

Högre utnyttjande av protein i mjölkproduktionen för bättre miljö och mer pengar till mjölkföretagaren (V1130045)

Helena Gidlund¹, Annika Höjer¹, Märten Hetta¹, Christian Swensson² och Pekka Huhtanen¹

¹ Institutionen för norrländsk jordbruksvetenskap, SLU Umeå

² Institutionen för biosystem och teknologi, SLU Alnarp och LRF Mjolk

Bakgrund

Det finns goda förutsättningar att producera mjölk i Sverige. Men för att den inhemska produktionen skall kunna visa tillväxt och styrka i den hårt konkurrensutsatta marknaden krävs att producenterna använder de lokala förutsättningarna optimalt, både utifrån ett driftekonomiskt-såväl som ett marknadsföringsperspektiv. Generellt är marginalutbytet i mjölkproduktionen på ett ökat proteinintag lågt, endast 10-15 procent av det tillförda proteinet återfinns i mjölken (Huhtanen och Hristov, 2009). Detta i kombination med negativa miljökonsekvenser av överutfodring av kväve gör det helt nödvändigt att mjölkorna utfodras med rätt mängd råprotein. En förutsättning för att skapa kväve- såväl kostnadseffektiva foderstater är att fodervärderingssystemen värderar fodermedlen korrekt. Sojamjöl har ett rykte bland mjölkbönder och rådgivare som ett bra proteinfodermedel. Etiska frågeställningar angående odlingsförhållanden och utnyttjandet av sojamjöl till mjölkkor istället för till livsmedel ökar dock intresset att i större utsträckning utfodra rapsmjöl istället.

Det här projektet är en fortsättning på SLF projektet V1030043 "Lägre råproteinhalt i kofoderstater för bättre miljö och mer pengar till mjölkföretagaren" som omfattade en metaanalys av internationellt publicerade produktionsförsök (Huhtanen et al., 2011). Studien visade att produktionsresponsen från rapsmjöl som proteinfodermedel är bättre än sojamjöl. Detta har dock hittills ännu inte visats experimentellt under svenska förhållanden. Detta projekt syftar till att förbättra kväveutnyttjandet hos mjölkkor genom val av proteinfodermedel och ta fram underlag för att lantbrukare skall kunna bestämma den mest ekonomiskt optimala råproteinhalten i foderstaterna med bibehållen mjölkavkastning.

Material och Metoder

I ett första försök som pågick under fyra perioder som sträckte sig över 21 dagar utfodrades 28 mjölkande SRB-kor med sju olika foderstater. Korna var uppdelade i fyra block där ett block utgjordes av förstakalvare och resten av djuren var uppdelade enligt mjölmängd. Djuren utfodrades enligt en cyklisk change-over design (Davies och Hall, 1969), vilket innebar att varje ko tilldelades fyra av de sju foderstaterna. Sex foderstater utgjordes av rapsmjöl (RSM) eller sojamjöl (SBM) utfodrade på bekostnad av korn, för att nå råproteinnivåerna låg, mellan och hög (respektive cirka 17,1, 18,7 och 20,5 % råprotein av ts) i totalfoderstaten. Den sjunde foderstaten innehöll inget proteinfoder och fungerade som en kontroll (15,3 % råprotein av ts). Foderstaterna (Tabell 1) utfodrades som fullfoderblandningar med fri tillgång där gräsenilage utgjorde 60 % och resten bestod av en premix och krossat, syrabehandlat korn tillsammans med RSM (Expro-00, AarhusKarlshamn AB, Malmö, Sverige) eller SBM.

Foderintag registrerades dagligen (Insentec B. V., Marknesse, Nederländerna). Djuren mjölkades klockan 06.00 och 15.00. Provmjolkning gjordes under fyra efterföljande mjölkningar under sista veckan i varje period. Morgon- och eftermiddagsprover analyserades separat för fett, protein, laktos och urea. Korna vägdes under tre efterföljande morgnar. Blodprover togs från svansvenen vid ett tillfälle per period. Plasman separerades och frystes in i -80°C innan

koncentrationen av aminosyror bestämdes enligt Haque et al. (2012). Mätningar av gasutsläpp från kornas nos och mun gjordes under de två sista försöksperioderna med tekniken GreenFeed (C-Lock Inc, Rapid City, South Dakota, USA). Alla data var insamlad under den sista veckan i varje period och bearbetad med Mixed Models enligt SAS 9.3 (SAS Institute Inc., Cary, NC). Kontraster inkluderade jämförelse av RSM och SBM, linjära responser på råproteinnivå samt kvadratiska responser, och interaktioner mellan proteinfoder och råproteinnivå.

Tabell 1. Experimentella foderstater (g/kg torrs substans) och den kemiska sammansättningen utav ensilage och kraftfodergiva (g/kg torrs substans, om inte annat anges) utfodrade till mjölkkor.

	Foderstat ¹						
	K	SL	SM	SH	RL	RM	RH
Ensilage	600	600	600	600	600	600	600
Premix ²	88	88	88	88	88	88	88
Korn	313	263	214	164	238	170	100
Rapsmjöl	0	0	0	0	75	138	213
Sojamjöl	0	50	94	145	0	0	0

	Ensilage ³	Kraftfodergiva						
		K	SL	SM	SH	RL	RM	RH
Torrs substans, g/kg	229	817	827	836	846	835	851	867
Organisk substans	919	941	937	932	927	931	921	911
Råprotein	174	122	171	215	264	164	200	241
NDF	550	269	255	242	229	272	275	279
pdNDF ³	475	221	212	205	196	215	210	205
iNDF ⁴	75	48	43	38	32	57	65	74
Råfett	20 ⁵	31	29	27	25	35	38	41
ME (MJ/kg DM)	11.19	12.38	12.56	12.72	12.91	12.10	11.85	11.59

¹K = enbart korn och inget proteinfoder, SL = låg giva av sojamjöl, SM = medium giva av sojamjöl, SH = hög giva av sojamjöl, CL = låg nivå av rapsmjöl, CM = medium nivå av rapsmjöl, CH = hög nivå av rapsmjöl. ²Premix bestod av (g/kg ts) betfiber (420), havre (416), kalcium-fett (60), NaCl (36), mineral and vitamin koncentrat (28), melass (20), kalcium (20). ³Analysvärden för ensilaget är medelvärden från 2 olika plansilos. ⁴pdNDF = potentiellt smältbar NDF. ⁵iNDF = osmältbar NDF. ⁶Råfettvärdet för ensilage är från Fodertabeller för idisslare 2003 av Spörndly (2003).

I ett andra försök som pågick under tre perioder á 21 dagar utfodrades 32 mjölkande SRB-kor med åtta olika foderstater. Även här användes en cyklisk change-over design. Foderstaterna bestod av tidigt (Ti; skördedatum 6-8 juni) eller sent (Se; skördetid 18 juni) skördat ensilage i kombination med kraftfoder med 4 olika råproteinnivåer. Kraftfodret bestod av syrabehandlat korn som byttes ut mot RSM (obehandlat) för att uppnå fyra nivåer; kontroll (bara korn, 12,2 % råprotein), låg (16,2 % råprotein), medel (20,2 % råprotein) samt hög (24,2 % råprotein) (Tabell 2). Utfodring och provtagningar skedde på samma sätt som i försök 1 med undantag av blodprover (som inte togs) och att gasmätningarna genomfördes under hela försökstiden. Kontraster inkluderade jämförelse av ensilagen, linjära responser på råproteinnivå samt kvadratiska responser, och interaktioner mellan ensilage och råproteinnivå.

Tabell 2. Experimentella foderstater (g/kg torrsubstans) och den kemiska sammansättningen utav ensilage och kraftfodergivor (g/kg torrsubstans, om inte annat anges) utfodrade till mjölkkor.

	Foderstat ¹							
	TiK	TiL	TiM	TiH	SeK	SeL	SeM	SeH
Ensilage tidigt	600	600	600	600	0	0	0	0
Ensilage sent	0	0	0	0	600	600	600	600
Korn	400	340	280	220	400	340	280	220
Rapsmjöl	0	60	120	180	0	60	120	180

	Ensilage ²		Kraftfoder ³			
	Tidigt	Sent	K	L	M	H
Torrsubstans, g/kg	250	256	664	640	677	738
Organisk substans	917	935	968	929	954	947
Råprotein	184	157	122	162	202	242
NDF	553	605	211	224	237	251
pdNDF	483	504	168	169	170	171
iNDF	70	101	43	55	67	79
Råfett ⁴	20	20	34	37	39	42
ME (MJ/kg DM)	11,4	10,9	13,21	13,17	13,13	13,08

¹TiK= enbart korn och tidigt skördat ensilage, TiL= låg giva av rapsmjöl och tidigt skördat ensilage, TiM= medium giva av rapsmjöl och tidigt skördat ensilage, TiH= hög giva av rapsmjöl och tidigt skördat ensilage, SeK= enbart korn och senare skördat ensilage, SeL= låg nivå av rapsmjöl och senare skördat ensilage, SeM= medium nivå av rapsmjöl och senare skördat ensilage, SeH= hög nivå av rapsmjöl och senare skördat ensilage. ²Medelvärde över tre perioder. ³K= enbart korn, L= korn och låg giva rapsmjöl, M= korn och medium giva rapsmjöl, H= korn och hög giva rapsmjöl. ⁴Råfettvärdet för ensilage är från Fodertabeller för idisslare 2003 av Spörndly (2003).

Resultat

I försök 1 tenderade foderintaget liksom mängd mjölk och energikorrigerad mjölk (ECM) att öka när korna utfodrades med RSM jämfört med SBM foderstater (Tabell 3.). Ökad råproteinnivå i foderstaten ökade mängd mjölk såväl som ECM. Koncentrationen av fett och protein i mjölken skilde sig inte åt mellan foderstaterna men korna producerade större totalmängd mjölkprotein per dag när de utfodrades med RSM jämfört med SBM. Dessutom visade sig kor utfodrade med RSM ha lägre ureakoncentration i mjölken och en högre kväveeffektivitet. Inga skillnader i plasmakoncentration av histidin eller grenade, essentiella och totala aminosyror kunde ses vid jämförelse av RSM och SBM. Effekter på totalt metanutsläpp varierade inte med typ av proteinfoder eller råproteinnivå. Men det visade sig att metanutsläppet minskades kvadratisk när det uttrycktes per kg TS-intag eller kg ECM, och den minsta mängden metan producerades vid utfodring av foderstaten med medium-råproteinnivån.

I försök 2 ökade foderintaget när korna utfodrades med Ti jämfört med Se foderstater, men inga skillnader sågs i mängd mjölk eller ECM (Tabell 4). Även i denna studie ökade mängden mjölk och ECM (tendens) med ökande råproteinintag, vilket även gav ökande proteinavkastning per dag. Kväveeffektiviteten var högre med Se foderstaterna än Ti trots tendens till högre ureakoncentration. Det var inga skillnader i det totala metanutsläppet.

Tabell 3. Visar medelvärdeseffekterna av foder- och näringsintag, mjölkproduktion, fodereffektivitet, N-effektivitet och CH₄-produktion hos mjölkkor som utfodrats med rapsmjöl, sojammjöl eller inget proteinfodermedel i foderstaten.

	Foderstater ¹							SEM	Signifikans			
	K	SL	SM	SH	RL	RM	RH		P	L	Q	P×L
TS, kg/d	20,4	20,4	20,7	20,5	20,7	21,3	20,8	0,37	0,06	0,23	0,15	0,28
NDF, kg/d	8,92	8,81	8,86	8,65	9,09	9,41	9,17	0,162	<0,01	0,73	0,14	<0,01
Råprotein, kg/d	3,11	3,52	3,93	4,28	3,52	3,92	4,16	0,072	0,29	<0,01	0,18	0,14
AAT _S ³ , g/d	1583	1666	1759	1818	1794	1997	2127	33,9	<0,01	<0,01	0,18	<0,01
AAT _F ³ , g/d	1913	1997	2092	2146	2036	2169	2205	38,0	0,01	<0,01	0,16	0,10
AAT _N ³ , g/d	1880	2140	2369	2547	2180	2434	2618	43,9	0,03	<0,01	0,06	0,12
ME _S ³ , MJ/d	241	244	248	246	244	249	241	4,4	0,63	0,27	0,16	0,34
ME _F ³ , MJ/d	242	243	246	244	243	248	239	4,4	0,79	0,87	0,15	0,44
NE _N ³ , MJ/d	134	136	139	138	138	144	142	2,5	0,01	<0,01	0,11	0,07
Mjölk, kg/d	26,6	27,5	28,0	28,0	28,0	28,9	28,9	0,69	0,04	<0,01	0,12	0,14
ECM ⁴ , kg/d	28,6	29,0	30,0	29,5	29,4	30,5	30,7	0,76	0,11	0,01	0,44	0,15
Fett, g/d	1192	1186	1250	1212	1206	1251	1271	36,0	0,24	0,06	0,75	0,24
Protein, g/d	940	959	969	966	971	1009	1013	23,9	0,01	0,01	0,33	0,03
Laktos, g/d	1272	1322	1343	1351	1337	1386	1378	34,9	0,17	<0,01	0,14	0,36
Fett, g/kg	45,2	43,0	45,0	43,5	43,1	43,5	43,9	0,85	0,55	0,23	0,17	0,90
Protein, g/kg	35,5	35,0	35,1	34,8	35,0	35,0	35,3	0,53	0,45	0,24	0,15	0,24
Laktos, g/kg	47,9	48,0	48,0	48,2	47,8	47,9	47,6	0,32	0,09	0,79	0,99	0,08
Urea, mmol/l	3,0	3,6	4,5	5,2	3,3	3,9	4,3	0,15	<0,01	<0,01	0,34	<0,01
F-eff. ⁵ , kg/kg	1,41	1,42	1,44	1,44	1,42	1,43	1,48	0,032	0,65	0,06	0,77	0,32
N-eff. ⁶ , g/kg	307	279	251	230	283	263	249	5,9	<0,01	<0,01	0,19	<0,01
CH ₄ , g/d	463	449	447	461	458	447	456	17,0	0,92	0,72	0,30	0,72
CH ₄ , g/kg TS	24,1	23,0	21,9	24,1	22,6	22,6	22,5	0,63	0,31	0,12	<0,01	0,11
CH ₄ , g/kg ECM	17,5	16,9	15,9	17,8	16,9	16,1	15,8	0,71	0,15	0,14	0,06	0,02

¹Foderstater: K= enbart korn, SL= låg giva sojammjöl, SM= medium giva sojammjöl, SH= hög giva sojammjöl, CL= låg giva rapsmjöl, CM= medium giva rapsmjöl, CH = hög giva rapsmjöl. ²P= effekterna av proteinfodermedel (raps- eller sojammjöl); L= linjära effekter av råproteinkoncentration; Q= kvadratiska effekter av råproteinkoncentration; P×L= interaktion mellan proteinfodermedel och linjär råproteinkoncentration. ³AAT_S, AAT_F och AAT_N är aminosyror absorberade i tarmen beräknade enligt svenska, finska samt Norfor foderutvärderingssystem. ME_S and ME_F är omsättbar energi beräknade enligt svenska och finska foderutvärderingssystem. NE_N är nettoenergi beräknad enligt Norfor. Beräkningar av fodervärden i Norfor gjordes med antagandet om en mjölkko som äter 20 kg torrs substans och som producerar 30 kg ECM per dag. ⁴ECM = energikorrigerad mjölk (Sjaunja et al. 1991). ⁵Fodereffektivitet beräknades enligt (kg ECM)/(kg DMI). ⁶N-effektivitet beräknades enligt (mängd mjölkprotein × 6.38)/(intag av råprotein × 6.25)

Tabell 4. Visar medelvärdeseffekterna av foder- och näringsintag, mjölkproduktion, fodereffektivitet, N-effektivitet och CH₄-produktion hos mjölkkor som utfodrats med en ökande andel rapsmjöl i kombination med tidigt eller senare skördat ensilage.

	Foderstat									Signifikans			
	TiK	TiL	TiM	TiH	SeK	SeL	SeM	SeH	SEM	S	L	Q	S×L
Ts, kg/d	22,2	22,0	22,0	21,6	19,2	19,7	21,5	20,5	0,68	<0,01	0,30	0,31	0,04
NDF, kg/d	9,09	9,14	9,22	9,18	8,36	8,66	9,58	9,16	0,31	0,24	0,04	0,33	0,08
Råprotein, kg/d	3,56	3,86	4,18	4,42	2,87	3,22	3,75	3,81	0,13	<0,01	<0,01	0,31	0,49
AAT _S ³ , g/d	1826	1929	2028	2105	1594	1727	1963	1954	62,9	<0,01	<0,01	0,32	0,27
AAT _F ³ , g/d	2056	2136	2222	2274	1737	1866	2098	2072	67,8	<0,01	<0,01	0,31	0,18
ME _S ³ , MJ/d	263	261	260	255	227	233	253	241	8,0	<0,01	0,38	0,29	0,04
ME _F ³ , MJ/d	270	264	261	253	227	232	250	237	8,0	<0,01	0,90	0,31	0,02
Mjölk, kg/d	22,7	23,9	23,9	23,9	22,2	24,4	24,5	24,6	0,83	0,49	0,01	0,08	0,37
ECM ⁴	25,0	26,4	25,6	26,0	24,6	26,5	26,8	27,0	0,99	0,43	0,09	0,30	0,32
Fett, g/dag	1051	1114	1085	1103	1043	1101	1139	1140	51,4	0,61	0,16	0,48	0,51
Protein, g/dag	811	864	855	850	794	853	842	894	26,6	0,96	0,01	0,34	0,19
Laktos, g/dag	1081	1162	1083	1121	1074	1184	1160	1156	49,4	0,28	0,34	0,22	0,48
Fett, g/kg mjölk	48,3	45,4	44,7	47,2	46,1	45,7	47,4	45,8	1,31	0,87	0,68	0,26	0,54
Protein, g/kg mjölk	36,3	36,2	35,8	36,0	36,1	35,4	34,8	36,4	0,65	0,22	0,79	0,09	0,59
Laktos, g/kg mjölk	47,5	47,5	44,7	47,4	48,4	47,6	47,8	47,5	1,11	0,18	0,47	0,33	0,94
Urea, mmol/l	4,2	4,5	5,0	5,4	3,9	5,0	5,5	5,7	0,20	0,06	<0,01	0,11	0,08
Fodereff. ⁵ , kg/kg	1,13	1,20	1,22	1,22	1,30	1,34	1,27	1,40	0,067	0,01	0,22	0,92	0,91
Kväveeff. ⁶ , g/kg	232	227	216	203	290	274	234	251	12,6	<0,01	<0,01	0,49	0,44
CH ₄ , g/d	396	405	418	419	432	403	424	422	15,3	0,24	0,40	0,64	0,28
CH ₄ , g/kg ts	18,3	18,5	19,4	19,1	23,0	21,6	20,6	21,7	0,97	<0,01	0,77	0,46	0,16
CH ₄ , g/kg ECM	16,1	15,6	16,8	16,6	17,9	15,3	16,0	15,7	0,73	0,86	0,39	0,15	0,03

¹Foderstater: TiK= korn och tidigt skördat ensilage, TiL = låg nivå rapsmjöl, tidigt ensilage, TiM = medium nivå rapsmjöl, tidigt ensilage, TiH = hög nivå rapsmjöl, tidigt ensilage, SeK = korn och senare skördat ensilage, SeL= låg nivå rapsmjöl, senare ensilage, SeM = medium nivå rapsmjöl, senare ensilage, SeH = hög nivå rapsmjöl, senare ensilage. ²S = effekterna orsakade av ensilagens skördetid (tidigt eller senare); L = linjära effekter av råproteinconcentration; Q = kvadratiske effekter av råproteinconcentration; S × L = interaktionsrespons mellan skördetid och de linjära råproteinconcentrationerna. ^{3,4,5,6}Se tabell 3

Diskussion

Linjära effekter av råprotein på foderintag (kg torrsubstans/dag) nådde inte statistisk signifikans, i motsats till resultat från metaanalyser av stora dataset från mjölkproduktionsstudier (Huhtanen et al., 2008b). Större respons på foderintag med RSM jämfört med SBM stämmer överens med resultaten från metaanalysen av Huhtanen et al. (2011). En anledning till det ökade foderintaget med RSM kan vara ett mer balanserat förhållande mellan aminosyror och omsättbar energi hos absorberade näringsämnen vilket ökar mjölkavkastningen och följaktligen foderintaget. Ökad mjölkavkastning med RSM jämfört med SBM i foderstaten överensstämmer med resultaten från metaanalysen (Huhtanen et al., 2011) i vilken marginella responser till ökande proteinintag var cirka 30 % högre med RSM än med SBM, men det var inga skillnader mellan obehandlat och behandlat RSM. I en studie som använde en liknande design som vi, ökade Öpex-behandlat RSM mjölkavkastningen jämfört med SBM (Shingfield et al., 2003). I en metaanalys av Martineau et al. (2013) var responserna i produktion större med tillskott av RSM än med SBM och andra proteinkällor som jämfördes.

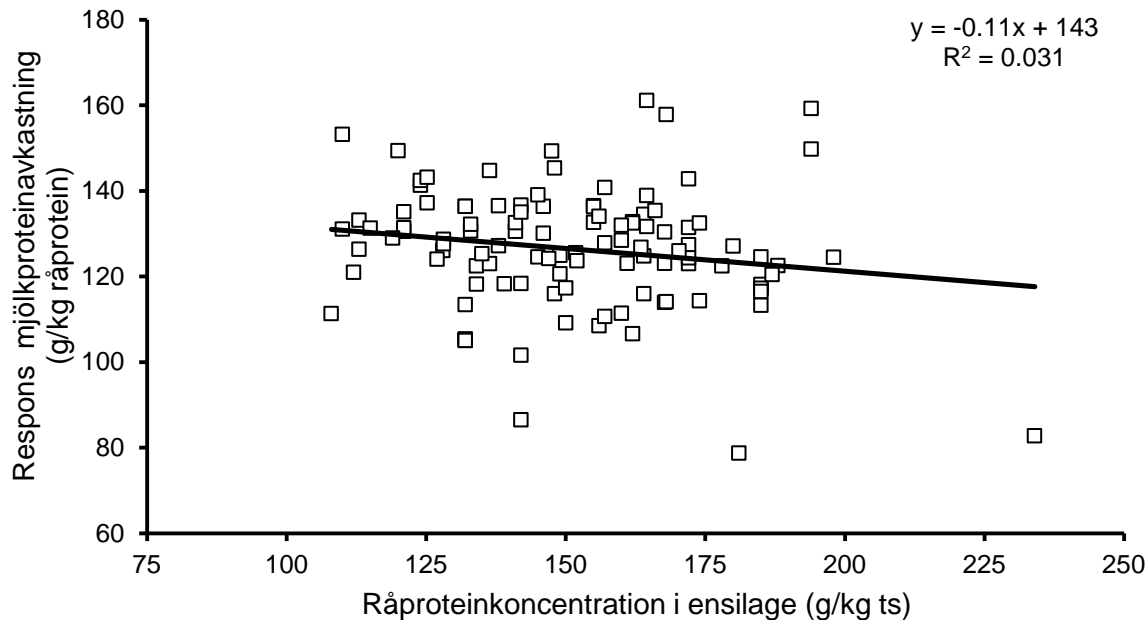
Den saknade effekten av grovfoderkvalitet på marginella responser med tillskottsprotein är förenlig med tidigare dataanalyser, i vilka öknings i mjölkproteinmängd per enhet av ökat proteinintag inte var signifikant relaterad till smältbarhet, proteinkoncentration eller fermentationskvalitet hos grovfodret (Huhtanen et al., 2008a). Resultaten kunde inte heller påvisa större nytta av den ökande proteintilldelningen hos medel- jämfört med lågproducerande kor.

Marginella responser på mjölkprotein med gradvist ökande råproteinintag var 74 g/kg (85 g/kg utan RH med i beräkningen). Dessa värden är markant lägre än de 133 g mjölkprotein/kg råprotein i metanalysen (Huhtanen et al., 2011) trots att Expro RSM har lägre våmnedbrytbarhet av råprotein enligt fodertabeller. I en direkt jämförelse av obehandlat och Exprobehandlat RSM (Huhtanen och Heikkilä, 1996) observerades inga skillnader i mjölkavkastning (99 vs. 102 g/kg råprotein). En anledning till de lägre responserna kan vara att utfodring av fullfoder kan förbättra den mikrobiella syntesen jämfört med separat utfodring av grovfoder och kraftfoder. I den aktuella studien var den marginella ökningen av aminosyror i plasma, speciellt histidin, mindre än i Shingfield et al. (2003) vilket tyder på att ökningen i tillgången på aminosyror till tunntarmen med ökad RSM nivå var mindre i vår studie. Dessutom kunde inga skillnader i plasma histidin visas i den aktuella studien, medan Shingfield et al. (2003) rapporterade större öknings i plasma histidin med ökat RSM jämfört med SBM tillskott.

I en flödesstudie med fistulerade djur utfodrade med liknande ökande nivåer av Expro RSM var in vivo våmnedbrytbarheten av råprotein låg (cirka 45 %) men samtidigt minskade effektiviteten av mikrobiell proteinsyntes med ökad mängd råprotein (Rapport FP7-KBBE-2011-5) och därför var ökningen i flödet av totalt råprotein till tunntarmen endast $62 \pm 3,7$ % utav ökningen i flödet av råprotein från fodret. Minskad mikrobiell N-syntes med proteinkällor onedbrytbara i våmmen observerades även i metaanalysen av Ipphaguerre och Clark (2005).

Det fanns inga interaktioner mellan ensilagens skördetid och proteinnivå i försök 2. Detta överensstämmer med de flesta publicerade studierna, det vill säga responsen i mjölkavkastning på ökande proteintilldelning påverkas inte av grovfodrets proteinkoncentration (Huhtanen, 2013; Figur 1). Orsaken till detta kan vara att ökningen av proteintillskott från fodret och minskningen av mikrobprotein (mindre energi från kolhydrater och protein tillgängligt för mikroberna) kompenserar för varandra. Protein från vallfoder har dessutom en relativt låg koncentration av histidin, vilken ofta är den först begränsande aminosyran vid utfodring av foderstater baserade på gräsensilage och korn. De positiva effekterna av högre grovfoderkvalitet (högre smältbarhet, förbättrad fermentationskvalitet) är nästan helt relaterade till ökat foderintag och högre

energitillgång. I samma studie av Huhtanen (2013) var responsen i mjölkproteinavkastningen på proteintillskott inte relaterad till mjölkproduktionen hos kor utfodrade utan proteintillskott.



Figur 1. Förhållande mellan grovfodrets råproteinkoncentration och respons på mjölkproteinavkastning (g/kg ökning av råproteinintag) vid tillskottsutfodring av protein. I studierna ersätts korn med proteintillskott (obehandlat rapsmjöl, värmebehandlat rapsmjöl eller sojamjöl) baserat på torrsubstans. Varje punkt i diagrammet motsvarar en studie (Huhtanen, 2013).

Intag av AAT beräknades enligt det svenska (Spörndly, 2003), NorFor (Volden, 2011) och det finska proteinsystemet det första försöket för att utvärdera hur väl systemen kan förutsäga produktionsresponser. Analysen gjordes med Mixed model regressionsanalys för att utvärdera förhållandet mellan intag av AAT och mjölkproteinmängd inom period och djur (periodeffekter har tagits med i beräkningen). Anpassat rotmedelkvadratfel (RMSE) och R^2 -värden var 113, 144 och 103 g/d, och 0,51, 0,40 och 0,60 för det respektive svenska, NorFor och finska systemet för inom-period-analys. Motsvarande värden för inom-djur-analys var 44,0, 59,0 och 42,8 g/d för RMSE och 0,71, 0,39, och 0,83 för respektive R^2 . De sämre förutsägelseerna av NorFor-systemet kan tillskrivas överskattning utav relativt AAT-värde av SBM jämfört med Expro RSM och möjligtvis också till högre relativt AAT-värde av proteintillskott jämfört med ensilage och korn.

Minskning i metanutsläpp per kg ECM, speciellt med RSM i försök 1, var relaterat till både något lägre utsläpp per kg torrsubstansintag och delvis till ökad mängd ECM. Däremot var minskningar i metan per mjölkenhet uppnådda på bekostnad av ökat N-utsläpp. Om endast 4 % av ökat N-utsläpp per kg ECM konverterades till N_2O skulle de positiva effekterna som ett minskat metanutsläpp ha på växthusgasutsläppen utjämnas.

De ekonomiska effekterna av att utfodra med proteintillskott beror på det aktuella mjölkpriset såväl som kostnaden för spannmål och proteinfoder. På grund av detta bör foderstatens proteinnivå optimeras med hänsyn till dagsaktuella mjölk- och foderpriser.

Slutsatser

1. Resultaten från den aktuella studien samt tidigare studier utomlands som jämför SBM och RSM som proteintillskott till mjölkkor indikerar att SBM fullständigt kan ersättas med RSM.
2. Relativt små responser med RSM samt tidigare studier som jämför obehandlat och behandlat RSM indikerar att ingen positiv effekt av behandlad RSM kan förväntas. Detta kan åtminstone delvis bero på minskad mikrobiell proteinsyntes.
3. Grovfoderkvaliteten har inte stor inverkan på responserna av ökande andel proteintillskott.
4. Högsta nivåerna av tillskottsprotein ökade inte produktionen. Små produktionsresponser antyder att ekonomiskt optimerad proteinutfodring kan vara lägre än nuvarande rekommendationer.
5. Ekonomisk optimal nivå av proteintillskott beror på mjölkpriset och den relativa kostnaden för protein- och energifodermedel (spannmål).
6. Negativa miljöeffekter (ökad ammoniak och nitrat) med ökad proteinutfodring är större än positiva effekter från reducerat metanutsläpp.

Publikationer och resultatförmedling till näringen

Vetenskapliga presentationer

Gidlund H, Hetta M, Krizsan S, Lemosquet S, Huhtanen, P. 2013. Rapeseed or soybean meal to lactating dairy cows fed grass silage-based diets. Proceedings of the 4th Nordic Feed Science Conference, 287, 104-108, Institutionen för husdjurens utfodring och vård, Uppsala, Sverige <http://www.slu.se/en/departments/animal-nutrition-management/publications/>

Gidlund, H., Hetta, M., Krizsan, S.J., Lemosquet, S., Huhtanen, P. Soybean meal or heat-moisture treated canola meal to lactating cows fed grass silage-based diets. (Manuskript)

Muntliga presentationer

Gidlund, H. 2014. Protein till mjölkkor – vall raps och soja. Föredrag på Mjölkföretagardagarna, Umeå 12-13 februari 2014.

Gidlund, H., Hetta, M., Krizsan, S., Huhtanen, P. 2013. Jämförelse mellan rapsmjöl och sojamjöl i foderstaten till mjölkkor. Föredrag vid Grovfoderkonferensen i Umeå 13 mars 2013. Rapport 2: 2013, Institutionen för norrländsk jordbruksvetenskap, SLU.

<http://www.slu.se/sv/institutioner/norrlandsk-jordbruksvetenskap/publikationer/rapporter/>

Gidlund, H. 2013. Jämförelse mellan rapsmjöl och sojamjöl i foderstaten till mjölkkor. Föredrag vid VFK's årsmöte (Föreningen Veterinär Foderråvarukontroll). Domsjö fabriker, Örnsköldsvik.

Referenser

Davis, A. och Hall, W. 1969. Cyclic change-over designs. *Biometrika* 56(2): 283-293

Haque, M. N., H. Rulquin, A. Andrade, P. Faverdin, J. L. Peyraud, och S. Lemosquet. 2012. Milk protein synthesis in response to the provision of an "ideal" amino acid profile at 2 levels of metabolizable protein supply in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 95:5876-5887.

Huhtanen, P. 2013. Production responses to changes in nutrient supply in dairy cows fed grass silage-based diets. *Proc. 15th Int. Conf. Forage Conservation*, pp.34-48. High Tatras, Slovak Republic.

Huhtanen, P. och Heikkilä, T. 1996. Effects of physical treatment of barley and rapeseed meal in dairy cows given grass silage-based diets. *Agric. Food Sci in Finland.* 5:399-412.

- Huhtanen, P., M. Hetta, och C. Swensson. 2011. Evaluation of canola meal as a protein supplement for dairy cows: A review and a meta-analysis. *Can. J. Anim. Sci.* 91:529-543.
- Huhtanen, P. och Hristov, A. 2009. A meta-analysis of the effects of protein concentration and degradability on milk protein yield and milk N efficiency in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 92: 3222-3232.
- Huhtanen, P., Nousiainen, J., Rinne, M., Kytölä, K., Khalili, H. 2008a. Utilization and partition of dietary nitrogen in dairy cows fed grass silage-based diets. *J. Dairy Sci.* 91:3589-3599.
- Huhtanen, P., Rinne, M., och Nousiainen, J. 2008b. Evaluation of the concentrate factors effecting silage intake of dairy cows; a development of the relative total diet intake index. *Animal* 2:942-953.
- Ipharraguerre, I. R. och Clark, J. H. 2005. Impacts of the source and amount of crude protein on the intestinal supply of nitrogen fractions and performance of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 88 (E. Suppl.):E22-E37.
- Martineau, R., Ouellet, D. R., och Lapierre, H. 2013. Feeding canola meal to dairy cows; a meta-analysis on lactational responses. *J. Dairy Sci.* 96:1701-1714.
- Rapport FP7-KBBE-2011-5
- Shingfield, K. J., A. Vanhatalo, och P. Huhtanen. 2003. Comparison of heat-treated rapeseed expeller and solvent-extracted soya-bean meal as protein supplements for dairy cows given grass silage-based diets. *Animal Sci.* 77:305-317.
- Sjaunja, L. O., Baevre, L., Junkkarinen, L., Pedersen, J., och Setälä, J. 1991. A nordic proposal for an energy corrected milk (ECM) formula. Pages 156-192 in European Association for Animal Production Publication, No. 50. Performance Recording of Animals: State of the Art, 1990; 27th Biennial Session of the International Committee for Animal Recording, Paris, France, July 2-6, 1990. Centre for Agricultural Publishing and Documentation.
- Spörndly, R. 2003. Fodertabeller för idisslare. Rapport 257. Institutionen för Husdjurens Utfodring och Vård, Uppsala.
- Volden. 2011. Norfor – The Nordic Feed Evaluation System. EEAP publication No. 130. Wageningen Academic Publishers, Nederländerna.