



Antinutritionella substanser i åkerböna, ärter och blålupin vid utfodring till mjölkkor.



Av
Jenny Borling

Handledare: Torsten Eriksson
Inst. för husdjurens utfodring och vård.
Examinator: Hans Pettersson

Husdjursvetenskap - Examensarbete 10p/15hp
Litteraturstudie
SLU, Uppsala 2007

Abstract

There is a shortage of locally produced high quality protein concentrates in Europe and Sweden. Local production would decrease the dependency on imported soybean and meet the demand for organically grown feedstuff from ecological dairy farmers. Field bean (*Vicia faba*), peas (*Pisum sativum*) and sweet lupin (*Lupinus angustifolius*) are good alternatives to soybean, but contain anti-nutritional substances (ANS) that could reduce their use as protein concentrates in dairy cow diets. The aim of this literature study was to review which ANS field bean, peas and sweet lupin contain and whether they affect dairy cows negatively. Trypsin inhibitors and Chymotrypsin inhibitors (TI) were present in all three crops. TI could become inactivated and degraded in the rumen, but due to the high passage speed of the digesta, most TI left the rumen in an active state. Field bean had the highest tannin content; peas and sweet lupin contained very low levels. The larger part of the tannin content was made up of condensed tannins, which at low levels can create beneficial by-pass protein. Alkaloids were only found in lupin. Alkaloids are not detoxified in the rumen and have an anti-microbial action that damages fermentation. Field bean, and to some extent peas, contained lectins. Lectins are not degraded in the rumen. The field bean and pea type of lectin were not harmful to rats. All the studied ANS escaped inactivation and degradation in the rumen due to the high passage rate of the digesta. The ANS content in field bean, pea and sweet lupin is small and the crops do not need processing. It is highly unlikely that dangerous levels of ANS can be reached with the rations currently given in Sweden.

Sammanfattning

I Europa och Sverige råder brist på bra närproducerade proteinkällor, något som behövs för att minska den dyra importen av soja och för att hantera de skärpta foderreglerna för ekologisk mjölkproduktion. Åkerböna, ärter och blålupin är bra inhemska alternativ till soja, men innehåller antinutritionella substanser (ANS) som kan begränsa utnyttjandet. Syftet med litteraturstudien var att sammanfatta vilka ANS som finns i åkerböna, ärter och blålupin och huruvida de är skadliga för mjölkkor. Trypsin- och kymotrypsininhibitorer (TI) fanns i alla växtlagen. De kunde inaktiveras och degraderas i våmmen, men på grund av fodrets höga passagehastighet igenom våmmen hos mjölkkor hann det inte ske. Tanniner fanns mest i åkerböna; i ärter och blålupin fanns de i små mängder eller inte alls. Tanniner förekom främst i kondenserad form. De var våmstabila. I måttliga mängder skapade kondenserade tanniner by-passprotein som förbättrade energibalansen och höjde mjölkproduktionen. Alkaloider fanns bara i blålupin. Alkaloider avgiftades inte i våmmen och deras antimikrobiella verkan störde fermentationen. Lektiner fanns i åkerböna och i små mängder i ärter; de var våmstabila. Lektin från åkerböna och ärter var ofarliga för råttor. Samtliga ANS undgick inaktivering och degradering i våmmen på grund av fodrets höga passagehastighet ut ur våmmen. Halten av ANS i åkerböna, ärter och blålupin är låg och växtlagen kan utfodras obehandlade. Med de givor som ges till mjölkkor i Sverige idag kommer man inte upp i några skadliga mängder ANS.

Introduktion

I Sverige, och numera även i EU, är animaliska proteinfodermedel till mjölkkor förbjudna. I Europa råder brist på bra närproducerade proteinkällor, något som gjort europeiska mjölkproducenter beroende av en dyr import av olika latinamerikanska sojaprodukter. Inom den ekologiska mjölkproduktionen skall 50 % av kraftfodret vara hemproducerat för att cirkulera gödsel och undvika övergödning och från 1 januari, 2008 får mjölkkor enbart utfodras med ekologiskt odlat foder (KRAV: s regler, 2007). En europeisk produktion av proteinrika växtslag skulle därför vara önskvärd.

Blålupin, åkerbönor och ärter är bra inhemska alternativ till sojaprodukter, men innehåller antinutritionella substanser (ANS) som kan begränsa utnyttjandet. Den gängse uppfattningen är att idisslare inte är lika känsliga för antinutritionella substanser som enkelmagade djur, eftersom de anses neutraliseras i våmmen (Baitner et al, 1993a). Syftet med denna litteraturstudie är att sammanfatta vilka antinutritionella substanser som finns i åkerböna (*Vicia Faba*), ärter (*Pisum sativum*) och blålupin (*Lupinus angustifolius*) och huruvida de är skadliga för mjölkkor.

Vilka är de antinutritionella substanserna i åkerböna, ärter och blålupin, och vilka studier har gjorts på idisslare?

Trypsininhibitorer

Proteasinhibitorer är en viktig grupp antinutritionella substanser och omfattande studier har gjorts på deras skadliga verkan. De dominerande proteasinhibitorerna i åkerböna, ärter och blålupin hör till Bowman-Birk familjen av trypsin- och kymotrypsininhibitorer (TI). De är polypeptider med en vikt av ca 8000 Dt och har två bindningsplatser där de kan inhibera två proteaser samtidigt. TI anses fungera som försvar gentemot insekter i växter (Le Guen & Birk 1993). TI som tillhör Bowman-Birk familjen inhiberar bovint trypsin och kymotrypsin med molförhållandet 1:1 (Asao et al, 1991).

Trypsin och kymotrypsin är proteinspjälkande bukspottskörtelenzym som utsöndras i första delen av tunntarmen. När enzymaktiviteten inhiberas av TI blir proteinupptaget sämre och en signal går till bukspottkörteln via negativ feedback. Bukspottkörteln försöker kompensera förlusten av de inhiberade enzymens verkan genom att öka enzymutsöndringen, vilket leder till stora förluster av aminosyrorna metionin och cystein (Le Guen & Birk 1993). Långvarigt intag av TI kan leda till förstörd bukspottkörtel eftersom enzymproduktionen ligger konstant över den mängd en normalstor bukspottkörtel producerar (Grant et al, 1987). Det försämrade proteinupptaget och förlusten av viktiga aminosyror ger en låg tillväxt och minskad mjölkproduktion.

De flesta studier av TI i foder har gjorts på sojabönor eftersom de används som proteinfodermedel i mycket större utsträckning än trindsäd. Sojabönor innehåller en liten del Bowman-Birk TI medan den största delen TI i soja klassificeras till Kunitz trypsininhibitorer. Kunitz TI-familj består av ca 2000 Dt stora polypeptider som inte är lika värme- och proteolysstabila som TI från Bowman-Birk familjen (Norioka et al, 1988). Kunitz TI inhiberar enbart trypsin, till skillnad från Bowman-Birk TI som inhiberar både trypsin och kymotrypsin (Baitner et al, 1993a).

Eftersom idisslare anses mindre känsliga för ANS än enkelmagade djur så har bara ett fåtal studier gjorts på TI och deras effekt på idisslare.

Holmes et al., (1993) upptäckte att TI från olika sorters trindsäd, däribland åkerböna, inkuberad i våmvätska från fistulerade får ökade sin aktivitet efter de första tre timmarna för att efter sex timmar sakta avta och slutligen neutraliseras helt mellan 12 och 18 timmar. En intressant studie av Hoffman et al (2003) visade att TI från soja, inkuberad *in vitro* i våmvätska från kor, både inaktiveras och degraderas i våmmen. Författarna valde att studera inaktivering och degradering som två separata händelser eftersom de olika fraktionerna av ett degraderat protein kan fortsätta vara biologiskt aktiva. Efter 11h hade TI aktiviteten, vid den högsta koncentrationen av soja, helt upphört. En fullständig nedbrytning av TI skedde 1-2h efter att inhibitoraktiviteten helt försvunnit. Förvånande nog var inaktiveringen av TI inte enbart en reaktion på den påbörjade degraderingen utan andra, mycket snabbare, biokemiska mekanismer sköter inaktivering. Studiens resultat uppvisar en något snabbare inaktivering av TI än resultaten från Holmes et al, (1993) studie. En förklaring till att resultaten skiljer sig åt är att andelen Bowman-Birk TI i åkerböna är större än i soja. TI som tillhör Bowman-Birk är betydligt mer resistent mot degradering i våm, än Kunitz TI (Baitner et al, 1984) och ett antagande att de också tar längre tid att inaktivera känns rimligt.

TI är små lösliga proteiner. Passagehastigheten av icke nedbrutet lösligt protein ur våmmen på lakterande mjölkkor ligger mellan 15 % och 56 % per timme (Choi et al, 2002; Volden et al, 2002; Reynal et al, 2003). Med en antagen inaktiveringstid för TI på 12 timmar, baserad på de två studierna ovan, och en passagehastighet på 35 % per timme skulle det betyda att 73 % av intagna TI lämnat våmmen i helt aktivt tillstånd efter tre timmar. När Baintner et al., (1993a) gav fistulerade får 10g sojamjöl/kg kroppsvikt dök aktivt TI upp i främre delen av tunntarmen efter en timme, något som stödjer antagandet att TI hinner lämna våmmen innan de inaktiveras.

Att studera smältbarheten för protein ger goda indikationer på om TI i fodret har en negativ inverkan. Aldrich et al., (1997) inkuberade sojabönor, *in vitro* i våmvätska och *in situ*, i våm på stutar. Efter inkubering intuberades fodret i krävan på tappar. Efter passage genom tupparnas matsmältningskanal kunde mängden ickespjälkat protein i träck uppmätas. Resultatet av undersökningen visade att 16 timmars inkubering, *in vitro* och *in situ*, av soja, inte eliminerade negativa effekter på proteinspjälkningen i tunntarmen hos tappar. Aldrich et al., (1997) resultat motsägs av ett utfodringsförsök där proteinupptag mättes genom träckuppsamling från 5 respektive 22 veckor gamla kalvar. Kalvarna utfodrades med olika höga halter TI från soja. De fem veckor gamla kalvarnas proteinsmältbarhet blev sämre med ökad mängd TI medan de 22 veckor gamla kalvarna inte uppvisade någon skillnad i smältbarhet mellan foder med högt eller lågt TI; smältbarheten var överlag så hög som förväntat för soja (Tolman et al, 1993).

Några studier har gjorts med enbart *in situ* försök. Paduano et al (1995) gjorde *in situ* försök med olika sorters mald trindsäd på fistulerade får och fann att all TI-aktivitet snabbt försvann från *in situ* påsarna i våmmen. Susmel et al., (1995) fick, vid *in situ* försök på kor med sojaböna, en långsam nedgång av TI aktivitet de första 6 timmarna, sedan ökade inaktiveringstakten och efter 12 timmar var hälften av TI inaktiverade. I samma undersökning påpekades att det finns en risk att *in situ* försök i våm ger ett missvisande resultat på grund av att påsarna sköljs under rinnande vatten innan TI-aktiviteten bestäms. TI har en hög vattenlöslighet och finmalet foder kan lätt sköljas ur påsarna.

Trypsininhibitoraktivitet (TIA) mäts genom att TI extraheras från provet och blandas med trypsin. Ett substrat tillsätts som avger färg när det binder till trypsin och mängden resterande obundet trypsin kan uppmätas via absorbans (Smith et al, 1980). Halterna presenteras vanligtvis som mg inhiberat trypsin/g prov där provet presenteras i gram torrsbstans (TS). Vilken TS som proven torkats till framgår inte i de olika studierna, men då alla prov malts borde TS ligga mellan 85 och 95 %. TIA i ärtor och åkerböna är låg (se tabell 1). TIA varierar med de olika sorternas blomfärg; ljusblommiga sorter har högre TIA. Blålupin har TIA som bara är 13 % av aktiviteten i ärter och åkerböna. De flesta kommersiella sojafoder har värmebehandlats så att ca 80 % av TIA försvunnit, vilket anses som tillräckligt låga nivåer för utfodring till enkelmagade djur (Hajos et al, 1995). TIA i ärter, åkerböna och blålupin ligger lägre än i värmebehandlad soja vilket gör att de kan utfodras obehandlade till mjölkkor.

Tanniner

Tanniner är växtfenoler som förekommer i många olika fodermedel däribland åkerbönor, ärter och lupiner. Tanniner har bitter smak som sänker foderintaget och därigenom verkar som skydd mot betande djur. Det finns många olika sorters tanniner med stora skillnader i kemisk struktur men de har alla gemensamt att de binder proteiner (Mueller-Harvey 2006). Tanniner brukar generellt indelas i hydrolyserbara och kondenserade, där de hydrolyserbara anses skadligare eftersom det bildas garvsyra när de hydrolyseras; de kondenserade är bara nominellt giftiga (Lowry et al, 1996). Trots att den största delen tanniner i trindsäd klassas till de kondenserade så ställer deras proteinbindande förmåga till problem vid utnyttjandet av främst proteiner och aminosyror men även andra näringsämnen hos enkelmagade djur (Grala et al, 1993; Marzo et al, 2004; Swiech et al 2004). Idisslare har länge ansetts relativt okänsliga för tanniner i foder. Kondenserade tanniner bryts i princip inte ner i våmmen och deras proteinbindande förmåga är reversibel i lägre pH vilket gör att proteinet i fodret åter blir tillgängligt för spjälkning i tunntarmen (Lowry et al, 1996). Att proteiner skyddas mot nedbrytning av våmmikrober skapar s.k. bypass-protein, något som kan leda till bättre proteinutnyttjande, vilket i sin tur ger en högre mjölkavkastning och bättre tillväxt (Waghorn et al, 2003). Naturligtvis kan man inte utfodra idisslare med hur mycket tanniner som helst. Proteinbalansen i våmmen (PBV) (Madsen, 1985) bör vara positiv så att tillräckligt med våmnedbrutet protein finns tillgängligt för mikrobernas behov, innan man kan få positiva effekter av bypass- protein. För att undvika negativa effekter, och för att få maximalt utbyte av bypass-protein bör innehållet av kondenserade tanniner inte överstiga 50g/kg TS i foder till idisslare (Hervás et al, 2003).

Trindsäd med mörkt färgade blommor och skal innehåller mer tanniner än ljusa sorter, som kan vara helt fria från tanniner (se tabell 1). Andelen hydrolyserbara tanniner i åkerböna, ärter

och blålupin är mycket liten och redovisas inte här. Mängden kondenserade tanniner i åkerböna varierade mellan 35,4 g/kg TS i färgade sorter och noll i vitblommiga sorter (Makkar et al, 1997). Mängden tanniner i ärter och blålupin är mycket liten (se tabell 1). Tannininnehållet i åkerböna, ärter och blålupin är så lågt att växtslagen kan utfodras obehandlade till mjölkkor utan att negativa effekter uppkommer. Ett högre tannininnehåll skulle till och med vara önskvärt för att skapa mer bypass-protein och därigenom öka mjölkproduktionen.

Alkaloider

Den främsta antinutritionella substansen i lupin är alkaloider. De mest allmänt kända alkaloiderna är de som används som läkemedel, till exempel morfin, kodein och koffein. Alkaloider är giftiga och smakar illa, och utgör därför ett perfekt kemiskt skydd för växter, mot bakterier, svamp, insekter och betande djur (Hill & Pastuzewska, 1993). Alkaloider syntetiseras från olika aminosyror (Papadoyannis et al, 1993). Alkaloider i lupiner tillhör quinolizidin-gruppen och den vanligaste förekommande i blålupin är lupanin, som utgör 50-80 % av alkaloidinnehållet. Alkaloider hämmar viktiga cellprocesser som transkription och replikation och därmed proteinsyntes. De påverkar membranstabilitet och elektrontransport negativt samt upphäver inhibering av neurotransmittorreceptorhormon (Hill & Pastuzewska, 1993).

Aguiar et al., (1998) undersökte om alkaloider påverkar fermentering i våm och huruvida de kan avgiftas i våmmen. Försöket gjordes med lupanin och spartein genom att mäta gasproduktion *in vitro*. Spartein finns bara i mycket små mängder i blålupin, men utgör 50 % av alkaloidinnehållet i gul lupin (*Lupinus luteus*) (Hill & Pastuzewska, 1993).

Vid 2,5 och 5mM koncentration sänkte båda alkaloiderna gasproduktion och sann smältbarhet. Lupanin påverkade fermentationen mer negativt än spartein, antagligen beroende på att det är giftigare för svamp och bakterier än spartein. De båda alkaloiderna var helt intakta efter 36h inkubering i våmvätska från ko. Alkaloidernas stabilitet i våmvätska kunde inte förklaras med att deras antimikrobiella verkan skyddade mot nedbrytning; mängden alkaloider var mycket liten i förhållande till det enorma mikrobantalet i våmvätska. Försöket kunde inte påvisa någon avgiftning av alkaloider i våmmen. Antingen anpassas våmfloran efter hand till att bryta ner alkaloider eller så avgiftas de i levern.

Aguiar & Wink, (2005) utförde en mer omfattande undersökning där man prövade hypotesen att idisslare som är vana vid foder med alkaloider, kan bryta ned dem i våmmen. Tre olika metoder användes; två metoder som mäter *in vitro* gasproduktion, och en våmsimuleringsteknik med kontinuerlig kultur: RUSITEC (Czerkawski & Breckenridge 1977). Gasmätningsteknikerna visar framförallt hur bakterierna i våmvätska reagerar på olika sorters foder, men tar ingen hänsyn till protozoer eller bakterier som lever på foderpartiklar. RUSITEC är ett våmsimuleringssystem där fermenteringsmönster och kemiska processer är mycket snarlika våmmen *in vivo* eftersom man försöker behålla populationer av både partikelassocierade bakterier och protozoer.

Med gasmätningsteknikerna kunde ingen nedbrytning av alkaloider i våmvätska från kor och får ovana vid alkaloidinnehåll i fodret påvisas. Med RUSITEC uppmättes en viss nedbrytning av ett fåtal alkaloider. När samma försök utfördes med våmvätska från får som utfodrats med

blålupinfrön i en månad ökade inte nedbrytningen av alkaloiderna men däremot var gasproduktionen bättre, vilket tyder på att våmmikroberna i viss mån anpassat sig. Kors matsmältningsorgan är i första hand anpassade till olika grässlåg som innehåller ett fåtal kemiska försvar som t.ex. alkaloider. Får har utvecklats i miljöer där de olika växtslagen ofta har ett mycket gott kemiskt skydd. De olika arternas våmflora och anpassningsförmåga kan därför ha utvecklats mycket olika, något som studiens författare vill poängtera.

I vilda lupiner utgör alkaloidinnehållet ca 2 % av TS. För att kunna använda lupin till utfodring har ett omfattande förädlingsarbete genomförts och kommersiellt odlade sorter av blålupin har idag ett alkaloidinnehåll på mindre än 0,02 % av TS (Pettersson et al, 1997). Vid inblandning av lupin upp till 20 % av foderstaten bör alkaloidinnehållet inte överstiga 0,06 % till kor (Gratte & Johansson 2003). I Sverige har forskare vid SLU gett mjölkkor upp till 3,25 kg lupinfrö per dag utan problem (Eriksson & Bertilsson, 2007). Alkaloider förekommer inte i åkerböna och ärter.

Lektiner

Lektiner kan definieras som ”protein som binder till kolhydrater, utan att vara enzymer eller antikroppar” (Barondes, 1988). Tidigare kallades lektin för haemagglutinin. Namnet kommer från lektiners förmåga att binda till kolhydrater i membranet på celler och därmed klumpa ihop, agglutinera, cellerna till stora aggregat. Genom agglutinationsreaktioner med olika substrat kan man identifiera olika sorters lektin och mäta förekomsten i foder (Gueguen et al, 1993). Det har föreslagits att lektiner fungerar som kemiskt försvar i växter mot bakterier, svamp, insekter och djur (Grant & Driessche, 1993)

De flesta lektiner är motståndskraftiga mot proteolytisk nedbrytning och passerar matsmältningssystemet hos råttor utan att brytas ner (Pusztai, 1990). Lektiner verkar genom att binda till kolhydratdelen av epitelcellsmembran i tarmen. Bindningen stör cellmetabolismen i epitelcellerna och förhindrar upptag av näringsämnen från tarmen, lektinet kan även tas upp in i cellen genom endocytos (Pusztai, 1990). Lektiner har olika specificitet för olika sorters kolhydrater, vilket gör att vissa gör stor skada i tarmen medan andra passerar relativt obemärkt. Sojabönors lektin binder i stor utsträckning till epitelceller i tunntarmen hos råttor och ger en försämrad tillväxt medan lektiner från åkerböna och ärter binder i mycket liten utsträckning och ger liten negativ påverkan. Lektin från åkerböna är mindre motståndskraftiga mot proteolys jämfört med sojalektin men 25 % var fortfarande aktiva efter en timme i tunntarmen hos råttor (Pusztai, 1990).

Fastän lektin från åkerböna och ärter verkar vara relativt ofarliga så kan det vara intressant att veta i vilken utsträckning de bryts ner i våmmen. Undersökningar inom detta område är få och ofta utförda på lektiner från sojaböna. Baitner et al (1993b) studerade hur väl lektin från olika sorters trindsäd, inklusive åkerböna och ärter, degraderas *in vitro* i våmvätska från får. Lektinerna inkuberades i 20 minuter och sedan bestämdes hur mycket aktivitet som var kvar med ett haemaagglutinationstest (HA), det visade att nedbrytningen av samtliga lektiner var obefintlig. Den valda inkubationstiden på 20 minuter verkar mycket kort jämförd med studier på TI och alkaloider där inkubationen pågått mellan 18 respektive 36 timmar. Sojaböna innehåller både trypsininhibitor (TI) och lektin. När Baitner et al, (1993a) administrerade sojamjöl direkt in i våmmen på fistulerade får, fann de att TI dök upp i ileum flera timmar innan lektinet vilket kan ses som en stark indikation på att lektin inte förstörs i våmmen, utan binder till epitelceller i tunntarm hos får.

Halterna av lektin i åkerböna verkar vara förhållandevis låga (se tabell 1), den sort som hade högst HA låg på samma nivå som värmebehandlad soja. Det finns ingen koppling mellan blomfärg och HA (Makkar et al, 1997). Lektinhalten i ärter har i flera studier rapporterats som mycket liten (Alonso et al, 2001; Ariza et al, 2004). Ingen lektinaktivitet kan uppmätas i blålupin med de mest använda agglutinationstesten (Pettersson et al, 1997)

Tabell 1. ANS i värmebehandlad soja, åkerböna, ärter och blålupin.

	Trypsininhibitor- aktivitet ¹	Kondenserade tanniner, g/kg TS	Alkaloider, g/kg TS	Lektiner, HA-aktivitet ²
Värmebeh. soja	3,9 ³	0	0	12,5 ³
Blålupin	0,12 ⁴	0,1 ⁴	0,2 ⁴	Ingen aktivitet ⁴
Åkerbönor	0,97 ⁵ 1,77-1,99 färgade 2,73-3,55 vitblommig ³	35,4 färgade; 0 i vitblommiga ³	0	12,5 och 37,5 ³
Ärter	1,39 ⁵	0 ⁵	0	Mkt liten aktivitet ^{6,7}

¹Mark Trypsininhibitoraktivitet, mg inhiberat trypsin/g prov (TS)

²HA-aktivitet, mg prov/ml medium för att nå agglutination. Lägre värde = större aktivitet.

³Makkar et al, 1997

⁴Pettersson et al, 1997

⁵Cerioli et al, 1998

⁶Alonso et al, 2001

⁷Ariza et al, 2004

Diskussion

TI, tanniner, alkaloider och lektin hinner inaktiveras och degraderas i relativt liten utsträckning i våmmen innan de fortsätter till tunntarmen. Höga halter av TI, alkaloider, tanniner och lektiner leder till försämrad djurhälsa och produktion. Eftersom idisslare generellt anses mindre känsliga för olika ANS, då de anses neutraliseras i våmmen, så har få studier gjorts inom detta område. ANS som tillhör samma grupp ämnen kan ha mycket olika struktur och aktivitet beroende på vilket växtslag de kommer ifrån; till exempel så är de flesta studierna av trypsin och kymotrypsininhibitorer gjorda med TI från soja som till största delen består av Kunitz trypsininhibitor till skillnad från åkerbönor och ärter som till största delen innehåller TI från Bowman- Birk familjen. Då TI från soja enbart inhiberar trypsin och bryts ner lättare i våm än TI från åkerböna och foderärt skulle det vara intressant med resultat från fler försök med TI från dessa växtslag.

I de studier jag läst görs ingen åtskillnad mellan kor och får, de klumpas ihop under begreppet idisslare och de flesta försöken har utförts med endast ett av djurslagen. Aguiar & Wink (2005) påpekade att får och nötboskap har utvecklats i mycket olika miljöer; får kommer historiskt sett från kargare mer kuperade områden där födan till större del utgjorts av tåliga växter med flera olika kemiska försvar. Kors matsmältningssystem är anpassade till olika grässlåg som växer i bördiga områden där försvar mot betande djur inte behövts för växtslagets överlevnad. De olika evolutionstrycken kan ha gjort får mer tolerant mot olika ANS jämfört med kor. Aguiar & Wink (2005) visade till exempel att fermentationen i våm hos får påverkas mindre negativt om djuren är vana vid alkaloider i fodret, tyvärr upprepades försöket inte med kor. Samtliga omnämnda ANS i den här uppsatsen anses fungera som kemiskt skydd i värdväxten, vilket gör att en uppdelning mellan får och kor kan ge mer rättvisande resultat.

Mjölkkor i intensiva produktionssystem har ett högt foderintag med mycket kraftfoder vilket driver upp fodrets passagehastighet ut ur våmmen. De flesta ANS är lösliga proteiner och passerar våmmen med vätskefasen i fodret. TI inaktiveras och degraderas i våm men det tar så lång tid innan det sker, att i princip allt TI hinner lämna våmmen i aktivt tillstånd. Lektiner och tanniner är mycket resistent mot proteolys och hinner inte degraderas innan de passerat våmmen. Avgiftningen av alkaloider sker inte i våmmen utan troligen i levern, deras antimikrobiella verkan stör dessutom fermentationen i våmmen.

Jag anser att mjölkkor, åtminstone vid högt foderintag under laktationen, bör betraktas som precis lika känsliga för ANS som enkelmagade djur. Antagandet att idisslare neutraliserar ANS i våmmen är inte helt felaktigt när det gäller TI och vissa lektiner, men det fungerar bäst i extensiva produktionssystem med lågt foderintag och stor andel grovfoder som håller passagehastigheten igenom våm nere.

Halterna av TI, tanniner, alkaloider och lektiner i åkerböna, ärter och blålupin är så låga att växtslagen kan utfodras obehandlade till mjölkkor. Storskalig produktion av proteinfodermedel som innehåller åkerböna, ärter eller blålupin är liten och bönder som utfodrar med växtslagen odlar ofta själva. Dagsransonen till mjölkkor ligger vanligtvis mellan 2-4 kg- ofarliga mängder med avseende på ANS. Givorna skulle kunna ökas med något kilo,

ökas de mer får man problem med för stora mängder stärkelse och lösligt protein som stör fermentationen i våmmen och ger ökat urealäckage (Andresen, 2007). Då andra begränsande faktorer är det som bestämmer i vilken utsträckning åkerböna, ärter och blålupin kan blandas in i foderstater så är risken liten att man uppnår skadliga mängder ANS med de här växtslagen.

Slutsats

TI, tanniner, alkaloider och lektiner hinner inte neutraliseras i våmmen hos mjölkkor på grund av fodrets höga passagehastighet genom våmmen. Halten av TI, taninner, alkaloider och lektiner i åkerböna ärter och lupin är så låga att växtslagen, trots att ANS inte inaktiveras i våmmen, kan utfodras obehandlade till mjölkkor. Risken att uppnå skadliga mängder ANS är liten då andra faktorer i praktiken begränsar givorna av de här fodermedlen.

Referenslista

- Aguiar, R., Wink, M., Makkar, H.P.S, Blummel, M., Becker, K. 1998. *Proceedings of the third international workshop on "Antinutritional factors in legume seeds and rapeseed"*. Wageningen, the Netherlands 1998. EAAP publication nr 93, 179-182.
- Aguiar, R. & Wink, M. 2005. Do naïve ruminants degrade alkaloids in the rumen? *Journal of chemical ecology*. Vol 31, 4, 761-787.
- Aldrich, C. G., Merchen, N. R., Parsons, C. M., Hussein, H. S, Ingram, S., Clodfelter, J. R. 1997. Assessment of postruminal amino acid digestibility of roasted and extruded whole soybeans with the precision-fed rooster assay. *J. Anim. Sci.* 75, 3046-3051.
- Alonso, R., Rubio, L. A., Muzquiz, M., Marzo, F. 2001. The effect of extrusion cooking on mineral bioavailability in pea and kidney bean seed meals. *Animal feed science and technology*. 94, 1-2, 1-13.
- Andresen, N. juni 2007. *Personligt meddelande*. Husdjursagronom, Rådgivare.
- Asao, T., Imai, F., Tsuji, I., Tashiro, M., Iwami, K., Ibuki, F. 1991. The amino acid sequence of a Bowman-Birk type proteinase inhibitor from faba beans. *J. Biochem*, 110, 951-955.
- Ariza, N., Martin-Cabrejas, M.A., Esteban, R.M., Molla, E., Lopez-Andréu, F. J. 2004. Evaluation of antinutritional factors and nitrogen compounds of selected pea cultivars (*Pisum sativum* L.). *Proceedings of the fourth international workshop on "antinutritional factors in legume seeds and oilseeds*. Toledo, Spain 2004. EAAP publication No 110, 35-38.
- Baitner, K. & Pongor, S. 1984. Effect of feeding raw soybean flour on the digestion of the adult sheep. *Acta. Vet. Hung.* 32, 205-212.
- Baitner, K., Farningham, D. A. H., Bruce, L. A., MacRae, J. C., Pusztai, A. 1993a. Fate of the antinutritive proteins of soyabean in the ovine gut. *J. Vet. Med. A.* 40, 427-431.
- Baitner, K., Duncan, S. H., Stewart, C. S., Pusztai, A. 1993b. Binding and degradation of lectins by components of rumen liquor. *Journal of applied bacteriology*. 74, 29-35.
- Barondes, S. 1988. Bifunctional properties of lectins: lectins redefined. *Trends in Biochemical science*, 13, 480-482
- Carvahlo, M.R.B. & Scarbieri, V.C. 1997. Heat treatment and inactivation of Trypsin-Chymotrypsin inhibitors and lectins from beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of food biochemistry* 21, 219- 233.
- Ceroli, C. 1998. Antinutritional factors and nutritive value of different cultivars of pea, chickpea and faba bean. *Proceedings of the third international workshop on "Antinutritional factors in legume seeds and rapeseed"*. Wageningen, the Netherlands 1998. EAAP publikation nr 93, 43-46.
- Choi, C. W., Vanhatalo, A., Ahvenjärvi, S., Huhtanen, P. 2002. Effects of several protein supplements on flow of soluble non-ammonia nitrogen from the forestomach and milk production in dairy cows. *Animal feed science and technology*. 102, 15-33.
- Czerkawski, J. & Breckenridge, G. 1977. Design and development of a long-term rumen simulation technique (RUSITEC). *British Journal of nutrition*. 38, 371-384.

Eriksson, T., & Bertilsson, J. Lupiner, ett nytt proteinfoder för mjölkkor? Resultat från analyser och utfodringsförsök. "Kungsängendagarna 2007" Uppsala. (Spörndly, R. red.). SLU. HUV. Rapport 267, 15-19.

Grala, W., Jansman A.J.M., van Leeuwen, P., van Kempen G.J.M. & Verstegen M.W.A. 1993. Nutritional value of field beans (*vicia faba* L.) fed to young pigs. *Proceedings of the second international workshop on "Antinutritional factors in legume seeds"* Wageningen, the Netherlands 1993. EAAP publikation No 70, 321-326.

Grant, G., Watt, W. B., Stewart, J. C., Pusztai, A. 1987. Effect of dietary soyabean (*Glycine Max*) lectin and trypsin inhibitors upon the pancreas of rats. *Med. Sci. Res.* 15, 1197-1198.

Grant, G. & van Driessche, E. 1993. Legume lectins: physicochemical and nutritional properties. *Proceedings of the second international workshop on "Antinutritional factors in legume seeds"* Wageningen, the Netherlands 1993. EAAP publikation No 70, 219-233.

Gratte, A. & Johansson, A. 2003. Odling av smalbladig lupin till mogen skörd. Prosjektopgave. Högskolan i Hedmark, Norge.

Gueguen, J., van Oort, M. G., Quillien, L., Hessing, M. 1993. The composition, biochemical characteristics and analysis of proteinaceous antinutritional factors in legume seeds. A review. *Proceedings of the second international workshop on "Antinutritional factors in legume seeds"* Wageningen, the Netherlands 1993. EAAP publikation No 70, 9-30.

Hoffman, E. M., Muetzel, S., Becker, K. 2003. The fermentation of soyabean meal by rumen microbes in vitro reveals different kinetic features for the inactivation and the degradation of trypsin inhibitor protein. *Animal feed science and technology.* 106, 189-197.

Hajós, G., Gelencsér, E., Pusztai, A., Grant, G., Sakhri, M., Bardocz, S. 1995. Biological effects and survival of trypsin inhibitors and the agglutinin from soyabean in the small intestine of the rat. *J. Agric. Food. Chem.* 43, 165-170

Hervás, G., Frutos, P., Javier Giraldez, F., Mantecon A. R., Alvares del Pino, M. C. 2003. Effect of different doses of quebracho tannins extract on rumen fermentation in ewes. *Animal feed Science and Technology.* 109, 65-78.

Hill, G. D., Pastuszewska, B. 1993. Lupin alkaloids and their role in animal nutrition. *Proceedings of the second international workshop on "Antinutritional factors in legume seeds"* Wageningen, the Netherlands 1993. EAAP publikation No 70, 343-362.

KRAVs regler. Juli 2007. <http://juli07.regler.krav.se/>.

Le Guen M.P., & Birk Y. 1993. Protein protease inhibitors from legume seeds: nutritional effects, mode of action and structure-function relationship. *Proceedings of the second international workshop on "Antinutritional factors in legume seeds"* Wageningen, the Netherlands 1993. EAAP publikation No 70, 157-171.

Lowry, J.B., Christopher, S., Mcsweeney, & Palmer, R. 1996. Changing perceptions of the effect of plant phenolics on nutrient supply in the ruminant. *Aust. J. Agric. Res.*, 1996, 47, 829-842.

Madsen, J. 1985. The basis for the proposed Nordic Protein Evaluation System for Ruminants. The AAT- PBV system (amino acids absorbable in the small intestine, protein balance in the rumen). *Acta Agric. Scand.* (Suppl. 25), 9-20.

- Makkar H.P.S., Becker K., Abel H., Pawelzik E. 1997. Nutrient Contents, Rumen Protein degradability and antinutritional factors in some colour- and white-flowering cultivars of *Vicia Faba* beans. *J. Sci. Food. Agric.*, 75, 511-520.
- Marzo, F., Urdaneta, E., Barrenetxe, J., Ibanez, F., Santidrian, S. 2004. Rate of muscle protein synthesis in rats fed raw and extruded faba bean diets. *Proceedings of the fourth international workshop on "antinutritional factors in legume seeds and oilseeds*. Toledo, Spain 2004. EAAP publikation No 110, 235-237.
- Mueller-Harvey, I. 2006. Review, Unravelling the conundrum of tannins in animal nutrition and health. *J. Sci. Food. Agric.* 86, 2010-2037.
- Norioka, N., Hara, S., Ikenaka, T., Abe, J. 1988. Distribution of the Kunitz and the Bowman-Birk family proteinase inhibitors in leguminous seeds. *Agric. Biol. Chem.*, 52, (5), 1245-1252
- Paduano, D. C., Dixon, R. M., Domingo, J. A., Holmes, J. H. G. 1995. Lupin, cowpea and navy bean seeds as supplements for sheep fed low quality roughage. *Animal feed science and technology*. 53, 55-69.
- Papadoyannis, I.N. & Von Baer, D. 1993 Analytical techniques used for alkaloid analysis in legume seeds. *Proceedings of the second international workshop on "Antinutritional factors in legume seeds"* Wageningen, the Netherlands 1993. EAAP publikation No 70, 131-145.
- Petterson, D.S., Sipsas S., Machintosh, J.B., 1997. The chemical composition and nutritive value of Australian pulses. *Grains research and development cooperatin*, Canberra.
- Pusztai, A., Ewen, S.W.B., Grant, G., Peumans, W.J., van Damme, E. J. M., Rubio, L., Bardocz, S. 1990. Relationship between survival and binding of plant lectins during small intestinal passage and their effectiveness as growth factors. *Digestion*, 46, supp 2, 308-316.
- Reynal, S. M. & Broderick, G. A. 2003. Effects of feeding dairy cows protein supplements of varying ruminal degradability. *Journal of dairy science*. 86, 835-843.
- Smith, C., Van Megen, W., Twaalfhoven, L., Hitchcock, C. 1980. The determination of trypsin inhibitor levels in foodstuffs. *J. Sci. Food. Agric.* 31, 341-350.
- Susmel, P., Spangero, M., Marchetti, S., Moscardini, S. 1995. Trypsin inhibitory activity of raw soya bean after incubation with rumen fluid. *J. Sci. Food. Agric.* 67, 441-445.
- Swiech, E., Buraczewska, L. & Taciak, M. 2004. In vivo and in vitro ileal digestibility of protein and amino acids of peas containing different tannin levels. *Proceedings of the fourth international workshop on "antinutritional factors in legume seeds and oilseeds*. Toledo, Spain 2004. EAAP publikation No 110, 243-246.
- Tolman, G. H., Jansman, A. J. M., Visser, A., Beelen, G. M. 1993. Nutritional value of soya concentrates in veal calf diets differing in trypsin inhibitor activity. *Proceedings of the second international workshop on "Antinutritional factors in legume seeds"* Wageningen, the Netherlands 1993. EAAP publikation No 70, 205-209.
- Volden, H., Mydland, L. T. Olaisen, V. 2002. Apparent ruminal degradation and rumen escape of soluble nitrogen fractions in grass and grass silage administered intraruminally to lactating dairy cows. *Journal of animal science*. 80, 2704-2716.
- Waghorn G.C. & McNabb W.C. 2003. Consequences of plant phenolic compounds for productivity and health of ruminants. *Proceedings of the Nutrition Society* (2003), 62, 383-392.

Wang, X., Warkentin, T.D., Briggs, C.J., Oomah, B.D., Campbell, C.G., Woods, S. 1998. Total phenolic and condensed tannins in field pea (*Pisum Sativum* L.) and grass pea (*Lathyrus sativus* L.). *Euphytica* 101, 97-102.

Wink, M. 1990. Plant breeding: Low or high alkaloid content. *Proceedings of the sixth international lupin conference*. Temuco-Pucon, Mexico 1993, 326 - 334.