

Gårdsanpassad värmebehandling av åkerböna och ärt

Docent Elisabet Nadeau och Lantmästare Annika Arnesson
Institutionen för husdjurens miljö och hälsa, SLU Skara

Bakgrund

Svenska studier pekar på att det är ekonomiskt fördelaktigt för lantbrukarna att öka andelen egenodlat protein i foderstaten genom minskat inköp av kraftfoder samt förbättrad avkastning hos efterföljande grödor i växtföljden (LRF, 2011). Proteinerna från våra hemmaodlade proteingrödor har dock inte samma höga proteinkvalitet som importerat sojamjöl. För att inte tappa mjölkavkastning behöver korna en tillräckligt stor andel protein som kan utnyttjas av vommikroberna för att bilda mikrobprotein och ett foderprotein som utnyttjas först i tunntarmen för mjölkproteinsyntesen. Även ungnöt behöver ett högvärdigt protein för att växa bra. Ett sätt att åstadkomma detta är genom värmebehandling av hemmaproducerat proteinfoder på gårdsnivå. Det finns några olika rostningsmaskiner på marknaden. Roastech toaster som har använts i försök i Sverige har inte visat tillräckligt stor förbättring av proteinkvaliteten i form av ökat AAT (aminosyror absorberade i tunntarmen). Däremot har danska studier vid SEGES visat på en betydligt större ökning av AAT och minskad andel oönskat lösligt protein när proteinfodermedel har rostats med MasterToaster från Mosegården A/S. MasterToaster har under lång tid använts vid University of Wisconsin, USA och Sötåsens naturbruksgymnasium har nu investerat i en sådan rostningsmaskin. I MasterToaster används olja för upphettning av fodret till ca 130 °C under 1-1,5 timmar. Detta ger en betydligt jämnare upphettning och den långa tiden möjliggör upphettning genom hela bönan/ärtan jämfört med Roastech toaster där upphettning av fodret sker med en eldflamma under en mycket kort tid på 5-15 minuter.

I samråd med Henrik Martinussen, SEGES, Danmark, samt Jörgen Holmén och Peter Strålman, Sötåsens naturbruksgymnasium har vi kommit fram till att det är högst väsentligt att komplettera de fodervärdringsundersökningar som har gjorts med fistulerade kor i Danmark. Kompletteringen sker bäst med in vivo smältbarhetsundersökningar där totala smältbarheten genom vom-tarmkanalen bestäms och där kväveförsvinnandet genom urinen utvärderas med kastrerade baggar som modelldjur. Baggar har under lång tid använts i fodervärderingsförsök för att bestämma fodrets smältbarhet hos idisslare eftersom de är lätta att handskas med som modelldjur.

Syfte

Att utvärdera rostningens inverkan på totala smältbarheten av åkerböna och ärt när de utfodras till idisslare.

Att studera rostningens inverkan på proteinutnyttjandet hos idisslare när de utfodras med åkerböna eller ärt genom totaluppsamling och analys av kväve-innehållet i urin och träck.

Resultaten kommer att ligga till grund för foderstatsberäkningar med åkerböna och ärt till mjölkkor och växande ungnöt.

Material och metod

Projektet utfördes på SLU Götala nö- och lammköttforskning, Skara. Utfodringsförsöket började den 31 mars 2017 och avslutades den 23 juni 2017. Därefter följde provberedningar och analyser av foder, rester, träck och urin. Försöket var godkänt av Göteborgs djurförsöksetiska nämnd.

Djur och inhysning

Åtta 2 år (25 månader) gamla kastrerade baggar (hamlar) av tvåraskorsning finull/texel delades in i två grupper med fyra baggar i varje grupp för fyra försöksperioder. Genomsnittlig levande vikt vid försöksstart var 84,5 kg (stdavv. 5,58) för den första gruppen och 86,8 kg (stdavv. 7,14) för den andra gruppen. Försöket omfattade fyra stycken 21 dagar långa perioder. Under de första 14 dagarna i varje period inhystes baggarna i individuella boxar (6 m²) med halm som strömedel. Under den tredje veckan (dag 15-21) inhystes baggarna i metabolismburar med ytan 1,5 x 0,8 m² för att möjliggöra totaluppsamling av träck och urin (Tabell 1). Metabolismburarna hade nätgolv och en gummimatta i främre delen av buren. Två extra baggar med levande vikt av 82,5 kg (stdavv. 7,07) vid försöksstart utfodrades med enbart kornhalm under de sista 11 dagarna i de två första 3-veckorsperioderna.

Tabell 1. Inhysning och registreringar under en period.

Vecka	Inhysning	Utfodring	Registreringar
1	Individuell box	<i>Ad libitum</i>	Tillvänjning till nytt kraftfoder
2	Individuell box	<i>Ad libitum</i>	
3	Metabolismbur	<i>Begränsad giva</i>	Tillvänjning till begränsat intag i 3 dygn följt av totaluppsamling av träck och urin i 4 dygn

Försöksdesign

Försöksuppläggningsen var en 8 x 4 rektangel med 4 foderbehandlingar och två baggar per behandling i 4 perioder. De åtta baggarna fick fyra olika kraftfoder plus kornhalm, med två baggar per kraftfoder. Efter varje period på 3 veckor bytte baggarna kraftfoder så att samtliga baggar hade fått samtliga kraftfoder vid försökets slut. Under de två första veckorna i varje period vandades baggarna till det nya kraftfodret som utfodrades med 500 g per dag plus 0,8 kg kornhalm. Under den tredje veckan utfodrades baggarna med samma kraftfodermängd, 500 g per dag, men med 600 g kornhalm per dag, varav de första tre dagarna var tillvänjning till begränsad giva följt av fyra dagar med totaluppsamling av träck och urin. De två extra baggarna fick 500 g obehandlad åkerböna och 500 g halm under de första 10 dagarna. Under de sista 11 dagarna fick de inget kraftfoder men fri tillgång till halm. Halmens värden användes vid beräkning av kraftfodrens smältbarheter.

Försöksbehandlingar:

1. Åkerböna – Obehandlad, Åk-O
2. Åkerböna – Rostad, Åk-R
3. Ärt – Obehandlad, Är-O
4. Ärt – Rostad, Är-R

Tabell 2 visar försöksuppläggningsen.

Tabell 2. 8 x 4 rektangel med fyra behandlingar, två baggar per behandling och fyra perioder. Se ovan för förklaring av kraftfoderförkortningar.

	Bagge 1	Bagge 2	Bagge 3	Bagge 4	Bagge 5	Bagge 6	Bagge 7	Bagge 8
Period 1	Åk-O	Åk-R	Åk-O	Åk-R	Är-O	Är-R	Är-O	Är-R
Period 2	Åk-R	Åk-O	Åk-R	Åk-O	Är-R	Är-O	Är-R	Är-O
Period 3	Är-O	Är-O	Är-R	Är-R	Åk-O	Åk-O	Åk-R	Åk-R
Period 4	Är-R	Är-R	Är-O	Är-O	Åk-R	Åk-R	Åk-O	Åk-O

Baggarna utfodrades med halm, kraftfoder och mineraler individuellt en gång per dag i både boxen och i buren. Baggarna hade fri tillgång på vatten och saltblock under hela försöket medan mineralfodret togs bort under de sista fyra dagarna i varje period då provtagning av foder, urin och träck skedde.

Foder och rostningsmaskin

Åkerböna och ärt rostades på Sötåsens naturbruksgymnasium vid 125°C (temperaturen i böna/ärt) i MasterToaster (Mosegården A/S, Holsterbro, Danmark). Både obehandlat och rostat krossades med skivkvarn på Sötåsen med 4,5 mm avstånd mellan skivorna. Allt behandlat foder kom från samma rostning. Kornhalm från Götala hackades för att minska spillet. Från början skulle rapsfrö rostas men i en förstudie då vi testade olika rostningstemperaturer på proteinets kvalitet visade det sig att effekten på rapsfröet var begränsad eftersom den höga fetthalten i rapsfröet krävde rostning vid lägre temperatur än för åkerböna. Vid 125-130 °C ökade andelen osmältbart protein (fraktion C), som är bundet till cellulosa och lignin (tabell 3). Dessutom behövde raps rostas med korn för att undvika klibbning i manteln. Som framgår av tabell 3 var råproteinhalten låg i rapsfröet, vilket antagligen beror på att det var en del ogräs och även en del korn kvar i provet fastän vi hade siktat rent fröet så mycket som vi kunde. I förstudien framgick också att temperaturen i åkerbönan ska vara 125°C för att nå en förbättrad proteinkvalitet då den buffertlösliga fraktionen omvandlas till vomnedbrytbart och vomstabil protein utan att öka fraktion C, som inte kan utnyttjas av djuren (tabell 3).

Tabell 3. Torrsubstans, råprotein och dess fraktioner i åkerböna och rapsfrö ej rostade och rostade vid olika temperaturer.

	Åker- böna orostad	Åker- böna 100°C	Åker- böna 125°C	Rapsfrö orostad	Rapsfrö 95°C	Rapsfrö 123°C	Rapsfrö 130°C
Torrsubstans (%)	88,8	90,4	92,4	90,2	96,5	97,6	97,1
Råprotein (g/kg ts)	296	305	310	145	145	144	140
Råproteinets fraktioner ¹							
A (% av Rp)	5,5	7,9	9,6	5,6	19,7	6,4	3,2
B1 (% av Rp)	58,9	50,9	22,2	30,2	15,6	2,6	1,4
B2 (% av Rp)	29,5	34,7	59,0	49,8	52,9	45,9	26,5
B3 (% av Rp)	4,3	4,9	7,6	5,2	2,9	29,4	27,8
C (% av Rp)	1,8	1,6	1,6	9,2	8,9	15,6	41,1

¹Råproteinets fraktioner: A = Icke-proteinkväve (NPN); B1 = Buffertlösligt sant protein; B2 = Neutral detergent (ND)-lösligt sant protein med varierande nedbrytbarhet i vommen; B3 = acid-detergent (AD)-lösligt sant protein varav det mesta är vomstabil; C = ADF- kväve, som inte kan utnyttjas av djuren.

Registreringar

Baggarna vägdes strax innan försöksstart, mellan perioderna och när de flyttades till metabolisburarna. Baggarna vandades vid halm genom att blanda ensilage och halm 10 dagar före försöksstart med ökande andel halm för varje dag. Åtta baggar utfodrades med de fyra olika foderbehandlingarna samtidigt och två baggar utfodrades med samma foder. Under de sista fyra dagarna registrerades baggarnas konsumtion, urinutsöndring och träckproduktion.

Insamling och provtagning av foder och rester

Foder och rester vägdes dagligen för varje djur under hela treveckorsperioden. Halmen och kraftfodren provtogs dagligen (500 g/dag) under dagarna 18 till 21. Fanns det rester kvar av halmen under de sista 4 dagarna i perioden samlades de in och vägdes. Det var inga rester av kraftfodren.

Insamling och provtagning av träck och urin

Totaluppsamling av träck och urin från varje bagge skedde dag 19 till 22 i varje period. Urin samlades i rostfria behållare på golvet under burarna. Varje morgon när behållarna hade tömts tillsattes 150 ml av 10 % svavelsyra till behållaren för att sänka urinens pH under 3,5, vilket motverkar mikrobiell tillväxt och kväveförluster. Vid insamlingen varje dag vispades urinen väl och silades för att rengöra den från eventuella foderrester och ull. Urinvolymen mättes individuellt och därefter uttogs ett 200-ml prov av urinen i en provkopp, som frystes direkt efter provtagning.

Träck från varje bagge samlades in i plastbehållare på golvet under varje bur dag 19 till 22 i varje period. Varje morgon borstades träck ner från burgolvet till behållaren. Efter borttagning av små foderrester och ull vägdes träcken. Ett 1-kg prov togs av träcken från varje bagge och förvarades fryst i dubbel plastpåse. Likadana uppsamlingar och provtagningar av träck och urin genomfördes av de två baggarna som utfodrades med enbart halm under de första två perioderna.

Analyser

Samtliga foder sammanslogs över 4 dagar till ett prov per foder och period och skickades till LKS mbH, Lichtenwalde, Tyskland för analys av torrs substans, aska, råprotein, stärkelse, neutral detergent fiber (NDF) och acid detergent fiber (ADF) och råproteinfraktioner. Torrs substanshalten i träcken från varje bagge bestämdes genom att väga in ett 150-g prov som torkades i 60° C i 48 timmar. Resterande träck sammanslogs över de fyra dagarna till ett prov per bagge och period. Från det sammanslagna provet togs ett 200-g träckprov ut som skickades till LKS mbH, Lichtenwalde, Tyskland för analys av aska, råprotein och NDF. Råprotein analyserades genom analys av totala N innehållet enligt Kjeldahl och råproteinet bestämdes genom att multiplicera total-N med 6,25. NDF och ADF analyserades enligt Van Soest et al. (1991). Aska bestämdes vid 525° C i 16 timmar. Stärkelse analyserades enligt VDLUFA Band III, Kap. 7.2.1. Genom att beräkna skillnaden mellan mängd intag och mängd träck av ts och näring dividerat med intaget av ts och näring erhöles värden för *in vivo* smältbarhet av ts, organisk substans, råprotein och NDF av kraftfodren efter att andelen osmältbar näring från de två baggarna som utfodrades med enbart halm hade räknats bort. Eftersom det endogena kvävet från tarmen som återfinns i träcken inte togs hänsyn till i beräkningarna är smältbarheten skenbar.

Organisk substans beräknades som differensen mellan ts och aska. Råproteinet delades kemiskt in i fraktioner enligt Cornell Net Carbohydrate System (CNCPS; Sniffen et al., 1992) och analyserades för sant protein, buffertolösligt sant protein, NDF-bundet protein och ADF-

bundet protein enligt Licitra et al. (1996). Från dessa analyser kan följande fraktioner beräknas genom differens.

- A. Icke-proteinkväve (NPN) = råprotein – sant protein (aminosyrprotein)
- B1. Buffertlösligt sant protein = sant protein – buffertolösligt sant protein
- B2. ND-lösligt sant protein = buffertolösligt sant protein – ND-olösligt protein (NDF-kväve)
- B3. AD-lösligt sant protein = ND-olösligt protein (NDF-kväve) – AD-olösligt protein (ADIN eller ADF-kväve)
- C. ADIN eller ADF-N

Urinprover slogs samman per bagge och period innan analys av total N, urea, purinderivaten allantoin och urinsyra samt hippurinsyra vid LKS mbH Lichtenwalde, Tyskland. Innehållet av N i urinen analyserades enligt Kjeldahl. Urinens innehåll av allantoin, urinsyra och hippurinsyra (spädning 1 till 50) analyserades med HPLC enligt Shingfield och Offer (1999), men med användande av ytterligare en mobil fas innehållande metanol, acetonitril och destillerat vatten (45/45/10) och en Kinetex XB-C18 kolumn (150 x 4,6 mm, 5 µm). Analys av urea (spädning 1 till 50) utfördes med spektrofotometri enligt LKS (2006). Utsöndring av purinderivat användes för att utvärdera vomutflödet av mikroprotein till tarmen. Differensen mellan intaget av N och N förlust med urin och träck användes för att beräkna N-upptaget.

Statistisk analys

Medelvärden och standardavvikelser visas för näringsinnehåll i kornhalm samt orostad och rostad åkerböna och ärt. Data för smältbarhet, proteinutnyttjande och kroppsvikt analyserades i PROC MIXED i SAS (ver. 9.3.) Den statistiska modellen var:

$$Y_{ijkl} = \mu + K_i + P_j + B_k + e_{ijkl}$$

där Y_{ijkl} = observerad respons, μ = medelvärde, K_i = effekt av kraftfoder ($i = 1$ till 4), P_j = effekt av period ($j = 1$ till 4), B_k = slumpmässig effekt av bagge ($k = 1$ till 8), och e_{ijk} = residualen. När signifikanta effekter vid $P \leq 0,05$ visades i F -test utfördes parvisa jämförelser mellan least square (LS) means. Signifikansnivåer $P < 0,001$, $P < 0,01$, $P < 0,05$ och tendens till signifikans; $0,05 < P < 0,10$ användes. NS = non significance = ej signifikant.

Resultat

Näringsinnehållet i kornhalm framgår av tabell 4.

Tabell 4. Näringsinnehåll (medel och standardavvikelse) i kornhalm. Medel och standardavvikelse (Stdavv) av fyra prover medan råprotein och ADF analyserades på ett samlingsprov från samtliga fyra perioder¹.

	Kornhalm	
	Medel	Stdavv
Torrsubstans (%)	86,2	3,1
Aska (g/kg ts)	37,4	2,8
Råprotein (g/kg ts)	39	
Stärkelse (g/kg ts)	1,8	0,6
NDF (g/kg ts)	853	6,1
ADF (g/kg ts)	558	
Råproteinets fraktioner		
A (% av Rp)	26,5	
B1 (% av Rp)	1,8	
B2 (% av Rp)	34,5	
B3 (% av Rp)	16,1	
C (% av Rp)	21,0	

¹Se fotnot för tabell 5 för förklaring av förkortningar.

Näringsinnehållet i obehandlad och rostad åkerböna och ärt framgår av tabell 5. Rostningen ökade torrsubstanshalten (ts-halten) med 2 procentenheter i åkerböna och 5,5 procentenheter i ärt. Ärt innehöll mer stärkelse men mindre NDF och ADF än åkerböna. Innehållet av stärkelse och ADF påverkades inte av rostningen men däremot ökade NDF-halten i ärt vid rostning. Råproteinhalten som analyseras som totala kvävehalten i fodret påverkades inte av rostningen men däremot påverkades i vilken form proteinet förekom. Rostningen av åkerböna och ärt omvandlade fraktion B1, som är det buffertlösliga proteinet, till fraktion B2 och B3, av vilka den förstnämnda till störst del innehåller vomnedbrytbart protein och den sistnämnda till största delen är vomstabil protein. Båda dessa fraktioner förbättrar proteinets utnyttjande hos idisslare. Fraktion C, som är det protein som är bundet till cellulosa och lignin och därmed otillgängligt för idisslarna, påverkades inte av rostning (tabell 5).

Tabell 5. Näringsinnehåll i obehandlad respektive rostad åkerböna och ärt. Medel och standardavvikelse (Stdavv) av fyra prover¹.

	Åkerböna obehandlad		Åkerböna rostad		Ärt obehandlad		Ärt rostad	
	Medel	Stdavv	Medel	Stdavv	Medel	Stdavv	Medel	Stdavv
Torrsubstans (%)	88,2	6,3	90,3	4,8	85,3	5,8	90,8	5,3
Aska (g/kg ts)	33	1,3	35	0,5	31	1,9	30	0,6
Stärkelse (g/kg ts)	427	5,6	422	28,8	515	21,3	514	10,2
NDF (g/kg ts)	162	30,1	151	24,7	113	21,8	139	13,7
ADF (g/kg ts)	126	18,7	115	6,2	88	26,7	87	9,5
Råprotein (g/kg ts)	289	8,1	298	7,0	222	9,2	214	6,7
<i>Råproteinets fraktioner</i>								
A (% av Rp)	11,4	1,69	13,4	1,39	10,9	2,33	11,5	0,71
B1 (% av Rp)	60,2	3,51	14,1	2,50	65,1	5,30	14,7	1,09
B2 (% av Rp)	25,3	1,99	64,2	1,46	21,4	2,95	62,5	1,38
B3 (% av Rp)	2,0	0,55	7,2	0,90	2,0	1,18	10,5	0,33
C (% av Rp)	1,2	0,24	1,2	0,27	0,6	0,18	0,7	0,26

¹NDF = neutral detergent fibre = totalfiber (hemicellulosa+cellulosa+lignin); ADF = acid detergent fibre (cellulosa+lignin); råproteinets fraktioner: A = Icke-proteinkväve (NPN); B1 = Buffertlösligt sant protein; B2 = Neutral detergent (ND)-lösligt sant protein med varierande nedbrytbarhet i vommen; B3 = acid-detergent (AD)-lösligt sant protein varav det mesta är vomstabil; C = ADF- kväve, som inte kan utnyttjas av djuren.

In vivo smältbarhet

Smältbarheten hos ts, organisk substans, råprotein och NDF skilde sig inte mellan foderbehandlingarna (tabell 6). Den större variationen i smältbarheten av NDF beror delvis på att halm har betydligt högre NDF-halt än åkerböna och ärt, vilket skapar en större osäkerhet när halmens värde räknas bort för att få fram proteinfodermedlens smältbarheter.

Tabell 6. *In vivo* smältbarhet hos obehandlad och rostad åkerböna och ärt; n = 8 baggar¹.

Smältbarhet av	Kraftfoder				SEM ¹	P - värde
	Åk-O	Åk-R	Är-O	Är-R		
Torrsubstans (%)	85,5	85,0	86,4	87,3	1,42	NS
Organisk substans (%)	86,4	86,1	87,1	88,2	1,40	NS
Råprotein (%)	85,5	86,6	80,6	82,9	2,05	NS
NDF (%)	50,7	45,7	43,5	54,2	6,68	NS

¹Åk-O = Åkerböna – Obehandlad, Åk-R = Åkerböna – Rostad, Är-O = Ärt – Obehandlad, Är-R = Ärt – Rostad; SEM = standard error of the mean = standardiserad avvikelse kring medelvärdet; NS = non-significance = ej signifikant = ej statistiskt säkerställd skillnad; NDF = neutral detergent fibre = totalfiber.

Proteinutnyttjande

Baggar utfodrade med rostad åkerböna hade högst N-intag och baggar utfodrade med obehandlad eller rostad ärt hade lägst N-intag (tabell 7). Kväve-upptaget i g per dag och i procent av N-intaget var större för rostad än för orostad ärt medan rostningen inte hade någon effekt på N-upptaget hos baggar som utfodrades med åkerböna. Dessutom gav rostningen utslag på baggarnas levande vikt med en större levande vikt hos baggar som utfodrades med rostad åkerböna eller rostad ärt jämfört med baggar som fick orostade proteinfodermedel. Utsöndringen av urea-N i urinen i gram per dag var mindre för baggar som fick ärt än för baggar som fick åkerböna. Dessutom var utsöndringen av purinderivat i urinen större för baggar som utfodrades med ärt än för baggar som utfodrades med åkerböna, vilket visar på en större mikroprotein syntes för baggar som utfodrades med ärt. Det var ingen skillnad i utsöndringen av hippurinsyra mellan behandlingarna (tabell 7).

Tabell 7. Kväve-intag samt utsöndring och upptag av kväve och levande vikt hos baggar utfodrade med obehandlad och rostad åkerböna och ärt; n = 8 baggar¹.

	Proteinfoder				SEM	P - värde
	Åk-O	Åk-R	Är-O	Är-R		
N-intag (g/dag)	20,4 ^b	21,5 ^a	15,2 ^c	15,6 ^c	0,18	< 0,001
<i>Ni</i>						
Träck (g/dag)	2,99	2,89	2,93	2,67	0,367	NS
Urin (g/dag)	13,6 ^a	13,8 ^a	12,1 ^{ab}	9,4 ^b	1,00	< 0,05
Träck (% av N-intag)	14,5	13,4	19,4	17,1	2,05	NS
Urin (% av N-intag)	66,7	64,1	80,3	60,1	6,84	NS
N-upptag (g/dag)	3,83 ^a	4,84 ^a	1,88 ^b	3,54 ^a	0,459	< 0,01
N-upptag (% av N-intag)	18,7 ^{ab}	22,5 ^a	12,3 ^b	22,7 ^a	2,63	< 0,05
Medelvikt, kg	82,6 ^b	83,9 ^a	82,9 ^b	83,9 ^a	1,84	< 0,01
Urin (l/dag)	2,15	2,35	2,48	2,28	0,347	NS
Urea-N (g/dag)	11,6 ^a	11,0 ^a	8,1 ^b	7,5 ^b	0,67	< 0,001
<i>mmol/dag</i>						
Urinsyra	0,443 ^c	0,510 ^{bc}	0,746 ^{ab}	0,803 ^a	0,1423	< 0,05
Allantoin	7,37	7,34	8,09	7,96	0,464	NS
Hippurinsyra	15,9	16,1	14,0	15,3	1,13	NS
Purinderivat	7,74 ^(b)	7,77 ^(b)	8,81 ^(a)	8,76 ^(a)	0,468	0,055

¹Åk-O = Åkerböna – Obehandlad, Åk-R = Åkerböna – Rostad, Är-O = Ärt – Obehandlad, Är-R = Ärt – Rostad; SEM = standard error of the mean = standardiserad avvikelse kring medelvärdet; NS = non-significance = ej signifikant = ej statistiskt säkerställd skillnad; NDF = neutral detergent fibre = totalfiber. ^{a,b,c}LS means med olika bokstäver inom samma rad skiljer sig signifikant åt ($P < 0,05$).

Diskussion

Rostning av åkerböna och ärt påverkade inte den totala smältbarheten av fodret genom djuret, vilket visar på att den omvandling av det lösliga proteinet som sker under rostningen inte ökade det ADF-bundna proteinet, som inte kan utnyttjas av djuren. Resultaten på *in vivo* smältbarhetsvärdena i åkerböna och ärt stämmer väl överens med resultaten på C-fraktionen av proteinet (ADF-bundet protein) analyserat kemiskt på laboratorium enligt CNCPS metoden (Sniffen et al., 1992). Dessutom visar både den kemiska CNCPS metoden och *in situ* metoden enligt NorFor en tydlig minskning av det lösliga proteinet (tabell 5 och 8) samtidigt som det vomnedbrytbara proteinet ökar, vilket är fraktion B2 i tabell 5 och det potentiellt vomnedbrytbara proteinet i tabell 8. Tabell 5 visar även på en ökad andel vomstabil protein (fraktion B3) och tabell 8 på en sänkning i nedbrytningshastigheten av det potentiellt nedbrytbara proteinet. Resultaten i tabell 8 är på samma åkerböna och ärt som utfodrades till baggarna och de dyra analyserna med vomfistulerade kor vid Lövsta, SLU Uppsala kunde genomföras tack vare samarbetet med Naturbruksskolan Sötåsen med extra finansiering från Naturbruksförvaltningen, Västra Götalandsregionen. Av tabell 8 framgår också att rostning av rapsfrö inte ger samma effekt på förbättrad proteinkvalitet som rostning av åkerböna och ärt. Det var anledningen till att vi ersatte rapsfrö med ärt i försöket.

Tabell 8. Effekt av rostning på proteinets nedbrytning *in situ* enligt NorFor i raps, åkerböna och ärt.

	Rapsfrö orostat	Rapsfrö rostat, 100°C	Åkerböna orostat	Åkerböna rostat, 125°C	Ärt orostat	Ärt rostat, 125°C
Råprotein (Rp), g/kg ts	175	173	285	300	217	216
Buffertlösligt Rp, g/kg Rp	270	267	661	210	651	219
Pot. nedbrytb Rp, g/kg Rp ¹	671	693	339	790	349	781
Nedbrytningshastighet av pot. nedbrytb Rp, % / tim	13,5	12,8	17,5	12,3	17,0	13,0
EPD (NorFor), % av Rp ²	76	71	86	74	85	73

¹Potentiellt nedbrytbart råprotein

²Effektiv proteinnedbrytning i vommen

Rostningen av åkerböna och ärt förbättrade utnyttjandet av proteinet hos baggarna genom att öka andelen protein som användes för kroppsuppbyggnad, vilket ledde till en ökad levande vikt hos baggar som fick rostad åkerböna eller ärt. Rostning av åkerböna och ärt påverkade inte utsöndringen av total-N och urea-N i urinen. Däremot var det skillnader mellan åkerböna och ärt där ärt gav en mindre utsöndring av urea-N i urinen än vad åkerböna gjorde, vilket kan relateras till en tendens till större mikrobproteinsyntes hos baggar som utfodrades med ärt jämfört med baggar som utfodrades med åkerböna. Trenden till den större mikrobproteinsyntesen visades genom en tendens till ökad utsöndring av purinderivat hos baggar som utfodrades med ärt och kan sannolikt relateras till det större innehållet av stärkelse i ärt än i åkerböna. När stärkelse förjäsas i vommen frigörs energi som kan användas till den energikrävande mikrobproteinsyntesen. Skillnader i innehåll av stärkelse, NDF och protein mellan åkerböna och ärt behöver tas hänsyn till vid foderstatsberäkningar för att maximera proteinutnyttjandet hos idisslarna. Ingen skillnad i utsöndringen av hippurinsyra mellan behandlingarna kan förmodligen relateras till inga skillnader i smältbarhet mellan behandlingarna eftersom hippurinsyra bildas vid nedbrytning av fenoliska föreningar i växtens cellväggar (Dijkstra et al., 2013).

Slutsats

Rostning av åkerböna och ärt omvandlar det lösliga proteinet i fodermedlen till vomnedbrytbart och vomstabil protein, vilka kan utnyttjas mer effektivt av idisslarna än det lösliga proteinet. Detta har störst betydelse hos högvastande mjölkkor i tidig laktation som

har ett större behov av vomstabil protein men även av vomnedbrytbart protein för sin produktion än kor senare i laktationen. Det vomnedbrytbara proteinet kan utnyttjas under en längre tid än det buffertlösliga proteinet för mikroprotein syntesen, som är viktigt för djurens produktion. Den förbättrade proteinkvaliteten genom rostning har också betydelse för unga idisslare med hög tillväxtkapacitet, såsom unga kötrastjurar.

Referenser

- Dijkstra, J., O. Oenema, J. W. van Groenigen, J. W. Spek, A. M. van Vuuren, and A. Bannink. 2013. Diet effects on urine composition of cattle and N₂O emissions. *Animal* 7, 292-302.
- Licitra, G., Hernandez, T.M., VanSoest, P.J., 1996. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Anim. Feed Sci. Technol.* 57, 347–358.
- LKS - Landwirtschaftliche Kommunikationsund Servicegesellschaft mbH. 2006. Qualitätsmanagementhandbuch. Titel: Bestimmung des Harnstoff – Gehaltes. 2006-09-18.
- Shingfield, K.J., Offer, N.W., 1999. Simultaneous determination of purine metabolites, creatinine and pseudouridine in ruminant urine by reversed-phase high-performance liquid chromatography. *J. Chromatogr. B.* 723, 81–94.
- Sniffen, C.J., Oconnor, J.D., Vansoest, P.J., Fox, D.G., Russell, J.B., 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets .2. Carbohydrate and protein availability. *J. Anim. Sci.* 70, 3562–3577.
- Van Soest, P. J., Robertson, J. B. and Lewis, B. A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74, 3583–3597.
- VDLUFA Band III, Kap. 7.2.1

Den här rapporten har inte tidigare publicerats.