

## Blålupin till mjölkkor - jämförelse med ärter

Slutredovisning av SJV-projekt

Dnr. 25-7564/04  
25-8493/05

Torsten Eriksson och Jan Bertilsson, Institutionen för husdjurens utfodring och vård;  
Ullalena Boström, Institutionen för Växtproduktionsekologi

### Bakgrund

Kravet på 100% ekologiskt foder innebär bland annat svårigheter att lösa proteinförsörjningen för högmjolkande kor i ekologiska mjölkbesättningar. Det vallfoder som är basen i utfodringen har ofta ett högt innehåll av råprotein, men det råproteinet bryts ned så snabbt i våmmen att det kan vara svårt att utnyttja till fullt och en relativt stor del kan gå förlorad som urinkväve. Det finns därför starka motiv att hitta fodermedel som går att odla ekologiskt i Sverige, som har högt proteininnehåll och helst också en relativt låg effektiv våmnedbrytbarhet ("EPD") av proteinet. Raps och rybs kan bara odlas ekologiskt i begränsad omfattning. Den viktigaste hemmaodlade proteinkraftfodergrödan i svensk ekomjolkproduktion är ärter. Ärtproteinet har dock relativt hög våmnedbrytbarhet och av växtföljdsskäl bör inte ärter återkomma oftare än vart sjunde år (Swenson, 2006).

En alternativ proteingröda som nått en viss utbredning i Danmark är blålupin. Globalt odlas ett antal olika lupinformor som fodergröda, med Australien som största producentland. Blålupin, också kallad smalbladig lupin (*Lupinus angustifolius*) är den mest använda i Australien, men även gul lupin (*Lupinus luteus*) och vit lupin (*Lupinus albus*) förekommer (White m fl, 2007). I Europa och Nordamerika är vit lupin vanligare som foder. Blålupin mognar tidigare än de båda andra arterna, som redan i Danmark befinner sig utanför det klimatområde där de är odlingsstabila (Flengmark m fl, 2005). Nya, tidigare sorter av blålupin har gett en ökad odlingssäkerhet och resulterat i ökad odling i Danmark (Tersbøl, 2006). Det har även lett till en viss odling bland svenska ekoproducenter och initierat demonstrationsodlingar (Andresen, 2003) och forskningsprojekt som undersöker odlingsförutsättningar (Boström m fl, 2006).

Då vit lupin använts mest vid utfodring till idisslare i Europa och Nordamerika gäller många uppgifter om fodervärde och försöksresultat denna art. De viktigaste näringsmässiga skillnaderna mellan den för Sverige aktuella blålupinen och vit lupin är lägre fett- och råproteinhalt hos blålupin (White m fl, 2007). Vid försöksodlingar i Sverige har lupinfröet haft råproteinhalter i intervallet 31-38% av torrsubstansen (Boström opubl.; Andresen, 2003), vilket är högre än för både åkerbönor och ärter. En viktig skillnad mellan blålupin, ärt och åkerböna är att blålupin i det närmaste saknar stärkelse (White m fl, 2007), medan mer än 40% av ts hos ärter utgörs av stärkelse. Vit lupin, som många studier refererar till, innehåller mer stärkelse, 1-15% av ts (Moss m fl, 2001; White m fl, 2007). Istället för stärkelse innehåller lupinfröet andra polysackarider, som galaktaner, pektin och socker ur raffinoserien (Daveby & Åman, 1993, Gulewicz & Pilarski, 2005; White m fl, 2007). Blålupin har också mycket högre NDF-halt än ärt, beroende på det relativt tjocka skal som omger lupinfröet. Fetthalten är också högre i lupin, ca 6% av ts i blålupin och 10% av ts i vit lupin, jämfört med 2% i ärt.

Proteinets våmnedbrytbarhet har före det här rapporterade försöket undersökts in sacco för ett prov av svenskodlad blålupin (Andresen, 2003) och resulterade då i EPD-värdet 63, alltså att 63% av lupinens råproteininnehåll hann brytas ned i våmmen vid en standardiserad utflödehastighet. Det är betydligt gynnsammare än tabellvärdena för åkerbönor och ärter (Fodertabeller för idisslare, 2003), där 80% av råproteinets antas brytas ned i våmmen.

Översikter i litteraturen tyder dock på en mycket stor variation i proteinets våmnedbrytbarhet hos lupin. Så visar t ex White m fl (2007) litteraturuppgifter med våmnedbrytbarhet (EPD) i intervallet 53-96%, även då hänsyn tagits till olika malningsstorlek i olika studier. Nedbrytningshastigheten av den fasta proteinfraktionen, som är indataparameter i bland annat NorForsystemet (Gustafsson m fl, 2005) och CNCPS (Fox m fl, 2004) varierar i samma översikt mellan 6% och 75%/timme.

En stor del av proteinet i både ärter och lupin är lösligt och betraktas vid in sacco-bestämning som omedelbart nedbrutet. Det är ett antagande som tillämpas av praktiska skäl, även om det inte är korrekt och det också finns skillnader mellan fodermedel i det avseendet. Studier både in vivo (Aufrère m. fl., 2001) och in vitro (Hedqvist & Udén, 2006) visade på långsammare nedbrytning av lösligt lupinprotein än av lösligt ärtprotein, något som borde ge ett bättre proteinutnyttjande hos idisslare med lupin än med ärt.

I foderindustrin har länge förekommit olika processer för att sänka nedbrytningshastigheten av protein genom behandling med värme och/eller kemikalier. Försök med värmebehandling av lupin har gett relativt stor effekt på proteinet i form av lägre löslighet, lägre nedbrytningshastighet, lägre EPD-värde och även uppmätt ökat flöde till tunntarmen av aminosyror (Aufrère m. fl., 2001; Rémond m. fl., 2003; Lund m. fl., 2004). Generellt har dock inte värmebehandling gett det utslag på mjölkproduktionen som man kunde förvänta sig (White m fl, 2007), även om bland annat Pieper m fl (2005) rapporterar en signifikant högre mjölkavkastning när värmebehandlad lupin jämförs med obehandlad. En alternativ behandling som eventuellt kan minska våmnedbrytningen av protein är behandling med någon organisk syra som myrsyra eller propionsyra. Propionsyratillsats används för närvarande som konserveringsmetod för spannmål och trindsäd. För grödor som under ogynnsamma förhållanden inte hinner mogna är tröskning vid mycket hög vattenhalt (>30%) och konservering med syra ett sätt att rädda skörden. En annan metod som prövats i laboratorieskala är avklippning av toppskotten med omogna baljor och frön för ensilering (Pauly & Boström, 2007).

Syftet med det projekt som slutrapporteras här var att jämföra svenskodlad blålupin med ärt som proteinfoder till mjölkkor. År 1 har analyser av kemisk sammansättning och nedbrytningsegenskaperna hos protein och fiber in sacco gjorts. Under år 2 har ett utfodringsförsök med 12 kor och intensivstudier av kvävebalans och våmomsättning gjorts. Hypoteser har varit:

- Lupinfrö har jämfört med ärter en lägre nedbrytningshastighet av protein i våmmen
- Nedbrytningshastigheten av protein i lupin kan påverkas i betydande utsträckning genom processer som syrakonservering och ensilering
- Långsammare våmnedbrytning ska ge utslag i form av ökad produktion av mjölkprotein, ändrad ammoniakkoncentration i våmmen, lägre halt av urea i mjölken och mindre utsöndring av urinkväve

## **Material och metoder**

### *Kemisk sammansättning och nedbrytningsprofiler för lupinprover*

Prover för kemisk analys och nedbrytningsstudier togs från odlings- och konserveringsförsök genomförda 2005 och 2006 (Pauly & Boström, 2007) med lupinsorterna Rose och Bora samt

ärtsorten Celine. Vidare ingick tre lupinprover av sorten Prima och två ärtprov av sorten Pinocchio från det utfodringsförsök som genomfördes. Kemisk sammansättning analyserades med våtkemiska standardmetoder beskrivna under rubriken ”*Provtagningar och analyser*”. Nedbrytning in sacco och beräkning av parametrar utfördes enligt NorFors standard (2006). Dessutom beräknades effektiv nedbrytbarhet av NDF och råprotein (EFD respektive EPD) enligt den metod (Lindgren, 1991) som rutinemässigt använts i Sverige sedan AAT/PBV-systemets införande. I nedbrytningsstudien ingick också ensilerade toppskott av lupin samt syrakonserverat frö, tröskat vid > 30 % vattenhalt (Pauly & Boström, 2007). Omsättbar energi, AAT och PBV (ej för ensilerade toppskott) beräknades enligt Fodertabeller för idisslare (2003) från råanalys och EPD-värden i nedbrytningsstudien.

### *Mjölkkoförsök*

Utfodringsförsöket genomfördes som ett change-overförsök med 12 kor under två fyraveckorsperioder. De tre första veckorna var anpassningsperiod och mätningarna gjordes den sista veckan i varje period, innan korna bytte foderstat med varandra. Kvävebalans bestämdes genom urinuppsamling och träckprovtagning på 8 kor och våmstudier gjordes på 4 våmfistulerade kor. Försöksbehandlingarna utgjordes av antingen lupin eller ärt som proteinkomplement i foderstater balanserade för samma råproteinhalt och energikoncentration. Försöket var en omedelbar fortsättning på ett tidigare försök där två ensilage jämförts under tre perioder (SLU EkoForsk: Tanniner i vallfodret för ökad kväveeffektivitet i ekologisk mjölkproduktion, för enkelhets skull refererat till som ”tanninförsöket” i fortsättningen av denna rapport). Samma metodik användes i båda försöken och resultaten för enskilda kor från tanninförsöket användes som kovariat vid bearbetningen av resultaten från det här rapporterade lupinförsöket.

Korna befann sig vid lupinförsökets start i laktationsvecka 28 (SD 2 veckor) och mjölkade 28 kg ECM (SD 3,2 kg). De var av SRB-ras med en levande vikt av 648 kg (SD 60 kg). Fyra av korna var förstakalvare och de övriga åtta hade kalvat 2-5 gånger. Vid det föregående tanninförsöket hade korna delats in i tre block efter aktuell dygnsavkastning; högmjolkare, lågmjolkare och fistelkor, där urin- och träckuppsamling gjordes på högmjolkare och fistelkor. Denna blockindelning behölls. Utfodringsnivån justerades till att täcka 90% av det energibehov korna haft i laktationsvecka 15, vid det föregående tanninförsökets start. Det innebar totalgivor på 15,8-22,0 kg ts/dag och bara undantagsvis foderrester. Ärtfoderstaten innehöll ensilage, kornkross och ärter i proportionerna 65:9:26, medan lupinfoderstaten bestod av ensilage, kornkross och lupin 65:18:17, allt på torrsubstansbasis. Kornandelen varierades för att båda foderstaterna skulle innehålla lika mycket råprotein. Alla foder utfodrades separat. Ensilaget var av andraskörd från en vall med ca 25% rödklöver och i övrigt timotej och ängsvingel. Det var förtorkat till 34% ts och rundbalat utan något tillsatsmedel. Kornkross köptes från en leverantör i Uppland. Ärt (Pinocchio) var odlad i Uppland, medan lupin (Prima) odlats i Västergötland. Lupin och ärt var båda grovmalda på hammarkvarn (8 mm såll).

Under hela försöket hölls korna uppbundna i kortbås med gummimattor strödda med en blandning av kutterspån och hackad halm. De mjölkades 06:30 och 15:30. Ensilage och kraftfodren utfodrades i separata tråg för att kunna skilja resterna åt. Under de tre anpassningsveckorna utfodrades med automatiska fodervagnar, men under mätveckan skedde utfodringen manuellt. Ensilage utfodrades med tre jämnstora givor 05:45, 12:00 och 17:00, medan kraftfodren utfodrades 06:00, 09:00, 12:15 och 17:15. Foderrester vägdes dagligen 11:45.

### *Provtagningar och analyser*

Korna vägdes och hullbedömdes 10:00 dag 20 och 21 i varje period. Dag 24 och 25 provmjölkades de med Tru-Test. Mjölken analyserades för fett, protein, laktos och cellhalt med rutinmetoder (IR-teknik) vid Kungsängens forskningscentrum. Mjölakens ureahalt analyserades av Steins A/S, Horsens, med den pH-differensmetod (Ramsing m fl., 1980) som är referens för kalibrering av rutinmässig IR-analys.

Foderprover togs vid varje utfodring under mätveckan och frystes in. De slogs sedan i fryst tillstånd samman till ett prov per foderslag och period. Kornkross, ärter och lupintorkades i 60° C medan ensilaget frystorkades. Proven maldes sedan genom 1 mm såll på hammarkvarn (Kamas) och analyserades med våtkemiska standardmetoder vid Kungsängens forskningscentrum. Torrsubstans bestämdes genom torkning vid 103° C över natt och aska vid 550° C i 3 timmar. På grund av de flyktiga ämnena betraktades för ensilaget återstående viktandel efter frystorkning som den sanna torrsubstanshalten och alla kemiska analyser anges på den basen. Saltsyraolöslig aska analyserades i fodren för smältbarhetsbestämning (Van Keulen & Young, 1977). Råfett analyserades som "EG-fett" (metod IV, SLL 39, 1989). NDF bestämdes genom att anpassa gängse ugnsmetod (Chai & Udén, 1998) till Mertens (2002) standard. Växtråd för beräkning av omsättbar energi i kraftfodren analyserades enligt Jennische & Larsson (1990). Stärkelse och socker analyserades enzymatiskt (Larsson och Bengtsson 1983). Råprotein bestämdes som 6,25 x Kjeldahlkväve (Kjeltec 2700, Tecator, Höganäs). Total andel lösligt råprotein mättes i borat-fosfatbuffert (NorFor, 2006) och andelen lösligt äkta protein bestämdes genom fällning med triklorättiksyra (Hedqvist och Udén, 2006). Ensilagesaft från pressning användes för analys av ammoniak och  $\alpha$ -amino-N (Broderick & Kang, 1980), för pH-mätning och för analys av fermentationsprodukter med HPLC (Andersson & Hedlund, 1983). Omsättbar energi i ensilaget bestämdes med VOS (Lindgren, 1979) och i kraftfodren från råanalys (Axelsson, 1941).

Urinuppsamling gjordes under 3 dygn, med början 06:00 dag 25. Korna bar över vulva en vadderad gummikåpa som hölls på plats med en sele runt rygg-bringa-framben. Från kåpan leddes urinen genom en dammsugarslang till plastdunkar. Dunkarna byttes var tolfte timme. Som konserveringsmedel i dunkarna användes 1,8 M svavelsyra för att sänka pH under 4 (1,2-1,5 liter, individuellt avpassat). Vid dunkbytet morgon och kväll vägdes urinen, pH mättes och prov togs ut efter mixning. Ett prov motsvarande 50 ml/kg syrad urin fylldes i en plastdunk och förvarades i kylskåp till uppsamlingens avslutande, då ett periodprov från varje ko togs ut och frystes in, uppdelat på olika rör för olika analyser. Proven analyserades för Kjeldahlkväve och med en Technicon AutoAnalyzer för urea (Technicon, 1974a), kreatinin (Technicon, 1974b) och allantoin (Lindberg & Jansson, 1989).

Träckprover togs morgon och kväll dag 25-28, totalt 8 prov per ko. Proven samlades upp i hinkar när korna träckade spontant och 500 ml prov frystes in från varje provtagningstillfälle. Efter mätperiodens slut tinades proven och slogs ihop till ett periodprov per ko som sedan vägdes in i Petriskålar för frystorkning och analys av ts, aska, saltsyraolöslig aska, Kjeldahlkväve och NDF på samma sätt som för fodren. Även för träckproven betraktades viktandelen efter frystorkning som den sanna torrsubstansen och användes i beräkningarna.

Våmvätskeprov togs från de 4 fistelkorna vid 18 av dygnets timmar, utspritt under dag 25-28. Ett 50 ml centrifugrör sänktes ned ca 20 cm under våmtäckets yta och fick vätskefyllas. Vätskan silades omedelbart genom en tesil, pH mättes och delprov frystes in i Eppendorfrör för senare analys av ammoniak,  $\alpha$ -amino-N och flyktiga fettsyror (VFA) som beskrivits för

ensilagesaft. Ammoniak och  $\alpha$ -amino-N analyserades i alla prover medan VFA analyserades i samlingsprov hopslagna inom ko och period. Som kontroll analyserades VFA också i de två prov som togs i samband med våmtömningar. Våmtömningarna gjordes 11:00 dag 25 och 27. Av hela innehållet samlades 10% i ett provtagningskärl och resten återfördes efter vägning till våmmen. Från provtagningskärllet vägdes efter blandning fyra replikat upp i Petriskålar för frystorkning och senare analys av ts, aska, Kjeldahlkväve och NDF med samma metoder som för fodren. Liksom för ensilage och träck användes viktandelen efter frystorkning som den sanna torrsbstanshalten.

#### *Extrastudie kvävefraktioner i våmmen med finmald lupin och ärt*

Efter den första mätveckan, när korna hunnit halvvägs i sitt foderbyte, gjordes med 3 av fistelkorna en extrastudie för att se hur halterna av ammoniak och fria aminosyror i våmmen utvecklades när finmald lupin respektive ärt utfodrades. Lupin och ärt maldes genom hammarkvarn med 1 mm såll. Till varje ko blandades 12.5% av dyngsgivan ensilage med 25% av dyngsgivan kornkross och ärt/lupin. Detta utfodrades istället för morgonens första mål 06:00. Våmvätskeprover togs omedelbart före fodergivan och sedan var 20:e minut i 3 timmar. Försöket upprepades 3 dagar senare och korna bytte då kraftfoderkombination med varandra.

#### *Statistisk bearbetning*

Försöket omfattar tre olika nivåer, med produktionsmätningar på 12 kor, kvävebalansmätningar på 8 kor och våmstudier på 4 kor. Därför analyserades produktionsvariablerna även för de mindre seten om 8 och 4 kor för att konstatera att effekten av foderstat var likartad och att slutsatser kan dras om samband mellan produktionsvariabler hos alla korna och våmomsättning hos de 4 fistelkorna.

Det föregående tanninförsöket som användes som kovariat hade två behandlingar och tre perioder, med samma behandling i period 1 och 3 (switch-backdesign). Kovariaten beräknades därför för varje enskild ko och variabel som:

$$0.25 \times \text{Period 1} + 0.25 \times \text{Period 3} + 0.5 \times \text{Period 2}$$

Försöket analyserades med procedur MIXED i SAS, version 9.1. Den största modell som testades hade som fixa faktorer den numeriska kovariaten samt block, period och foder inklusive deras två- och trevägssamspel. Slumpfaktor var ko inom block. Med  $p < 0,05$  som signifikansgräns kunde samspel och block strykas. Den slutliga modellen bestod då av de fixa faktorerna kovariat, period och foder samt slumpfaktorn ko. Resultaten presenteras som least square means (minsta kvadratmedelvärden) och p-värde för skillnad mellan de båda foderstaterna.

Samspelseffekter foder  $\times$  provtagnings tid för våmstudierna analyserades med procedur MIXED som ett split-plotförsök, där tiden behandlades som en klassfaktor. Ko, period och foder var whole-plots (storrutor), medan tid och tid  $\times$  foder var sub-plots (smårutor). Sattertwaithes metod för approximering av frihetsgrader tillämpades. Extrastudien av kvävefraktioner i våmmen med finmalt foder analyserades med parade t-test mellan fodermedlen inom ko och provtid.

## Resultat och diskussion

### *Kemisk sammansättning och nedbrytningsstudier*

I Tabell 1 visas kemisk sammansättning för samtliga analyserade prover. Det är prover som ingick i nedbrytningsstudien eller utfodringsförsöket i detta projekt, samt prover som analyserats inom ramen för FORMAS projekt 2004-459 (Boström m fl, 2004). Resultaten överensstämmer väl med den sammanställning av värden för i huvudsak australisk blålupin som White m fl (2007) publicerat. Skillnaderna mellan lupin och ärt är tydliga för råprotein, fett och fiber (NDF, växttråd). Omsättbar energi, beräknad från råanalys är lägre i lupin än ärt, beroende på den stora skillnaden i växttrådinnehåll. Summering av (aska + RP + fett + NDF + socker + stärkelse) ger 727 och 853 g/kg ts för respektive blålupin och ärt. Det "fattas" alltså 273 g av blålupinens ts och 147 g av ärtprovets ts som inte identifieras med de här använda analysmetoderna. Det utgörs sannolikt av polysackarider och oligosackarider som pektin, galaktaner och raffinoseriens socker (Daveby & Åman, 1993; White m fl, 2007). Råproteinhalten i samtliga analyserade lupinprov var 300-370 g/kg ts och betydligt högre än i ärtproven. För både lupin och ärt var en stor del av råproteinet buffertlösligt, men nästan allt var fällbart med triklorättiksyra (TCA) och utgjordes alltså av äkta protein enligt gängse definition (Van Soest, 1994).

Tabell 2 visar resultaten från nedbrytningsstudien med ensilerade toppskott, syrakonserverat lupinfrö, moget lupinfrö och kontrollprovet av ärt. Eftersom lupin, till skillnad mot exempelvis ärt, har en ganska stor NDF-andel är det viktigt att fibern verkligen är tillgänglig. För både syrakonserverat och torkat frö var NDF-nedbrytbarheten hög, mer än 90% hade brutits ned efter 96 timmar. Nedbrytningshastigheten för fiber var också relativt hög. Tillsammans resulterar det i EFD-värden i nivå med tidigt skördad gräsvall (Fodertabeller för idisslare, 2003). De ensilerade toppskotten hade inte oväntat en högre NDF-halt än moget lupinfrö och även lägre nedbrytbarhet av fibern.

Proven av moget lupinfrö skilde sig inte från ärtprovet beträffande EPD-värde eller andel buffertlösligt råprotein. Nedbrytningshastigheten var högre för lupin än för ärt, medan ärt hade en större andel försvunnet råprotein vid tiden 0, alltså då inkubationspåsarerna går direkt till tvättning, torkning och analys utan att ha inkuberats i våmmen. Försvinnandet vid tiden 0 beror till större eller mindre del på att små partiklar passerar inkubationspåsens maskor utan att proteinet för den skull behöver ha brutits ned. I Danmark har därför tillämpats en korrektion (Weisbjerg m fl, 1990) som också inkorporerats i Norforstandarden. Buffertlöslighetsvärdet betraktas där som den sanna lösligheten och är i regel lägre än försvinnandet från inkubationspåsarerna vid tiden 0. Här var dock förhållandet det omvända med högre buffertlöslighet än 0-tidsförsvinnande för ärtprov och lupinfrö. Sannolikt beror det på de olika malningar som används för de olika analyserna. För påsinkubationer mals proven på 1,5 mm knivkvarn och för alla andra analyser på 1,0 mm hammarkvarn.

I samband med pågående metodutveckling jämfördes buffertlösligheten av råprotein för dessa prover med olika kvarntyper (Tabell 2). Trots samma sällstorlek gav standardmetoden med hammarkvarn betydligt högre löslighet än knivkvarn, förmodligen på grund av färre små partiklar med knivkvarn. Moss m. fl. (2001) visade på en fördubbling av råproteinets löslighet i en malningsserie med lupinfrö från 8 ned till 1,0 mm. Det är sannolikt att partikelstorleken har mycket stor betydelse för proteinets löslighet i lupin och ärt, något som antagligen kan förklara många skillnader i litteraturuppgifter om löslighet och nedbrytningshastighet.

**Tabell 1.** Kemisk sammansättning och näringsvärde hos lupinfrö och ärt från odlings- och utfodringsförsök 2005-2006. Omsättbar energi, AAT och PBV beräknade från råanalys och EPD-värden funna i nedbrytningsstudien enligt metodik i Fodertabeller för idisslare (2003). Medelvärde, standardavvikelse (SD) och antal (N).

	Lupin			Ärt		
	Medelv.	SD	N	Medelv.	SD	N
Oms energi, MJ/kg ts	13,5	0,1	24	14,1	0,1	6
AAT, g/kg ts	127	3,8	24	114	1,6	6
PBV, g/kg ts	151	17,0	24	75	16,9	6
Aska, g/kg ts	35	2,5	27	31	0,8	7
Råprotein, g/kg ts	332	22	27	259	17	7
Buffertlösligt RP, % av RP	79	5,3	5	80	2,9	3
TCA-fällbart RP, % av RP	71	0,6	2	71	0,1	2
EG-fett, g/kg ts	61	6,6	24	18	0,9	6
Växttråd, g/kg ts	161	14	24	55	7	6
NDF, g/kg ts	239	14	27	80	11	7
Socket, g/kg ts	48	0,1	2	46	1,5	2
Stärkelse o maltod., g/kg ts	13	10	24	418	31	6

**Tabell 2.** Resultat från nedbrytningsstudier in sacco med lupin och ärter.

Antal prov	Ensilerade lupintoppskott		Syrakonserverat lupinfrö		Moget lupinfrö		Ärt
	3		2		3		1
	Medelv.	SD	Medelv.	SD	Medelv.	SD	Medelv.
NDF, g/kg ts	315	22	211	10	231	26	85
EFD enl. Lindgren (1991) <sup>1</sup>	42	1,1	58	3,7	54	2,6	
Nedbruten NDF-andel 96 timmar, %	72	0,6	93	0,2	91	1,3	93
kD NDF från kurvanpassn., %/timme <sup>2</sup>	4,9	0,4	7,1	1,2	5,7	2,2	7,5
Råprotein, g/kg ts	226	13	371	7	357	17	266
EPD enl. Lindgren (1991) <sup>1</sup>	85	0,6	77	0,7	70	1,5	71
Buffertlösligt RP, % av RP, 1 mm knivkvarn	83	2,3	57	1,5	56	1,8	55
Buffertlösligt RP, % av RP, 1 mm hammarkvarn <sup>2</sup>	85	2,7	70	0,8	77	6,0	77
-----Kurvanpassning råprotein-----							
Försvunnen andel 0 timmar, %	87,7	2,8	43,2	2,4	37,6	3,5	48,3
Pot nedbrytbart RP, %	8,1	2,7	56,8	2,4	62,4	3,5	51,7
Pot nedbrytbart RP korregerat för partikeltapp, % <sup>2</sup>	9,9	2,8	29,6	0,8	23,1	6,0	23,2
kD råprotein, %/timme <sup>2</sup>	9,8	1,5	15,6	0,3	11,7	1,0	9,5

1) Svensk standardmetod som värden i Fodertabeller för idisslare (2003) baseras på

2) Enligt Norfor (2007)

### Mjölkkoförsök

Tabell 3 visar kemisk sammansättning för fodren i mjölkkoförsöket. Ensilaget hade en stor andel ammoniumkväve, ett högt innehåll av butandiol och ett högt pH. Korn, lupin och ärter hade analysvärden i nivå med tidigare resultat inom detta och andra aktuella projekt vid Kungsängens forskningscentrum. Korn, som användes för att justera proteinhalterna till samma nivå i foderstaterna, hade en lägre andel buffertlösligt råprotein än lupin och ärt. Det resulterade i ett något lägre intag av lösligt råprotein med lupinfoderstaten (Tabell 4). Lupinfoderstaten gav också lägre stärkelseintag men högre intag av NDF och även ett 170 g större intag av fett (ej i tabell). Energi- och AAT-tillförsel, beräknad enligt det officiella svenska systemet (Fodertabeller för idisslare, 2003), var lika för foderstaterna medan PBV-värdet var högre för lupinfoderstaten.

Restmängderna var som helhet små (Tabell 4). Två kor lämnade kraftfoderrester med båda foderstaterna, medan en tredje ko lämnade rester enbart med ärtfoderstaten. I övrigt förekom inga kraftfoderrester. Ensilageresterna varierade för enskilda kor i intervallet 0-1,4 kg ts. De givor av lupin och ärt som utfodrades, för enskilda kor upp till 3,8 kg ts lupin och 5,7 kg ts ärt, kan sägas vara i det övre intervallet av vad som rekommenderas i svensk rådgivning (Andresen, 2003; Swenson, 2006). Ärtinblandningen i foderstater brukar begränsas av vilken stärkelsegiva man vill tillåta. För lupin är de tidigare svenska erfarenheterna begränsade, men från utländska försök finns ett relativt stort underlag. I en sammanställning av utfodringsförsök med lupin (White m fl, 2007) förekommer givor upp till 12 kg ts/dag av malt lupinfrö och då som enda komplement till bete eller hö. Den genomsnittliga lupingivan var i betesförsök 3,8 kg ts/dag och i försök med konserverat grovfoder (oftast ensilage) 3,0 kg ts/dag, men till skillnad från betesförsöken utgjorde då lupin bara en del av den totala kraftfodergivan. I några fall orsakade 12 kg ts lupin trumsjuka, medan inget fall av acidosis hos lupinutfodrade mjölkkor har rapporterats enligt White (2007).

**Tabell 3.** Kemisk sammansättning hos fodren i utfodringsförsök med blålupin och ärt till mjölkkor

	Ensilage <sup>1</sup>	Kornkross	Lupin	Ärt
Ts, g/kg	342	899	901	896
-----g/kg ts-----				
Organisk substans	899	976	960	970
Råprotein	134	123	304	239
EG-fett	E.A.	28	63	18
NDF	477	124	223	71
Växttråd	E.A.	32	150	50
Socker (som WSC)	14	26	41	32
Maltodextriner	E.A.	29	6	68
Stärkelse	E.A.	550	15	388
Oms. energi, MJ	10.2	14.1	13.4	14.1
-----N-fraktionering-----				
Buffertlösligt N, % av tot N	61	26	83	82
TCA-fällbart N, % av tot N	1	18	71	71
NH <sub>3</sub> -N, % av tot N	14	E.A.	E.A.	E.A.
α-amino-N, % av tot N	25	E.A.	E.A.	E.A.

1) Ensilagets innehåll av fermentationsprodukter, g/kg ts: mjölksyra 31; acetat 10; propionat<0.8; butyrat 0.5; succinat 17; 2,3-butandiol 19; etanol 12. pH 5,31.



**Tabell 4.** Konsumtion av fodermedlen och näringsintag i utfodringsförsök med blålupin och ärt till mjölkkor. N=24 utom NorFor-värdering där N=2.

	Lupinfoderstat	Ärtfoderstat	p
Kg total-ts	18,64	18,55	0,25
Kg ts ensilage	11,80	11,82	0,56
Kg ts korn	3,44	1,69	
Kg ts lupin	3,25		
Kg ts ärt		4,89	
Kg ts ensilagerest <sup>1</sup>	0,17	0,16	0,87
Kg ts kraftfoderrest <sup>1</sup>	0,01	0,09	0,19
Totalt råprotein, g	3015	2980	0,04
Buffertlösligt råprotein, g	1907	1988	<0,001
Lösligt äkta protein, g	798	890	<0,001
NDF, g	6782	6196	<0,001
Stärkelse, g	1940	2827	<0,001
Maltodextriner, g	120	383	<0,001
WSC, g	440	452	<0,001
MJ oms energi <sup>2</sup>	212	213	0,28
AAT, g <sup>2</sup>	1546	1533	0,10
PBV, g <sup>2</sup>	488	408	<0,001
NEL NorFor, MJ <sup>3</sup>	129	131	
AAT <sub>mjölk</sub> NorFor, g <sup>4</sup>	1140	1032	
PBV NorFor, g <sup>5</sup>	503	575	

- 1) Redovisas som mått på acceptans för fodren. I alla intagsiffror är resterna redan bortdragna
- 2) Beräkningar enligt Fodertabeller för idisslare (2003) från analyser i försöket
- 3) Nettoenergi enligt NorFor Plan beräknad från foderstatsmedelvärden
- 4) AAT tillgänglig för mjölk (underhåll fråndraget) enligt NorFor Plan beräknat från foderstatsmedelvärden
- 5) PBV enligt NorFor Plan beräknat från foderstatsmedelvärden

I Tabell 4 finns som jämförelse med näringsvärdesberäkning enligt Fodertabeller för idisslare (2003) också beräkningar från foderstatsmedelvärden enligt NorFor Plan av nettoenergi, AAT tillgänglig för mjölk samt PBV. Foderstaternas värderas energimässigt lika i båda systemen, men med NorForsystemet ökar skillnaden i AAT till lupinfoderstatens fördel. Det innebär också en sänkning i PBV för lupinfoderstaten med Norfor-systemet. Ingen statistisk jämförelse går dock att göra eftersom NorForberäkningarna enbart gjorts för de två foderstatsmedelvärdena.

Med lupinfoderstaten mjölkade korna drygt 1 kg ECM/dag mer än med ärtfoderstaten (Tabell 5), som resultat av icke-signifikant högre mjölmängd och fetthalt, samt högre laktoshalt. Proteinhalten tenderade dock att vara lägre med lupin än med ärt, men mängden mjölkprotein var oförändrad. Sammanställningar av effekter på mjölkens fett- och proteinhalt (Hill, 2005; White m fl, 2007) vid lupinutfodring visar ofta på tendenser i samma riktning som här när lupin jämförs med spannmål. Även jämförelse mellan lupin (vit) och ärt gav högre fetthalt med lupin, men proteinhalten var oförändrad, vilket då ledde till större mängd mjölkprotein med lupin än med ärt (Froidmont & Bartiaux-Thill, 2005). En förklaring som brukar anföras till sänkt proteinhalt med lupin är kolhydratsammansättningen, där sänkt stärkelseintag antas påverka proteinförsörjningen negativt (White m fl, 2007). Samtidigt skulle lupinens innehåll av NDF och oligosackarider driva våmfermentationen mot en större andel acetat och butyrat

och ge en höjd fetthalt via syntes av korta fettsyror (Froidmont & Bartiaux-Thill, 2005). I det här rapporterade försöket (Tabell 5) ökade dock laktoshalten med lupinfoderstaten, vilket inte tyder på ökad andel acetat och butyrat utan på motsatsen.

Smältbarheten av organisk substans, NDF och råprotein (Tabell 6) skilde inte mellan foderstaterna. Urinmängden var lägre med lupin än med ärt (Tabell 7), medan utsöndringen av både totalkväve och ureakväve var högre med lupin än med ärt. Tillsammans med den högre halten av mjölkurea (Tabell 6) för lupinfoderstaten tyder det på större överskott av våmnedbrutet protein (PBV) med lupin än med ärt. Beräknat PBV enligt Fodertabeller för idisslare (2003) och aktuella analyser blir också högst för lupinfoderstaten (Tabell 4). Allantoinutsöndringen, som var den samma för båda foderstaterna, tyder på att det inte var någon skillnad i mikrobproteinsyntes mellan foderstaterna. Högre urinkväveutsöndring och mjölkureavärden med lupin borde då snarare bero på att större mängd protein brutits ned än på att mindre mikrobprotein bildats.

Mängden foderkväve var något större med lupinfoderstaten (Tabell 8), vilket också ledde till större mängd utsöndrat urinkväve. Om kväveutsöndringen sattes i relation till intaget var det bara balansen som skilde signifikant, mer av foderkvävet återfanns i mjölk, träck eller urin med lupin än med ärt. Balanserna med 25 respektive 38 g kväve/dag är i nivå med flertalet liknande mjölkkoexperiment (Spanghero & Kowalski, 1997).

Med lupinfoderstaten var våmmens innehåll av färskvikt, ts, organisk substans, NDF och kväve numeriskt något större än med ärtfoderstaten (Tabell 9). Det innebar också en numeriskt större mängd total-VFA i våmmen ( $p = 0,13$ ), vilket är rimligt med tanke på den något högre ECM-avkastningen med lupinfoderstaten. När det gäller fördelningen mellan acetat, propionat och butyrat fanns inga skillnader mellan foderstaterna. Den högre produktionen av mjölkfett med lupinfoderstaten låter sig inte förklaras med ändrat fermentationsmönster, men möjligen delvis med ökad produktion av total-VFA. Det är också möjligt att det högre fetthinnehållet i lupinfoderstaten har varit fördelaktigt. Båda foderstaterna var fettfattiga, om man antar standardvärdet 20 g råfett/kg ts för ensilaget så innehöll lupinfoderstaten 3,0% fett av ts, jämfört med 2,0% för ärtfoderstaten. Fett i foderstaten kan verka så väl sänkande som höjande på mjölkens fetthalt, beroende på om kons egen fettsyrasyntes inhiberas eller stimuleras och på i vilken utsträckning fodrets fettsyror förs över till mjölken (Palmquist m fl, 1993). Froidmont & Bartiaux-Thill (2005) analyserade mjölkens fettsyror vid jämförande utfodring av vit lupin och ärt och fann en större andel långkedjiga fettsyror av foderursprung efter lupinutfodring.

Kurvorna för våm-pH över dygnet (Figur 1) är mycket lika och tyder på en likartad fermentation med foderstaterna. Kornas periodmedelvärden för våmammoniak och  $\alpha$ -aminokväve (Tabell 9) var lika för foderstaterna. Det samma gäller utvecklingen över dygnet, med undantag av något snabbare nedgång i  $\alpha$ -aminokväve efter morgonutfodringen med ärtfoderstaten (Figur 1). När finmald lupin och ärt utfodrades till fistelkorna i specialstudien släpade ammoniakutvecklingen med lupinfoderstaten efter något i förhållande till ärtfoderstaten (Figur 2), men bara vid en tidpunkt fanns en signifikant skillnad. Nedbrytning av protein från lupin har visat sig vara mycket beroende av malningsgraden (Moss m fl, 2001) och specialstudien med malning på laboratoriekvarn gjordes för att ge samma material som vid analyser av bland annat buffertlösligt råprotein. Precis som vid analys av buffertlösligt råprotein var skillnaderna mellan ärt och lupin små. I huvudförsöket, där lupin och ärt var malda genom 8 mm såll, gav ärt intryck av en ”mjöligare” struktur med fler små partiklar, men ammoniakutvecklingen över dygnet (Figur 1) skilde inte mellan foderstaterna. Lupin har

i olika försök utfodrats med varierande grad av sönderdelning (White m fl, 2007) och även hel (May m fl, 1993). Med hel lupin minskade mjölkavkastningen med knappt 2 kg fettkorrigerad mjölk jämfört med finmald lupin, sannolikt beroende på dålig smältbarhet för hel lupin (May m fl, 1993). För att bromsa våmnedbrytningen av protein är det önskvärt med grövsta möjliga malning, utan att det resulterar i så stor del oskadda lupinfrön att smältbarheten sjunker.

**Tabell 5.** Produktion och mjölksammansättning i utfodringsförsök med blålupin och ärt till mjölkkor. N=24.

	Lupinfoderstat	Ärtfoderstat	p
Mjök, kg	22,36	21,51	0,16
ECM, kg	24,28	23,22	0,04
Fetthalt, %	4,72	4,63	0,30
Proteinhalt, %	3,45	3,52	0,06
Laktoshalt, %	4,57	4,52	0,04
g mjölkfett/d	1053	995	0,01
g mjölkprotein/d	769	756	0,48
g laktos/d	1021	973	0,07
Cellhalt ×1000/ml	46	45	0,94
Mjölkkurea, mM	5,14	4,79	0,001

**Tabell 6.** Smältbarhet i utfodringsförsök med blålupin och ärt till mjölkkor. N=16.

	Lupinfoderstat	Ärtfoderstat	p
Torrsubstans, %	68,7	69,1	0,69
Organisk substans, %	71,1	71,4	0,71
NDF, %	68,3	66,8	0,30
Råprotein, %	65,9	66,5	0,46
Träckens ts-halt, %	13,9	14,7	0,02

**Tabell 7.** Urinutsöndring i utfodringsförsök med blålupin och ärt till mjölkkor. N=16.

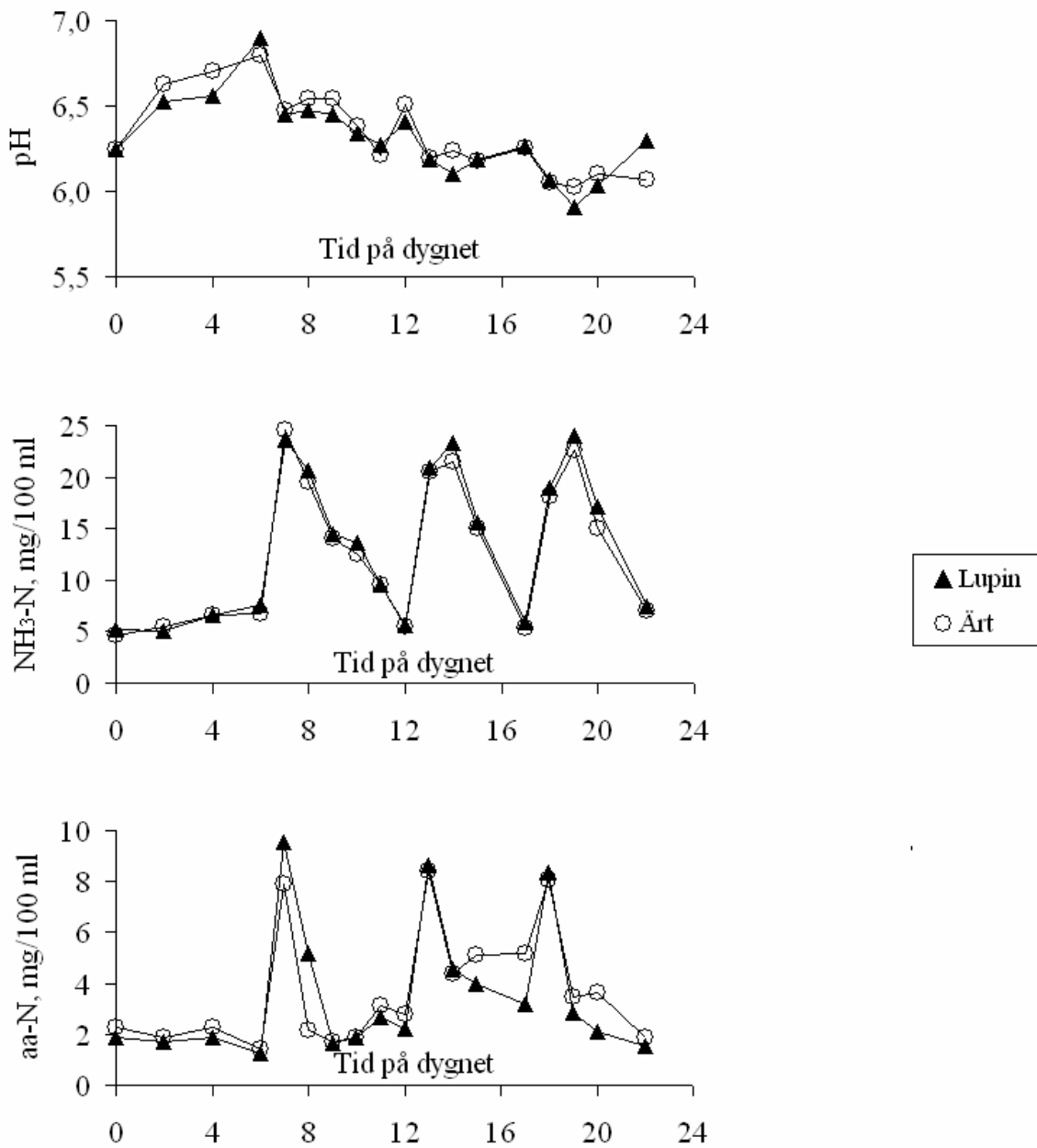
	Lupinfoderstat	Ärtfoderstat	p
Kg urin/d	24,30	28,81	0,04
Urin-N, g/d	178	168	0,05
Urea-N, g/d	111	94	0,05
Kreatinin, g/d	15,7	15,3	0,77
Allantoin, g/d	46,4	45,3	0,66

**Tabell 8.** Kväveomsättning i utfodringsförsök med blålupin och ärt till mjölkkor. N=16.

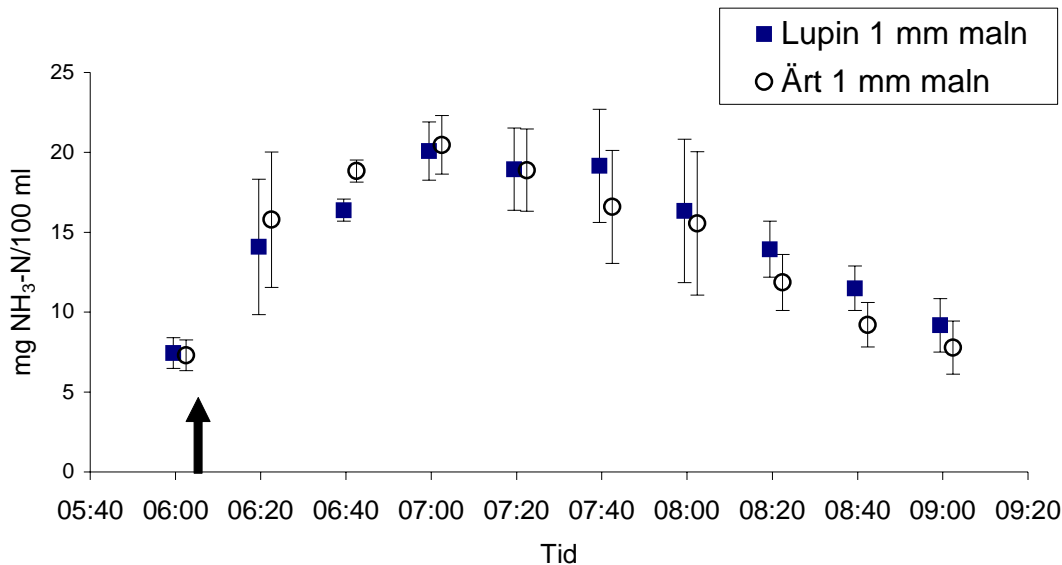
	Lupinfoderstat	Ärtfoderstat	p
Foderkväve, g/d	497	490	0,05
Mjölkkväve, g/d	124	120	0,32
Urinkväve, g/d	178	168	0,05
Träckkväve, g/d	170	164	0,31
Balans, g/d	25	38	0,02
Mjölkkväve, % av intag	25,0	24,5	0,52
Urinkväve, % av intag	35,9	34,2	0,08
Träckkväve, % av intag	34,2	33,5	0,47
Balans, % av intag	5,0	7,8	0,01

**Tabell 9.** Totalinnehåll och koncentrationer i våmmen hos kor i utfodringsförsök med blålupin och ärt. N=8.

	Lupinfoderstat	Ärtfoderstat	p
Färskvikt, kg	83,9	79,6	0,14
Ts, kg	10,54	9,88	0,35
Organisk substans, kg	9,51	8,92	0,26
NDF, g	4682	4380	0,25
Råprotein, g	1767	1634	0,21
pH	6,32	6,34	0,66
NH <sub>3</sub> -N, mg/100 ml	13,61	13,03	0,37
α-amino-N, mg/100 ml	3,61	3,75	0,29
VFA, mM	128,8	124,6	0,23
Acetat, mol-%	68,9	68,5	0,53
Propionat, mol-%	17,2	17,1	0,84
Butyrat, mol-%	10,3	10,5	0,22
Valerat, mol-%	1,4	1,4	0,71
Iso-syror, mol-%	2,2	2,5	0,03



**Figur 1.** Våmmens pH och koncentrationer av ammoniak och alfa-aminokväve hos kor i utfodringsförsök med blålupin och ärt. Ensilage (65% av total-ts) utfodrat 05:45, 12:00 och 17:00. Kornkross och lupin/ärt utfodrat 06:00, 09:00, 12:15 och 17:00.  $p = 0,05$  för skilda pH-värden 22:00,  $p = 0,02$  för skilda halter av alfa-aminokväve 08:00, alla andra skillnader har  $p > 0,10$ . Varje punkt är medelvärde för 4 observationer.



**Figur 2.** Ammoniakhalt i våmmen efter utfodring med finmalad ärt resp lupin. Totalt ca 500 g råprotein, varav 250 g från ärt/lupin. Pilen visar utfodringstidpunkt. Varje punkt är medelvärde för 3 observationer. Felstaplar visar halva konfidensintervallet för skillnad mellan foder vid parvis t-test inom tid, om staplarna inte överlappar skiljer fodren sig åt med  $p < 0,05$ .

### Sammanfattning

Inga stora skillnader fanns mellan blålupin och ärt vad gäller proteinnedbrytning, vare sig i form av analysvärden för foder eller i effekter uppmätta i djurförsök. Syrabehandling av lupinfröet under förhållanden liknande en praktisk skördesituation sänkte inte våmnedbrytningen av protein. Även om inte förväntningarna vad gäller proteinnedbrytning uppfylldes för blålupin så kan den ändå anses överlägsen arter som fodermedel för mjölkkor. Blålupin gav högre avkastning av ECM och mjölkfett men samma mjölkproteinavkastning när den fick ersätta ärt i en foderstat där råproteinhalten utjämnades med kornkross. Det är i överensstämmelse med många försöksresultat från litteraturen, där lupin generellt höjer mjölkens fetthalt men sänker proteinhalten. Skillnaden hänförs ibland till annorlunda våmfermentation, men i det här rapporterade försöket fanns inga betydande skillnader i fermentationsmönster. Det är också möjligt att den fettfattiga foderstaten förbättrades på grund av lupinens högre fetthalt. Den kemiska sammansättningen hos blålupin avviker mycket från den hos ärt med högre råproteinhalt, mycket högre NDF-halt, högre fetthalt och nästan ingen stärkelse. I blålupin är också den med vanliga analyser oidentifierade delen mycket större än i ärt. Den består främst av oligosackarider som galaktaner, pektin och raffinoseriens socker. De andra lupinarter, vit lupin och gul lupin, som är vanliga utomlands och bildar underlag för många försöksresultat och tabellvärden, har högre halt av stärkelse och fett men lägre NDF-halt än den för Sverige aktuella blålupinen.

### Resultatförmedling

Analysresultat har förmedlats till nätverket av forskare och laboratorier inom NorForprojektet. Resultat har publicerats i "KungsängenDagarna 2007" (Spörndly, R., red.). SLU. HUV. Rapport 267. Resultat kommer att presenteras vid SLU:s Ekokonferens i Norrköping, 19-21 november 2007. Publicering i internationell, refereegranskad vetenskaplig tidskrift pågår.

## Referenser

- Andersson, R., Hedlund, B., 1983. HPLC analysis of organic acids in lactic acid fermented vegetables. *Z. Lebensm. Unters. Forsch.* 176, 440-443.
- Andresen, N. 2003. Utfodring med lupin i ekologisk mjölkproduktion. Rapport. Hushållningssällskapet i Kristianstad.
- Aufrère, J., Graviou, 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.
- Axelsson, J. 1941. Der Gehalt des Futters an umsetzbarer Energie. *Züchtungskunde* 16: 337-347.
- Broderick, G. A. & Kang, J. H. 1980. Automated simultaneous determination of ammonia and total amino acids in ruminal fluid and in vitro media. *J. Dairy Sci.* 63: 64-75.
- Chai, W. and P. Uden. 1998. An alternative oven method combined with different detergent strengths in the analysis of neutral detergent fibre. *Anim. Feed Sci. Technol.* 74: 281-288.
- Daveby Y. D. & Åman, P. 1993. Chemical composition of certain dehulled legume seeds and their hulls with special reference to carbohydrates. *Swedish J Agric Res.* 23:133-139.
- Flengmark, P. K. Deleuran, L. C. & Jorgensen, J. R. 2005. Field experiments with yellow, white and narrow-leaved lupin 1991-1998. DJF Rapport No 115, Markbrug.
- Fodertabeller för idisslage 2003. Spörndly, R. (Red.). Rapport 257. Inst. För husdjurens utfodring och vård. SLU, Uppsala
- Fox, D. G., L. O. Tedeschi, T. P. Tylutki, J. B. Russell, M. E. Van Amburgh, L. E. Chase, A. N. Pell and T. R. Overton. 2004. The Cornell Net Carbohydrate and Protein System model for evaluating herd nutrition and nutrient excretion. *Anim Feed Sci Technol.* 112:29-78
- Froidmont, E. & Bartiaux-Thill, N. 2004. Suitability of lupin and pea seeds as a substitute for soybean meal in high-producing dairy cow feed. *Animal Research* 53:475-487.
- Gulewicz, K. & Pilarski, R. 2005. Legume alpha -galactosides and their biological activity. Proceedings of the 11th International Lupin Conference, Guadalajara, Jalisco, Mexico, 4-9 May 2005. pp 198-205
- Gustafsson, A. H., Volden, H., Mehlqvist, M., Larsen, M., Gudmundsson, G. & Aaes, O. 2005. NorFor - the new Nordic feed evaluation system for cattle. EAAP 56th congress, June 5-8, 2005, Uppsala.
- Hedqvist, H. & Uden, P. 2006. Measurement of soluble protein degradation in the rumen. *Anim Feed Sci Technol* 126:1-21
- Hill, G D. 2005. The utilization of lupins in animal nutrition. Proceedings of the 11th International Lupin Conference, Guadalajara, Jalisco, Mexico, 4-9 May 2005. pp 288-305

- Jennische, P. & Larsson, K. 1990. Traditionella svenska analysmetoder för foder och växtmaterial. Rapport 60. Statens lantbrukskemiska laboratorium. Uppsala.
- Larsson, K. & Bengtsson, S. 1983. Bestämning av lätt tillgängliga kolhydrater i växtmaterial. Methods Rapport 22. Statens lantbrukskemiska laboratorium. Uppsala.
- Lindberg, J. E. & Jansson, C. 1989. A rapid automated analysis of allantoin in ruminant urine. Swed. J. Agric. Res. 19: 163-167.
- Lindgren, E. 1979. Vallfodrets näringsvärde bestämt in vivo och med olika laboriemetoder. SLU. HUV. Rapport 45. Uppsala pp1-66.
- Lindgren, E. 1991. Analytical methods for energy evaluation. Nor. J. Agric. Sci., Suppl. 5: 59-66.
- Lund, P., Weisbjerg, M. R. & Kristensen, T. 2004. The effect of heat treatment on degradability and microbial synthesis of protein in the rumen. Journal of Animal and Feed Sciences 13 (Suppl 1): 143-146.
- Mertens, D. R. 2002. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: collaborative study. Journal of AOAC International 85:1217-1240
- Moss, A. R., Deaville, E. R. & Givens, D. I. 2001. The nutritive value for ruminants of lupin seeds from determinate and dwarf determinate plants. Anim Feed Sci Technol 94:187-198.
- Palmquist, D. L., Beaulieu, A. D. & Barbano, D. M. 1993. Feed and Animal Factors Influencing Milk Fat Composition. J Dairy Sci 76:1753-1771
- Pauly, T. och Boström, U. 2007. Lupiner, ett nytt proteinfoder för mjölkkor? Odling och konservering. I "KungsängenDagarna 2007" (Spörndly, R., red.). SLU. HUV. Rapport 267 pp 9-14. Uppsala.
- Pieper, R. Gabel, M., Ott, E. M. & Pieper, B. 2005. Performance of lactating dairy cows fed raw or expanded lupin seed. Proceedings of the 11th International Lupin Conference, Guadalajara, Jalisco, Mexico, 4-9 May 2005. pp195-197
- Remond, D., Le Guen, M. P. & Poncet, C. 2003. Degradation in the rumen and nutritional value of lupin (*Lupinus albus* L.) seed proteins effect of extrusion. Anim Feed Sci Technol 105:55-70
- Rondahl, T. 2002. Hur kan man förbättra utnyttjandet av protein från ärter? Svensk Mjölks djurhälso- och utfodringskonferens, Karlstad.
- Spanghero, M. & Kowalski, Z M. 1997. Critical analysis of N balance experiments with lactating cows. Livest Prod Sci 52:113-122
- Swenson, C. 2006. Proteinfodermedel i ekologisk mjölkproduktion. Svensk Mjolk Forskning, Rapport 7056-P. Svensk Mjolk, Lund.



Technicon. 1974a. Technicon method No. SE40001FD4. Technicon Instruments Corporation, Tarrytown, NY.

Technicon. 1974b. Technicon method No. SE4-0011FH4. Technicon Instruments Corporation, Tarrytown, NY.

Tersbøl, M. 2006. Danska erfarenheter av odling av ekologisk ärt, åkerböna och lupin. SJV. <http://www.sjv.se/download/18.1b8099a110e3ab7cbd80001208/Michael+Tersb%C3%B6ll.pdf>. 2007-09-12

Van Keulen, J. & Young, B. A. 1977. Evaluation of acid-insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies. *J Anim Sci* 4:282-287.

Van Soest, P.J., 1994. Nutritional ecology of the ruminant. Second edition. Comstock Publishing Associates, Ithaca.

Weisbjerg, M.R., Bhargava, P.K., Hvelplund, T. and Madsen, J. 1990. Anvendelse af nedbrydningsprofiler i fodermiddelvurderingen. Beretning no. 679. Statens Husdyrbrugsforsoeg, Foulum, Denmark.

White, C. L., Staines, V. E. & Staines, M. vH. 2007. A review of the nutritional value of lupins for dairy cows. *Australian Journal of Agricultural Research* 58:185-202.