

Slutrapport - Kallpressad hampakaka till mjölkkor, dess proteinkvalitet, fettsyrasammansättning och inverkan på mjölkkvaliteten

Linda Karlsson och Kjell Martinsson
Institutionen för norrländsk jordbruksvetenskap, SLU, 901 83 Umeå.

Bakgrund

Mjölkkor i Sverige utfodras i huvudsak vallfoder samt kompletterande kraftfoder för att tillgodose djurens energi- och proteinbehov. Medan vallfodret nästan uteslutande odlas på gårdsnivå är det mindre vanligt att proteinfoder odlas lokalt. Användningen av proteinfoder i Sverige var 633 000 ton under 2008, av vilka 286 000 ton var mjöl från raps, ryps eller senap och 255 000 ton var sojamjöl (Björklund et al., 2010). Av de proteinfoder som vanligen används i Sverige är det sojabönor som står för den största importen. Importen, som främst görs från Brasilien, har dock ifrågasatts under de senaste decennierna. Den ökade medvetenheten om mjölkproduktionens miljöpåverkan har istället ökat intresset för att hitta proteinfoder som kan odlas lokalt. Wallman et al. (2010) jämförde miljöpåverkan från fem olika foderstater med hjälp av livscykelanalys. De fann att foderstaten som uteslutande innehöll lokalproducerade proteinfoder (raps och ärtor) och ensilage från kvävefixerande blandvallar med klöver gav lägst energianvändning och klimatpåverkan.

Hampa (*Cannabis sativa*) tros härstamma från Centralasien och ansågs under lång tid vara en av de viktigaste kulturväxterna. Från 1000 f.Kr. till sent 1800-tal gav hampodlingar förnödenheter som tyg, rep, mat, olja och medicin (Clarke, 1999). Användningen av hampa har varierat i olika kulturer. I Europa odlades hampa framförallt för produktion av fiber eller frö och förädlingen har fokuserat på att utveckla sorter med hög fiberproduktion och låga nivåer av den psykoaktiva substansen *delta-9-tetrahydrocannabinol* (THC) (Bócsa och Karus, 1998). I Sverige har odling av hampa med garanterat lågt innehåll av THC varit laglig sedan 2003 (Official Journal of the European Union, 2003). Produktionen i landet är liten; under 2010 var det endast 56 lantbrukare som odlade hampa på totalt 260 ha (Rolandsson, personligt meddelande).

Hampasorten Finola (FIN-314) är framtagen i Finland för att passa för odling i nordligt klimat (>50° N). Sorten når mognad på mindre än 110 dagar, blir ungefär 1,5 m hög och ger fröskördar på ca 1 700 kg/ha (Callaway, 2002). Vid fältförsök gjorda på SLU i Umeå varierade skördarna mellan 1 000 och 1 400 kg/ha då fröna skördades för hand från små rutor skyddade med nät (Finell et al., 2006). Däremot låg de faktiska fröskördarna mellan 110 och 670 kg/ha vid maskinell skörd av större fält, vilket berodde både på spill under skörd samt att vilda fåglar stal frön från fälten.

Hampafrön innehåller vanligen över 30% olja, vilken består av över 80% fleromättade fettsyror (Callaway, 2004). Den är speciellt rik på de två essentiella fettsyrorna linolsyra (18:2 *omega-6*) och *alfa*-linolensyra (18:3 *omega-3*) och kvoten mellan *omega-6* och *omega-3* varierar normalt mellan 2:1 och 3:1 (Callaway, 2004). Proteininnehållet i hampafrön är ca 25% och de två huvudsakliga proteinerna, albumin och edestin, innehåller betydande nivåer av essentiella aminosyror (Callaway, 2004).

Hampaoljan kan utvinnas mekaniskt genom så kallad kallpressning och sedan användas för human konsumtion. Den kvarvarande pressresten, hampakaka, skulle kunna vara ett

potentiellt proteinfoder. Även om hampafrön verkar ha ett högt näringsvärde är det få studier gjorda för att undersöka möjligheterna att använda frön eller biprodukter efter oljeutvinning som djurfoder. Studier på nedbrytningen av hampaprotein i våmmen har visat varierande resultat. Mustafa et al. (1999) fann att hampamjöl hade en låg effektiv proteinnedbrytning (EPD-värde) jämförbar med värmebehandlat rapsmjöl. I motsats fann Sehu et al. (2010) att hampafrö hade det högsta EPD-värdet bland totalt sex olika oljefrön och oljefrömjöl. Mustafa et al. (1999) fann också att hampamjöl kunde ersätta rapsmjöl i foderstater till lamm, upp till 200 g/kg torrs substans (ts), utan negativa effekter på konsumerad mängd ts eller näringsutnyttjande. Kallpressad hampakaka eller en mix av sojamjöl och korn gav jämförbara tillväxter och slaktkroppsegenskaper hos växande nötkreatur (Hessle et al., 2008). Utfodringsförsök med stutar har visat att det är möjligt att förändra fettsyraprofilen i köttet genom att tillskottsutfodra djurens med antingen hela hampafrön (Gibb et al., 2005) eller kallpressad hampakaka (Turner et al., 2008).

Syftet med detta projekt var att undersöka möjligheterna att använda kallpressad hampakaka som ett lokalproducerat proteinfoder till mjölkkor. Detta gjordes genom att bestämma hampakakans proteinkvalitet och fettsyramönster samt studera hur mjölkproduktion och mjölksammansättning påverkades vid utfodring av hampakaka.

Material och metoder

Projektet var uppdelat i tre olika försök: 1) ett laboratorieexperiment för att studera hampaproteinets nedbrytningen i våmmen, 2) ett laboratorieexperiment för att studera hampaproteinets smältbarhet i tunntarmen, samt 3) ett utfodringsförsök för att studera hampakakans effekt på mjölkproduktion och mjölksammansättning. Hampaförna som användes i försök 1 odlades i Umeå 2006 medan hampaförna som användes i försök 2 och 3 odlades i Tyskland 2007. Alla hampaförn var av sorten Finola.

1. Proteinnedbrytning i våmmen

För att studera nedbrytningen av protein i våmmen användes en modifierad variant av den gasproduktionsteknik som presenterades av Raab et al. (1983). Fem proteinfoder (kallpressad rapskaka, kallpressad hampakaka, rapsexpeller, värmebehandlat rapsmjöl och sojamjöl) inkuberades i flaskor med 90 ml buffert och våmvätska samt en mix av kolhydrater i en av fyra olika koncentrationer. Blank-prover innehållande endast buffrad våmvätska inkuberades i duplikat. Gasproduktionen (GP) registrerades automatiskt och prov för analys av NH₃-N togs efter 4, 8, 12, 16, 24 och 30 h från varje flaska under inkubationens gång. *In vitro* nedbrytbart protein (IVDP) beräknades för varje foder vid alla provtagningstider genom linjär regression mellan NH₃-N och GP, såsom beskrivits av Raab et al. (1983). Genom att anpassa en icke-linjär ekvation (Ørskov och McDonald, 1979) kunde sedan kinetiska parametrar för proteinnedbrytningen samt EPD-värden beräknas. Proteinfordrens EPD-värden bestämdes också med nylonpåsemetoden (*in sacco*) där proteinets försvinnande ur påsen under våminkubation representerar proteinnedbrytningen.

2. Smältbarhet av protein i tunntarmen

Smältbarheten på det foderprotein som passerar våmmen och når tunntarmen studerades med en trestegsteknik (Calsamiglia och Stern, 1995). I ett första steg inkuberades hampakakan samt ytterligare tre fodermedel (korn, ärtor och rapskaka) i små nylonpåsar (*in sacco*) i våmmen på en fistulerad ko. Påsarna togs ut efter 16 h och på kvarvarande foder bestämdes sedan smältbarheten på proteinet. Detta gjordes genom två efterföljande *in vitro*-inkubationer

(teknikens andra och tredje steg) i enzymlösningar (pepsin samt pankreatin) för att simulera vad som händer i löpmagen och tunntarmen.

3. Hampakakans effekt på mjölkproduktion och mjölksammansättning

I utfodringsförsöket som pågick under fem veckor ingick 40 mjölkkor (Svensk röd och vit boskap). Försöket var utformat som ett dos-respons-försök för att studera effekten av en ökad inblandning av hampakaka i foderstaten. Korn delades upp på en av fyra olika foderstater baserade på gräsensilage och kraftfoder (50:50 på ts-basis). En viss mängd kornbaserat färdigfoder ersattes med kallpressad hampakaka så att foderstaterna innehöll antingen 0, 143, 233 eller 318 g hampakaka/kg ts. Råproteininnehållet ökade därmed från 126 till 195 g/kg ts, från ingen till högsta inblandning. Foderstaterna utfodrades som fullfoder och konsumtionen mättes automatiskt för varje ko. Varje vecka togs prov på alla fodermedel för analys av den kemiska sammansättningen. Den individuella mjölkproduktionen registrerades vid varje mjölkningstillfälle (morgon och kväll) och mjölkprov för analys av fett, protein, laktos och urea togs en gång per vecka under fyra på varandra följande mjölkningar. Mjölkproverna slogs sedan ihop två och två för att erhålla ett prov från morgonen och ett prov från kvällen per vecka och ko. Hampakakans innehåll av icke smältbar NDF (iNDF) bestämdes genom 288 h *in sacco*-inkubation i våmmen.

Resultat

1. Protein nedbrytning i våmmen

Den modifierade GP-tekniken gav IVDP för proteinfodren vid de olika provtagningstiderna som kunde användas för att beräkna kinetiska parametrar och EPD-värden (Tabell 1). Både fraktion *b* och *c* ($P < 0.001$ och $P = 0.015$) samt EPD-värdet ($P < 0.001$) skilde sig mellan de olika fodren. Hampakaka och värmebehandlat rapsmjöl hade den lägsta nedbrytning av protein (*in vitro*), följt av rapsexpeller, rapskaka och sojamjöl. Då fodrens EPD-värden analyserades *in sacco* fick fodren en helt annan ranking: rapsmjöl (0.37), rapsexpeller (0.40), sojamjöl (0.65), hampakaka (0.84) och rapskaka (0.89).

Tabell 1. Kinetiska parametrar som beskriver *in vitro* protein nedbrytning (IVDP).

	Kinetiska parametrar							Signifikans ¹ (<i>P</i>)			
	<i>n</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	R ²	EPD	SD	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	EPD
Hampakaka	3	0.00	0.46	0.26	0.57	0.33	0.03	0.119	<0.001	0.015	<0.001
Rapskaka	4	0.00	0.84	0.22	0.56	0.59	0.05				
Rapsexpeller	4	0.06	0.86	0.08	0.77	0.46	0.06				
Rapsmjöl	4	0.01	0.79	0.08	0.89	0.36	0.06				
Sojamjöl	4	0.02	0.98	0.16	0.62	0.67	0.04				

¹Effekt av foder. *n* är antalet *in vitro*-körningar bakom varje medelvärde, *a* är den omedelbart tillgängliga fraktionen, *b* är den potentiellt nedbrytbara fraktionen, *c* är nedbrytningshastigheten av fraktion *b* och EPD är den effektiva protein nedbrytningen beräknad vid en passagehastighet på 0.08/h, SD anger standardavvikelse.

2. Smältbarhet av protein i tunntarmen

Den kemiska sammansättningen, protein nedbrytningen i våmmen samt proteinets tarmsmältbarhet presenteras i Tabell 2. Resultaten visar att protein nedbrytningen i våmmen, analyserad *in sacco*, var över 700 g/kg råprotein (rp) för alla foder. Tarmsmältbarheten på det

rp som inte brutits ned i våmmen efter 16 h varierade mellan fodren och var lägst för hampakaka; endast 307 g/kg rp. Sammantaget var dock mängden tillgängligt rp i tunntarmen låg för samtliga foder (Tabell 2).

Tabell 2. Kemisk sammansättning (g/kg ts, om inte annat anges) och beräkningar av proteinnedbrytning *in sacco* och proteinets smältbarhet *in vitro* (g/kg rp), om inte annat anges).

	Korn	Ärtor	Rapskaka	Hampakaka
Kemisk sammansättning				
Torrsubstans (g/kg)	886	881	907	927
Aska	22	29	79	69
Rp	118	227	311	336
Fett	29	19	172	127
Stärkelse	589	493	8	7
NDF	140	76	207	382
ADF	67	72	201	336
Buffertlösligt rp (g/kg rp)	249	794	265	191
Icke-proteinkväve (g/kg rp)	137	151	182	66
ADF-bundet rp (g/kg rp)	28	7	78	79
Proteinnedbrytning och -smältbarhet				
Nedbrytningshastighet i våmmen (/h)	0.18	0.25	0.13	0.14
EPD ^b	769	901	702	709
Våmstabil rp ^c	231	99	298	291
Tarmsmältbarhet (g/kg våmstabil rp)	605	707	528	307
Tillgängligt rp i tunntarmen ^d	140	70	157	90
Icke smältbart rp	91	29	141	202

Ts = torrsubstans; Rp = råprotein; NDF = fiberfraktion bestämd som neutral detergent fiber; ADF = fiberfraktion bestämd som acid detergent fiber.

^bAndel vomnedbrytbart råprotein, beräknad vid en passagehastighet på 0.06/h.

^c1000-EPD, beräknad vid en passagehastighet på 0.06/h.

^d(1000-EPD) × (tarmsmältbarhet/1000).

3. Hampakakans effekt på mjölkproduktion och mjölksammansättning

En stor andel av hampakakans NDF var icke smältbar (iNDF; 845 g/kg ts), vilket ledde till ett lågt beräknat energiinnehåll på 9,5 MJ/kg ts. Fettsyrasammansättningen i kraftfodren som ingick i de fyra olika foderstaterna presenteras i Tabell 3.

Tabell 3. Fettsyrasammansättning (g/100 g totala fettsyror) i kraftfodren som ingick i foderstaterna.

Fettsyra	Hampakaka	SD	Färdigfoder ¹	SD
C _{16:0}	5.72	0.08	22.67	1.18
C _{18:0}	2.60	0.00	2.58	0.46
C _{18:1}	10.86	0.11	17.20	3.46
C _{18:2}	53.74	0.15	43.23	1.96
C _{18:3}	18.26	0.09	4.43	0.20

¹Innehållande 70% korn, 10% havre, 9% betfor, 5% vetekli, 2% melass.

SD = standardavvikelse.

En större inblandning av hampakaka ledde till en högre koncentration av rp, fett och NDF men lägre koncentration av stärkelse i foderstaten. Det resulterade även i en linjärt ökad konsumtion av rp, fett och NDF ($P<0.001$) medan konsumtionen av stärkelse sjönk linjärt ($P<0.001$) (Tabell 4).

Mängden hampakaka i foderstaten ledde till effekter på avkastningen av mjölk, ECM, mjölkprotein, mjölkfett och laktos som kunde beskrivas med en kvadratisk funktion ($P<0.05$). De högsta produktionsresultaten för dessa parametrar registrerades för korna som fick 143 g hampakaka/kg ts. Denna kurvlinjära respons illustreras i Figur 1 där mängden ECM först stiger för att sedan avta med en ökad inblandning. Koncentrationerna av fett och protein i mjölken minskade linjärt ($P<0.05$), urean ökade linjärt ($P<0.001$) och kornas förmåga att omvandla konsumerat rp till mjölkprotein minskade linjärt ($P<0.001$) med en ökad inblandning av hampakaka (Tabell 4).

Mjölakens fettsyrasammansättning vid utfodring av olika nivåer hampakaka i foderstaten presenteras i tabell 5. En ökad inblandning gav lägre koncentration av mättat fett och högre koncentration av omättat fett i mjölken.

Tabell 4. Effekt av foderstat innehållande olika mängd hampakaka på konsumtion, mjölkavkastning, mjölksammansättning och fodereffektivitet hos mjölkkor.

	Hampakaka i foderstat (g/kg ts)				SEM	Signifikans (P)		
	0	143	233	318		Foderstat	L	Q
Konsumtion, kg/dag								
Ts	23.3	26.4	23.9	26.4	0.8	0.022	is	is
Rp	2.89	4.15	4.23	5.02	0.13	<0.001	<0.001	is
Fett	0.51	0.98	1.10	1.39	0.03	<0.001	<0.001	is
NDF	8.02	9.80	9.22	10.49	0.27	<0.001	<0.001	is
Stärkelse	5.40	4.54	3.22	2.90	0.13	<0.001	<0.001	is
Avkastning, kg/dag								
Mjölk	25.2	28.7	26.8	26.8	0.7	0.022	is	0.023
ECM	26.0	29.8	27.3	26.1	0.7	0.008	is	0.003
Mjölprotein	0.91	1.04	0.97	0.96	0.14	0.011	is	0.012
Mjölkfett	1.07	1.22	1.13	1.07	0.03	0.012	is	0.002
Laktos	1.14	1.36	1.31	1.27	0.05	0.031	is	0.024
Mjölksammansättning								
Protein, %	3.63	3.61	3.49	3.40	0.06	0.028	0.005	is
Fett, %	4.31	4.21	4.07	3.89	0.12	is	0.017	is
Laktos, %	4.65	4.69	4.77	4.38	0.07	0.016	is	0.018
Urea, mmol/l	2.7	3.7	4.4	5.1	0.2	<0.001	<0.001	is
Avkastning/konsumtion								
ECM/ts	1.12	1.13	1.12	1.03	0.04	is	is	is
Mjölprotein/rp	0.29	0.26	0.22	0.22	0.02	0.009	<0.001	is
Levandevikt, kg	647	637	637	639	5	is	is	is

L = linjär effekt av mängd hampakaka; Q = kvadratisk effekt av mängd hampakaka; Ts = torrs substans; Rp = råprotein; ECM = energikorrigerad mjölk; SEM= genomsnittligt medelfel för de fyra behandlingarna; is = icke signifikant.

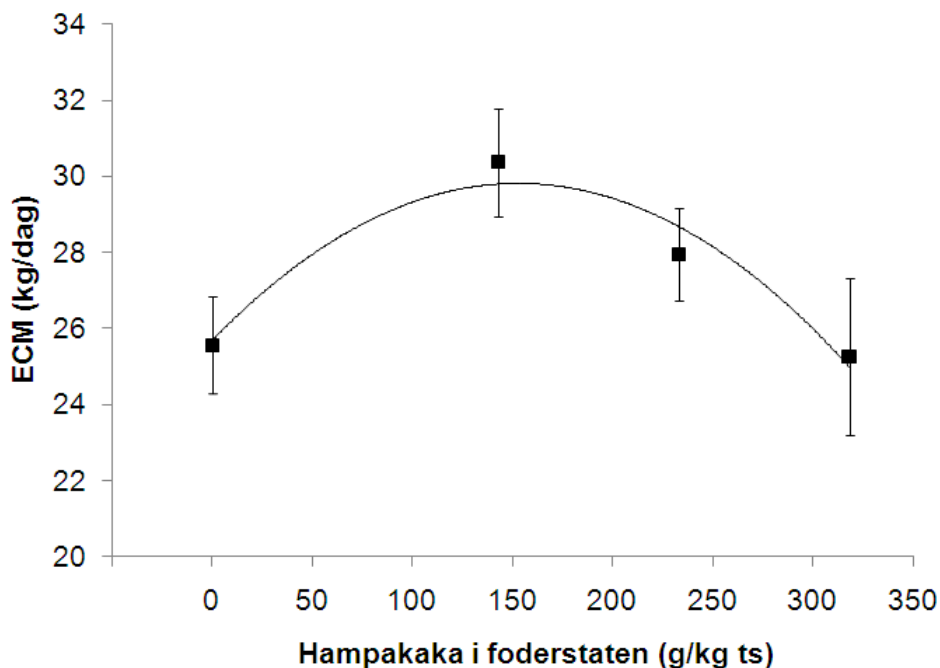


Fig. 1. Samband mellan avkastning energikorrigerad mjölk (ECM) och nivå av hampakaka i foderstaten.

Tabell 5. Fettsyrasammansättning (g/100 g totala fettsyror) i mjölken vid utfodring av foderstater med olika nivåer av hampakaka.

Fettsyra	Hampakaka i foderstat (g/kg ts)				SEM	Signifikans ¹
	0	143	233	318		
C _{16:0}	34.34 ^d	30.89 ^c	27.19 ^b	24.29 ^a	0.60	<0.001
C _{18:1-11}	0.35	0.31	0.40	0.37	0.02	0.015
C _{18:2} (linolsyra)	1.71 ^a	2.02 ^b	2.13 ^b	2.18 ^b	0.08	<0.001
C _{18:2} (cis/trans)	0.34 ^a	0.36 ^a	0.43 ^b	0.46 ^c	0.01	<0.001
C _{18:2} (trans/cis)	0.22 ^a	0.22 ^a	0.27 ^b	0.26 ^b	0.01	0.005
C _{18:3}	0.53	0.56	0.57	0.55	0.02	is
MUFA	21.11 ^a	22.81 ^b	26.51 ^c	28.83 ^d	0.55	<0.001
PUFA	2.53 ^a	2.91 ^b	3.04 ^b	3.04 ^b	0.10	0.001
SFA	73.28 ^d	70.30 ^c	65.06 ^b	61.85 ^a	0.65	<0.001

¹Effekt av foderstat, medelvärden inom samma rad med olika bokstäver skiljer sig signifikant ($P < 0.05$). SEM = medelfel; MUFA = enkelomättade fettsyror; PUFA = fleromättade fettsyror; SFA = mättade fettsyror; is = icke signifikant.

Diskussion

Hampakakans näringsinnehåll

Den kemiska sammansättningen av hampakaka var relativt lika den hos rapskaka (Tabell 2) med ett högt innehåll av rp (336 g/kg ts). Mängden buffertlösligt rp och icke-proteinkväve var lägre än hos rapskaka, medan innehållen av ADF-bundet rp var likvärdiga. Eftersom hampakaka är pressresten efter extraktion av olja ur fröna, blir dess fettinnehåll beroende av

pressningsprocessen. Vid kallpressning kan normalt en mindre mängd olja utvinnas jämfört med vid tillsats av värme eller vid användning av lösningsmedel. En hög fetthalt i hampakaka kan begränsa inblandningen i foderstaten eftersom foderfett kan inverka negativt på våmfermentationen (Jenkins, 1993). På grund av det höga innehållet av NDF (382 g/kg ts) blir nedbrytningen av denna fiberfraktion viktig. Mängden iNDF var betydligt högre än förväntat (845 g/kg NDF); rapskaka innehåller 379 g/kg iNDF enligt NorFor Nordic Feed Evaluation System (2010). Det är tydligt att den höga andelen iNDF är begränsande för hampakakans användning som proteinfoder till idisslare. Eftersom en stor andel av fodret inte kan utnyttjas av djuret blir energivärdet i hampakakan lågt. Hampakans låga innehåll av smältbara kolhydrater kan orsaka en dålig proteinbalans (överskott av nedbrutet rp) i våmmen. Det är därför viktigt att andra fodermedel i foderstaten bidrar med smältbara kolhydrater (t ex stärkelse) så att nedbrutet protein kan utnyttjas effektivt för bildandet av mikroprotein.

Hampaproteinet nedbrytning i våmmen och smältbarhet i tunntarmen

Då proteinnedbrytning i våmmen bestämdes *in vitro* med GP-tekniken hade hampaproteinet ett lågt EPD-värde, jämförbart med värmebehandlat rapsmjöl (Tabell 1). Däremot var nedbrytningen på hampproteinet hög då det bestämdes med nylonpåsemetoden. En förklaring till denna skillnad kan vara förluster av lösligt och icke nedbrutet protein från påsarna inkuberade *in sacco*. Med denna metod antas allt protein som försvinner ut från påsarna att vara nedbrutet, även fast vissa partiklar kan passera genom påsen utan att brytas ned, vilket leder till en överskattning av proteinnedbrytningen (Dewhurst et al., 1995; López, 2005). Dessutom har Hedqvist och Udén (2006) visat att nedbrytningshastigheten på lösligt protein varierar och kan inte antas brytas ned fullständigt i våmmen. Hampakaka och rapskaka var de fodermedel där EPD-värdet skilde sig mest åt beroende på vilken metod som används. Dessa foder innehöll betydligt mer fett än övriga. Eventuellt kan detta ha påverkat proteinnedbrytningen mer negativt i ett slutet *in vitro*-system jämfört med då fodren inkuberats i våmmen. Eftersom *in vivo*-data saknas är det svårt att säga att den ena metoden är mer korrekt än den andra. De representerar två olika sätt att mäta proteinnedbrytning: genom försvinnande av rp eller genom frigörande av NH₃.

I studien av tarmsmältbarheten bestämdes denna på proteinrester från foder som inkuberats *in sacco* under 16 h. Alla fodermedel hade relativt höga EPD-värden, dvs en liten andel våmstabil rp som antogs vara det protein som skulle passerat vidare till tunntarmen. Detta var väntat för ärtor, medan en högre andel förväntades för rapskaka och hampakaka. Rapskakan var värmebehandlad för att öka andelen våmstabil protein och det angivna EPD-värdet för detta proteintillskott är 400 g/kg rp (Spörndly, 2003). Rapskakan i studien var troligen inte värmebehandlad på ett korrekt sätt på fabriken. I en tidigare *in sacco*-studie fann Mustafa et al (Mustafa et al., 1999) ett EPD-värde på 395 g/kg rp för hampamjöl.

Hampaproteinet hade den lägsta tarmsmältbarheten bland de testade fodermedlen (307 g/kg våmstabil rp). Detta var lägre än förväntat då Mustafa et al. (1999) fann en *in vitro*-smältbarhet i tunntarmen på 845 g/kg våmstabil rp. Hampakakan hade störst mängd icke smältbart rp, 202 g/kg rp, som alltså inte kan utnyttjas av djuret. Vid antagande att denna fraktion är densamma och att mängden våmstabil protein bestämt *in sacco* är underskattad (se diskussion ovan) skulle detta innebära en underskattning av smältbarheten på det rp som når tunntarmen.

Hampakakans effekt på mjölkproduktion och mjölksammansättning

Trots hampakakans höga innehåll av fiber och fett så hade en inblandning på 318/kg ts inte några negativa effekter på kornas foderkonsumtion (Tabell 4). Utfodring av hampamjöl till

lamm (Mustafa et al., 1999) och hampafrön (Gibb et al., 2005) eller hampakaka (Hessle et al., 2008) till nöt har inte heller visat några negativa effekter på ts-konsumtionen.

En högre inblandning än 143 g/kg ts (motsvarande en rp-koncentration på 157 g/kg ts) var inte fördelaktigt för avkastningen av mjölk, mjölkprotein eller mjölkfett. Dessa resultat överensstämmer med flera studier som visat att avkastningen inte förbättrades då rp-koncentrationen ökades från 167 till 184 g/kg ts (Broderick, 2003), från 165 till 194 g/kg ts (Olmos Colmenero och Broderick, 2006) eller från 157 till 192 g/kg ts (Groff och Wu, 2005). I detta utfodringsförsök var det dock inte möjligt att studera den enskilda effekten av rp-koncentration i foderstaten eftersom fler näringsparametrar förändrades. En ökad mjölkavkastning vid inblandning av hampakaka i foderstaten var förväntad. Det var också väntat att denna ökning skulle bli mindre och att mjölkavkastningen skulle plana ut med ökande andel hampakaka i foderstaten. Däremot var de tydliga negativa effekterna med en sänkt avkastning oväntade. Då vi satte samman foderstaterna var hampakakans höga innehåll av iNDF, och därmed dess låga energiinnehåll, okänt. Den högre inblandningen av hampakaka orsakade inte bara en högre koncentration av rp (vilken var det primära syftet) utan även högre koncentration av NDF och fett samt en lägre koncentration av stärkelse. Troligen bidrog den högre inblandningen av hampakaka inte till förväntad ökning av aminosyror absorberade i tunntarmen (AAT). För det första kan en lägre konsumtion av smältbara kolhydrater ha varit begränsande för mikrobernas proteinsyntes. För det andra visade *in vitro*-studier att tarmsmältbarheten av det våmstabila proteinet var låg (Tabell 2).

Eftersom hampakaka har ett högt innehåll av fleromättade fettsyror (PUFA; Tabell 3) är det möjligt att detta bidragit till den minskade koncentrationen av mjölkfett som följde av ökade nivåer av hampakaka. Fettillskott rika på PUFA kan ha anti-mikrobiell effekt som ger upphov till försämrad fibersmältbarhet, lägre kvot acetat:propionat och minskad fettsyntes (Fredeen, 1996). Ur folkhälsosynpunkt finns det däremot ett intresse att minska koncentrationen av mättat fett och öka koncentrationen omättat fett i mejeriprodukter. Genom utfodring av tillskottsfoder med högt innehåll av omättat fett, från t.ex. oljefrön, går det att påverka mjölkens sammansättning av fettsyror i denna riktning (Glasser et al., 2008). Detta kunde också påvisas vid utfodring av hampakaka, då ökad inblandning resulterade i en ökad andel omättade fettsyror och en minskad andel mättade fettsyror i mjölken. Den lägsta inblandningen hampakaka gav en högre andel PUFA men andelen ökade inte med högre nivåer hampakaka. Det var alltså möjligt att förändra mjölkens sammansättning av fettsyror med den nivå hampakaka som gav högst avkastning mjölk, mjölkfett och mjölkprotein.

Publikationer

Karlsson L. 2008. Hampa som proteinfoder. Hemmaproducerat foder för ökad lönsamhet och klimatsmartare produktion. Regional jordbrukskonferens för norra Sverige., Umeå, 19-20 februari. Röbbäcksdalen meddelar, vol 1. 31-32.

http://pub.epsilon.slu.se/3620/1/RM1_2008.pdf

Karlsson, L., Hetta, M., Udén, P., Martinsson, K., 2009. New methodology for estimating rumen protein degradation using the *in vitro* gas production technique. Anim. Feed Sci. Technol. 153, 193-202.

http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MIimg&_imagekey=B6T42-4WN8H7P-3-5&_cdi=4962&_user=651610&_pii=S0377840109002065&_origin=search&_coverDate=09%2F24%2F2009&_sk=998469996&_view=c&_wchp=dGLzVzb-zSkzV&_md5=2e111c71f08219315e33c6e54c6a948e&_ie=/sdarticle.pdf

- Karlsson, L., Hetta, M., Udén, P., Martinsson, K., 2009. Improved methodology for estimating rumen protein degradation using the *in vitro* gas production technique. In: Chilliard, Y., Glasser, F., Faulconnier, Y., Bocquier, F., Veissier, I., Doreau, M. (Eds.), Ruminant physiology: Digestion, metabolism, and effects of nutrition on reproduction and welfare. Wageningen Academic Publishers, The Netherlands, pp. 238–239.
- Karlsson, L., Hetta, M., Udén, P., Martinsson, K., 2010. Comparisons of estimated rumen protein degradation using a new *in vitro* gas production technique and the *in sacco* technique. Proceedings of the 1st Nordic Feed Science Conference, Report 278, Department of Animal Nutrition and Management, Swedish University of Agricultural Sciences. Uppsala, Sweden, pp. 31-35.
http://www.slu.se/PageFiles/24783/NFSC_Proceedings_100617.pdf
- Karlsson, L., Finell, M., Martinsson, K. 2010. Effects of increasing amounts of hempseed cake in the diet of dairy cows on the production and composition of milk. Animal vol. 4:11, 1854-1860.
<http://journals.cambridge.org/action/displayFulltext?type=1&fid=7909530&jid=ANM&volumeId=4&issueId=11&aid=7909528&bodyId=&membershipNumber=&societyETOCSession=>
- Karlsson, L. 2010. Hempseed cake as a protein feed for ruminants. Doctoral Thesis, Swedish University of Agricultural Sciences, Umeå, Sweden. Acta Universitatis agriculturae Sueciae nr 2010:86.
<http://epsilon.slu.se/201086.pdf>
- Karlsson, L. 2010. Hampfrökaka till mjölkkor och lamm. Nytt från Institutionen för norrländsk jordbruksvetenskap. Husdjur vol. 2010:3.
http://pub-epsilon.slu.se:8080/2571/01/karlsson_1_110112.pdf
- Karlsson, L. 2011. Hampfrökaka som proteinfoder till idisslare. 14:e Regionala jordbrukskonferens för norra Sverige, Umeå 16-17 mars. Rapport 1:2011, Institutionen för norrländsk jordbruksvetenskap, SLU, Umeå.
http://pub-epsilon.slu.se:8080/2883/01/bernes_g_ed_110324.pdf

Övrig resultatförmedling till näringen

- Muntlig presentation vid Regionala jordbrukskonferensen för norra Sverige 2008 och 2011. Deltagande med poster på XIth International Symposium on Ruminant Physiology, Clermont-Ferrand, France, 6-9 September, 2009.
- Deltagande med poster på 1st Nordic Feed Science Conference, Uppsala, 22-23 June, 2010.

Referenser

- Björklund, I., Eklöf, P., Renström, C., 2010. Marknadsöversikt - vegetabilier. RA10:4, Enheten för handel och marknad, Jordbruksverket, Jönköping, Sweden. (In Swedish).
- Bócsa, I., Karus, M., 1998. The cultivation of hemp: botany, varieties, cultivation and harvesting. HEMPTTECH, Sebastopol, CA, USA.
- Broderick, G.A., 2003. Effects of Varying Dietary Protein and Energy Levels on the Production of Lactating Dairy Cows. J. Dairy Sci. 86, 1370-1381.
- Callaway, J.C., 2002. Hemp as food at high latitudes. Journal of Industrial Hemp 7, 105-117.
- Callaway, J.C., 2004. Hempseed as a nutritional resource: an overview. Euphytica 140, 65-72.
- Calsamiglia, S., Stern, M.D., 1995. A three-step *in vitro* procedure for estimating intestinal digestion of protein in ruminants. J. Anim Sci. 73, 1459-1465.

- Clarke, R.C., 1999. Botany of the genus *Cannabis*, In: Ranalli, P. (Ed.), *Advances in Hemp Research*, Food Products Press, Binghamton, NY, USA.
- Dewhurst, R.J., Hepper, D., Webster, A.J.F., 1995. Comparison of *in sacco* and *in vitro* techniques for estimating the rate and extent of rumen fermentation of a range of dietary ingredients. *Anim. Feed Sci. Technol.* 51, 211-229.
- Finell, M., Xiong, S., Olsson, R., 2006. Multifunktionell industrihampa för norra Sverige, Report 13, Unit of Biomass, Technology and Chemistry, Swedish University of Agricultural Sciences, Umeå, Sweden (In Swedish), p. 40.
- Fredeen, A.H., 1996. Considerations in the nutritional modification of milk composition. *Anim. Feed Sci. Technol.* 59, 185-197.
- Gibb, D.J., Shah, M.A., Mir, P.S., McAllister, T.A., 2005. Effect of full-fat hemp seed on performance and tissue fatty acids of feedlot cattle. *Canadian Journal of Animal Science* 85, 223-230.
- Glasser, F., Ferlay, A., Chilliard, Y., 2008. Oilseed Lipid Supplements and Fatty Acid Composition of Cow Milk: A Meta-Analysis. *J. Dairy Sci.* 91, 4687-4703.
- Groff, E.B., Wu, Z., 2005. Milk Production and Nitrogen Excretion of Dairy Cows Fed Different Amounts of Protein and Varying Proportions of Alfalfa and Corn Silage. *J. Dairy Sci.* 88, 3619-3632.
- Hedqvist, H., Udén, P., 2006. Measurement of soluble protein degradation in the rumen. *Anim. Feed Sci. Technol.* 126, 1-21.
- Hessle, A., Eriksson, M., Nadeau, E., Turner, T., Johansson, B., 2008. Cold-pressed hempseed cake as a protein feed for growing cattle. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A - Animal Science* 58, 136 - 145.
- Jenkins, T.C., 1993. Lipid Metabolism in the Rumen. *J. Dairy Sci.* 76, 3851-3863.
- López, S., 2005. *In vitro* and *in situ* techniques for estimating digestibility, In: Dijkstra, J., Forbes, J.M., France, J. (Eds.), *Quantitative Aspects of Ruminant Digestion and Metabolism*, CABI Publishing, Wallingford, UK, pp. 87-121.
- Mustafa, A.F., McKinnon, J.J., Christensen, D.A., 1999. The nutritive value of hemp meal for ruminants. *Can. J. Anim. Sci.* 79, 91-95.
- NorFor Nordic Feed Evaluation System, 2010. NorFor Feedtable. Retrieved Mars 16, 2010, from <http://feedstuffs.norfor.info/>.
- Official Journal of the European Union, 2003. L 270. Council Regulation (EC) No 1782/2003
- Olmos Colmenero, J.J., Broderick, G.A., 2006. Effect of Dietary Crude Protein Concentration on Milk Production and Nitrogen Utilization in Lactating Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 89, 1704-1712.
- Ørskov, E.R., McDonald, I., 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J. Agric. Sci. Camb.* 92, 499-503.
- Raab, L., Cafantaris, B., Jilg, T., Menke, K.H., 1983. Rumen protein degradation and biosynthesis 1. A new method for determination of protein degradation in rumen fluid *in vitro*. *Br. J. Nutr.* 50, 569-582.
- Sehu, A., Cakr, S., Sahin, T., 2010. Determination of rumen degradability of some oilseeds and meals using nylon bag technique. *Ankara Universitesi Veteriner Fakultesi Dergisi* 57, 173-178.
- Spörndly, R., 2003. Fodertabeller för idisslare (Feed Tables for Ruminants), Report 247, Department of Animal Nutrition and Management, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden (In Swedish).
- Turner, T., Hessle, A., Lundstrom, K., Pickova, J., 2008. Influence of hempseed cake and soybean meal on lipid fractions in bovine *M. longissimus dorsi*. *Acta Agricultura Scandinavica. Section A, Animal Science* 58, 152-160.
- Wallman, M., Strid, I., Cederberg, C., Florén, B., 2010. Life cycle assessment of locally produced feed for dairy cows, Department of Energy and Technology, Swedish University of Agricultural Sciences.

Personligt meddelande

Rolandsson, Hans. Jordbruksverket, Jönköping. Juni 2010.