

## SLUTRAPPORT

Avseende projekt 25-7589/04

### **FÖRBÄTTRAT PROTEINVÄRDE GENOM VÄRMEBEHANDLING AV ÄRTOR**

av

Kjell Martinsson  
SLU-Grovfodercentrum  
Inst. för Norrländsk Jordbruksvetenskap  
Box 4097  
904 03 Umeå

#### SAMMANFATTNING

Målet för detta projekt var att ta fram underlag för och utforma råd som syftar till att förbättra proteinförsörjningen, baserad på ekologiskt producerad ärt, till idisslare. Hypotesen var att det genom utveckling och anpassning av metoder för värmebehandling skulle vara möjligt att minska ärtproteinets löslighet och samtidigt öka ärtstärkelsens utnyttjandegrad. Härigenom skulle användningen av hemmaproducerade ärtor som proteinfoder kunna öka.

Under år 1 och 2 studerades effekten av värmebehandling i kombination med olika tid för upphettning och olika utgångsvattenhalt, i ärtmaterialet, på protein- och stärkelsekvaliteten. Med utgångspunkt från erhållna resultat, under år 1 och 2, genomfördes under år 3 ett produktionsförsök med mjölkkor.

Den största andel i tunntarmen smältbart foderprotein erhöles efter upphettning av de malda ärtorna (3 mm såll) till 150°C under kort tid (4 min). Vid denna värmebehandling påverkades inte stärkelsens nedbrytning i vommen och inte heller den i vommen onedbrutna stärkelsens smältbarhet i tunntarmen. Vid utfodring till mjölkkor med värmebehandlad ärt (150°C/4 min) ökade mängden producerad ECM jämfört med vid utfodring av obehandlad ärt. Mjölkens sammansättning påverkades inte.

#### INLEDNING

I Sverige finns ett stort behov av att hitta konkurrenskraftiga proteingrödor som komplement till vallen vid ekologisk animalieproduktion. En ökad odling av omväxlingsgrödor som alternativ till spannmål är också mycket önskvärd. För att kunna öka användningen av närproducerade fodermedel inom ekologisk animalieproduktion krävs tillgång till egna fodermedel med hög proteinkvalitet.

I en ekologisk produktion av livsmedel skall animalieproduktionen vara en integrerad del av jordbruksföretaget och balans råda mellan mark och djur. Detta förenklas genom att man på den enskilda gården upprätthåller en hög självförsörjningsgrad. Härigenom minimeras transporter samt samtidigt som recirkulationen av växtnäring, inte minst N, blir

hög. De vanligast förekommande svenska proteinfodermedlen är ärtor, åkerbönor, rapskaka och restprodukter från importerad Krav-odlad soja för human konsumtion.

Den huvudsakliga orsaken till det låga intresset för utfodring av ärtor till nötkreatur är att ärtproteinets är mycket lösligt. I en foderstat baserad på vallensilage och spannmål har därför idisslaren svårt att till fullo utnyttja proteinet i ärtorna. Ett ökat intresse för ekologiskt producerade fodermedel, även när det gäller proteinfodermedel, samt att ärtor är det enda proteinfodermedel som går att odla i hela Sverige, har dock gjort att intresset ökat för denna baljfröväxt. Genom sitt förhållandevis höga proteininnehåll i kombination med ett mycket högt energiinnehåll är ärt ett intressant fodermedel till mjölkkor. Ärtor har dessutom en aminosyrasammansättning som har god överensstämmelse med den hos mjölkprotein.

Om ärtproteinets nedbrytning i vommen kunde minskas, samtidigt som ärtstärkelsens tillgänglighet kunde ökas, skulle ärtor kunna utgöra en betydande del av nötkreaturens proteinförsörjning. Genom ett bättre kväveutnyttjande, minskar också risken för läckage av kväve till den omgivande miljön. Olika typer av processning, med undantag av pelletering, kan minska nedbrytningen av både protein och stärkelse i våmmen. Härigenom skapas förutsättningar för att öka tillförseln av aminosyror och stärkelse, som glukos, till tunntarmen. Emellertid saknas kunskap om optimal processning (främst avseende temperatur och tid) av ärtor, för att uppnå maximalt upptag av aminosyror i tunntarmen.

Det finns därför ett behov av utveckling av bättre anpassade metoder för värmebehandling för att minska ärtproteinets löslighet och samtidigt öka ärtstärkelsens utnyttjande. Syftet med detta projekt var därför att ta fram den nya kunskap som behövs för att genom värmebehandling av ärt förbättra proteinförsörjningen hos idisslare. Härigenom kan användningen av hemmaproducerat proteinfoder öka samtidigt som kvävespillet till den omgivande miljön kan minskas.

## LITTERATURGENOMGÅNG

### *Odlingens omfattning och förutsättningar*

Ärtor är en gammal kulturväxt. Under 1850-60 talet odlades, i Sverige, 35-40 000 ha främst för humankonsumtion. Sedan dess har odlingen gått i vågor och den senaste toppen upplevde vi i mitten på 1980-talet. Det finns idag starka skäl för att öka användningen av ärtor. Detta har också många lantbrukare anammat och den totala arealen är nu över 50 000 ha (Statistiska Centralbyrån i juli 1998), varav ca 5 000 ha inom ekologisk odling. Under senare år har odlingsförutsättningarna för ärtorna förbättrats. Nya sorter kan vid bra skördeförhållanden ge upp emot 5 000 kg/ha. Vidare har tröskbarheten förbättrats väsentligt.

### *Kemisk sammansättning och nutritionell karakteristik för foderärt*

Ärtor har en i många avseenden intressant sammansättning som proteinfoder till idisslare. Till skillnad från andra proteinfodermedel, t.ex. soja, har ärt ett högt innehåll av både protein och stärkelse (Corbett, 1997). Råproteininnehållet (Khorasani och Kennelly, 1997) i ärt ligger mellan 22,5-26 % av torrsubstansen. Aminosyrasammansättningen är i huvudsak mycket fördelaktig (Christensen och Mustafa, 2000) med ett högt innehåll av

flera essentiella aminosyror, däribland lysin och treonin (Dandanell- Daveby, 1997). Lysinhalten är speciellt hög, drygt 7 %, vilket är bland de högsta hos förekommande fodermedel (Christensen och Mustafa, 2000). Däremot är innehållet av svavelhaltiga aminosyror, som metionin och cystein, lågt (Khorasani och Kennelly, 1997; Dandanell- Daveby, 1997).

Halten stärkelse i ärt ligger kring 44-52 % av torrsubstansen (Dandanell- Daveby, 1997; Khorasani och Kennelly, 1997; Christensen och Mustafa, 2000) och är den individuellt största komponenten. Stärkelsen i ärt (Dandanell- Daveby, 1997; Gatel och Champ, 1998) är liksom i övriga baljfröväxter mycket kristallisk i strukturen. Detta gör ärt-stärkelsen mer svårnedbruten (4-5 %/h) jämfört med stärkelsen i korn som ligger på 21-34 %/h (Robinson & McQueen, 1989; Dandanell-Daveby, 1997). Stärkelse i baljväxtfrö visar generellt större tendens att återkristalliseras efter uppvärmning än andra typer av stärkelse. Troligen är det en följd av ett större inslag av amylos än amylopektin vilket ger en högre grad av polymerisering (Van Soest, 1994). Van Soest (1994) framhåller att stärkelsen i frön inte kan brytas ned av amylas förrän stärkelsefröet har spräckts. Fiberinnehållet är likvärdigt med vad som finns i andra proteinkällor och ligger mellan 7- 9 % av torrsubstansen (Khorasani och Kennelly, 1997).

#### *Hur kan kväveutnyttjandet av ärtprotein förbättras*

Vilka olika sätt finns då att kunna förbättra både kväve- och stärkelseutnyttjandet hos ärt till idisslare och på så sätt reducera kväveförlusterna? I litteraturen finns endast begränsat med forskningsresultat om effekten av processning på näringsvärdet hos ärt. Van Soest (1994) indelar processning i följande kategorier:

1. kall processning:

- Kalla metoder för processning inkluderar malning, spräckning, krossning, veckning, extrudering och pellettering. Samtliga metoder är avsedda att bryta eller krossa skalet och exponera endospermet för spjälkning av enzymer. Till kalla metoder räknas även syrabehandling.

2. varm processning:

- Torra värmebehandlingsmetoder inkluderar poppning och micronizing. Metoderna innebär att strålningsvärme värmer upp fröet. Värmebehandlingen gör att fröet utvidgas 1.5-2ggr, anpassat så att fröskalet brister. Detta följs vanligen av att fröet plattas till eller krossas.

- Hydrotermiska värmebehandlingsmetoder är då fuktig värme används i någon form, med eller utan tryck. Efter värmebehandlingen plattas fröet till eller krossas innan det slutligen torkas.

#### *Krossning eller grovmalning av ärt*

Ärtproteinets nedbrytningshastighet i vommen kan man minska genom att grovmala ärtorna. Larsson (1983) jämförde nedbrytningsförloppet hos ärt-kross med olika struktur och fann att grovmalda ärtor (4 mm) hade lägre nedbrytningshastighet än finmalda eller krossade. Vid en utflödehastighet på 5%/h, sjönk EPD från 82-85 % för krossade och finmalda ner till 67-74 % för de grovmalda. Stärkelsenedbrytningen påverkas på liknande vis (Bayourthe *et al.*, 2000). Enligt Goelema (1999) påverkar olika sätt att mala medelpartikelns storlek men också fördelningen på de olika partikelstorlekarna. Krossning av torkad ärt gör att man får stor variation i partikelstorlek, från väldigt grovt till väldigt smått

(Larsson, 1988). Storleksfördelningen är beroende på tryck, valsavstånd, vatteninnehåll och flödet på det som ska krossas (Ensminger och Olentine, 1978). Man kan också krossa ärt med högre vattenhalt vilket har stor effekt på strukturen hos det krossade materialet. Vattenhalten kan ökas genom ångbehandling, blötläggning (stöpning) eller att ärtorna har våtkonserverats (syrning eller gastät lagring). Genom framför allt större diameter på såll och ökad vattenhalt hos fröna blir strukturen grövre hos partiklarna (Larsson, 1988).

### *Värmebehandling*

Goelema (1999) anser att temperaturen under själva behandlingen är av stor betydelse för önskad effekt på proteinet men även faktorer som behandlingstid och vattenhalt är betydelsefulla. Värmebehandling ökar både den icke-nedbrytbara och den osmältbara proteinfraktionen. Den maximala försörjningen av absorberbart protein beror på tiden och temperaturen för behandlingen (Goelema, 1999). Att autoklavera ärt vid c:a 120°C i 30 min minskar kraftigt den effektiva nedbrytbarheten av protein i våmmen (Aguilera *et al.*, 1992; Mustafa *et al.*, 1998). När stärkelse värmebehandlas kan bl.a. återkristallisering, uppsvällning och gelatinisering av stärkelsekornen ske, beroende på t.ex. partikelstorlek, temperatur, behandlingstid och vattenhalt (Goelema, 1999).

Proteinet påverkas på olika vis beroende på processningsförhållandena, t.ex. torr värme, friktionsvärme och fuktig värme (Goelema, 1999). Generellt gäller att då protein värmebehandlas koagulerar det (Van Soest, 1994; Goelema, 1999). Koaguleringen innebär också att substratets tillgänglighet minskas (Van Soest, 1994). Därför kan andelen protein som passerar våmmen utan nedbrytning öka. En förutsättning för ökat fodervärde av värmebehandling är givetvis att bindningarna är reversibla i tarmen annars kan den totala smältbarheten minskas.

Då stärkelse värmebehandlas tillräckligt i närvaro av vatten gelatiniseras (förklistras) det vilket innebär att stärkelsekornen sprängs (Van Soest, 1994). Detta i sin tur innebär att den kristallina strukturen i stärkelsen förstörs (Van Soest, 1994), vilket gör den mer lättangriplig och mer nedbrytbar av mikrobernas enzymer i våmmen (Van Soest, 1994; Lund *et al.*, 1998; Goelema, 1999).

### *Extrudering och expander*

Extrudering är en behandlingsmetod som innebär hög fysisk påverkan (Goelema, 1999). En eller två skruvar transporterar foderblandningen genom en cylinder. Skruvkonfigurationen kan varieras, liksom vatteninnehållet, temperaturen och processningstiden. Vanligen varierar behandlingstiden från 30-150 sekunder inom temperaturområdet 80-200°C. Vid extrudering har man konstaterat ökad nedbrytning av ärtstärkelse (Walhain *et al.*, 1992; Petit *et al.*, 1997) och samtidigt ingen effekt på ärtproteinets nedbrytbarhet (Petit *et al.*, 1997) medan andra studier har gett signifikant sänkt löslighet av ärtprotein i våmmen (Walhain *et al.*, 1992; Chapoutot och Sauvant, 1997). Upptaget av protein i tunntarmen höjs genom extrudering (Chapoutot och Sauvant, 1997) samtidigt som aminosyraflödet i tunntarmen förbättras signifikant (Focant *et al.*, 1990). Walhain *et al.* (1992) fann att det krävdes en temperatur på 140°C vid extruderingen. EPD-värdet (vid 6 % utflöde) sjönk härvid från 88 % till 66 %. Motsvarande sänkning av EPD-värdet rapporterades av Chapoutot & Sauvant (1997) från försök där en blandning av raps och ärtor, behandlades. Focant *et al.* (1990) undersökte effekterna av ångbehandling och extrudering av ärtor i foderstater till kvigor. Vid extruderingen gelatiniserades stärkelsen och proteinets

nedbrytbarhet i vommen minskade. Detta resulterade i att produktionen av mikrobprotein steg med 53 %.

Expanding liknar enkelskruvsextrudering där tryck, temperatur och fuktighet kan förändras, liksom processningstiden som varierar mellan 5-15 sekunder inom temperaturområdet 80-140°C (Goelma, 1999). Olika resultat har erhållits, från ingen effekt på ärtprotein (Goelma *et al.*, 1999) till signifikant minskning av andelen lösliga proteiner och signifikant minskning av den effektiva proteinnedbrytningen (Lund *et al.*, 1998).

### *Ärtproteinet i den totala foderstaten*

Olsson & Lindell (1975), Öster & Thomke (1978) och Syrjälä-Qvist *et al.* (1981) fann inga negativa effekter, varken på konsumtion eller på produktion av att byta ut en del sojamjöl, rapsmjöl och spannmål mot ärtor i kraftfoderblandningen, vilket resulterade i upp till 4 kg ärtor/ko och dag. I dessa försök producerade korna ca. 23 kg FCM/dag i genomsnitt under höglaktationen. Bertilsson (1985) fann att de kor som fick en ärt-rik kraftfoderblandning hade en sämre avkastning än de som fick enbart raps eller en blandning av raps och sojamjöl, kokos eller bomullsfrökakor. Korna mjölkade under de första 20 laktationsveckorna 29-32 kg FCM/dag i genomsnitt.

Enligt nyare kanadensiska försök kan ärt ersätta soja- och rapsmjöl som proteinkälla i fullfoderblandningar till både högavkastande (Corbett *et al.*, 1995; Petit *et al.*, 1997) och lågavkastande kor (Khorasani *et al.*, 2001) utan negativa effekter. Enligt Christensen och Mustafa (2000) bör inte ärtor ingå som enda proteintillskott utan en mindre löslig proteinkälla bör också ingå. Användningen av ärt minskar inte foderintaget (Christensen och Mustafa, 2000).

Inblandning av ärt i foderkoncentrat har oftast inte gett någon effekt på mjölkens sammansättning men i en studie (Christensen och Mustafa, 2000) sågs sänkt innehåll av protein och mjölkfett

## MATERIAL OCH METODER

### *Metodik och genomförande, år 1 och 2, 2003 och 2004.*

Med benäget bistånd från Stockholms läns hushållningssällskap, Märstafamilien – Fransåker, skördades under augusti 2003 erforderlig mängd ärtor. De skördade ärtorna var av vitblommig typ, Nitousche. Vid skördetillfället höll ärtorna ca 24 % vattenhalt. Därefter torkades hälften av ärtorna på sedvanligt sätt ned till 12 % vattenhalt (Ä12). Den återstående hälften konserverades vid aktuell vattenhalt genom tillsats av propionsyra (Ä24). Syra tillsattes i två omgångar med ett dygns mellanrum. Doseringen anpassades så att hållbarheten skall vara minst 12 månader. De skördade ärtorna innehöll i genomsnitt 63 g NDF, 460 g stärkelse, 225 g råprotein, 20 g råfett och 35 g aska per kg torrs substans.

Under år 1 genomfördes studier för att finna lämpliga metoder för sönderdelning av ärtorna (malning, krossning m.m.) beroende på vattenhalt. Vid dessa studier studerades och jämfördes olika typer av kvarnar/krossar. Studierna har omfattat området 0,5 mm upp till enbart halverade ärtor. Detta arbete skedde i samarbete med Wageningen Agricultural University. Dessa studier gav som resultat att de två ärttyperna Ä12 och Ä24, inför det

fortsatta analysarbetet, maldes i en hammarkvarn med 3 mm såll. Ungefär 100 g av respektive ärtmaterial placerades i varsin behållare av glas (12 behållare/ärttyp) och upphettades i en autoklav till 90, 120 eller 150°C under 4, 12 eller 24 min. Efter upphettningen kylades behållarna omedelbart i isvatten varefter ärtmaterialet torkades vid 50°C i 16 timmar. Detta arbete skedde i samarbete med Norges Lantbrukshögskola.

#### *Metodik och genomförande under år III = 2005*

Med utgångspunkt från resultaten in vitro genomfördes under år 3 ett produktionsförsök med mjölkkor. Foderstaten bestod, förutom av processad ärt, av klöver rikt ensilage och spannmål (korn). En foderstat utan proteinkoncentrat (enbart korn) utgjorde negativ kontroll. Dessutom ingick en foderstat med obehandlade och torkade ärtor som proteintillskott. De tre foderstaterna skulle ge samma mängd energi och råprotein.

Studien omfattade två veckors förperiod och fem veckors försöksperiod. I studien ingick 36 äldre kor av SRB-ras. De hade kalvat 8-12 veckor före försökets start och de mjölkades två gånger per dag.

I tabell 1 redovisas de ingående fodermedlens sammansättning. De värmebehandlade ärtorna hade upphettats till 150°C under 4 min. Både de behandlade och de obehandlade ärtorna hade malts på en hammarkvarn med 3 mm såll. Ärtorna var från samma parti Å 24, som ingick under år 1 och 2. Under förperioden fick alla kor 4 kg kraftfoder bestående av lika delar korn, behandlad och obehandlad ärt. KlövergräSENSILAGE, som var förtorkat till 30 % torrsustanshalt och konserverat med 6 liter myrsyra per ton grönmassa, gavs i fri tillgång.

Tabell 1. De ingående fodermedlens näringsinnehåll.

	Ensilage	Kornkross	Obehandlad ärt	Behandlad ärt
Torrsustans, g/kg	301	850	880	895
Råprotein, g/kg TS	150	118	225	225
EPD	0,80	0,81	0,78	0,56
MJ/kg TS	10,5			

Under försöket registrerades: foderkonsumtion, mjölkavkastning samt mjölkens sammansättning.

#### *Kemiska analyser*

Innehållet av torrsustans, fett och aska bestämdes enligt AOAC (2002). Fiberinnehållet, mät som NDF, bestämdes enligt Van Soest et al. (1991). Stärkelse, inklusive fri glukos, bestämdes enligt den metod som beskrivits av McCleary et al. (1994). Kväve i foder och i rester efter inkubation analyserades enligt (AOAC, 2002). Alla övriga analyser utfördes enligt tillämpade standardmetoder.

### *Mätningar in situ*

De torkade ärtproverna maldes genom 1,5 mm såll för nedbrytningsstudier in situ. Proteinets nedbrytning bestämdes med hjälp av nylonpåsemetoden enligt gällande svensk standardmetod. Det i vommen onedbrutna proteinets liksom stärkelsens smältbarhet i tunntarmen mättes med den metod som presenterats av Prestlökken (1999).

### *In vitro studier*

De olika behandlingarnas effekt på proteinets nedbrytbarhet i våmmen bestämdes enligt den metod som utarbetats vid Wageningen Agricultural University. Metoden utnyttjar effekten av ett protelytiskt enzym från *Streptomyces griseus*. Utgående från de malda proverna beräknades mängden i vommen nedbrutet protein efter 4, 8 och 16 timmars inkubation med enzymer (*Streptomyces griseus*) i borat/fosfat buffert vid pH 8,0 enligt den metod som beskrivits av Aufrère & Cartailleur (1988) och Cone et al. (1996). Baserat på totalmängden N, och mängden lösligt protein, beräknades därefter andelen onedbrutet N.

För att studera stärkelsens nedbrytning i vommen användes den metod som utarbetats vid SLU-Grovfodercentrum (Hetta et al., 2004). Metoden bygger på vommvätska.

### *Statistisk bearbetning*

Behandlingens effekt (obehandlad contra behandlad) avseende andelen i vommen nedbrutet protein och andelen i tunntarmen osmältbart protein testades med hjälp av GLM-SAS (SAS, 1996) enligt Modell 1.

$$Y_{ij} = \mu + A_i + B_j + e_{ij} \quad (\text{Modell 1})$$

Där  $Y_{ij}$  är andelen i vommen nedbrutet protein eller andelen i tunntarmen osmältbart protein;  $A_i$  effekt av behandling ( $i = 1, 2$ );  $B_j$  effekt av utgångsvattenhalt ( $j = 1, 2$ ) och  $e_{ij}$  felet.

Effekten av temperatur och tid för behandlingen på andelen i vommen nedbrutet protein och andelen i tunntarmen osmältbart protein testades med GLM-SAS enligt Modell 2.

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + C_k + e_{ijk} \quad (\text{Modell 2})$$

Där  $Y_{ijk}$  är andelen i vommen nedbrutet protein eller andelen i tunntarmen osmältbart protein;  $A_i$  effekt av utgångsvattenhalt ( $i = 1, 2$ );  $B_j$  effekt av temperatur ( $j = 1-3$ );  $C_k$  effekt av tid ( $k = 1-3$ ) och  $e_{ijk}$  felet.

I utfodringsförsöket år 3 testades behandlingens effekt (behandlad ärt contra obehandlad ärt contra korn) med hjälp av GLM-SAS enligt Modell 3.

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + C_k + e_{ijk} \quad (\text{Modell 3})$$

Där  $Y_{ij}$  är den beroende variabeln;  $A_i$  effekt av behandling ( $i = 1-3$ );  $B_j$  effekt av laktationsnummer ( $j = 1-3$ );  $C_k$  effekt av variabeln (covariabel) under förperioden och  $e_{ij}$  felet.

Skillnaden mellan medeltal ansågs vara signifikant när  $P < 0,05$ .

## RESULTAT

För inga de uppmätta parametrarna fanns det en statistiskt säker skillnad mellan de två utgångsvattenhalterna, Å12 resp Å24. Därför kommer den fortsatta redovisningen att ske som ett medeltal för dessa (om inte annat anges).

### *I vommen nedbrutet protein*

För de obehandlade ärtorna hade 81 % av proteinet brutits ned efter 16 timmars inkubation. Värmebehandling minskade mängden nedbrutet protein signifikant ( $P < 0,05$ ), Tabell 2. Den minskade nedbrytningen av proteinet i vommen berodde både på temperaturen vid behandlingen ( $P < 0,05$ ) och tiden för behandlingen ( $P < 0,05$ ). Den största minskningen av andelen nedbrutet foderprotein erhöles vid den kraftigaste behandlingen ( $150^{\circ}\text{C}/30$  min) och efter 8 och 16 timmars inkubation.

Tabell 2. Obehandlat och behandlat ärtproteins nedbrytning (%) efter 4, 8 och 16 tim inkubation

	4 tim	8 tim	16 tim
Effekt av behandling			
Obehandlad	62 <sup>A</sup>	74 <sup>A</sup>	81 <sup>A</sup>
Värmebehandlad	25 <sup>B</sup>	32 <sup>B</sup>	43 <sup>B</sup>
Effekt av temperatur ( $^{\circ}\text{C}$ )			
90	45 <sup>a</sup>	56 <sup>a</sup>	62 <sup>a</sup>
120	24 <sup>b</sup>	35 <sup>b</sup>	44 <sup>b</sup>
150	12 <sup>c</sup>	20 <sup>c</sup>	24 <sup>c</sup>
Effekt av tid (min)			
4	28 <sup>a</sup>	36 <sup>a</sup>	52 <sup>a</sup>
12	25 <sup>ab</sup>	32 <sup>a</sup>	41 <sup>b</sup>
24	21 <sup>b</sup>	24 <sup>b</sup>	30 <sup>c</sup>
S.E.M.	1,7	1,5	2,2

Medeltal med olika bokstäver (A, B) inom effekt är signifikant olika ( $P < 0,05$ ). Medeltal med olika bokstäver (a,b,c) inom effekt är signifikant olika ( $P < 0,05$ ).

### *I tunntarmen osmältbart protein*

Varken temperaturen vid behandlingen eller behandlingens längd hade någon effekt på proteinets smältbarhet i tunntarmen, Tabell 3.



Tabell 3. I tunntarmen osmältbart protein (%) av totalt protein efter 16 timmars inkubation och efterföljande inkubation i tunntarmen.

Smältbarhet, %	
Effekt av behandling	
Obehandlad	1
Värmebehandlad	2
Effekt av temperatur (°C)	
90	1
120	2
150	5
Effekt av tid (min)	
4	1
12	2
24	4
S.E.M.	1,5

#### *Stärkelsens nedbrytning i vommen och smältbarhet i tunntarmen*

Ingen av de värmebehandlingar som tillämpades förändrade signifikant stärkelsens nedbrytning i vommen. Inte heller stärkelsens smältbarhet påverkades signifikant.

#### *Utfodringsstudien år 3.*

I tabell 4 redovisa den dagliga konsumtionen av foder per ko. Korna konsumerade allt utfodrat kraftfoder. Mängden råprotein skiljde inte mellan den foderstat som innehöll obehandlade ärtor och den som innehöll värmebehandlade ärtor 172 respektive 171 g råprotein per kg TS. Foderstaten utan proteinkoncentrat (bara korn) hade dock lägre innehåll av råprotein (137 g/kg TS).

Tabell 4. Kornas dagliga konsumtion

Behandling	Korn	Obehandlad ärt	Behandlad ärt
Kraftfoder, kg TS			
Korn	3,9	1,8	2,0
Obehandlad ärt		2,2	
Behandlad ärt			2,0
Ensilage, kg TS	16,8	16,7	16,8
Total konsumtion, kg TS	20,7	20,7	20,8
Mängd råprotein, g/kg TS	137	172	171

Den dagliga produktionen av mjölk, ECM, mjölkens innehåll av fett, protein och urea redovisas i tabell 5. Mängden producerad mjölk var signifikant högre (P=0,05) när

foderstaten kompletterats med ärtor. Mjölakens innehåll av fett och protein påverkades inte signifikant av behandlingen. Mängden producerad ECM hade påverkats signifikant av behandlingen ( $P = 0,01$ ) och mängden ECM var 1,5 kg högre vid utfodring med behandlad ärt jämfört med obehandlad ärt ( $P < 0,05$ ). När kraftfodret kompletterades med ärtor steg halten urea i mjölken signifikant ( $P = 0,04$ ).

Tabell 5. Daglig produktion av mjölk och mjölakens sammansättning, LS-means.

Behandling	Korn	Obehandlad ärt	Behandlad ärt	SEM	P
Antal kor	12	12	12		
ECM, kg	25,1 <sup>a</sup>	26,5 <sup>a</sup>	28,0 <sup>b</sup>	0,7	0,01
Mjölk, kg	25,0 <sup>a</sup>	28,1 <sup>b</sup>	29,2 <sup>b</sup>	0,7	0,005
Fett, g/kg	40,2	37,8	39,0	0,8	0,30
Protein, g/kg	37,8	36,8	37,3	0,4	0,33
Urea, mM	4,1 <sup>a</sup>	4,5 <sup>b</sup>	4,6 <sup>b</sup>	0,3	0,04

Medeltal markerade med olika abc på samma rad är signifikant olika ( $P < 0,05$ )

## DISKUSSION

Värmebehandling minskade andelen ärtprotein som bröts ned i vommen, vilket överensstämmer med de resultat som erhållits i liknande studier av t.ex. Mustafa et al. (1998) och Goelema et al. (1999). De i den egna studien erhållna resultaten konfirmerar de resultat som presenterades av Goelema (1999), som fann en linjär minskning av andelen protein som bryts ned i vommen med stigande temperatur och ökande tid. Nedbrytningen av ärtprotein, i vommen, efter upphettning till 150°C under 24 min, var i den här presenterade studien så låg som bara 14 %. Detta värde måste vara nära den lägsta möjliga nivån vad avser ärtor eftersom den lösliga icke-protein N-fraktionen i ärtor motsvarar ca 5% råprotein (Aufrère et al., 2001). Det egna resultatet pekar, liksom de resultat som presenterades av Goelema (1999), på att ytterligare förändring är svår att uppnå genom fortsatt upphettning efter att ärtmaterialet upphettats till 150°C under ca 25 min.

I den egna studien ökade andelen i tunntarmen osmältbart protein efter upphettning till 150°C under 24 min. Andra liknande studier har däremot inte visat på någon effekt av värmebehandling på den totala smältbarheten hos ärt protein (t.ex. Walhain et al., 1992; Mustafa et al., 1998; Goelema, 1999). Ingen av dessa studier har dock genomförts med så kraftig värmebehandling som i den egna studien.

Mängden producerad ECM ökade vid värmebehandling (150°C under 4 min). I litteraturen finns motstridiga resultat vad avser effekten vid värmebehandling av proteinrikt kompletteringsfoder. Studier av t.ex. Tuori (1992) samt Faldet och Satter (1991) visade på ökad mjölkproduktion efter värmebehandling medan man i andra studier t.ex. Bernard (1990) och Henriksen (1999) fann små eller inga effekter alls av värmebehandling. I likhet med den egna studien har flera andra studier (t.ex. Tuori, 1992) visat att värmebehandlingen inte påverkar mjölakens sammansättning. Hypotesen var att värmebehandlingen skulle minska den i vommen nedbrutna mängden ärtprotein. Därmed skulle mängden i tunntarmen smält ärtprotein öka, vilket skulle resultera i ökad produktion av mjölk. En anledning till att man inte fått ökad mjölkproduktion, i vissa studier, efter

värmebehandling kan tänkas vara att andelen i tunntarmen smältbart foderprotein sjunkit (Hvelplund, 1985) pga. för kraftig värmetillförsel.

## SLUTSATSER

Den största andelen i tunntarmen smältbart foderprotein erhöles efter upphettning av de malda ärtorna (3 mm såll) till 150°C under kort tid (ca 5 min). Vid denna värmebehandling påverkades inte stärkelsens nedbrytning i vommen eller den i vommen onedbrutna stärkelsens smältbarhet i tunntarmen. Vid utfodring till mjölkkor med värmebehandlad ärt (150°C/4 min) ökade mängden producerad ECM jämfört med vid utfodring av obehandlad ärt.

## RESULTATSPRIDNING

Under projektets gång har farenheter och resultat delgivits lantbruket via dess egna rådgivningsorgan. Dessutom har resultaten fortlöpande meddelats vid egna informationsträffar med rådgivare och lantbrukare. Information har också meddelats via SLU-Grovfodercentrums hemsida. Resultaten kommer vidare att publiceras dels genom rapporter i serien "Nytt från institutionen för Norrländsk Jordbruksvetenskap" och dels via fackpressen t.ex. Ekologiskt lantbruk. På detta sätt kommer lantbrukare, rådgivare och lärare att snabbt få kännedom om uppnådda framsteg varefter resultaten kommer fram. För den internationella arenan pågår publicering i tidskriften *Animal*.

## REFERENSER

- Aguilera, J.F., Bustos, M. & Molina, E. 1992. The degradability of legume seed meals in the rumen: effect of heat treatment. *Anim. Feed Sci. Technol.* 36, 101-112.
- AOAC, 2002. *Official Methods of Analysis*, 17<sup>th</sup> ed. AOAC International, Gaithersburg, Maryland, USA.
- Aufrère, J. & Cartaillet, D. 1988. Mise au point d'une méthode de laboratoire de prévision de la dégradabilité des protéines alimentaires des aliments concentrés dans le rumen. *Ann. Zootechn.* 37, 255-270.
- Aufrère, J., Gravio, D., Melcion, J.P. & Demarquilly, C. 2001. Degradation in the rumen of lupin (*Lupinus albus L.*) and pea (*Pisum sativum L.*) seed proteins effect of heat treatment. *Anim. Feed Sci. Technol.* 92, 215-236.
- Bayourthe, C., Moncoulon, R. & Enjalbert, F. 2000. Effect of particle size on in situ ruminal disappearances of pea (*Pisum sativum*) organic matter, proteins and starch in dairy cows. *Can. J. Anim. Sci.* 80, 203-206.
- Bernard, J. 1990. Effect of raw or roasted whole soybeans on digestibility of dietary nutrients and milk production of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 73, 3231-3236.
- Bertilsson, J. 1985. Studier över en helsvensk foderstat till mjölkkor där proteinkompletteringen utgjorts av rapsprodukter och ärter. Stencil från Institutionen för Husdjurens Utfodring och Vård, SLU Uppsala. 12 s.
- Chapoutot, P. & Sauvant, D. 1997. Nutritive value of raw and extruded pea-rapeseed blends for ruminants. *Anim. Feed Sci. Technol.* 65, 59-77.
- Christensen, D.A. & Mustafa, A. 2000. The use of peas in dairy rations. *Advances in Dairy Technology* 12, 293-302.

- Corbett, R.R., Okine, E.K. & Goonewardene, L.A. 1995. Effect of feeding peas to high-producing dairy cows. *Can. J. Anim. Sci.* 75, 625-629.
- Corbett, R.R. 1997. Peas as a protein and energy source for ruminants. *Advances in Dairy Technology* 9, 213-247.
- Cone, J. W., Van Gelder, A. H., Steg, A., Van Vuuren, A. H. 1996. Prediction of in situ rumen escape protein from in vitro incubations with protease from *Streptomyces griseus*. *J. Sci. Food Agric.* 72, 120-126.
- Dandanell-Daveby, 1997. Chemical and nutritional properties of dry peas with emphasis on dietary fibre and saponins. Avhandling, SLU Uppsala.
- Ekström, N. 1984. Torkning av ärter. Jordbrukstekniska institutet, meddelande nr 401, 7-19.
- Ensminger, M.E. & Olentine, C.G. 1978. Feed processing, In: *Feeds & nutrition – complete*, The Ensminger Publishing Company, Clovis, California, USA, 437-467.
- Faldet, M. & Satter, L. 1991. Feeding heat-treated full fat soyabeans to cows in early lactation. *J. Dairy Sci.* 74, 3047-3054.
- Focant, M., Van Hoecke, A. & Vanbelle, M. 1990. The effect of two heat treatments (steam flaking and extrusion) on the digestion of *Pisum sativum* in the stomachs of heifers. *Anim. Feed Sci. Technol.* 28, 303-313.
- Gatel, F. & Champ, M. 1998. Grain legumes in human and animal nutrition – up to date results and question marks. In: *Proceedings, 3<sup>rd</sup> European Conference on Grain Legumes*, Valladolid, Spain, 7-11.
- Goelema, J.O. 1999. Processing of legume seeds: Effects on digestive behaviour in dairy cows. PhD-thesis Animal Nutrition Group, Wageningen Institute of Animal Sciences, Wageningen Agricultural University, Wageningen, Nederländerna.
- Goelema, J.O., Smiths, A., Vaessen, L.M. & Wemmers, A. 1999. Effects of pressure toasting, expander treatment and pelleting on in vitro and in situ parameters of protein and starch in a mixture of broken peas, lupins and faba beans. *Anim. Feed Sci. Technol.* 78, 109-126.
- Henriksen, T. 1999. Ekspandering af kraftfoder till malkeköer. Master Thesis. The Royal Veterinary and Agriculture University, Copenhagen, Denmark, pp. 1-46.
- Hetta M., Martinsson K., Gustavsson A-M. 2004. In vitro degradation characteristics of timothy and red clover at different harvest times. *Acta Agriculturae Scandinavica* vol 55 20 - 29
- Hvelplund, T. 1985. Digestibility of rumen microbial protein and undegraded dietary protein estimated in the small intestine of sheep and by in sacco procedure. *Acta Agri. Scand.* 25, 132-144.
- Khorasani, G.R. & Kennelly, J.J. 1997. Peas for ruminants - Defining their worth. *Feed-Mix* 5, 30-34.
- Khorasani, G.R., Okine, E.K., Corbett, R.R. & Kennelly, J.J. 2001. Nutritive value of peas for lactating dairy cattle. *Can. J. Anim. Sci.* 81, 541-551
- Larsson, M. 1983. Ärtors och åkerbönors vånnedbrytbarhet och potentiella tarmsmältbarhet. Examensarbete vid Institutionen för Husdjurens utfodring och Vård., SLU, Uppsala. 42 s.
- Larsson, K. 1988. Beredning och hantering av kraftfoder – med tonvikt på foder med hög vattenhalt. Jordbrukstekniska institutet, meddelande nr 418.
- Lund, P., Weisbjerg, M.R. & Hvelplund, T. 1998. Ekspandering af kraftfoder til kvaeg. *Gron viden, husdyrbrug*, nummer 6, 8s. Ministeriet for fodervarer, landbrug og fiskeri.
- McCleary, B., Solah, V. & Gibson, T. 1994. Quantitative measurements of total starch in cereal flours and products. *J. Cereal Sci.* 20, 51-58.

- Mustafa, A.F., Christensen, D.A. & McKinnon, J.J. 1998. Effects of moist heat treatment on crude protein composition and degradability of field peas. *Can. J. Anim. Sci.* 78, 453-456.
- Olsson, B. & Lindell, L. 1975. Studier över utfodring av ärter till mjölkkor. Stensil från Lantbrukshögskolan, Inst. för husdjurens utfodring och vård, avd. 3. Uppsala, 15 s.
- Petit, H.V., Rioux, R. & Ouellet, D.R. 1997. Milk production and intake of lactating cows fed raw or extruded peas. *J. Dairy Sci.* 80, 3377-3385.
- Prestlökken, E. 1999. In situ ruminal degradation and intestinal digestibility of dry matter and protein in expanded feedstuffs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 77, 1-23.
- Robinson, P.H. & McQueen, R.E. 1989. Non-structural carbohydrates in rations for dairy cattle. I.J.J. Kennely (ed.) *Advances in dairy technology 1989*. University of Alberta, Edmonton, AB. Refererad i Corbett, R. R., Okine, E.K. & Goonewardene, L.A. 1995. Effects of feeding peas to high-producing dairy cows. Short communication. *Can. J. Anim. Sci.* 75, 625-629.
- SAS (Statistical Analysis System), 1996. Version 6. 12. SAS Inst. Inc., Cary, NC, USA.
- Statistiska Centralbyrån, 1998. Pressmeddelande från SCB, nr 1998:130.
- Syrjälä-Qvist, L., Setälä, J. & Tuori, M. 1981. Field peas as a protein source for high-producing dairy cows on grass silage and hay based feeding. *J. Sci. Agric. Soc. Finl.*, 53, 307-313.
- Tuori, M. 1992. Rapeseed meal as a supplementary protein for dairy cows on grasssilage-based diets, with emphasis on the Nordic AAT-PBV feed protein evaluation system. *Agric. Sci. Finl.* 1, 367-439.
- Walhain, P., Fourcart, M. & Théwis, A. 1992. Influence of extrusion on ruminal and intestinal disappearance in sacco of pea (*Pisum sativum*) proteins and starch. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 38, 43-55.
- Van Soest, P.J., Robertsson, J. & Lewis, B. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74, 3583-3597.
- Van Soest, P.J. 1994. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2<sup>nd</sup> ed. Cornell University Press, London, UK.
- Öster, A. & Thomke, S. 1978. Försök med ärter till mjölkkor. Försöksledarmöte, del 2, husdjurssektionens sammanträde, Sveriges lantbruksuniversitet, konsulentavd., rapporter, allmänt 11, s1-7. Uppsala.

Röbäcksdalen den 15 november 2006

Kjell Martinsson