsparametre.

Tabel 8. Tankmælkens gennemsnitlige indhold af α -tokoferol og mælkens celletal ved første ydelseskontrol

Lokalitet	Mælkens α -tokoferol $\mu\text{g/g}$	Mælkens celletal ved første ydelseskontrol, gns \pm SEM						Antal køer
		Kontrol	IDO E	Syntetisk	Naturligt	Gns vit E Behandling	P-Værdi*	
Nibe	0,72	1053 \pm 576	258 \pm 105	330 \pm 78	237 \pm 80	274 \pm 45	0,01	47
Års	0,75	1038 \pm 553	513 \pm 226	872 \pm 365	497 \pm 109	649 \pm 159	0,35	79
Aulum	1,05	145 \pm 59	358 \pm 183	139 \pm 46	222 \pm 81	286 \pm 68	0,23	75
Ry	1,16	346 \pm 232	91 \pm 25	79 \pm 25	94 \pm 32	88 \pm 16	0,13	65
Karup	1,40	553 \pm 207	645 \pm 274	354 \pm 201	567 \pm 259	528 \pm 143	0,92	89
Ålestrup	1,57							14
Almind	1,61	1055 \pm 504	691 \pm 469	247 \pm 76	832 \pm 346	572 \pm 188	0,28	78
t-test (n=6)								
Alle		698 \pm 165				400 \pm 88	0,038	433

* Kontrolhold mod vitamin E behandling

I litteraturen findes studier som viser at antallet af klinisk mastitis mindskes med øget tilskud af vitamin E i foderrationen, men der er stor variation fra studie til studie. Sundhedsparametre som klinisk mastitis, tilbageholdt efterbyrd osv. er meget komplekse i deres natur og kan være forårsaget af meget forskellige forhold, vitamin E og andet, som kan påvirke immunsystemet i positiv retning er blot nogle af disse. Behovet for vitamin E kan sagtens variere fra land til land og fra besætning til besætning som følge af forskelle i fodringsstrategi, genetisk baggrund i besætningerne samt pasningsrutinerne.

I det svenske besætnings studie udgjorde andelen af græsensilage således en større andel af foderet end i det tilsvarende danske studie. Vitamin E forsyningen til de svenske goldkøer var således grundlæggende højere. Fra det danske studie ses også en betydelig variation i tankmælkens indhold af vitamin E, hvilket ligeledes primært må skyldes forskelle i foderets vitamin E indhold.

Tabel 9. Tankmælkens gennemsnitlige indhold af α -tokoferol og kg EKM ved første ydelseskontrol

Lokalitet	Mælkens α -tokoferol $\mu\text{g/g}$	kg EKM ved første ydelseskontrol, gns \pm SEM						Antal køer
		Kontrol	IDO E	Syntetisk	Naturligt	Gns vit E Behandling	P-Værdi*	
Nibe	0,72	35,7 \pm 2,1	36,8 \pm 2,6	36,6 \pm 1,8	37,9 \pm 2,0	37,0 \pm 1,1	0,58	47
Års	0,75	36,7 \pm 1,2	39,9 \pm 2,6	39,6 \pm 1,7	38,3 \pm 1,6	39,2 \pm 1,1	0,24	79
Aulum	1,05	39,3 \pm 1,1	38,2 \pm 1,6	37,4 \pm 2,1	39,1 \pm 1,8	38,1 \pm 1,1	0,54	75
Ry	1,16	40,2 \pm 1,2	43,7 \pm 2,5	42,9 \pm 1,9	42,6 \pm 2,0	43,1 \pm 1,2	0,13	65
Karup	1,40	37,4 \pm 1,6	37,8 \pm 1,1	35,2 \pm 1,0	38,5 \pm 1,4	37,2 \pm 0,7	0,92	89
Ålestrup	1,57							14
Almind	1,61	32,8 \pm 2,2	35,2 \pm 1,9	33,1 \pm 2,2	31,8 \pm 2,1	33,4 \pm 1,2	0,80	78
t-test (n=6)								
Alle		37,0 \pm 1,1				38,0 \pm 1,3	0,093	433

* Kontrolhold mod vitamin E behandling

I både det svenske og det danske feltforsøg var antallet af tilbageholdt efterbyrd meget lavt, hvilket bevirker at det er meget svært at se en eventuel behandlings effekt. Den alment positive effekt af vitamin E på neutrofilernes funktion hos moderdyret indebærer at hendes almene immunstatus under drægtigheden forbedres, hvilket kan forklare den bedre levedygtighed hos kalvene. Hos får er det vist at vitamin E til drægtige får øger lammenes fødselsvægt, og hos søer er det vist at et højt tilskud af vitamin E i den sidste del af drægtigheden mindskede antallet af dødfødte pattegrise hos ældre søer. Tilsvarende har forsøg med drægtige hopper vist at vitamin E øgede colostrums indhold af immunoglobuliner samt føllenes vitamin E og immunoglobulin status.

Den overordnede konklusion af projektet:

- Et dagligt tilskud af 2000-3000 IE vitamin E til goldkøer i besætninger med lav vitamin E status ($< 1-1,1 \mu\text{g/g}$ tankmælk eller plasmaværdierne under $2-3 \mu\text{g/ml}$ omkring kælvning) kan reducere mælkens celletal
- Besætningsforsøget kan ikke afgøre om naturligt, syntetisk eller injektion giver det bedste resultat
- Forsøg 1 og forsøg 2 viser dog samstemmende at det primært er den naturlige isomer af α -tokoferol som udnyttes.

Anbefalinger

Som det desværre ofte er i biologiens verden er det ikke muligt helt præcist at give en anbefaling om at naturligt vitamin E er lige præcist så meget mere effektivt end syntetisk vitamin E eller at køerne har brug for præcist så meget vitamin E. Baseret på de forsøg og de erfaringer der er indhøstet over årene er det dog muligt at opstille nogle rettesnore.

- Den biologiske værdi af naturligt vitamin E til køer er 2,5-4 gange bedre end syntetisk vitamin E målt på mg basis.
- Anvendelsen af naturligt vitamin E bør koncentreres til køerne omkring kælvning og til spæd- og småkalve.
- Udgør godt græsensilage mindst halvdelen af grovfoderet vil der normalt ikke være behov for at supplere med vitamin E udover norm.
- Udgøres grovfoderet primært af majsensilage, helsædsensilage eller andet grovfoder med lavt vitamin E indhold og der samtidig er problemer med køernes immunforsvar eller mælkens celletal i tidlig laktation kan det være en god ide at tildele køerne 2000-2400 IE naturligt vitamin E de sidste 3 uger før kælvning.
- Argumentet for at anvende naturligt vitamin E frem for syntetisk vitamin E synes at være størst ved tildeling af høje vitamin E mængder.

Supplerende litteratur

Jensen, S.K. & Lauridsen, C. 2007. α -tocopherol stereoisomers. Ch 10. in: Vitamin E (Ed. G. Litwack). Vitamins and Hormones, 76, 281-308.

Persson-Waller, K., Sandgren, H., Emanuelson, U., & Jensen, S.K. 2007. Supplementation of RRR- α -tocopheryl acetate to periparturient dairy cows in commercial herds with high mastitis incidence. Journal of Dairy Science 90, 3640-3646.

Jensen SK, Nørgaard JV & Lauridsen C 2006. Bioavailability of α -tocopherol stereoisomers in rats depends on dietary doses of all-rac- α -tocopheryl acetate or RRR- α -tocopheryl acetate. Br J Nutr 95, 477-487.

Meglia, G.E. Jensen, S.K. Lauridsen, C. & Waller, K.P. 2006. α -Tocopherol concentration and stereoisomer composition in plasma and milk from dairy cows fed natural or synthetic vitamin E around calving. J. Dairy res. 73, 227-234.

Knudsen, B.S., Hermansen, J.E., Jensen, S.K., Kristensen, T. & Nielsen, M.O. 2001. E-vitamin til malkekøer – forekomst og funktion samt vitaminstatus og sammenhæng til hyppigste produktionssygdomme i økologiske besætninger. DJF Rapport Nr. 27, pp. 76.

Fosfors tilgængelighed

Peter Lund og Jakob Sehested

*Inst. for Husdyrsundhed, Velfærd og Ernæring, Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet,
Aarhus Universitet*

Sammendrag

Sammenhængen mellem fosforoverskud i landbrugsjord og miljøpåvirkning af det omgivende vandmiljø har stor bevågenhed fra samfundet. I forbindelse med Vandmiljøplan III er der gennemført en række forsøg ved DJF med det formål at undersøge fosfors tilgængelighed hos kvæg. Nylonposeinkubation af forskellige fodermidler viste en betydelig variation i nedbrydelighed af fosfor i vommen, som varierede fra 34% for varmebehandlet rapskage til over 95% for kornvarer. Den lave nedbrydning af fosfor i rapskage skyldes dels den meget kraftige varmebehandling, dels et højt indhold af fytat-bundet fosfor. Et efterfølgende dyreforsøg kunne dog ikke entydigt påvise en negativ effekt af varmebehandling på omsætningen af fytat-bundet fosfor. Forsøget viste imidlertid at 20-25% af det optagne fytat-bundne fosfor tabes i gødningen, og at nedbrydning af fytat-bundet fosfor i alt overvejende grad kan henføres til mikrobiel hydrolyse i formaverne, mens hydrolyse i tyndtarmen havde mindre betydning. Et efterfølgende dyreforsøg viste i modsætning til den almindelige opfattelse, at hydrolyse af fytat-bundet fosfor kan påvirkes gennem fodringen, idet tilsætning af ekstern fytase til rationen øgede hydrolysen af fytat-bundet fosfor fra 79% til 84%, mens en stimulering af de fytase producerende bakterier i vommen ved at øge indholdet af stivelse på bekostning af cellevægge øgede hydrolysen af fytat-bundet fosfor fra 78% til 86%. Foreløbige tal fra endnu et dyreforsøg viser at mikrobernes indhold af fosfor ikke er konstant, men kan påvirkes af foderets indhold af fosfor og af grovfoderkilde.

Indledning

I de seneste to årtier er man i stadig højere grad blevet opmærksom på de miljømæssige konsekvenser af husdyrgødningens indhold af næringsstoffer. I kvægbruget er det i perioden lykkedes at reducere den totale udskillelse af kvælstof og fordampningen af ammoniak pr. kg produceret mælk betydeligt, men i de seneste år har især fosfor været i fokus. Dette skyldes sammenhængen mellem ophobning af fosfor i jorden i områder med stor husdyrtæthed (Kyllingsbæk & Hansen, 2007), og de potentielle negative effekter af fosforoverskud for især det omgivende vandmiljø (Hooda et al., 2000; Leinweber et al., 2002). Desværre har malkekøer en lav udnyttelse af fosfor på ca. 30% (Lund et al., 2008), og ca. 20 kg fosfor pr. årsko ender i fæces og urin. Foderrationer til malkekøer har tidligere været sammensat med et højere indhold af fosfor end anbefalingerne, som også i sig selv har ligget relativt højt. Fosfor er imidlertid en begrænset og relativt dyr naturressource og forsøg har vist, at indholdet af P i foderet ofte kan reduceres betydeligt uden at det har en negativ effekt på dyrets produktion (Valk et al., 2000; Cerosaletti et al., 2004). Blandt andet på den baggrund blev også de danske fodringsnormer for fosfor reduceret betydeligt i 2003 til et niveau svarende til ca. 3,5 fosfor pr. kg fodertørstof. Det gennemsnitlige indhold af fosfor i danske malkeko-rationer ligger dog fortsat på 4,2 g fosfor pr. kg tørstof (Lund et al., 2008). En sænkning til f.eks. 3,7 g fosfor pr. kg tørstof vil medføre en reduktion i udskillelsen af fosfor på 3 kg pr. årsko, svarende til 15%.

Jo mere tildelingen af P sænkes jo vigtigere bliver det at det tildelte P har en høj tilgængelighed for dyrene. Formålet med dette indlæg er derfor at redegøre for de afsluttede og igangværende aktiviteter ved DJF vedrørende fosfors tilgængelighed.

Baggrund

Fosfor metabolisme i drøvtyggere

Fosfor (P) er et essentielt næringsstof, som i form af fosfater indgår i en meget lang række kropsfunktioner (knoglevækst, DNA/RNA, coenzym, ATP/ADP osv.), og fosfor spiller en vigtig rolle kvægets produktion og sundhed. Optimering af udnyttelsen af fosfor uden negative konsekvenser for produktion og sundhed kræver både veldefinerede fysiologiske behov hos dyrene, og veldefinerede potentielle fordøjeligheder for fosfor i fodermidlerne, og at denne viden også implementeres og anvendes i praksis. Men der mangler i høj grad konkrete data og viden om tilgængelighed og fordøjelighed af fosfor i fodermidlerne. Det fysiologiske behov for absorberet fosfor til vækst, mælkeproduktion og reproduktion er relativt veldefineret, selvom der ser ud til at være nogen variation i mælkens indhold (Sehested, 2004). Men der er betydelig usikkerhed hvad angår omfanget af knoglernes mobilisering og aflejring af fosfor, og hvad angår behovet for fosfor til obligatorisk endogent tab, i form af fosfor i urin samt ikke-absorberet fosfor fra spyt og vommikrober og tarmceller og tarmsekreter udskilt i fæces. Mobilisering og aflejring af fosfor og obligatorisk endogent tab undersøges aktuelt i to forskningsprojekter, hvorfra der endnu ikke foreligger endelige resultater, men nogle foreløbige resultater vedrørende mikrobielt fosfor præsenteres dog her. Usikkerhederne omkring tilgængeligheden af fosfor i fodermidlerne og omkring det fysiologiske behov for fosfor har været indbygget som betydelige sikkerhedsmarginer i såvel fodernormerne for fosfor som i den praktiske foderplanlægning og tildeling af fosfor. Jo mere denne sikkerhedsmargin kan reduceres gennem præcis viden om tilgængeligheden af fosfor i fodermidlerne og om dyrenes behov, jo mere kan udnyttelsen af fosfor øges med positiv konsekvens for udskillelsen af fosfor og uden negative konsekvenser for produktion og sundhed.

Udskillelse af fosfor hos drøvtyggere og enmavede dyr

Drøvtyggere afviger på en række punkter betydeligt fra de enmavede dyr hvad angår fordøjelse og absorption af fosfor. Den mikrobielle nedbrydning af foderet i formaverne og mikrobernes behov for fosfor medfører, at fosfor er essentielt for en normal omsætning af foderet i vommen, og at en betydelig del af det tildelte fosfor indbygges i mikrobielle fosforlipider og nukleotider før det når tarmen. Yderligere recirkuleres fosfor effektivt fra blodet til mave-tarmkanalen via spytkirtlerne, og absorptionsprocessen i tarmen afviger fra absorptionsprocessen hos de enmavede dyr, specielt med hensyn til reguleringen. Hvor urinen er den primære udskillelsesvej for fosfor i enmavede dyr tabes fosfor hos drøvtyggere primært i fæces via spyt.

Fytinsyre-bundet fosfor og mikrobiel fytaseaktivitet

Tilgængeligheden af fosfor i fodermidlerne vil afhænge af nedbrydeligheden af den matrix hvori fosfor er indbygget. I fytatholdige (fyttat er et salt af fytinsyre, som også kaldes inositolfosfat) fodermidler (f.eks. korn, ærter og de fleste proteinrige frø, skrå og kager), er tilstedeværelsen af enzymet fytase afgørende for at opnå en høj tilgængelighed af fosfor. Fytase er naturligt tilstede i fytatholdige frø, og vil normalt blive aktiveret under spiringen, men fytasens aktivitet kan blive reduceret under industrielle processer og opbevaring, f.eks. ved varmebehandling (Carlson & Poulsen, 2003). Det er imidlertid velkendt, at hos drøvtyggeren vil nogle bakterier i formaverne producere fytase (Yanke et al., 1998), og et højt indhold af fyttat-bundet fosfor (inositolfosfat) i mange kraftfodermidler har derfor ikke hidtil været anset for noget problem hos kvæg (Morse et al.,

1992). Dog har *in situ* studier på får vist en betydeligt nedsat vom tilgængelighed af fosfor fra kraftigt varmebehandlede eller formaldehydbehandlede soyabønne- og rapsprodukter (Park et al., 1999; Konishi et al., 1999). Park et al. (2000) bekræftede, at passage af fytat-bundet fosfor ud af vommen var forøget hos får der fik et varmebehandlet rapsprodukt. Bravo et al. (2000) brugte nylonposeteknikken på køer og bekræftede en nedsat vomtilgængelighed af fosfor i formaldehydbehandlet hvede samt raps-, solsikke- og sojaprodukter. Forsøg med får fodret med ubehandlet rapsmel indikerede at nedbrydningen af fytat primært i formaverne er afgørende for fosfortilgængeligheden, idet fytat-bundet fosfor ikke blev yderligere nedbrudt i tyndtarmen (Park et al., 2002). I en *in vivo* situation med et højt foderniveau er det derfor sandsynligt, at en del af det fytat-bundne fosfor passerer ud af vommen uden at blive hydrolyseret, og derfor ikke er til rådighed for absorption i tyndtarmen.

Canadiske screenings-undersøgelser har vist, at fytase aktiviteten i vommen primært kan henføres til *Selenomonas ruminantium*. Aktiviteten i disse bakterier er relateret til de ydre cellemembraner i bakteriecellerne. Fytaseaktivitet i vomvæske kan derfor sandsynligvis henføres til nedbrudte celler (Yanke et al., 1998; D'Silva et al., 2000). *Selenomonas ruminantium* er primært tilstede i vommen, når der fodres med meget kraftfoderrige rationer med et højt indhold af fordøjeligt kulhydrat, som medfører et kraftigt fald i pH. *S. ruminantium* er ikke selv i stand til at nedbryde komplekse kulhydrater, men kun opløselige kulhydrater fra nedbrydningen af de komplekse kulhydrater. *S. ruminantium* kan udgøre 22-50 % af bakteriepopulationen i vommen ved lavt pH, men kun 1-4% i andre tilfælde. Det er derfor sandsynligt, at fytaseaktiviteten i vommen vil være påvirket af foderrationens sammensætning.

Mikrobielt behov for fosfor

Dyrets behov for fosfor kan tilsvarende kvælstof henføres til behovet hos både vommens mikrober og hos selve dyret. En længerevarende underforsyning med fosfor kan derfor bl.a. resultere i en underforsyning af vommens mikrober med fosfor og dermed en reduceret organisk stof fordøjelighed, mikrobiel proteinsyntese og foderoptagelse og derfor en reduceret produktion. Symptomerne på fosformangel ses når der er mindre end 3 g fosfor pr kg fodertørstof (Sehested & Aaes, 2004). Vommens mikrober forsynes med fosfor fra foderet og via recirkulering af fosfor i spytet. Ældre data har vist, at den endogene forsyning med spytet ofte vil kunne dække mikrobernes behov, men det er ikke klart om dette også er gældende på det nuværende højere produktionsniveau. Ca. 80% af mikrobielt fosfor er i form af fosfor i nukleinsyrer, som antages at være meget letfordøjelige, mens ca. 10% er i form af fosforlipider, som antages at være tungere fordøjelige (Sehested & Aaes, 2004). Indlejring af fosfor som mikrobielt fosfor vil påvirke fordøjeligheden af fosfor, og en del af det mikrobielle fosfor vil blive tabt i gødningen.

Absorptionskoefficient

Fodringsnormerne for tildeling af fosfor til kvæg er i de fleste lande baseret på den faktorielle metode, hvor det fysiologiske behov til de enkelte livsytringer adderes, og divideres med en faktor der ofte kaldes "absorptionskoefficienten" – i denne koefficient er indregnet tilgængeligheden af fosfor i fodermidlerne samt en sikkerhedsmargin. Gennem de seneste år har mange lande øget "absorptionskoefficienten" og differentieret mellem kraftfoder, grovfoder og mineralske fosforkilder. Der anvendes nu koefficienter mellem 0,55 og 0,70 (Suttle et al., 1991; NRC, 2001; Valk & Beynen, 2003; Meschy, 2003; Sehested, 2004). Målet har været en øget udnyttelse og reduceret udskillelse af fosfor i kvægproduktionen gennem en lavere fodringsnorm. Men i takt med at absorptionskoefficienten generelt øges og sikkerhedsmarginen reduceres, øges også behovet for at identificere fodermidler med en lav tilgængelighed af fosfor.

Forsøg I: Tilgængelighed af fosfor i korn, ærter og oliefrø målt *in situ*

Formål

I dette afsnit præsenteres resultater fra en serie forsøg, hvor tilgængeligheden af fosfor i forskellige fodermidler blev undersøgt ved hjælp af nylonposemetoden. Forsøgsseriens formål var at undersøge om varmebehandling, der gennemføres for at reducere nedbrydningen af protein i vommen (Lund et al., 1999), også ville påvirke tilgængeligheden af fosfor, samt om crimpning og ensilering af korn ville øge tilgængeligheden af fosfor på grund af den naturlige fytase aktivitet under ensilering og opbevaring.

Frengangsmåde

Tilgængeligheden af fosfor i forskellige fodermidler blev undersøgt ved hjælp af nylonposemetoden, dels ved inkubation af poserne i vommen, og dels ved den mobile nylonpose teknik, hvor poserne først inkuberes i vommen, og derefter introduceres ved duodenum og opsamles fra gødningen.

Resultater og diskussion

Tabellerne 1, 2 og 3 viser resultaterne fra tre forsøgsserier med en række forskellige fodermidler i forskellige kvaliteter, dvs. høst- og lagringsbetingelser, samt varme- og formaldehydbehandling.

Tabel 1. Data fra serie 1 (Sehested & Weisbjerg, 2001). Prøvens indhold af fosfor (% af TS), parametre for tilgængelighed (vandopløseligt fosfor (a), ikke-vandopløseligt, men potentielt nedbrydeligt fosfor (b) og hastighedskonstant for nedbrydning af fosfor (c, t^{-1})), effektiv vomtilgængelighed af fosfor beregnet ved en passagehastighed på 5% pr. time og med korrektion for partikeltab (EDP5) og total tilgængeligheden af fosfor i mavetarmkanalen (TPA).

Foder	P	a	b	C	EDP5	TPA
Byg	0,41	0,26	0,75	0,12	0,80	0,97
Rapskage	1,07	0,09	0,96	0,07	0,64	0,94
Sojaskrå	0,77	0,40	0,64	0,06	0,76	0,99
Majsbærme	0,84	0,84	0,12	0,08	0,92	0,96

Tabel 2. Data fra serie 2. Ubehandlede og varmebehandlede fodermidler (expander). Fordøjelighed af organisk stof (FK-OS, %), indhold af aske, total fosfor og fytat-bundet fosfor (% af TS), fytase aktivitet (FTU/kg TS), parametre for tilgængelighed (vandopløseligt fosfor (a), ikke-vandopløseligt, men potentielt nedbrydeligt fosfor (b) og hastighedskonstant for nedbrydning af fosfor (c, t⁻¹)), effektiv vomtilgængelighed af fosfor beregnet ved en passagehastighed på 5% pr. time og korrektion for partikeltab (EDP5) og total tilgængeligheden af fosfor i mavetarmkanalen (TPA).

Foder	Behandling	FK-OS	Aske	P	Fytat-P	Fytase	a	b	c	EPD5	TPA
Byg	Ubeh.	86	2,21	0,33	0,29	997	0,17	0,84	0,13	0,77	0,98
	115 °C	86	2,28	0,33	0,28	51	0,09	0,89	0,10	0,67	0,98
Guarmel	Ubeh.	91	5,65	0,52	-	122	0,19	0,86	0,09	0,74	0,98
	115 °C	91	5,56	0,51	-	99	0,14	0,91	0,08	0,70	0,99
Rapskage	Ubeh.	80	6,81	1,05	-	57	0,07	0,96	0,11	0,73	0,99
	115 °C	80	7,06	1,04	0,13	75	0,04	0,96	0,07	0,59	0,99
	142 °C	78	7,22	1,07	0,30	<50	0,00	1,00	0,03	0,34	0,99
Solsikkeskrå	Ubeh.	74	8,29	1,35	-	166	0,01	1,00	0,10	0,67	0,99
	115 °C	75	8,14	1,33	-	226	0,01	1,00	0,08	0,63	0,99
Ærter	Ubeh.	90	3,86	0,39	0,26	203	0,58	0,43	0,11	0,88	0,98
	115 °C	89	4,65	0,45	0,28	73	0,24	0,73	0,11	0,74	0,99

Tabel 3. Data fra serie 3. Fordøjelighed af organisk stof (FK-OS, %), indhold af aske, total fosfor og fytat-bundet fosfor (% af TS), fytase aktivitet (FTU/kg TS), parametre for tilgængelighed (vandopløseligt fosfor (a), ikke-vandopløseligt, men potentielt nedbrydeligt fosfor (b) og hastighedskonstant for nedbrydning af fosfor (c, t⁻¹)), effektiv vomtilgængelighed af fosfor beregnet ved en passagehastighed på 5% pr. time og korrektion for partikeltab (EDP5) og total tilgængeligheden af fosfor i mavetarmkanalen (TPA).

Foder	Behandling	FK-OS	Aske	P	Fytat-P	Fytase	a	b	c	EPD5	TPA
Hvede	Crimpet, frisk	89	1,90	0,37	0,30	452	0,31	0,72	0,14	0,83	0,97
	Crimpet, ensileret	88	1,92	0,37	0,18	<50	0,80	0,20	0,28	0,97	0,98
Byg	Crimpet, frisk	84	2,28	0,39	0,18	<50	0,78	0,22	0,36	0,97	0,97
	Crimpet, ensileret	84	2,31	0,39	0,11	<50	0,84	0,17	0,25	0,97	0,97
	Crimpet, ensileret+syre ¹	84	2,31	0,39	0,03	<50	0,89	0,09	0,23	0,96	0,96
Hestebønner	Ubeh.	91	4,31	0,73	0,11	<50	0,73	0,27	0,10	0,92	0,99
	Toastet 140 °C	91	4,39	0,70	0,07	<50	0,55	0,46	0,11	0,86	0,97
Sojabønner	Ubeh.	92	5,87	0,62	0,40	<50	0,75	0,24	0,16	0,94	0,93
	Toastet 140 °C	91	5,94	0,62	0,42	<50	0,41	0,60	0,09	0,80	0,92
Lupiner	Ubeh.	90	3,93	0,53	0,40	<50	0,49	0,51	0,19	0,89	0,99
	Toastet 140 °C	91	4,17	0,60	0,42	<50	0,32	0,73	0,08	0,77	0,98
Ærter	Ubeh.	92	3,32	0,51	0,40	101	0,70	0,31	0,13	0,92	0,97
	Toastet 140 °C	92	3,28	0,51	0,41	<50	0,52	0,48	0,15	0,88	0,97
Sojaskrå	Ubeh.	92	7,41	0,78	0,48	<50	0,46	0,56	0,13	0,86	0,99
	Varmebeh. ²	91	7,25	0,75	0,40	<50	0,33	0,68	0,06	0,70	0,99
	Varmebeh. ²	91	6,47	0,62	0,36	<50	0,45	0,56	0,05	0,74	0,97

¹Tilsætning af myresyre under ensilering

²Kommercielt produkt, beskyttet protein

Resultaterne viser en stor variation i indhold (0,33%-1,35 % af TS) og vomtilgængelighed (34% til 97%) af fosfor og i fytat-bundet fosfor (0-0,48% af TS). Fytaseaktiviteten varierede fra under detektionsgrænsen på 50 FTU til 997 FTU pr kg TS. Høj fytaseaktivitet blev reduceret af varmebehandling, mens der kun var lille effekt af varmebehandling når aktiviteten var lav. Rapskage havde betydeligt lavere vomtilgængelighed af fosfor end andre fodermidler, og samtidig det højeste fosfor indhold. Fodermidlerne blev grupperet efter fodertype og behandling (tabel 4). Protein fodermidlerne adskilte sig fra korn ved en større andel af vandopløseligt fosfor, og en lavere andel af uopløseligt, men nedbrydeligt fosfor i vommen. Vombeskyttede fodermidler (varme eller formalin) havde en lavere andel af vandopløseligt fosfor, lavere nedbrydningshastighed for fosfor og lavere effektiv vomnedbrydning af fosfor end de ubehandlede fodermidler. Crimpet korn havde en signifikant højere andel af vandopløseligt fosfor, og en signifikant højere nedbrydningshastighed for fosfor sammenlignet med ubehandlet, modent korn. Der var en signifikant positiv korrelation mellem *in vitro* fordøjeligt organisk stof (%) og parametrene for vomtilgængelighed af fosfor, hvorimod der var signifikant negativ korrelation mellem fytat-bundet fosfor (% af total P) og parametrene for vomtilgængelighed af fosfor. Total tilgængeligheden (mobile poser) af fosfor var høj (>0.91) for alle fodermidlerne, men det er sandsynligt at den mobile nylonposemetode overestimerer totaltilgængeligheden af fosfor fra fytatholdige fodermidler, idet fytat-bundet fosfor formentlig frisættes fra poserne efterhånden som det organiske stof nedbrydes, uanset om fytaten er nedbrudt eller ej. Resultaterne betyder, at tilgængeligheden af fosfor fra vombeskyttede, fytatholdige fodermidler sandsynligvis kan være betydeligt lavere end de nugældende estimer, samt at *in vitro* fordøjeligt organisk stof kan være en potentiel indikator for tilgængeligheden af fosfor i kraftfoder.

Tabel 4. Parametrene for tilgængelighed af fosfor (ls-means ± SEM (min-max)) analyseret på tværs af forsøgsserierne.

Fodertype	Behandling	A	B	c	EDP5	TPA
Korn	Ubeh.	0,26±0,16 (0,17-0,26)	0,75±0,16 (0,75-0,84)	0,13±0,05 (0,12-0,13)	0,85±0,07 (0,77-0,80)	0,98±0,02 (0,97-0,98)
	Beskyttet	0,16±0,15 (0,09)	0,82±0,16 (0,89)	0,10±0,05 (0,10)	0,74±0,07 (0,67)	0,98±0,02 (0,98)
	Crimpet	0,71±0,08 (0,31-0,89)	0,29±0,08 (0,09-0,72)	0,25±0,03 (0,14-0,36)	0,97±0,03 (0,83-0,97)	0,97±0,01 (0,96-0,98)
Protein fodermidler	Ubeh.	0,57±0,07 (0,01-0,75)	0,43±0,07 (0,24-1,00)	0,13±0,02 (0,10-0,19)	0,84±0,03 (0,67-0,94)	0,98±0,01 (0,93-0,99)
	Beskyttet	0,34± 0,05 (0,00-0,55)	0,67± 0,05 (0,46-1,00)	0,08±0,02 (0,03-0,15)	0,72± 0,02 (0,34-0,88)	0,97± 0,01 (0,92-0,99)
Model effekter	Type	0,06	0,08	0,81	0,85	0,90
	Behandling	0,004	0,007	0,02	0,009	0,69
	Type x Beh.	0,59	0,52	0,84	0,94	0,97

Forsøg II: Nedbrydning af fytat-bundet fosfor i vom og tarm hos køer

Formål

Forsøgets formål er på baggrund af resultaterne fra forsøg I at fastslå niveauet for nedbrydning af fytat-bundet fosfor i vom og tarm *in vivo*, og om nedbrydningen påvirkes negativt ved varmebehandling af foderet.

Forsøgsdesign

I forsøget indgik 4 multifistulerede køer (to lakterende køer og to goldkøer) i et romerkvadrat design. Byg blev varmebehandlet ved toastning ved 140 °C, og rapskage blev varmebehandlet ved ekspandering ved 135 °C. Køerne blev tildelt græsensilage efter ædelyst og kraftfoder blev tildelt restriktivt (2.4 kg byg pr. dag og 3.2 kg rapskage pr. dag), hvor kraftfoderet var en blanding af ubehandlet og varmebehandlet foder. Behandlingerne blev frembragt ved at øge andel af kraftfoder som var varmebehandlet (0; 0,33; 0,66; 1).

Resultater og diskussion

I tabel 5 ses den kemiske sammensætning af de anvendte fodermidler. Indholdet af fosfor i byg var ca. 3 g pr. kg TS, hvoraf fytat-bundet fosfor udgør ca. 45%. I rapskage er indholdet af fosfor højere, ca. 12 g pr. kg TS, og fytat-bundet fosfor udgør ca. 50% af det totale fosfor indhold. Det ses endvidere at den naturlige fytase aktivitet i byg hæmmes betydeligt ved varmebehandling, mens der som følge af tidligere processing ikke ses en yderligere effekt på rapskage. Varmebehandlingen medførte at den beregnede *in situ* vom tilgængelighed af fosfor faldt fra 0,81 til 0,60 for byg og fra 0,68 til 0,58 for rapskage.

Tabel 5. Kemisk sammensætning af fodermidler (g/kg TS), fytase aktivitet (FTU/kg TS) og vom tilgængelighed af fosfor beregnet på baggrund af nylonposeinkubationer og en passagehastighed på 0,05 t⁻¹ (EPD5).

	Ubeh. byg	Varmebeh. Byg	Ubeh. rapskage	Varmebeh. rapskage	Kløvergræsens.
Aske	19	18	72	72	100
Råprotein	113	109	307	308	139
Råfedt	30	29	189	184	26
NDF	184	180	235	247	446
P	3,22	3,20	11,8	11,8	3,77
Fytat-P	1,55	1,35	6,04	5,74	0,07
Fytase aktivitet	515	21	19	53	-
EPD5	0,81	0,60	0,68	0,58	0,93

Desværre lykkedes det ikke at holde foderoptagelsen konstant på tværs af behandlingerne, idet køerne fodret udelukkende med varmebehandlet foder havde en grovfoderoptagelse som var lavere end for de øvrige hold (tabel 6). Selvom det var tilstræbt at alle dyr var fodret med restriktivt mht. kraftfoder var der enkelte goldko observationer, hvor der var foderrester, og kraftfoderoptagelsen var derfor lavere for goldkøerne end for de lakterende køer.

Tabel 6. Foderoptagelse (kg/d).

	Andel ¹				SEM	P ²		Gold/Lakterende		SEM	P
	0	0,33	0,66	1		Lin.	Kvad.	Gold	Lakt.		
TS (kraftfoder)	4,94	5,19	5,26	5,04	0,14	0,60	0,20	4,83	5,38	0,10	0,03
TS (grovfoder)	9,48	9,70	9,31	8,50	0,25	0,06	0,13	5,87	12,62	0,17	<0,001
Råprotein	2,46	2,54	2,50	2,33	0,024	0,03	0,01	1,93	2,99	0,017	<0,001
Råfedt	0,874	0,902	0,892	0,835	0,013	0,12	0,05	0,753	0,999	0,0095	<0,001
NDF	5,29	5,45	5,30	4,90	0,089	0,04	0,05	3,67	6,80	0,063	<0,001
P (g/d)	77,4	80,2	79,2	74,1	0,79	0,05	0,02	62,7	92,8	0,56	<0,001
Fytat-P (g/d)	21,8	22,3	22,1	20,6	0,56	0,23	0,17	20,3	23,1	0,40	0,02

¹ Andel af kraftfoder som var varmebehandlet

² P-værdier for lineær og kvadratisk effekt.

Flow og fordøjelighed af fytat-bundet fosfor er vist i tabel 7. Varmebehandling havde ingen signifikant effekt på optag og flow af fytat-bundet fosfor, men som følge af det numerisk lavere optag af fytat-bundet fosfor for de køer som udelukkende fik varmebehandlet foder (0,67) sammenlignet med de øvrige behandlinger (0,71) havde varmebehandlingen en signifikant ($P=0,008$) negativ effekt på fordøjeligheden af fytat-bundet fosfor i vommen, mens der ikke var en effekt på fordøjeligheden i tyndtarmen. Den lavere foderoptagelse for de køer som udelukkende fik varmebehandlet foder burde alt andet lige have resulteret i en lavere passagehastighed og dermed en højere vomfordøjelighed. Hydrolysen af fytat-bundet fosfor var generelt højere end forventet, og den numeriske forskel mellem behandlingerne var lavere end forventet. Nye danske studier hos grise har imidlertid vist, at den negative effekt af varmebehandling på hydrolyse af fytat-bundet fosfor som følge af kompleks-dannelse med protein i visse tilfælde kan kompenseres af en nemmere adgang for fytase som følge af den fysiske behandling og en højere fordøjelighed af kulhydratfraktionen (Damgaard, pers.). Flow af fytat-bundet fosfor ved duodenum og ileum var højere for lakterende dyr sammenlignet med goldkøer, og denne forskel kunne ikke forklares alene af en højere optagelse af fytat-bundet fosfor. Hydrolyse af fytat-bundet fosfor i vom og tyndtarm var således betydeligt højere for goldkøerne end for de lakterende køer. For de lakterende køer var hydrolysen af fytat i vommen i gennemsnit 0,65, mens den var 0,75 for goldkøer, sandsynligvis som følge af en lavere foderoptagelse og dermed en lavere passage af unedbrudt fytat-bundet fosfor ud af vom og tyndtarm. Dette antyder at hydrolyse af fytat-bundet fosfor i vommen alligevel er begrænset af den mikrobielle aktivitet og/eller det højere foderniveau sammenlignet med de ældre undersøgelser fra 50'erne og 60'erne. Af den totale mængde hydrolyseret fytat (75-80%) blev 90% hydrolyseret i vommen og 10% i tyndtarmen, hvilket understreger at mikrobiel omsætning i vommen er det primære sted for hydrolyse af fytat hos drøvtyggere, men at 20-25% af fytat-bundet fosfor tabes i gødningen.

Tabel 7. Flow (g/d) og fordøjelighed af fytat-bundet fosfor.

	Andel ¹				SEM	P		Gold/Lakterende		SEM	P
	0	0,33	0,66	1		Lin.	Kvad.	Gold	Lakt.		
Optag	21,8	22,3	22,1	20,6	0,56	0,23	0,17	20,3	23,1	0,40	0,02
Duodenum	6,24	7,00	6,45	6,74	0,23	0,43	0,38	5,09	8,13	0,16	<0,001
Ileum	4,65	4,67	4,99	5,00	0,15	0,13	0,98	3,61	6,04	0,11	<0,001
Vom FK	0,718	0,690	0,712	0,673	0,0040	0,008	0,26	0,750	0,647	0,0029	<0,001
Tarm FK	0,255	0,321	0,233	0,271	0,023	0,72	0,58	0,291	0,249	0,016	0,17

¹ Andel af kraftfoder som var varmebehandlet

Varmebehandling havde ingen entydig effekt på omsætningen af total fosfor i mavetarmkanalen, og i nedenstående figur 1 er de gennemsnitlige fosfor flows for lakterende køer illustreret.

Mikrobiel syntese – ikke begrænset af mangel på P under normale forhold

Koncentrationen af fosfor i vomvæsken var i gennemsnit 14 mM, hvilket er langt over mikrobernes behov på 100 mg P pr. l (3,2 mM), og negative effekter af fosfor mangel på mikrobiel syntese er kun set ved meget lave fosfor tildelinger over lang tid (Durand & Kawashima, 1980; Kincaid & Rodehutsord, 2005). Recirkuleringen af fosfor med spyt vil derfor sikre dyret en tilstrækkelig forsyning med fosfor til at opretholde den mikrobielle syntese i situationer med forbigående fosfor mangel fra foderet, og anvendelse af foderrationer med normale strukturværdier og indhold af fosfor vil sikre at behovet til vomomsætning vil være dækket (Witt & Owens, 1983).

Sekretionen af fosfor med spyt blev beregnet som det daglige flow af fosfor ud af formaverne via den målte passage til tyndtarmen fratrukket den daglige optagelse via foderet, under antagelse af en

ubetydelig absorption fra formaverne. Spytsekretion blev estimeret til ca. 33 g fosfor pr. dag svarende til 2 g fosfor pr. kg fodertørstof. Dette er i overensstemmelse med Breves & Schröder (1991) som anfører en spytsekretion på 30-60 g fosfor pr dag, svarende til 2-4 g fosfor pr. kg fodertørstof.

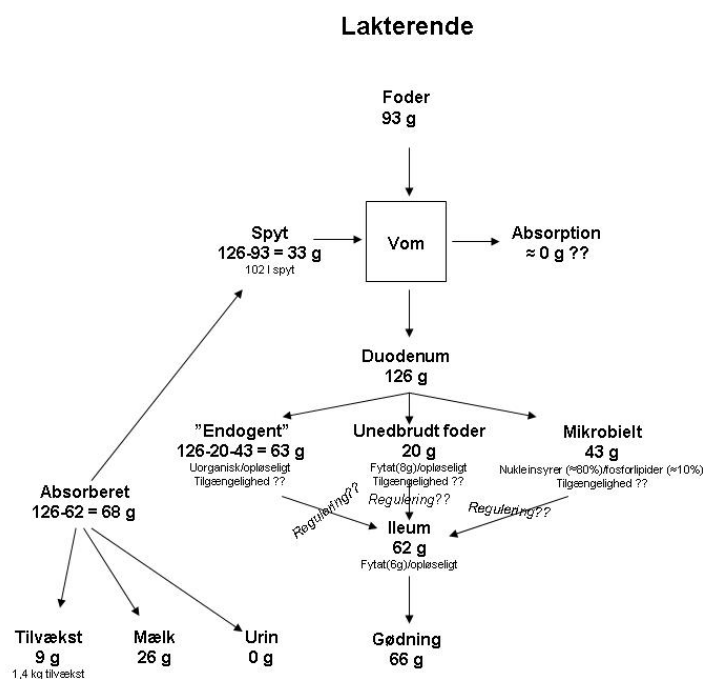
Ifølge Breves & Schröder (1991) er der potentiale for en passiv absorption af fosfor over vomvæggen, om end absorptionens reelle kvantitative betydning ikke er bestemt, og sandsynligvis er minimal.

Duodenumflow – endogen, mikrobielt og ikke-opløst foder

Den "endogene" fraktion af fosfor ved duodenum er beregnet indirekte, på baggrund af duodenumflow af fosfor bestemt vha. flowmarkør (kromoxid), mikrobielt fosfor bestemt vha. indhold af puriner (markør) og fosfor i isolerede vommikrober og duodenumindhold, og ikke opløseligt organisk fosfor fra foderet, som er bestemt vha. nylonpose inkubationer af de enkelte fodermidler. Den "endogene" fraktion indeholder derfor uorganisk lettilgængeligt fosfor som kan henføres til fosfor fra spyttet og opløseligt fosfor fra foderet som indlejres i mikrobielt stof samt en sand endogen fraktion sandsynligvis primært bestående af fosfor fra galde, om end den kvantitative betydning af den sande endogene fraktion for omsætningen af fosfor i mavetarmkanalen er minimal (Breves & Schröder, 1991). Kebreab & Vitti (2005) anfører at fosfor fra spyttet i gennemsnit udgør 45-50% af det totale flow af fosfor ved duodenum under antagelse af at der ikke er en betydende absorption af fosfor i formaverne.

Urin og fæces - fosfor udskilles primært i fæces

Udskillelsen af fosfor i urinen er ubetydelig sammenlignet med udskillelsen i fæces. Dette er i overensstemmelse med data fra Kebreab & Vitti (2005) og Wu et al. (2000), som fandt at udskillelsen af fosfor i urin ved normale fosforniveauer i foderet var i størrelsesordenen 1-4 g fosfor pr. dag sammenlignet med en udskillelse i fæces på 52-54 g pr. dag. Det skal dog bemærkes at situationer med lavt struktur indhold i foderet vil medføre en lavere recirkulering af fosfor med spyttet og dermed et højere niveau i plasma og dermed en højere udskillelse i urinen. Danske studier antyder desuden at der er en stor variation mellem dyr fodret på den samme ration i udskillelsen af fosfor i urinen, således at enkelte dyr udskiller betydelige mængder fosfor i urinen (Sehested, unpubl.)



Figur 1. Skematisk oversigt over omsætningen af fosfor (g/d).

Konklusion

Fra forsøget kan det konkluderes at absorption af fosfor primært sker i tyndtarmen, og fosfor udskilles overvejende i fæces via recirkulering med spyttet. Forsøget viste, at nedbrydningen i mavetarmkanalen af fytat var højere end forventet. Det optagne fytat blev primært fordøjet i vommen og kun i mindre grad i tyndtarmen, hvilket understreger at vommen er det primære sted for nedbrydning af fytat hos drøvtyggere. Effekten af varmebehandling på nedbrydningen af fytat-bundet fosfor i vommen var ikke entydig. Der synes at være potentiale for en forbedring af udnyttelsen af fosfor, hvis det er muligt at hæve den mikrobielle omsætning af fytat-bundet fosfor i vommen.

Forsøg III: Effekt af kulhydrat-kilde og tilsætning af ekstern fytase på nedbrydning af fytat-bundet fosfor i vom og tarm hos køer

Formål

På baggrund af data fra de foregående forsøg var formålet at undersøge om tilsætning af ekstern fytase kunne øge nedbrydningen af fytat-bundet fosfor (inositolfosfat) i vommen og om den mikrobielle fytase-aktivitet i formaverne kan øges ved at favorisere *Selenomonas ruminantium* vha. en stivelsesrig ration.

Forsøgsdesign

Der blev anvendt 4 køer (3 lakterende og en gold) med fistel i vom, duodenum og ileum i et 4*4 latin-square to-faktor design med to niveauer af eksternt fytase (-/+) og to forskellige kulhydrat-kilder (fibre/stivelse). To iso-energetiske TMR baseret på græs-kløver ensilage (52%) og rapsskrå (26%) blev formuleret: en TMR med højt stivelsesindhold (HS) blev formuleret ved tilsætning af afskallet havre (7%) og majsmeal (13%), og en TMR med højt fiberindhold (HF) ved tilsætning af

sojaskaller (23%). Hver TMR blev desuden blandet uden og med tilsætning af en kommerciel fytase (1900 FTU pr kg TS).

Tabel 8. Effekt af tilsætning af ekstern fytase (-/+; Fytase) og kulhydratkilde (fiber/stivelse; CHO) på foderoptagelse (kg TS/d), optag (g/d), duodenumflow, ileumflow (g/d), vom- og tarmfordøjelighed (%) af total fosfor og fytat-bundet fosfor, gennemsnitlig og minimum vom pH og vomfordøjelighed af NDF (%).

Fytase	Fiber		Stivelse		CHO		Fytase		SEM ¹	SEM ²	P-værdi		
	-	+	-	+	Fiber	Stivelse	-	+			CHO	Fyt.	CHO×Fyt.
Foderoptagelse	19,4	19,3	17,4	17,6	19,4	17,5	18,4	18,5	0,74	0,52	0,05	0,9	0,8
P optag	95	95	96	97	95	96	96	96	3,6	2,5	0,7	0,9	0,8
P duodenum	146	137	151	144	142	148	149	140	7,6	5,4	0,5	0,3	0,9
P ileum	6,6	7,2	6,1	6,4	6,9	6,3	6,4	6,8	0,33	0,24	0,1	0,2	0,6
Fytat-P optag	24	24	28	29	24	29	26	26	1,0	0,7	0,003	0,9	0,8
Fytat-P duodenum	5,5	4,1	4,4	3,2	4,8	3,8	4,9	3,7	0,33	0,24	0,03	0,009	0,9
Fytat-P ileum	4,8	4,0	3,1	3,1	4,4	3,1	4,0	3,5	0,30	0,21	0,005	0,2	0,3
P vom FK	-56	-53	-57	-49	-54	-53	-56	-51	5,8	4,1	0,9	0,4	0,7
P tarm FK	53	47	58	55	50	56	56	51	3,3	2,3	0,1	0,2	0,7
Fytat-P vom FK	75	79	83	88	78	86	79	84	1,0	0,73	<0,001	0,005	1
Fytat-P tarm FK	12	3	29	0	8	13	0	21	9,7	6,8	0,6	0,08	0,3
Gns. pH	6,04	6,02	5,99	5,97	6,03	5,98	6,02	6,00	0,027	0,019	0,1	0,5	0,9
Min. pH	5,84	5,78	5,63	5,68	5,81	5,66	5,73	5,73	0,058	0,041	0,04	1	0,4
NDF vom FK	68	67	64	61	68	63	66	64	2,4	1,7	0,1	0,5	0,6

¹ SEM for vekselvirkning (CHO×Fytase)

² SEM for hovedvirkninger (CHO, Fytase)

Resultater og diskussion

Foderoptagelsen var signifikant højere på HF (19.4 vs. 17.5 kg DM), mens optagelsen af fytat-bundet fosfor var signifikant højest på HS (29 vs. 24 g). Den totale daglige optagelse af fosfor (96 g) blev ikke påvirket af behandlingerne. Vomfordøjeligheden af fytat-bundet fosfor steg markant når der blev tildelt ekstern fytase (79 til 84%) og når fiber blev udskiftet med stivelse (78 til 86%). Det skal bemærkes, at der ikke var vekselvirkning mellem effekten af fytase og effekten af kulhydratkilde, og effekterne er dermed additive. Dette understreges af, at fordøjeligheden ved tilsætning af fytase til en stivelsesrig ration (88%) var meget højere end fordøjeligheden af fytat-bundet fosfor i en ration baseret på fiber og ingen tilsætning af fytase (75%). Udskiftning af fiber med stivelse havde en signifikant negativ effekt på minimum pH i vommen og en numerisk negativ effekt på gennemsnitlig pH og NDF fordøjelighed. Fordøjeligheden af fytat-bundet fosfor i tyndtarmen var lav og ikke påvirket af behandlingerne.

Resultaterne bekræfter således, at nedbrydningen af fytat-bundet fosfor i formaverne påvirkes af såvel kulhydratkilde i foderet, og dermed af formaveomsætningen, som af tildeling af ekstern fytase. Den mikrobielle fytaseaktivitet i formaverne var således begrænsende for nedbrydningen af fytat-bundet fosfor og dermed for tilgængeligheden af fosfor. Nedbrydningen af fytat-bundet fosfor i formaverne var dog høj i forhold til det foregående forsøg (tabel 7), og bekræfter dermed den negative effekt af varmebehandling på nedbrydningen af fytat-bundet fosfor i vommen. Forsøget bekræftede også, at der ikke skete nogen væsentlig nedbrydning af fytat-bundet fosfor sted i tyndtarmen, og at den eksterne fytase ikke havde nogen effekt i tyndtarmen. Der var ikke nogen vekselvirkning mellem effekten af kulhydratkilde og ekstern fytase. Hvis forskellen i tilgængelighed af foderets fytat-bundet fosfor opnået i dette forsøg blev omsat til reduceret fosfor tildeling og øget fosforudnyttelse hos en gennemsnitlig dansk malkeko ville det medføre en reduceret udskillelse af fosfor i størrelsesordenen 1,5 kg pr år. Det bør undersøges hvilket niveau for tilsætning af eksterne fytase, der er optimalt, hvilken type ekstern fytase der fungerer mest

optimalt i vommen, og om ekstern fytaseaktivitet kan beskyttes med vomomsætning og frigøre fytat-bundet fosfor i tarmen, når der anvendes fodermidler, som er beskyttet mod vomomsætning.

Forsøg IV: Mikrobiel indlejring af fosfor i vommen og tarmfordøjelighed af mikrobielt fosfor

Formål

Formålet var at fastlægge effekten af koens fosforforsyning på mikrobiel syntese og effektivitet, fordøjelighed af mikrobielt fosfor i tyndtarmen og tab af mikrobielt fosfor i gødningen.

Forsøgsdesign

I efteråret 2007 blev der derfor gennemført et forsøg med fistulerede køer. I forsøget indgik der fire køer med fistel i vom, duodenum og ileum i et 4*4 romerkvadrat to-faktorielt design med henholdsvis to niveauer af fosfor (-/+ fosfor tilsætning i form af mononatriumfosfat) og to forskellige *in vitro* fordøjeligheder af grovfoderet (FK, Lav/Høj). For at opnå en ration med et lavt indhold af fosfor blev kørerne fodret med en ration bestående af sojaskrå (12% af TS), roepiller (31% af TS), melasse (14 % af TS) og majsensilage (22% af TS) samt græsensilage (22% af TS) for at sikre tilstrækkeligt struktur.

Resultater og diskussion

Analysearbejdet er endnu ikke afsluttet, men foreløbige data indikerer at det er muligt at påvirke vombakteriernes indhold af fosfor via koens forsyning med foderfosfat og via grovfoderet. Indholdet af fosfor i vommikroberne (ca. 15 g pr. kg tørstof) var helt i overensstemmelse med Durand & Kawashima (1980) som anfører et gennemsnitligt indhold på 14,4 g fosfor pr. kg bakterie tørstof. Tilsætning af mononatriumfosfat forventes at have øget indholdet af fosfor i rationen fra 2,5 til 3,7 g pr. kg tørstof, og det ses af tabel 9 at et fosforniveau i rationen som er betydeligt under de danske anbefalinger på 3,5 g fosfor pr. kg tørstof tilsyneladende medførte et lavere indhold af fosfor i vombakterierne, og at denne effekt var uafhængig af grovfoders *in vitro* fordøjelighed. Tilsvarende synes der at være forskel i vombakteriernes indhold af fosfor, når der fodres med forskellige partier af grovfoder, således at en forventet højere fordøjelighed (eller et eventuelt lavere indhold af fosfor i grovfoderet) medførte et lavere indhold af fosfor i vombakterierne uafhængigt af niveau af mononatriumfosfat. Hvorvidt dette skyldes forskelle i indhold af fosfor i fodermidlerne afventer afslutning af de kemiske analyser. Konklusionen på om det lave fosforniveau er begrænsende for den mikrobielle produktion afventer bestemmelse af flow af mikrobielt fosfor ud af vommen. I løbet af forsøget er der isoleret betydelige mængder af mikrobielt stof, og tarmfordøjeligheden af det mikrobielle fosfor vil efterfølgende blive estimeret i et fodringsforsøg med rotter og sammenlignet med *in vivo* tarmfordøjeligheden i køernes estimeret ud fra tarmfordøjeligheden af nukleinsyrer.

Tabel 9. Effekt af tilsætning af mononatriumfosfat (-/+) og forventet grovfoderfordøjelighed (Lav/Høj) på vombakteriernes sammensætning (g/kg TS) og forholdet mellem fosfor og kvælstof.

FK -/ +P	Lav		Høj		FK		P		SEM ¹	SEM ²	P-værdi		
	-	+	-	+	Lav	Høj	-	+			FK	P	FK×P
Aske	193	190	197	187	191	193	195	189	16	10	0,9	0,7	0,8
Org. Stof	807	810	803	811	809	807	805	811	16	10	0,9	0,7	0,8
P	14,4 ^b	15,6 ^a	12,5 ^c	14,8 ^{ab}	15,0	13,7	13,5	15,2	0,39	0,26	0,004	<0,001	0,1
N	72,7	74,7	67,8	71,1	73,7	69,4	70,3	72,9	2,5	1,7	0,09	0,3	0,8
P:N	0,200	0,209	0,185	0,209	0,204	0,197	0,193	0,209	0,0061	0,0041	0,2	0,02	0,2

¹ SEM for vekselvirkning (FK×P)

² SEM for hovedvirkninger (FK, P)

Konklusion

Nylonposeinkubation viste en betydelig variation indenfor og mellem fodermidler i nedbrydelighed af fosfor i vommen. Den lave nedbrydning af fosfor i rapskage skyldes dels den meget kraftige varmebehandling, dels et højt indhold af fytat-bundet fosfor. Et efterfølgende dyreforsøg kunne dog ikke entydigt påvise en negativ effekt af varmebehandling på omsætningen af fytat-bundet fosfor. Forsøget viste imidlertid at 20-25% af det optagne fytat-bundne fosfor tabes i gødningen, og at nedbrydning af fytat-bundet fosfor primært kan henføres til mikrobiel hydrolyse i formaverne. Et efterfølgende dyreforsøg viste i modsætning til den almindelige opfattelse, at hydrolyse af fytat-bundet fosfor kan påvirkes gennem fodringen. Både tilsætning af ekstern fytase til rationen og stimulering af de fytase producerende bakterier i vommen ved at øge indholdet af stivelse på bekostning af cellevægge øgede hydrolyse af fytat-bundet fosfor. Foreløbige tal viser at mikrobernes indhold af fosfor ikke er konstant, men kan påvirkes af foderets indhold af fosfor og af grovfoderkilde.

Referencer

- Bravo, D., Meschy, F., Bogaert, C., Sauvant, D. (2000). Ruminant phosphorus availability from several feedstuffs measured by the nylon bag technique. *Reprod. Nutr. Dev.* 40, 149-162.
- Breves, G., Schröder, B. (1991) Comparative aspects of gastrointestinal phosphorus metabolism. *Nutr. Res. Rev.* 4, 125-140.
- Carlson, D., Poulsen, H.D. (2003). Phytate degradation in soaked and fermented liquid feed - effect of diet, time of soaking, heat treatment, phytase activity, pH and temperature. *Anim. Feed Sci. Technol.* 103, 141-154.
- Cerosaletti, P.E., Fox, D.G., Chase, L.E. (2004). Phosphorus reduction through precision feeding of dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 87, 2314-2323.
- D'Silva, C.G, Bae, H.D., Yanke, L.J., Cheng, K.-J., Selinger, L.B. (2000). Localization of phytase in *Selenomonas ruminantium* and *Mitsuokella multiacidus* by transmission electron microscopy. *Can. J. Microbiol.* 46, 391-395.
- Durand, M., Kawashima, R. (1980). Influence of minerals in rumen microbial digestion. In: Ruckebusch, Y., Thivend, P. (eds.) *Digestive Physiology and Metabolism in Ruminants*. MTP Press, UK, 375-408.
- Hooda, P.S., Edwards, A.C., Anderson, H.A., Miller, A. (2000). A review of water quality concerns in livestock farming areas. *Sci. Total Environ.* 250, 143-167.
- Kincaid, R.L, Rodehutsord, M. (2005). Phosphorus metabolism in the rumen. In: Pfeffer, E., Hristov, A.N. (eds) *Nitrogen and Phosphorus Nutrition of Cattle*. CAB International, 187-193.
- Kebreab, E., Vitti, D.M.S.S. (2005). Mineral metabolism. In: Dijkstra, J., Forbes, J.M., France, J. (eds.) *Quantitative Aspects of Ruminant Digestion and Metabolism*, CABI Publishing, 469-488.
- Konishi, C., Matsui, T., Park, W., Yano, H., Yano, F. (1999). Heat treatment of soybean meal and rapeseed meal suppresses rumen degradation of phytate phosphorus in sheep. *Anim. Feed Sci. Technol.* 80, 115-122.
- Kyllingsbæk, A., Hansen, J.F. (2007). Development in nutrient balances in Danish agriculture 1980-2004. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 79, 267-280.
- Leinweber, P., Turner, B.L., Meisner, R. (2002). Phosphorus. In: Haygarth, P.M., Jarvis, S.C. (eds.) *Agriculture, Hydrology and Water quality*. CABI Publishing, Wallingford, UK, 29-55.
- Lund, P., Weisbjerg, M.R., Hvelplund, T. (1999). Effect of expander treatment on rumen and total tract availability of protein determined in situ. *S. Afr. J. Anim. Sci.* 29, 164-165
- Lund, P., Kristensen, T., Aaes, O. (2008). Normtal for mængde og sammensætning af fæces og urin samt udskillelse af N, P og K i fæces og urin hos kvæg (2008/2009). Ikke publiceret bilag.

- Meschy, F. (2003). Reassessment of dietary allowances: absorbed phosphorus requirements in ruminants. In: Garnsworthy, P., Wiseman, J. (eds.), *Recent Advances in Animal Nutrition*, Nottingham University Press, Nottingham, 175-189.
- Morse, D., Head, H. H., Wilcox, C. J. (1992). Disappearance of phosphorus in phytate from concentrates in vitro and from rations fed to lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 75, 1979-1986.
- NRC (2001). Minerals. In: *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*, National Research Council, National Academy Press, 105-161.
- Park W.Y., Matsui T., Konishi C., Kim S.W., Yano F., Yano H. (1999). Formaldehyde treatment suppresses ruminal degradation of phytate in soybean meal and rapeseed meal, *Br. J. Nutr.* 81, 467-471.
- Park, W.Y., Matsui, T., Yano, F., Yano, H. (2000). Heat treatment of rapeseed meal increases phytate flow into the duodenum of sheep. *Anim. Feed Sci. Technol.* 88, 31-37.
- Park, W.Y., Matsui, T., Yano, H. (2002). Post-ruminal phytate degradation in sheep. *Anim. Feed Sci. Technol.* 101, 55-60.
- Sehested J. (2004). Feeding phosphorus (P) to cattle: a new basis for Nordic recommendations. *Acta Agr. Scand. Sect. A, Anim. Sci.* 54, 169-180.
- Sehested, J., Aaes, O. (2004). Fosfor til kvæg (review). DJF rapport, 60, 39 pp.
- Sehested, J., Weisbjerg, M.R. (2001). Availability of dietary phosphorus in cattle. *Book of abstracts, EAAP-Meeting*, 7, 121.
- Suttle, N.F., Armstrong, D.G., Braithwaite, D.G., Field, A.C., Scott, D., Thompson, J.K., Woolliams, J.A. (1991). A reappraisal of the calcium and phosphorus requirements of sheep and cattle. AFRC Technical Committee on Responses to Nutrients, Report 6. *Nut. Abstr. Rev.* 61, 573-612.
- Valk, H., Metcalf, J.A., Withers, P.J.A. (2000). Prospects for minimizing phosphorus excretion in ruminants by dietary manipulation. *J. Environ. Qual.* 29, 28-36.
- Valk, H., Beynen, A.C. (2003). Proposal for the assessment of phosphorus requirements of dairy cows. *Livest. Prod. Sci.* 79, 267-272.
- Witt, K.E., Owens, F.N. (1983). Phosphorus: Ruminal availability and effects on digestion. *J. Anim. Sci.* 56, 930-937.
- Wu, Z., Satter, L.D., Sojo, R. (2000). Milk production, reproductive performance, and fecal excretion of phosphorus by dairy cows fed three amounts of phosphorus. *J. Dairy Sci.* 83, 1028-1041.
- Yanke, L.J., Bae, H.D., Senlinger, L.B., Cheng, K.J. (1998). Phytase activity of anaerobic ruminal bacteria. *Microbiology* 144, 1565-1573.

Ny forsøgsstald til malkekøer på Forskningscenter Foulum

Jens Bech Andersen og John Foldager*

*Inst. for Husdyrsundhed, Velfærd og Ernæring, *Inst. for Fælles Forskningsfaciliteter
Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet, Aarhus Universitet*

Introduktion

Ved udgangen af år 2007 blev byggeriet af en ny forsøgsstald til malkekøer (K43) ”overdraget” til et hold bestående af staldmedarbejdere, forsøgsteknikere, EDB- og data teknikere og forskere (= indkøringsprojekt K43). Indkøringsprojektet har fokus på 4 hovedelementer: (1) Opstart og ibrugtagning af stald og udstyr (”praktisk gennemførelse”); (2) Opsamling af data og muligheder for automatiske procedurer; (3) Udarbejdelse af rutiner og arbejdsmanualer; (4) Gennemførelse af et forskningsprojekt.

Med baggrund i de erfaringer, som blev gjort i forbindelse med indkøringen af Kvægbrugets Forsøgscenter (KFC), vidste vi, at opstart af en højteknologisk forsøgsstald kræver en betydelig indsats på alle områder. Herudover er det erfaringen, at en indkøring fremmes, såfremt der er tilknyttet et konkret forskningsprojekt til opgaven. Teknik, dyr og personale vil således blive testet på et realistisk grundlag. I dette indlæg er der skitseret indretning og muligheder i stald K43 samt en kort status over staldens funktion dd.

Status over funktionen i stalden

Ved udgangen af marts 2007 er væsentlige dele af faciliteterne testet, og det er nu muligt at foretage fodringsforsøg. For nærværende er det dog med en lidt større manuel arbejdsindsats end det forventes når stalden er fuldt funktionel. Indkøringen af stalden bærer desværre stadigvæk præg af, at en del af det tekniske udstyr har flere børnesygdomme samt enkelte fejlfunktioner eller mangler. Elektronisk opsamling af relevante forsøgsdata og strukturering af data er påbegyndt og meget afhængigt af ”egne” løsninger. Sådanne løsninger har vi heldigvis megen erfaring med fra udviklingsprojekter på KFC, og ekspertise og modeller herfra kan i stort omfang implementeres til DJF staldene.

Indretning og muligheder i stalden – en oversigt

I tabellen vises en oversigt over forskellige funktioner og muligheder i stalden.

Emne	Detalje	Mulighed
Stald overordnet	Løsdrift med 72 ko-sengebåse fordelt på 3 hold. Yderligere mulighed for opdeling af hvert hold i 2 undergrupper à 12 køer. Individuel registrering af foder og vand.	Forsøgshold à 24 eller 12 køer.
Sengebåse	En sengebås med madras pr ko	
Gangareal	Fast gulv med gummibelægning og skrabere.	
Komfort-udstyr	2 ko-børster pr. hold à 24 køer.	
Malkning	Via transportgang drives køerne til malkning i en tilstødende malkestald.	Faste eller individuelle malkerutiner. Måling af mælkemængde og udtagning af mælkeprøver.
Veje- og sorteringsbokse	Vejeboks i udgang fra malkestalden og sorteringsbokse til automatisk sortering og vejning af køerne	Registrering af kropsvægt i forbindelse med malkning.
Fanggitter	12 fanggitre pr 24 køer.	Køerne kan fikseres for håndtering (eks. udtagning af blodprøver).
RIC stationer	1 RIC station pr. ko. RIC stationerne påfyldes automatisk med robot eller ved manuel fyldning fra 4 påslag i forrum til stalden.	Registrering af individuel TMR foderoptagelse. Mulighed for 4 forskellige TMR blandinger.
Kraftfoder automater	1 automat pr. 12 køer. 4 beholdere med automatisk påfyldning per automat	Udfodring af 4 forskellige kraftfodertyper pr. undergruppe.
Vandkasser	2 vandkasser pr. 12 køer	Registrering af individuel vandoptagelse
Gylletank	1 separat tank på 300 m ³ for hvert hold à 24 køer i alt 3 stk.	Opsamling af gødning pr. hold
Inspektionsgang	Placeret over tværgange ved enden af hver gruppe. Fast installation af styrbart videokamera ved hvert hold	Videoovervågning i forbindelse med adfærdsstudier m.m.
Afgræsning	Adgang til transportgang med mulig udgang til græsarealer	Ikke umiddelbart nemt pt.